

Zukunft der Energieversorgung

Teil 1: Ökonomische und geologische Aspekte

Jörn Schwarz, Neubrandenburg, und Werner Zittel, Ottobrunn

Das Thema „Energieverbrauch“ hat seit der Vorveröffentlichung von drei Teilen des UNO-Weltklimaberichts Anfang des Jahres 2007 ein großes öffentliches Interesse erlangt. In diesem Zusammenhang werden bisher hauptsächlich die in der Vergangenheit beobachteten und für die Zukunft prognostizierten Klimaveränderungen diskutiert. Eine momentan geringere Beachtung finden die außerordentlichen Veränderungen auf den Energiemärkten sowie deren Auslöser und Hintergründe.

Aus Ingenieur-Sicht war der Energiebedarf von Prozessen und Systemen in der Kälte- und Klimatechnik schon immer von großer Bedeutung. Aus Sicht vieler Betreiber war das Interesse daran gering – solange die Energiepreise niedrig waren. Doch das hat sich seit 2002 geändert: Die Preise für elektrische Energie und für Heizöl in Deutschland sind, wie die in Bild 1 dargestellten offiziellen Statistiken [1] zeigen, deutlich gestiegen. Eine derartig lang anhaltende und hohe Energiepreiserhöhung hat es in der Vergangenheit noch nicht gegeben.

Auffallend ist die offensichtliche Abhängigkeit des Elektroenergiepreises vom Heizölpreis. Das erstaunt insofern, als die Elektroenergieversorger ihre Preissteigerungen in der Vergangenheit immer mit gestiegenen Rohstoffkosten bzw. steuerlichen Belastungen begründet hatten. Doch diese sind im betrachteten Zeitraum nicht in einem solchen Maß gestiegen, dass derartige Preiserhöhungen gerechtfertigt erschienen. Im Herbst 2006 allerdings war jene Argumentation offensichtlich nicht mehr aufrechtzuerhalten. Der Sprecher der Vereinigung der deutschen Elektrizitätswerke sagte in einer Diskussion in der ARD zu diesem Thema: „... die kostenbasierte Argumentation ist alte Welt“ und weiter „aufgrund der enormen internationalen Nachfrage steigen die Ölpreise ..., und das ist dann eine Konsequenz letztendlich, warum in ganz Europa die Strompreise steigen ...“ [2].

Ölpreisbindung bei Elektroenergie?

Beim Erdgas gibt es in Deutschland eine solche Ölpreisbindung seit den 1960er Jahren; sie ist nicht gesetzlich verankert, sondern eine internationale brancheninterne Vereinbarung zwischen ausländischen Lieferanten und deutschen Importeuren (im Grunde ein klassisches Kartell); ursprünglich eingeführt zur Sicherung von Investitionen im Bereich der Förderung und des Transports von Erdgas. Inzwischen ist durch modifizierte Verträge sichergestellt, dass der Erdgaspreis dem Ölpreis nicht unter eine bestimmte Grenze nach unten folgen kann. Insoweit handelt es sich bei der Ölpreisbindung um eine „Einbahnstraße“ – zu Lasten der Verbraucher, weshalb das Thema „Unbilligkeit von Gaspreisen“ [3] in den letzten Jahren ausführlich diskutiert wurde. – Und eine ähnliche Ölpreisbindung ist offensichtlich auch für gewerblich genutzte Elektroenergie eingeführt – inoffiziell, aber auch zu Lasten der Verbraucher.

Die Elektroenergiepreiserhöhung korrelierte also seit 2002 in Deutschland mit den Heizölpreisen. Und diese waren und sind abhängig vom Rohöl, dessen Preisentwicklung und Bedeutung daher im Folgenden näher betrachtet werden sollen.

Rohöl-Preisentwicklung

Die Rohölpreise [4] seit 1972 sind in Bild 2 dargestellt [5]. Zur besseren Unterscheidung sind Preisänderungen aufgrund von Krisen und solche aufgrund „normaler“

zu den Autoren

Dipl.-Ing. Jörn Schwarz,
Kompetenzzentrum
Energieeffizienz
Kälte- und Klimatechnik (kek),
ASPO* Deutschland



Dr. Werner Zittel,
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik,
ASPO* Deutschland



Marktmechanismen farblich unterschiedlich ausgeführt. Die Krisen haben jeweils zu einer lang- bzw. kurzfristigen Preisänderung geführt, danach pendelte sich der Preis ungefähr auf das vorherige Ausgangsniveau wieder ein.

