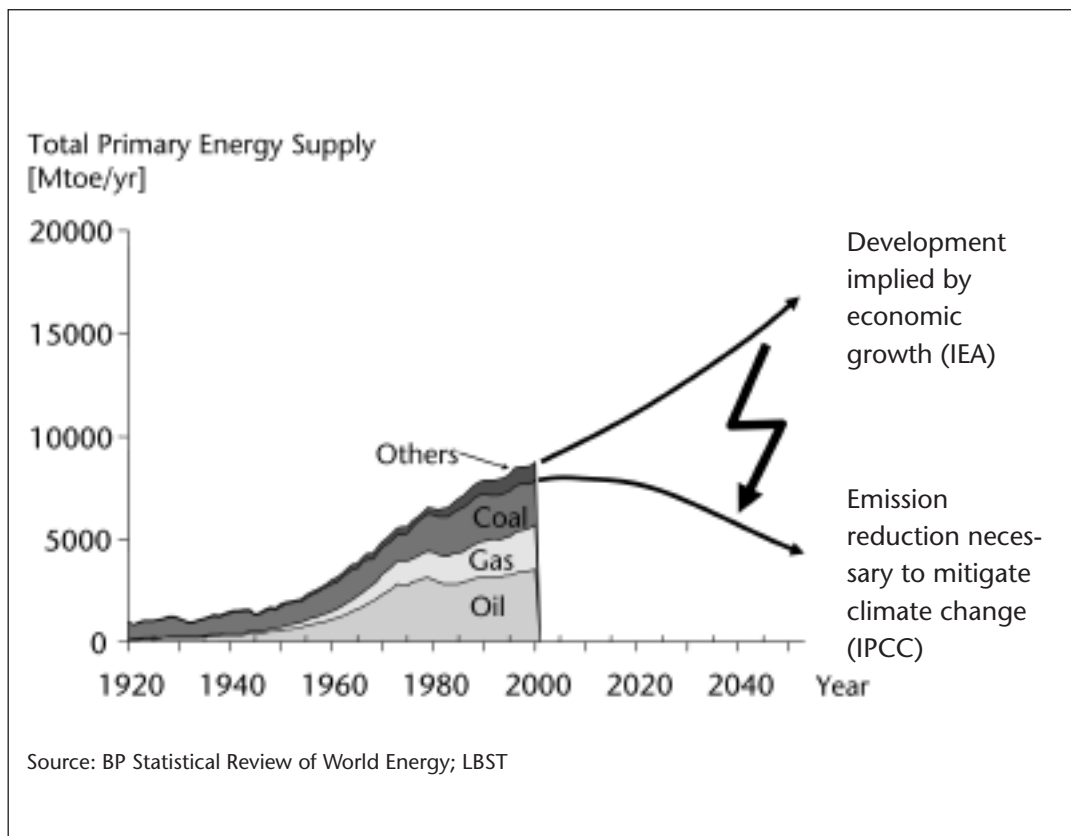


Alternative World Energy Outlook (AWEO): Woher kommt der Wasserstoff? – Eine Analyse der globalen Energiesituation

P. Schmidt
W. Zittel
Ludwig-Bölkow-System-
technik GmbH (LBST)
schmidt@lbt.de

Die industrielle Gesellschaft befindet sich in einem Dilemma:

