

Energiebedarf und das Ende der Ölzeit

von Lothar Kolditz

Konsensfähigkeit und Konsens auf diesem Gebiet zu erreichen, ist nicht leicht. Das Thema ist emotional geladen, wird häufig ideologisch verfälscht, durch profitorientierte Gruppen in bestimmter Richtung beeinflusst und oft durch Medien einseitig interpretiert. Auch Wissenschaftler werden unter Umständen in ihren Gutachten durch die Interessen ihrer Geldgeber gelenkt. Das gilt für Gegenwartsbetrachtungen und in noch stärkerem Maße für Annahmen, die die Zukunft betreffen. Trotzdem sollte versucht werden, eine wissenschaftliche Abschätzung zu erreichen.

Kaum Widerspruch wird die Aussage hervorrufen, dass die Ölzeit unweigerlich zu Ende gehen wird. Die Angabe des Zeitpunktes aber ist naturgemäß mit einer großen Fehlerbreite behaftet.

Als Grundlage für die Abschätzung dienen am besten die Hubbert-Kurven für Mineralöl, die von 1950 an die Weltfördermengen darstellen. Für die Zukunft gibt es verschiedene Prognosen, die das Ende des Ölzeitalters in einen Zeitraum zwischen 2050 und 2100 legen [1,2,3]. Es finden sich jedoch auch davon abweichende, meist pessimistischere Prognosen. Für unsere Betrachtungen spielt die Festlegung des Zeitpunktes eine untergeordnete Rolle, wichtiger ist die umgehende verstärkte Vorbereitung von Maßnahmen, sich auf diesen Zeitpunkt einzustellen.

Energieverbrauch der Gegenwart

Der Energiebedarf hängt direkt mit der Bevölkerungszahl und der Entwicklung des jeweiligen Landes zusammen. In Tabelle 1 sind für verschiedene Länder Bevölkerungszahlen in Millionen und der spezifische Energieverbrauch in Tonnen Steinkohleeinheiten (SKE) pro Kopf und Jahr zusammengestellt. Sie beziehen sich auf die Jahre um 2000 und sind UNO-Angaben [4], sowie dem Index [5] und für die Bevölkerung Großbritanniens dem Informationsdienst [6] entnommen. Sie wurden für diese Abschätzung gerundet.

Tab. 1: Bevölkerung B in Millionen und Energieverbrauch in t SKE pro Kopf u. Jahr

Land	B[Millionen]	E [t SKE]	Land	B[Millionen]	E [t SKE]
Kanada	30,8	11,47	Italien	57,5	4,15
USA	283,2	11,39	Spanien	39,9	3,80
Australien	19,1	8,17	Polen	38,6	3,33
Niederlande	15,0	7,02	Argentinien	37,0	2,14
Russland	145,5	5,76	Thailand	62,8	1,34
Frankreich	59,2	5,75	Brasilien	170,4	1,00
Deutschland	82,0	5,45	Ägypten	68,4	0,90
Großbritannien	60,6	5,43	China VR	1261,8	0,82
Japan	127,1	5,23	Philippinen	81,2	0,49
Schweiz	7,2	4,78	Indien	1014,0	0,43
Österreich	8,1	4,53	Pakistan	141,6	0,40
Südkorea	46,7	4,42	Tansania	35,1	0,04

Wie schon an anderen Stellen des öfteren betont, zeigt Tab. 1 große existierende Unterschiede. Es ist aber nicht zu erwarten, dass die wenig entwickelten Länder sich auf Dauer mit den Diskrepanzen zufrieden geben. Das Bestreben wird in einem Angleichen an die voll entwickelten Länder bestehen und damit einen erhöhten Energiebedarf verursachen.

Zukünftiger Energiebedarf im Ölzeitalter

Als Grundlage für die Abschätzung des zukünftigen Energiebedarfs noch im Ölzeitalter dürfen zwar nicht die Spitzenbeispiele von Kanada und den USA angesetzt werden, doch die Hoffnung auf eine starke künftige Einschränkung der Spitzenländer ist sicher nicht realistisch. Als Orientierung dient eine Betrachtung der Länder bis zu einem spezifischen Verbrauch von 1 t SKE. Der Gesamtenergieverbrauch dieser Länder pro Jahr errechnet sich durch Multiplikation der Bevölkerungszahl mit dem spezifischen Energieverbrauch. In Tab. 2 sind die 10 Länder mit dem größten Energieverbrauch zusammengefasst.