Blendet man, wie in Bild 3 geschehen, die krisenbedingten Preisänderungen aus, zeigt sich in einer ersten Phase von 1972 – 2001 in sehr grober Näherung ein durchschnittlicher Preisanstieg von ca. 8%/a. Danach folgt eine zweite Phase von 2002 bis in die Gegenwart mit einer exponentiellen Steigerung von insgesamt über 300%, was einer durchschnittlichen Steigerung von über 25%/a entspricht. Während dieser Zeit hat es zwar Ereignisse gegeben wie den 3. Golfkrieg, den Wirbelsturm Katrina im Golf von Mexiko, die Pipeline-Probleme im amerikanischen Ölfeld Prudhoe Bay etc., die die Rohölpreise stark nach oben getrie-

* ASPO (Association for the Study of Peak Oil and Gas)

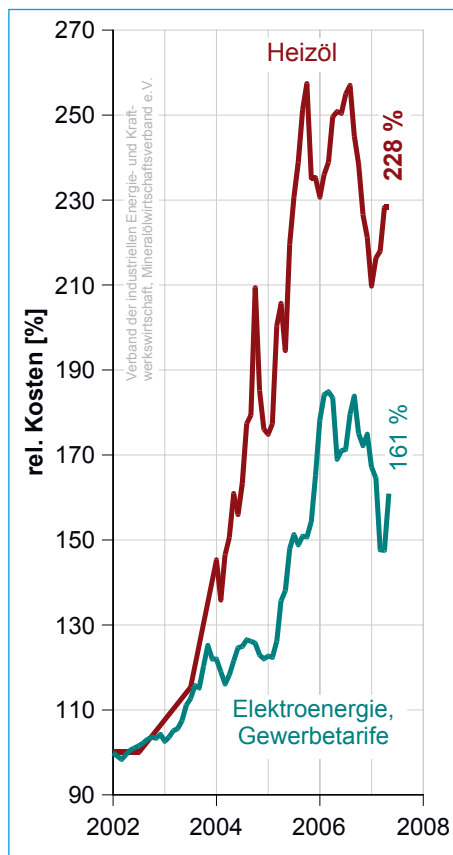


Bild 1 Energiepreisentwicklungen in Deutschland

ben haben. Jedoch verharrten anschließend die Preise auf dem erreichten hohen Niveau oder gingen nur geringfügig zurück, und bei dem folgenden Auslöseereignis stiegen sie wieder stark an. Dieser Verlauf wurde von offiziellen Organisationen nicht andeutungsweise vorhergesehen:

- Die Internationale Energie Agentur (IEA), der Gegenpol der westlichen Verbraucherstaaten zur OPEC und die

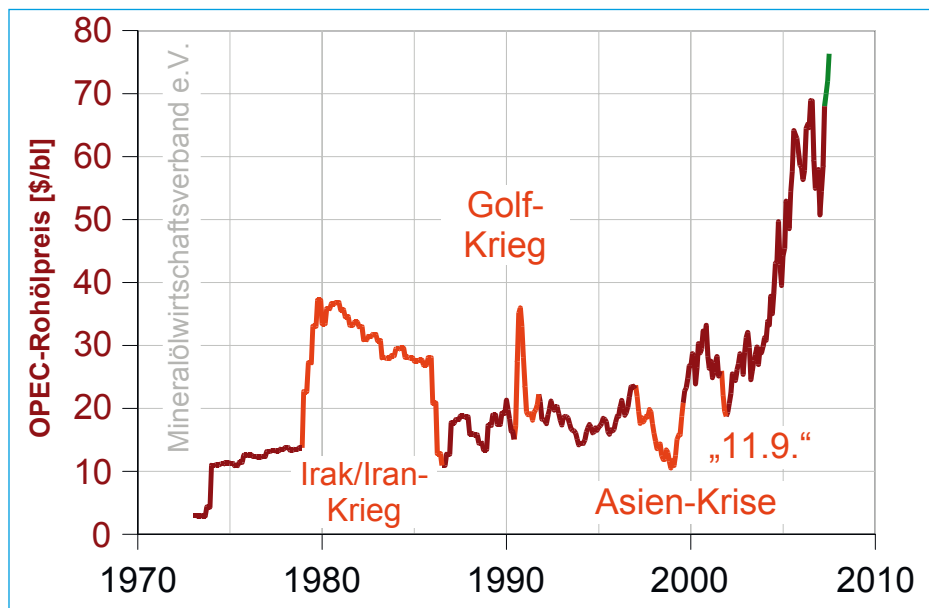


Bild 2 Rohöl-Preisentwicklung OPEC

Organisation, auf die die Bundesregierung sich bezieht [6], ist noch im November 2004 für das Jahr 2030 von einem Rohölpreis von 35 \$/bl [7] ausgegangen (bezogen auf die Preise des Jahres 2004).