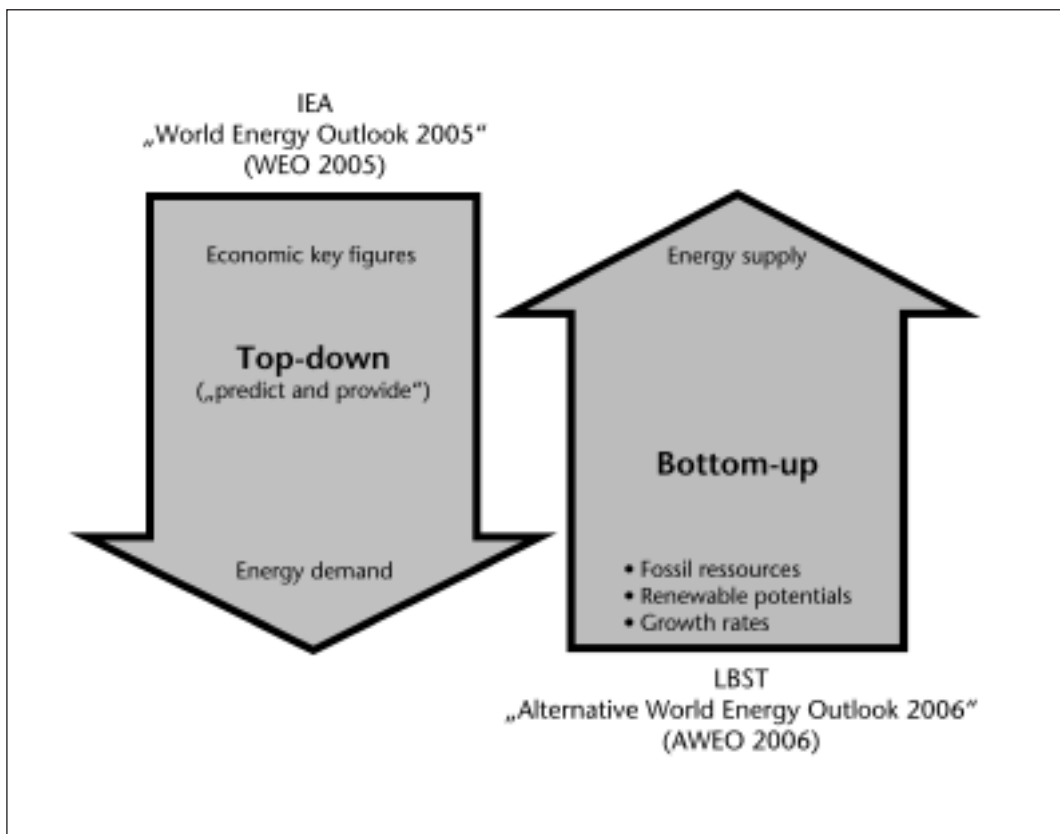
*Unresolved Dilemma
of Industrialised
Society*



Während auf der einen Seite sowohl die Wirtschaftslogik (→ Wachstumsparadigma) als auch die Notwendigkeit einer Entwicklung so genannter Entwicklungsländer zu einer weiter steigenden Energienachfrage führt (voraussichtliche Verdopplung der weltweiten Energienachfrage bis 2050), gibt es auf der anderen Seite die Notwendigkeit aus Klimaschutzgründen die weltweiten Treibhausgasemissionen im gleichen Zeitraum um mindestens 50% zu senken (Industrieländer bis 80%, um Entwicklungsländern buchstäblich Luft zu geben für deren

Entwicklung). Die Ingenieure sind aufgerufen technische Optionen zur Lösung des Dilemmas anzubieten. Die Gesellschaft jedoch muss sich über dieses Dilemma im Klaren sein und darüber entscheiden.

Eine Reduktion der von Menschen gemachten Treibhausgase ist ein zentrales Problem der Gesellschaft. Anlass und Vortragszeit dieses FVS-Workshops zu „Wasserstoff und erneuerbare Energien“ erlauben jedoch nicht, weiter auf das Thema Klimawandel einzugehen.



Methodology:
Scenario building by
IEA and LBST

Die Beantwortung der Frage „Woher kommt der Wasserstoff?“ bedingt zunächst die Beantwortung der Frage „Woher kommt in Zukunft unsere Primärenergie?“ Dieser Vortrag widmet sich daher vor allem der Frage, ob auch in Zukunft, in der von uns gewohnten Form, die von vielen Energieexperten angenommene steigende Energienachfrage durch einen entsprechenden Zubau an Primärenergien gedeckt werden kann.

Dieses Manuskript basiert in Teilen auf der Publikation „Woher kommt die Energie für die Wasserstoffherzeugung – Status und Alternativen“, das LBST für den Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband 2006 erstellt hat und Anfang 2007 von der European Hydrogen Association (EHA) ins Englische übersetzt wurde.