Tab. 2: Energieverbrauch der 10 Spitzenländer

Land	Energieverbrauch B ' E [Mt SKE/Jahr]
USA	3225,6
Russland	843,9
Japan	660,9
Deutschland	442,8
Kanada	353,3
Frankreich	343,4
Großbritannien	329,0
Italien	241,5
Südkorea	205,5
Brasilien	170,4

Die Summe der Bevölkerungszahlen dieser 10 Länder beträgt $1063,0 \cdot 10^6$, die Summe ihres Energieverbrauches pro Jahr $6816,3 \cdot 10^6$ t SKE. Der durchschnittliche spezifische Energieverbrauch pro Kopf und Jahr berechnet sich demnach zu $6816,3/1063,0 = 6,4$ t SKE. Ein Blick auf Tab. 1 zeigt, dass damit das heutige Verbrauchsniveau zwischen den Niederlanden und Russland zum Durchschnittsmaßstab genommen würde. Natürlich wird auch in Zukunft nicht in allen Ländern der gleiche Energieverbrauch eintreten. Unterschiede werden immer vorhanden sein, doch die Angleichung wird sich trotz unterschiedlicher Gewohnheiten zunehmend verstärken. Bild 1 zeigt den heutigen Energieverbrauch der betrachteten 10 Länder pro Jahr im Vergleich.

Entwicklung der Weltbevölkerung

Für die Abschätzung des zukünftigen Energiebedarfs ist eine Beurteilung der zu erwartenden Entwicklung der Weltbevölkerung erforderlich. Dafür gibt es eine UNO-Prognose für das 21. Jahrhundert, die eine Einteilung in voll und in wenig entwickelte Länder vorsieht, Geburtenraten und Sterberaten einschätzt und den zu erwartenden

Anstieg in der mittleren Lebenszeit berücksichtigt. Es existieren verschiedene Modelle. Von der Universität Heidelberg wird in einer Zusammenfassung der Überlegungen die Annahme getroffen, dass im 21. Jahrhundert die Anzahl der Weltbevölkerung auf mindestens $10 \cdot 10^9$ ansteigt [7]. Dies würde bedeuten, dass der Energiebedarf auf $6,4 \cdot 10^{10}$ t SKE anwächst, ausgehend von den heutigen Gesamtbedingungen, d. h. noch im Ölzeitalter.

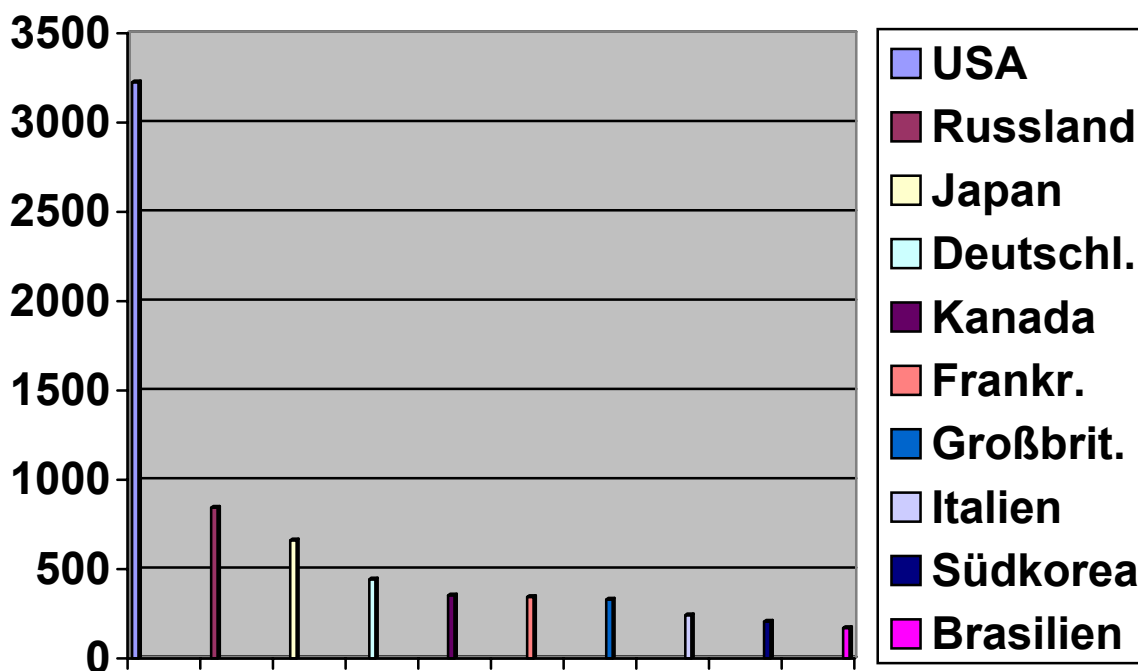


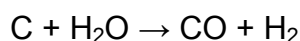
Bild 1: Energieverbrauch in Mt SKE pro Jahr

Energiebedarf nach dem Ölzeitalter

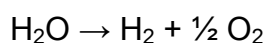
Mit dem Ende der Ölzeit muss eine Veränderung in der Energieversorgung eintreten. Es wäre unklug, dann nur noch auf Kohleverbrauch zu setzen. Die Kohle wird zwar nach heutiger Erkundung länger reichen als das Öl, doch auch dieser Vorrat wie auch der von Gas wird wegen des rasanten Verbrauchs zu Ende gehen.