- In einer Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit wurde im Mai 2005 für das Jahr 2030 ein realer Ölpreis von 37 \$/bl [8] angenommen (bezogen auf 2000).

Doch schon 2006 wurde erstmalig ein Preis von 75 US\$/bl erreicht, also mehr als das Doppelte dessen, was für einen Zeithorizont von ca. 25 Jahren prognostiziert worden war.

Auch beim Rohöl ist also festzustellen, dass es einen solchen Preisanstieg in der Vergangenheit nicht gegeben hat. Es ist

daher zu fragen, warum die Rohölpreise nicht, wie in der Vergangenheit, nach einer gewissen Zeit zurückgegangen sind und welche Anhaltspunkte es für die weitere Preisentwicklung gibt.

Bedeutung des Energieträgers Öl

Öl ist hinsichtlich der Speicherbarkeit, Energiedichte und Transportierbarkeit der optimale Energieträger, es ist Brennstoffgrundlage für mobile und stationäre Anwendungen und auch Grundlage der chemischen Industrie.

Wie Bild 4 zeigt, ist Öl mit Abstand auch der wichtigste Primärenergieträger, deutlich vor Kohle, Gas und erneuerbaren Energieträgern (die Kernenergie spielt in globaler Betrachtung eine untergeordnete Rolle).

Bei einem momentanen Rohölpreis von ungefähr 75 \$ pro Barrel (159 dm^3) und einer „verbrauchten“ Menge von ca. 85 Mio. Barrel pro Tag beträgt der Umsatz ungefähr 6,4 Mrd. US\$ pro Tag.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass Öl der wichtigste Rohstoff der Industriegesellschaften ist und daher zu Recht als Preisführer im globalen Energieträger-Markt dient.

Verfügbarkeit von Öl

Die begrenzte Verfügbarkeit des Energieträgers Öl ist spätestens seit dem Bericht des Club of Rome „Grenzen des Wachstums“ 1972 allgemein bekannt. Und ungefähr genauso lange gibt es Veröffentlichungen, in denen von einer statischen Reichweite (bei konstanter Förderung) der Ölreserven von etwa 40 Jahren geschrieben wird. Das ist auch heute noch so [9].

Dazu zunächst eine theoretische Betrachtung: Bei einer natürlichen Ressource, wie Öl, Kohle oder Gas etc., ist nicht die Reichweite und schon gar nicht die statische das wichtigste Kriterium, sondern ein anderes: aufgrund geologischer und technischer Restriktionen wird ein Scheitelwert (engl. Peak) der Förderung erreicht, wenn ungefähr die Hälfte des Vorrats gefördert ist, anschließend nimmt die weitere Förderung ab. Dadurch tritt trotz großer Reserven eine

Verknappung ein. Dieses natürliche Verhalten wird mathematisch als Ableitung f_L' einer in Bild 5 dargestellten logistischen Funktion f_L beschrieben.

Die Phase des Anstiegs ist naturgemäß mit einem Überangebot verbunden, die Phase des Abstiegs mit einer Verknappung und daran orientierter Preisgestaltung.

In Bild 6 sind die Förderkurven aller Ölförderländer [10] außerhalb Russlands und der OPEC-Staaten dargestellt. Sie entsprechen genau der Theorie und zeigen ein bereits überschrittenes Fördermaximum zwischen 1997 und 2002. Seitdem fällt in diesen Staaten die Förderung mit einer Rate von ca. 3%/a. Und gleichzeitig stieg und steigt der Weltrohölbedarf. Die knapp 40 Millionen Barrel pro Tag stellen knapp die Hälfte der Weltrohölförderung dar. In dem Maße, in dem die Förderrate in den hier betrachteten Feldern seit 2002 abnimmt, muss die Förderrate in den anderen Feldern erhöht werden – bei konstanter globaler Förderung. Soll diese jedoch gesteigert werden, muss die Erhöhung in der anderen Hälfte der aktiven Ölfelder noch größer ausfallen.