Alternative World Energy Outlook

Die Internationale Energie Agentur (IEA) gibt mit ihrem regelmäßig erscheinenden „World Energy Outlook“ (WEO) einen der weltweit bei Politik, Wirtschaft und Energieexperten bekanntesten Energieanalysen heraus, der vielfach als Referenz für energiepolitische Planungen und Entscheidungen herangezogen wird.

Wie in der Folie auf dieser Seite dargestellt, extrapoliert die IEA für ihren „World Energy Outlook“ die zu erwartenden, zukünftige Nachfrage nach Energie auf der Basis sozio-ökonomischer Kennziffern (Bevölkerungswachstum, Wirtschaftswachstum, etc.). Die dahinter stehende Philosophie ist „predict and provide“. Eine Validierung, ob diese Nachfrage auch primärenergetisch gedeckt werden kann, erfolgte in der Vergangenheit nur sehr rudimentär, so dass die von der IEA gewählte Methodologie systematisch 'blind' ist für strukturelle Umbrüche.

Dies zum Anlass hat die LBST für ihren "Alternative World Energy Outlook" (AWEO) einen bottom-up Ansatz gewählt. Dieser basiert auf Analysen von fossilen und nuklearen Ressourcen, von Potenzialen erneuerbarer Energien sowie Marktdurchdringungsraten neuer Energietechnologien. Grundannahme ist, dass alle Energieoptionen weitgehend ausgeschöpft werden. Um Wachstumskurven für die Einführung neuer Energietechnologien abzubilden und langfristige Trends zu berücksichtigen, wurde der zeitliche Horizont bis 2100 gespannt. Angesichts dieses Zeitraumes sind eher die qualitativen Trends als die quantitativen Ergebnisse von Bedeutung. Der Rahmen soll gezeigt werden, innerhalb dessen kurz- und mittelfristige einzuordnen sind. Besagtes AWEO-Szenario wird in den folgenden Folien vorgestellt.

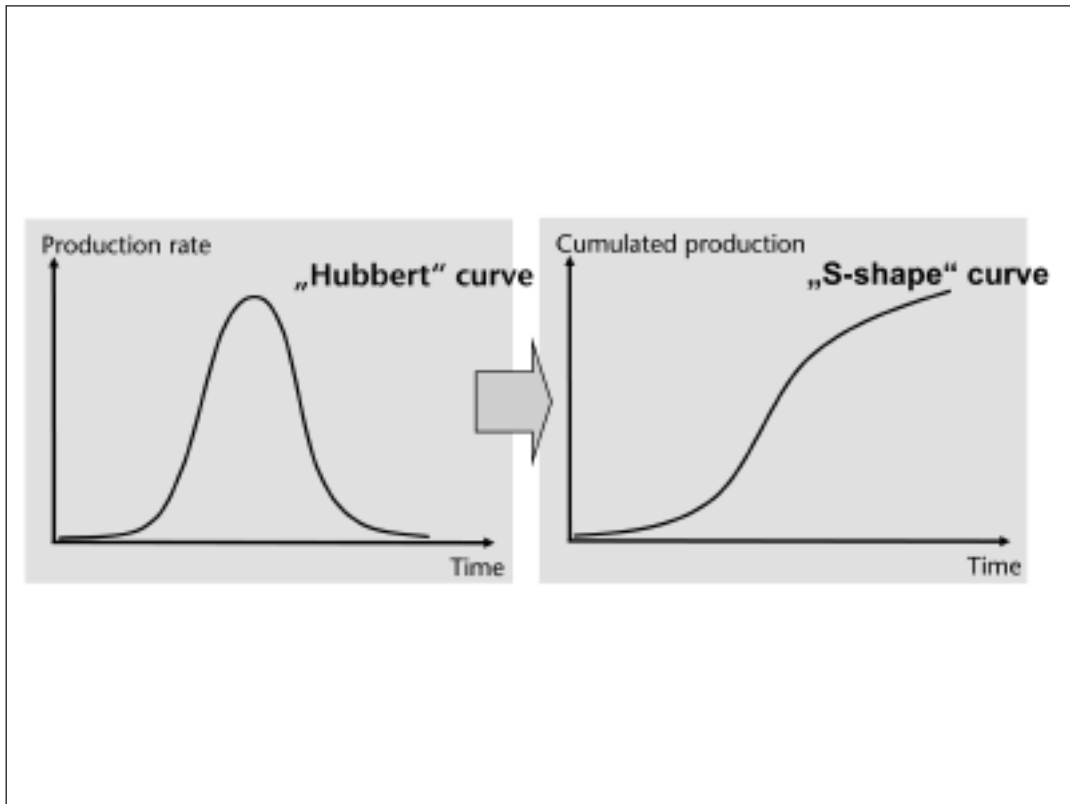
Kennzeichnend für alle Szenarien ist, dass das im LBST AWEO dargestellte Energieangebot bei allen Primärenergieträgern bis 2030 z. T. deutlich unter dem der IEA WEO-Szenarien liegt. Die einzige Ausnahme bilden hier die erneuerbaren Energien, unter der Maßgabe, dass diese im vollen Umfang entwickelt werden. Die Schere