Die Menschheit benötigt Energie in Industrieeinrichtungen, in verschiedenen Institutionen und im Wohnbereich und wird auch nicht bereit sein, auf Mobilität zu verzichten. Als Alternative zu Öl, Gas und Kohle wurde schon seit Jahrzehnten auf die Wasserstoffwirtschaft hingewiesen. Die Akademie der Wissenschaften der DDR hat in der Klasse Chemie bereits in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts diese Problematik ausführlich diskutiert.

Wasserstoff ist aus Wasser zu gewinnen. Es wäre wiederum auf Dauer zu kurzfristig, die Kohle dazu als Reaktionspartner zu wählen, etwa in der Überführung zu Wassergas.



Wirklich zukunftsfähig wäre nur die Zersetzung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff, die z. B. durch Elektrolyse erfolgen kann.



Wasserstoff kann an Stelle von Öl, Gas oder Kohle als Primärenergiequelle in festen Einrichtungen oder auch in Fahrzeugen genutzt werden. Wasserstoffbetriebene Autos werden bereits erprobt. In Brennstoffzellen kann die Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff in Umkehrung des Elektrolyseprozesses zur Erzeugung von elektrischer Energie dienen.

Die Umwandlung von Wasser in Wasserstoff erfordert zusätzliche Energie über den oben angegebenen Betrag von $6,4 \cdot 10^{10}$ t SKE hinaus. Bei Wegfall von Öl, Gas und Kohle ist mindestens noch einmal der gleiche Energiebetrag vorzusehen. Der Bedarf steigt damit auf $12,8 \cdot 10^{10}$ t SKE.

Der heutige Weltenergieverbrauch wird bei Wikipedia mit $14,6 \cdot 10^9$ t SKE angegeben [8]. Danach wäre nach Ende der Ölzeit mit einem etwa 10fachen Energiebedarf im Vergleich zu heute zu rechnen.

Maßnahmen

Mit der weiterhin voranschreitenden globalen Entwicklung muss die Energieerzeugung einen ausreichenden territorialen Bedeckungsgrad aufweisen. Sie sollte dem unmittelbaren Bedarf entsprechend auch steuerbar sein. Für die Energieleitungen ist eine Minimierung anzustreben, was bei Standortwahl der Erzeugungsstellen zu beachten ist.

Diese gewaltige Aufgabe kann nicht im Mikromaßstab bewältigt werden und erfordert noch immense Forschungsanstrengungen. Weltweit gibt es viele nützliche Forschungen. Sie sind wichtig für den Erkenntnisfortschritt und die Erweiterung unseres Wissens. Jedoch muss diejenige Forschung oberste Priorität haben, die die dringendsten Menschheitsprobleme, nämlich Energieerzeugung und Klimawandel und alle damit zusammenhängenden Probleme betreffen. Der große Energiebedarf der Zukunft verlangt den Einsatz hochwirksamer Verfahren mit konzentrierter steuerbarer Energieerzeugung.

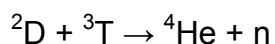
Ein solcher Prozess läuft in Sternen und in der Sonne ab. Er besteht in der Verschmelzung von Wasserstoffkernen zu Helium, bei der nach der Einsteinschen Formel

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

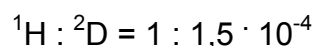
durch den Massendefekt Δm beim Übergang von Wasserstoff zu Helium große Energiemengen freigesetzt werden, c ist die Lichtgeschwindigkeit. Bisher ist dieser Prozess leider nur zerstörerisch in Wasserstoffbomben vorgesehen.

Den Prozess der Wasserstoffkernverschmelzung auf der Erde zur Energieerzeugung ablaufen zu lassen, ist das Ziel der Kernfusionsforschung. Gemeinsame Forschungsvorhaben zu diesem Zweck werden, unterstützt von der Europäischen Union, von Russland, Japan, Südkorea durchgeführt, und zwar in Caderache/Frankreich. Eine andere Möglichkeit der Realisierung des Verschmelzungsprozesses als die in Caderache untersuchte wird in Garching und in Greifswald studiert.

In der Kernfusionsforschung für steuerbare Energieerzeugung hat unter den verschiedenen Wasserstoffisotopenreaktionen die Verschmelzung der Wasserstoffisotope Deuterium (D) und Tritium (T) den größten Wirkungsquerschnitt, also die günstigste Voraussetzung zur Realisierung.