Prognosen

Die IEA veröffentlicht jedes Jahr den World Energy Outlook (WEO), in dem die globale Energieversorgungssituation sowie Prognosen des Bedarfs (engl. demand) für die nächsten Jahre und Jahrzehnte dargestellt und erläutert werden. Die 'Bedarfs'kurven werden für stabile wirtschaftliche Verhältnisse, also ein moderates Wirtschaftswachstum, für erforderlich gehalten.

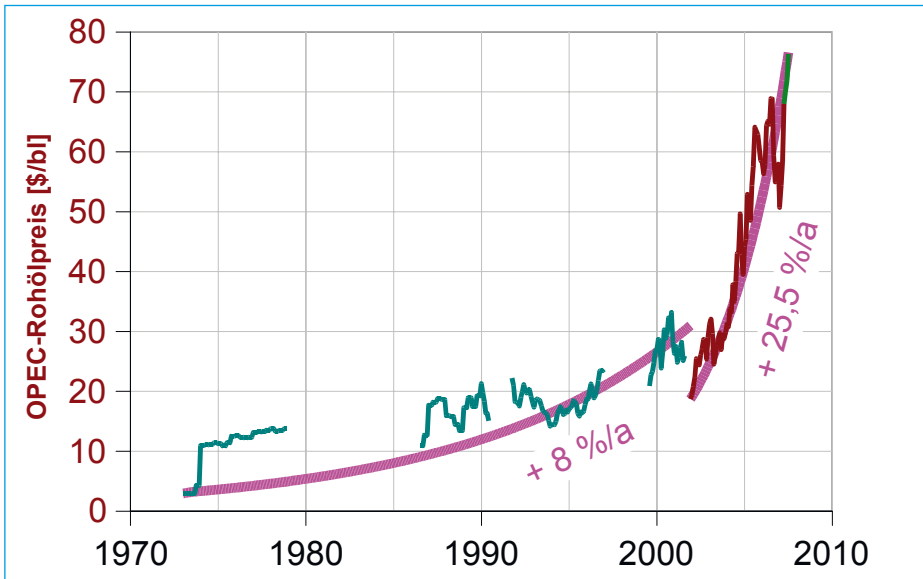


Bild 3 Rohöl-Preisentwicklung (Krisen ausgeblendet)

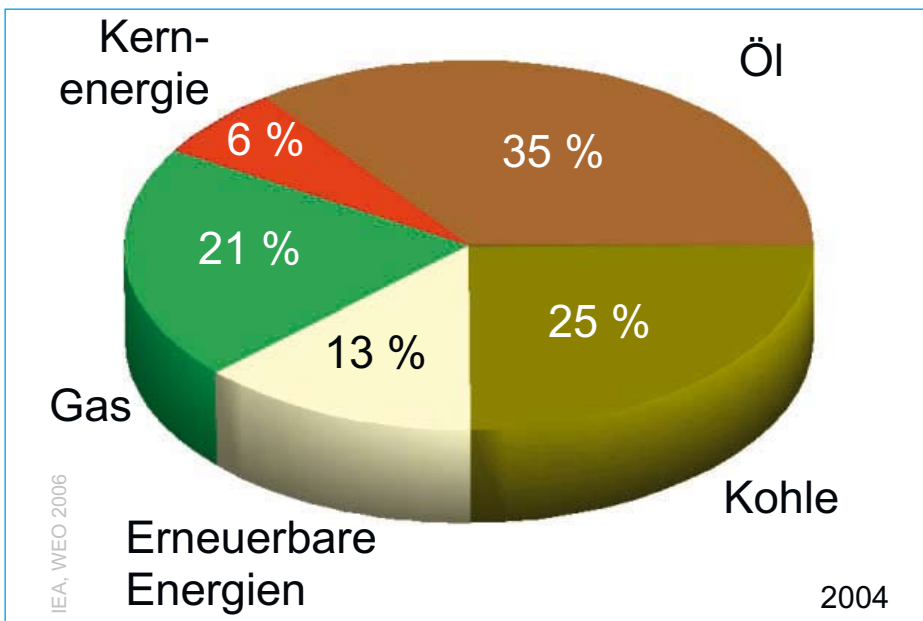


Bild 4 Globaler Primärenergieverbrauch: 10 224 Mio. t Oil Equivalent

Gemäß den WEO-Ausgaben 2004 bis 2006 würde die Fördermenge im Jahre 2030 auf Werte zwischen 112 und knapp 120 Mio. Barrel pro Tag ansteigen. Das entspricht einem jährlichen Zuwachs von 1,4 bis 1,6%/a.