zwischen Gesamtenergieangebot – entsprechend AWEO – und Gesamtenergienachfrage – entsprechend WEO – öffnet sich dabei ganz deutlich bis zum Jahre 2030, dem Zeithorizont des IEA WEO.

Die Möglichkeit einer Diskrepanz zwischen Energieangebot und -nachfrage wird mittlerweile auch bei der IEA zum Thema, wenn auch noch fokussiert auf Öl. Setzt man sich im Detail mit dem IEA „World Energy Outlook“ auseinander, so stellt man fest, dass sich in den ausführlichen Berichten Aussagen finden, die die Machbarkeit der Bereitstellung der angenommenen Energienachfrage sehr stark konditionieren. Diese Aussagen finden jedoch keinen Eingang in die IEA-Szenarien. Sensitivitätsanalysen sind ebenfalls kein Bestandteil des WEO.

Im Folgenden hierzu einige Beispiele für 'cautionary statements' in Sachen Ölverfügbarkeit aus dem IEA „World Energy Outlook 2004“:
„The reliability and accuracy of reserve estimates is of growing concern for all who are involved in the oil industry“
 [WEO 2004, S. 104]

Primary Energy
 Supply: Conventional
 (Extractive) Energies
 Idealised production
 pattern



„The rate at which remaining ultimate resources can be converted to reserves, and the cost of doing so, is, however, very uncertain“

[WEO 2004, S. 95]

„By 2030, most oil production worldwide will come from capacity that is yet to be built“

[WEO 2004, S.103]

„In the low resource case, conventional production peaks around 2015“

[WEO 2004, S. 102]