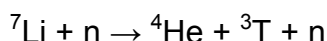
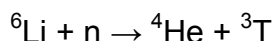


Deuterium kommt im normalen Wasser im Verhältnis



vor und reichert sich bei der Elektrolyse von Wasser an, d. h. in dem Vorgang der zur Herstellung von Wasserstoff einsetzbar ist.

Tritium ist radioaktiv mit einer Halbwertszeit von 12,3 Jahren. Es ist in einer Kernreaktion durch Umsetzung von Lithium mit Neutronen zu gewinnen. Das natürliche Lithium besteht zu 4,5% aus dem Isotop mit der Massenzahl 6 und zu 92,5% aus dem Isotop mit der Massenzahl 7.



Lithium und Deuterium sind damit die Ausgangsstoffe für den Betrieb eines Fusionsreaktors. Sie kommen auf der Erde in ausreichender Menge vor. Mit den heute bekannten Reserven könnte eine Energieproduktion auf dem Niveau des jetzigen Weltenergiebedarfs mehr als 10 Millionen Jahre aufrecht erhalten werden [9].

Fusionsreaktoren müssten noch vor dem Versiegen der Ölquellen zur Verfügung stehen, damit die Öl-, Gas- und Kohlereserven für chemische Verarbeitung zu schonen sind.

Die in Kernkraftwerken genutzte Kernspaltung ist als Übergang zu betrachten, sinnvoll ergänzt durch alternative Energien, auch die Geothermie verdient Beachtung in diesem Zusammenhang. Solche Energien wären auch in der Fusionszeit noch gefragt, aber mit Hinsicht auf die konzentriert erforderlichen Energiemengen der Zukunft wohl nicht als Hauptkomponente. Für die Entsorgung der Kernabbrände käme eine tiefe Versenkung in der Erde in Frage, wo ohnehin Radioaktivität vorhanden ist, die dort im wesentlichen zur Erderwärmung beiträgt.

Die Biogaserzeugung ist wegen beschleunigter CO_2 -Wiedererzeugung im Vergleich zum CO_2 -Verbrauch in der Assimilation kaum über das Ende der Ölzeit hinaus zukunftsfähig.

Biosprit und Biodiesel erweisen sich schon heute als Fehlentwicklung. In diesem Zusammenhang erzeugt Profitstreben unzumutbare Verwerfungen in Konkurrenz zur Lebensmittelgewinnung. Biodiesel aus Raps bringt nicht nur Probleme mit der notwendigen Düngung und der damit verbundenen Stickoxidentstehung, sondern auch in der Produktion von Methylbromid CH_3Br durch die Rapspflanzen. Die heutigen Anbauflächen erbringen bereits 15% der anthropogenen Emission an Methylbromid. Es wirkt stark ozonzerstörend und sollte in den Industrieländern laut Montrealprotokoll von 1987 zum Schutze der Ozonschicht bereits Anfang 2005 mit einem Verwendungsverbot belegt werden [10].

Zum Abschluss darf auch noch auf eine Vision hingewiesen werden, zu deren Realisierung aber ein Übermaß an Vernunft notwendig wäre:

Die Atomkräfte sollten sich zu einem partiellen Abbau von Atomsprengköpfen in geeigneten Kraftwerken bereit finden. Das wäre eine wirksame Abrüstung mit großem Nutzen für die Menschheit.

Literatur

[1] Rohstoffe aus der festen Erdkruste in der Zukunft: Deutschland und die Welt.
[www.adwmainz/geosymposium/Kosimowski u.Wellmer.doc](http://www.adwmainz/geosymposium/Kosimowski_u.Wellmer.doc)

[2] Dr. Johannes Peter Gerling, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Erdölreserven und ihre Verfügbarkeit.
www.espritsg.ch/sbr/archiv/2004d_schwarzesgold_gerling.pdf

[3] Lothar Kolditz, Zur Komplexität der Thematik Versorgung mit Energie und Rohstoffen, Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Band 82 [2005], S.151/60. ISBN 3-89626-575-X, ISSN 0947-5850.

[4] UN World Population Prospects 2000. http://www.pdwb.de/b_cia-un.htm

[5] <http://www.welt-auf-einen-blick.de/energie/index.php>

[6] <http://www.geographixx.de/einwohner/infos>

[7] http://energie1.physik.uni-heidelberg.de/vrlsg/data/kap3/bev_wachs.htm

[8] <http://de.wikipedia.org/wiki/Weltenergieverbrauch>

[9] Johann Lingertat, Gesteuerte Kernfusion, Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät Band 82 [2005], S. 105/10. ISBN 3-89626-575-X, ISSN 0947-5850.

[10] Gordon W. Gribble, Umweltgifte vom Gabentisch der Natur, Spektrum der Wissenschaft, Juni 2005, S. 38/45. Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH Heidelberg.