Ein Hinweis darauf, woher die großen Zuwächse kommen sollen, findet sich nur im WEO 2004 [11]: Zunächst wird im Text geschrieben, der überwiegende Teil der Ölförderkapazitäten für den betrachteten Zeitraum müsse erst aufgebaut werden (existiere also noch gar nicht!), und die dazugehörige Grafik zeigt, dass die Förderung aus gesicherten Vorkommen 2004 ein

Maximum erreicht und dann mit einer sehr hohen Rate von ca. 7%/a abnimmt.

Damit ist relativ beiläufig erwähnt, dass das Zeitalter des leicht verfügbaren Öls ab 2004 Vergangenheit und die Ölversorgung bis 2030 alles andere als gesichert ist.

Nicht nur die IEA veröffentlicht Prognosen zur globalen Energieversorgung, sondern auch Ölkonzerne, Consulting-Unternehmen und staatliche Institutionen. Die in der Vergangenheit veröffentlichten Ergebnisse solcher vom Auftraggeber abhängiger Studien sind aus wissenschaftlicher Sicht allerdings nicht unumstritten. Seit 2000 gibt es ein globales Netzwerk [12] von

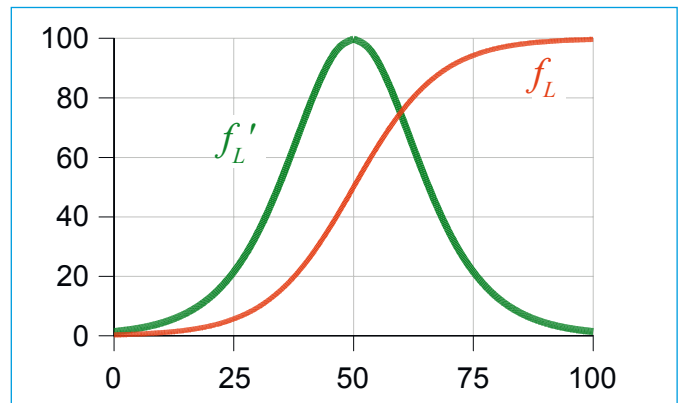


Bild 5 Logistische Funktion, Ableitung

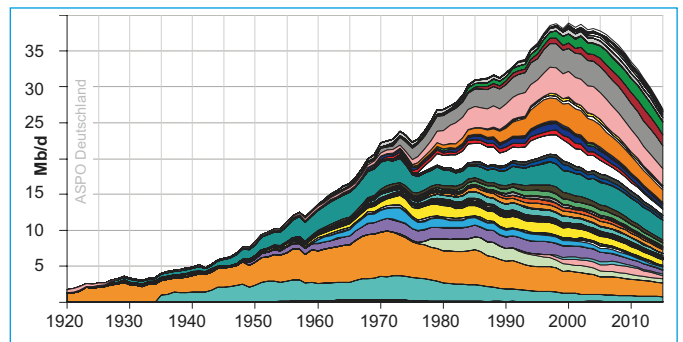


Bild 6 Ölförderung außerhalb Russlands und OPEC-Staaten

ehemals in Ölfirmen angestellten Erdölgeologen und Vertretern verwandter Disziplinen mit dem Namen ASPO (Association for the Study of Peak Oil and Gas), das sich mit demselben Thema beschäftigt, jedoch keinem Auftraggeber direkt verpflichtet ist. Es befasst sich nicht nur mit den Fragen der o. a. statischen Reichweite, sondern auch mit dem Erreichen der Fördermaxima von Öl, Gas, Kohle und Uran.

Das wichtigste Ergebnis der Analysen von ASPO ist in Bild 7 grafisch dargestellt [13]. Sie zeigen den Verlauf der globalen Jahresförderung konventioneller und nicht-konventioneller Öle von 1920 bis in die Gegenwart, die Prognose bis 2050 sowie die 'Bedarfs'prognosen der IEA:

- Bei den konventionellen Ölen (dargestellt für verschiedene Regionen) zeigte sich bereits im Jahre 2005 ein Fördermaximum von ca. 24 Mrd. Barrel Öl. Seitdem geht die Förderung langsam zurück.
- Die nicht-konventionellen Öle (wozu auch Flüssiggase gerechnet werden) bewirken seitdem einen geringen Anstieg der globalen Förderung auf über 30 Mrd. Barrel Öl.
- Für die Förderung der konventionellen Öle wird von der ASPO bis ins Jahr 2030 ein Rückgang der Förderung um ca. 3,1%/a prognostiziert.
- Dieser starke Abfall kann von den nicht-konventionellen Ölen voraussichtlich nur bis ins Jahr 2010 ausgeglichen werden. Danach geht die Förderung bis ins Jahr 2030 um ungefähr 1,9%/a zurück.