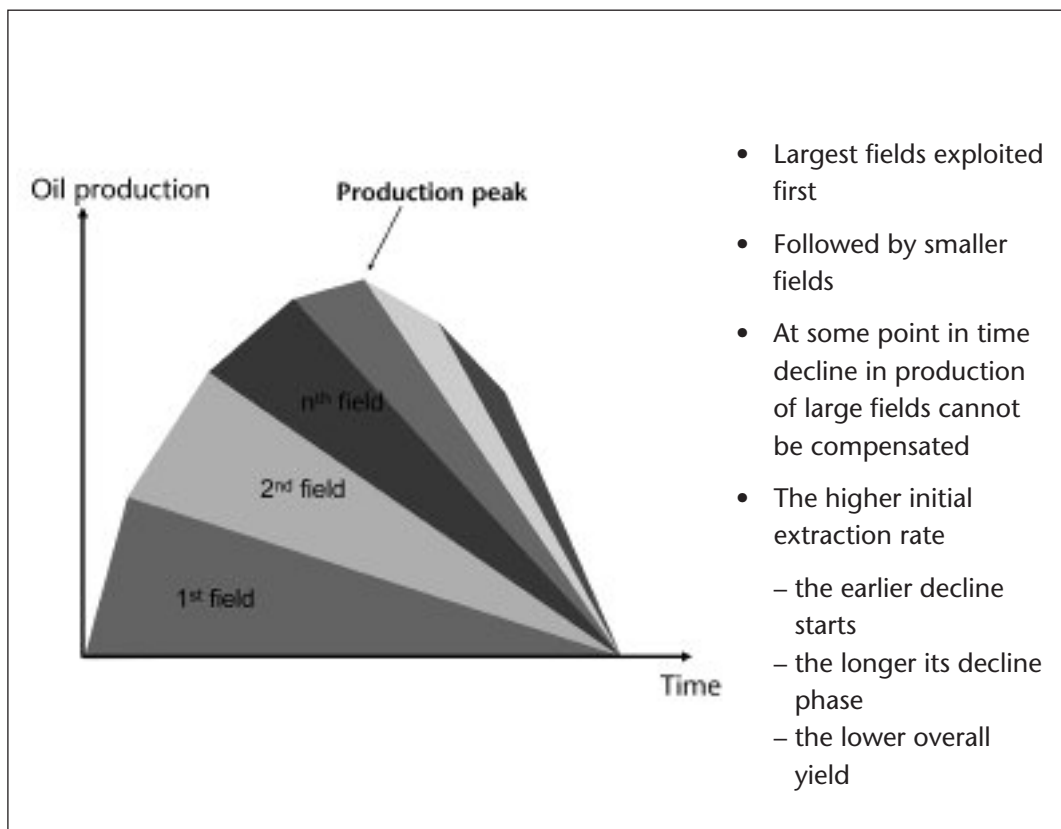
Fossile und nukleare Energien

Zur Beschreibung der Vorgehensweise der LBST (und anderer Institutionen, wie z. B. der ASPO – Association of the Study of Peak Oil and Gas) bei der Analyse konventioneller (extraktiver) Ressourcen ist es wichtig zu verstehen, wie das typische Produktionsprofil einer Ressource aussieht. In der Folie auf Seite 24, linkes Bild, ist hierzu die idealisierte Kurve einer Entnahmerate für ein Explorationsvorhaben dargestellt. Diese Glockenkurve wird auch „Hubbert“-Kurve genannt nach dem Ölexperten, der diesen

Zusammenhang am Beispiel der US-Ölförderung nachweisen konnte. Kennzeichnend für diese Kurve ist ihr Maximum, das nach etwa der Hälfte der förderbaren Menge erreicht ist.

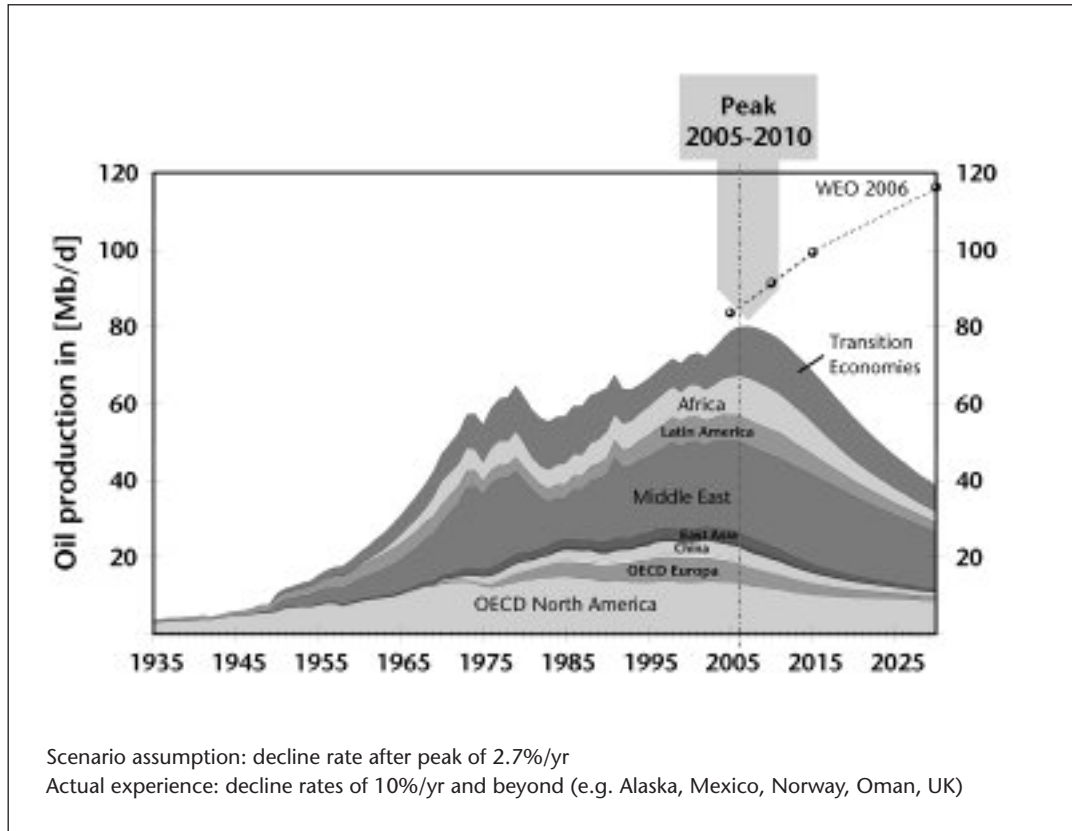
Was für ein einzelnes Ölfeld gilt, gilt auch für eine ganze Region. Die Folie auf dieser Seite veranschaulicht den Zusammenhang.