Gleichzeitig steigt jedoch gemäß IEA der Bedarf bis 2030 mit 1,4 bzw. 1,6%/a, woraus eine Lücke zwischen Angebot und Nachfrage resultiert – die von Jahr zu Jahr größer wird.

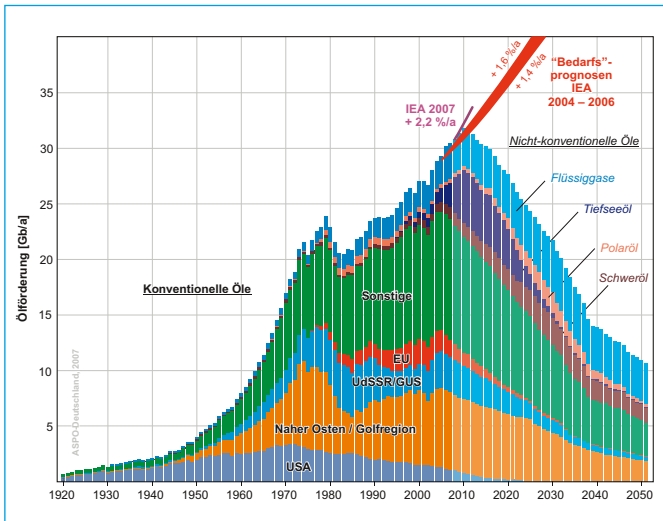


Bild 7 Bisherige globale Ölförderung und ASPO-Prognose

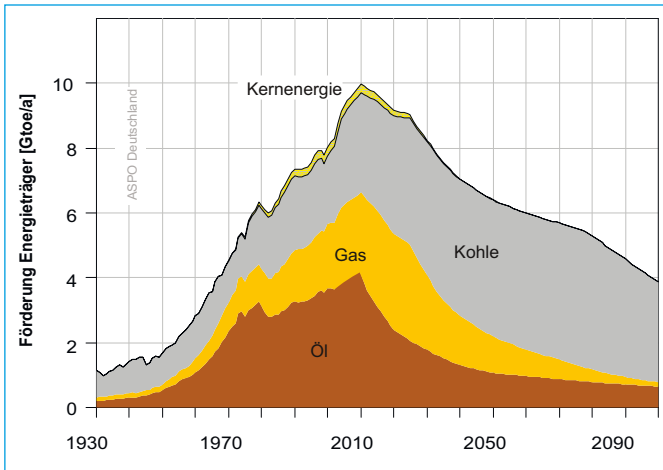


Bild 8 Wahrscheinliche Entwicklung der fossilen Energieversorgung

IEA-Warnung im Juli 2007

Die Einschätzung eines moderaten Bedarfsanstiegs sowie die in der Vergangenheit vertretene These der problemlosen Verfügbarkeit von Rohöl bis 2030 wurde von der IEA im Juli 2007 korrigiert. Unter dem Titel „Energieagentur schlägt Alarm – neue Ölkrise in fünf Jahren“ wurde am 10. Juli 2007 berichtet [14], „dass gemäß IEA die weltweite Ölnachfrage in den kommenden fünf Jahren jeweils um 2,2% steigen werde und dass Öl in den kommenden fünf Jahren extrem knapp werden könne, weil die Nachfrage stärker als das Angebot steige. Dann gebe es nur zwei Wege, den Markt ins Gleichgewicht zu bringen: steigende Preise oder ein Rückgang der Nachfrage“. Der von der IEA veröffentlichte Verlauf des 'Bedarfs'anstiegs bis 2012 ist in Bild 7 zusätzlich dargestellt. Insgesamt, so die IEA, bestehe ab 2010 die reelle Gefahr einer Ölknappheit. **Die Wahrscheinlichkeit, dass diese vermieden werden könne, sei nicht sehr hoch und nehme an jedem Tag ab, an dem keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden würden.** – Eine derartige Warnung ist ein Novum in der Geschichte der IEA.

Noch kritischer beurteilt die IEA unter Bezugnahme auf externe Untersuchungen die Situation bei Gas: „Manche Prognosen gingen von noch knapperen Erdgas-Märkten zum Ende des Jahrzehnts aus.“

Peak Oil – das Ölfördermaximum

Die prinzipiellen Erkenntnisse hinsichtlich des Peak Oil sind inzwischen gesichert, in Bezug auf den Zeitpunkt gibt es in verschiedenen Publikationen Differenzen [15], die, gemessen an der bisherigen Geschichte der Ölförderung, vernachlässigbar gering sind.

Wann auch immer der Peak Oil erreicht wird, 2010 oder etwas später, werden globale, weitreichende Änderungen in allen Bereichen des Ölverbrauchs die Konsequenz sein.

Und das alles geschieht vor dem Hintergrund einer globalen, energiepolitischen Neuorientierung aufgrund des schon lange wirkenden und nicht mehr aufhaltbaren Klimawandels. Die notwendigen Maßnahmen, um beiden Entwicklungen zu begegnen, sind identisch, nämlich eine schnelle Abkehr aus der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern. Beim Klimaproblem erfordert die Abkehr ein großes Maß an Freiwilligkeit (das sich bisher nicht wirklich eingestellt hat). Beim Peak Oil wird jene Freiwilligkeit nicht mehr erforderlich sein [16].

Gas, Kohle und Kernenergie

Auch die anderen fossilen Energieträger Gas und Kohle unterliegen demselben Zusammenhang von Fördermaximum und Verknappung.

Auch dazu sind Untersuchungen von der ASPO durchgeführt und veröffentlicht

worden (siehe Literatur [16]). Das Ergebnis ist, dass die Verknappungen bei Kohle und Gas etwas bzw. deutlich später als beim Öl eintreten, die ökonomischen Effekte jedoch die gleichen sind.

In Bild 8 sind die Kurven der maximalen Förderung aller fossilen Energieträger sowie Uran (auf Endenergie bezogen) übereinandergelegt. Es zeigt sich, dass sich auch bei dieser Betrachtung ein Gesamt-Maximum der verfügbaren fossilen und fissilen Energieträger um das Jahr 2010 einstellt, da der Niedergang des verfügbaren Öls durch Gas, Kohle und Kernenergie nicht kompensiert werden kann. – Aus dem Peak Oil wird damit ein Peak Energy.

Zwischenergebnis

Damit sind Gründe und Hintergründe für die Entwicklungen auf den Energiemärkten der letzten fünf Jahre beleuchtet. Das Maximum der Förderung von konventionellem und kostengünstigem Rohöl ist erreicht. Die Förderung kann nicht mehr wie in der Vergangenheit kurzfristig erhöht werden. Die Preissteigerungen werden solange anhalten, wie die Nachfrage größer ist als das Angebot, also solange, wie es keine ausreichenden Alternativen gibt.

Was bedeutet dies nun für die Kälte- und Klimatechnik? Gefahr oder Chance? – Antworten zu diesen Fragen und Darstellungen weiterer Aspekte finden sich in einer **Fortsetzung** dieses Artikels **in der nächsten KK.** ■