Zunächst werden die großen Vorkommen ausgebeutet, da diese am kosteneffektivsten zu erschließen sind. Hinzu kommt, dass die großen Vorkommen am leichtesten zu finden sind (man denke an das Spiel „Schiffe versenken“). Sukzessive werden weitere Felder erschlossen, deren Größe und Qualität im Mittel stetig abnimmt. Kleinere Felder müssen in größerer Zahl erschlossen werden, um sowohl den Rückgang der großen Felder als auch die Nachfragersteigerungen zu decken. In einem begrenzten System (hier: eine geographische Region) kommt es unweigerlich zu einem Fördermaximum, wenn die Erschließungsrate neuer Felder nicht mehr den kumulativen Förderrückgang bereits erschlossener Felder ausgleichen kann. Die



Primary Energy
Supply: Conventional
(Extractive) Energies
Development of regional
oil production

Primary Energy
Supply: World Oil
Production



Befriedigung einer weiter steigenden Nachfrage ist ab diesem Zeitpunkt nur noch durch die Erschließung neuer Regionen möglich.

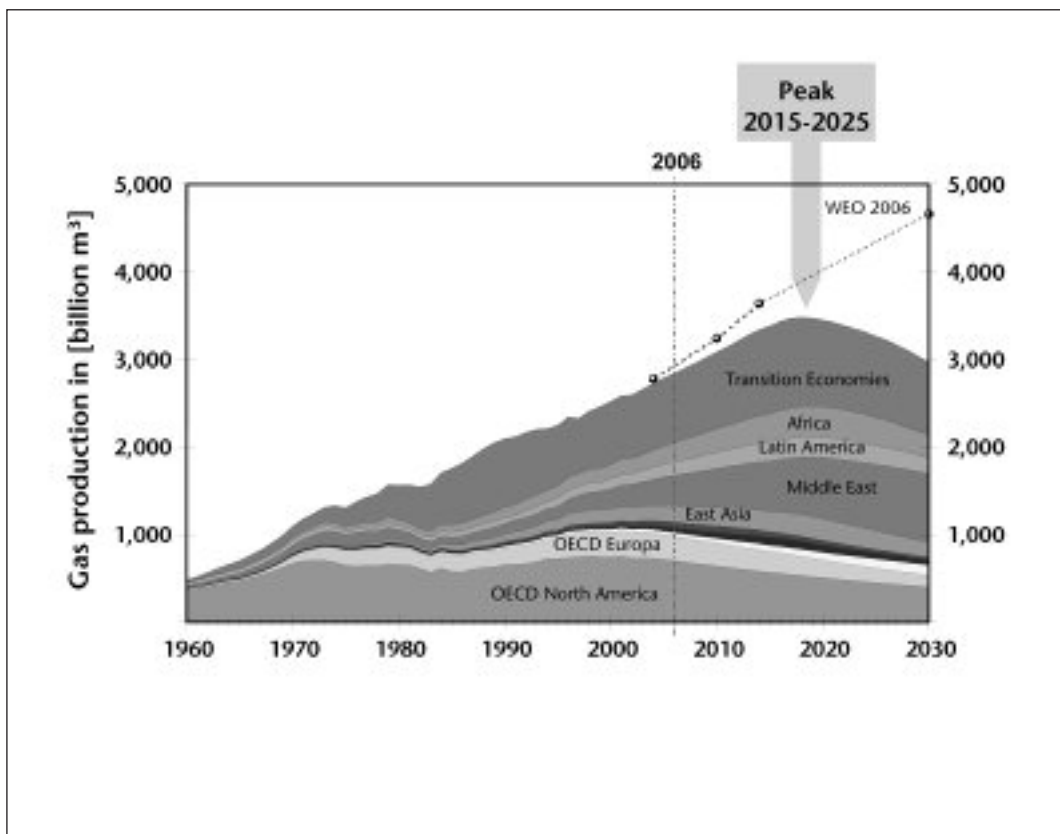
Die Folie auf dieser Seite zeigt den historischen Verlauf der Weltölförderung und die wahrscheinliche Entwicklung in der Zukunft. Die Förderung befindet sich nahe am Höhepunkt und wird voraussichtlich noch in diesem Jahrzehnt deutlich zurückgehen – Das Maximum der Erdölförderung stellt einen entscheidenden Wendepunkt dar.