Literatur

- [1] VIK-Strompreisindex, Mittelspannung, Verband der industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V., April 2007 sowie Mineralölwirtschaftsverband e.V. Statistiken
- [2] Roger Kohlmann, 8.10.2006, ARD, Sabine Christiansen
- [3] Aktuelle Rechtsfragen zur Unbilligkeit von Gaspreisen nach § 315 BGB, Newsletter Energy Nr. 4, Februar 2006, Clifford Chance Partnergesellschaft, Frankfurt am Main
- [4] Es sind hier die OPEC-Preise verwendet, da die OPEC-Staaten über die größten Reserven verfügen und daher in den letzten Jahren und mit hoher Wahrscheinlichkeit auch zukünftig Preismaßstäbe setzen.
- [5] Die letzten Werte sind farblich anders dargestellt, da sie noch nicht das Ergebnis einer Mittelwertbildung sind.
- [6] „Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse des World Energy Outlook der IEA in Deutschland, Rede der PSt Dagmar Wöhrl, 20.11.2006, Berlin, www.bmwi.de
- [7] Erdöl/Energie-Informationsdienst Nr. 45 vom 1. November 2004, Seite 1
- [8] EWI/Prognose-Studie, Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030, Energiewirtschaftliche Referenzprognose, Energiereport IV – Kurzfassung
- [9] Bayerisches Wirtschaftsministerium (<http://www.stmwivt.bayern.de/energie>), „Krieg ums Öl“, 3 SAT, 2006
- [10] Die dargestellten Förderländer mit dem Jahr der Überschreitung des jeweiligen Fördermaximums sind: Österreich (1955), Deutschland (1967), Kanada (1974 konv. Öl), Texas (1971), Rest-USA (1971), Alaska (1989), Rumänien (1976), Indonesien (1977), Ägypten (1993), Indien (1995), Syrien (1995), Gabon (1997), Malaysia (1997), Argentinien (1998), Venezuela (1998; 1968), Kolumbien (1999), England (1999), Ecuador (1999), Australien (2000), Oman (2001), Jemen (2001), Norwegen (2001), Dänemark (2004), Mexiko (2004), Vietnam, Thailand, Äquatorial Guinea, Sudan, Tschad, Brasilien, Angola, China. Datenquellen: IHS 2006; PEMEX, petrobas; NPD, DTI, ENS (Dk), NEB, RRC, US-EIA, R&J (Venezuela); andere: für 2006: Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Ottobrunn, Extrapolation aufgrund der Fördermonate Januar–August
- [11] World Energy Outlook 2004, Seite 103: Figure 3.20 sowie darüberstehender Text
- [12] ASPO-Australien, -Kanada, -Frankreich, -Irland, -Niederlande, -Neuseeland, -Portugal, -Israel, -Schweden, -Italien, -USA, -Spanien, -Schweiz, -China: siehe www.peakoil.net
- [13] Die Grafik der bisherigen und zukünftigen Ölförderung steht zum Download auf der Homepage der ASPO-Deutschland zur Verfügung: www.aspo-deutschland.de
- [14] Zitiert nach SPIEGEL ONLINE, www.spiegel.de/wirtschaft/0,1518,493556,00.html, 10. Juli 2007
- [15] „Giant Oil Fields – Highway to Oil“, Fredrik Robelius, 2007, Promotion, Uppsala Hydrocarbon Depletion StudyGroup, UHDSG; „Erdöl – Reserven, Ressourcen und Reichweiten“, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe – BGR, 2005, „Der letzte Ölwechsel“, Prof. Claudia Kemfert (DIW): Bayerisches Fernsehen, 14.6.2007
- [16] Die hier skizzierten Fakten sind lediglich eine Kurzdarstellung größerer Zusammenhänge. Eine ausführliche Darstellung findet sich in „Ölwechsel! – Das Ende des Erdölzeitalters und die Weichenstellung für die Zukunft“, dtv, Januar 2007, ISBN-10 3-423-34389-3

Kulmbach: Innung für Kälte- und Klimatechnik Oberfranken gegründet

Wie jetzt zu Redaktionsschluss vom VDKF zu erfahren ist, wurde bereits am 3. Juli 2007 auf Initiative des Fördervereins Kälte- und Klimatechnik Oberfranken eine Innung für Kälte- und Klimatechnik Oberfranken gegründet; vom BIV-Kälteanlagenbauer gibt es hierzu keinerlei Information, auch nicht darüber, ob diese neue Innung auch Mitglied im Landesverband für Kälte- und Klimatechnik Bayern ist.

Wie unterschiedlichen Presseveröffentlichungen aus Kulmbach entnommen werden konnte, wurde Frank Heuberger – zugleich stv. Bundesinnungsmeister –

zum Obermeister gewählt, seine zwei Stellvertreter sind Hans Schwender, Geschäftsführer der Schwender KG in Thurnau sowie Friedrich Voß, Personalleiter der Glen Dimplex Deutschland GmbH, der zugleich als Motor für die eigenständige Innungsgründung gilt. Außerdem wurden Helmuth Peetz, Geschäftsführer AGO AG, Heinz Weggel, Geschäftsführer der Firma Alpha Innotec GmbH und Frank Wiegel, Geschäftsführer Wiegel Gebäudetechnik, in den Vorstand gewählt.

Im Hintergrund spielte viel politische Einflussnahme auf die Entscheidungsfin-

dung in Kulmbach eine Rolle, die auch darauf abzielt, die Hans-Wilsdorf-Berufsschule in Kulmbach zum 1. September mit zwei Kälteanlagenbauer-Fachklassen aufzustocken. So sollen dort kurzfristig 35 bis 40 neue Auszubildungsverhältnisse zum Mechatroniker für Kältetechnik durch die Mitgliedsbetriebe der neuen Innung bereitgestellt werden. Dies wird auch durch Vorstandsmitglied Hans Schwender (auch OM der Heizungsbauer) begrüßt, der am Standort Kulmbach die Chance erkennt, im Gegensatz zu Lindau Wärme- und Kältetechnik miteinander zu vereinen. P. W.