Eine Vielzahl von Indizien stützen diese These: Seit 1980 verbrauchen wir jedes Jahr mehr Öl als wir finden und die Schere wird immer größer. Immer mehr Förderregionen haben ihr Fördermaximum schon überschritten. Das gilt insbesondere für alle großen alten Felder, die noch immer einen wesentlichen Beitrag zur Weltölförderung leisten. Es gibt auch deutliche Anzeichen, dass die ölreichen Länder des Nahen Ostens und die Länder der ehemaligen Sowjetunion ihre Förderung nicht mehr im großen Umfang ausbauen können. Detaillierte regionale Analysen zeigen, dass die Summe der

Staaten außerhalb der OPEC und der ehemaligen Sowjetrepubliken um 2000 das Fördermaximum erreicht hat und seitdem zurückgeht. Es wird für die verbleibenden Regionen zunehmend schwerer, dieses Defizit auszugleichen.

Dem steht die Erwartung einer weiteren Steigerung der weltweiten Nachfrage gegenüber, wie sie sich etwa in den Szenarien der IEA ausdrückt. Die sich abzeichnende Versorgungslücke wird zu schwerwiegenden Verwerfungen in der Weltwirtschaft führen, wenn die Ökonomien sich nicht adäquat vorbereiten. Peak Oil stellt einen Strukturbruch dar! Die Suche nach nachhaltigen Strukturen der Energieversorgung kann nicht länger aufgeschoben werden. Es gibt Anlass zu der Sorge, dass die verbleibende Zeit nicht ausreichen wird, um einen verträglichen Übergang in eine postfossile Welt zu organisieren.

Im Prinzip ähnlich, wenn auch im Detail unterschiedlich, verläuft die Erdgasförderung. Das in der Folie auf Seite 27 dargestellte Szenario geht davon aus, dass die Weltgasförderung noch deutlich steigen kann und erst um das Jahr 2020 ihr Maximum erreichen wird. Dies stützt



Primary Energy
Supply: World Oil
Production

sich auf die Annahme, dass der Förderrückgang in Nordamerika und Europa durch einen Anstieg der Förderung in Russland und im Nahen Osten überkompensiert wird. Dies erfordert große und rechtzeitige Investitionen in diesen Regionen.

Die Zukunft der Gasversorgung ist trotz dieses eher optimistischen Bildes von Risiken überschattet. Zu den Problemen der Produktionsausweitung in Russland und Nahost kommt die Notwendigkeit, die Infrastrukturen für den Transport von verflüssigtem Erdgas deutlich auszuweiten. Diese Investitionen erfordern erhebliche Mittel und brauchen sehr viel Zeit. Nur so könnten Ungleichgewichte zwischen den großen bisher unverbundenen regionalen Märkten (insbesondere Nordamerika, Eurasien/Nordafrika, Ferner Osten) ausgeglichen werden.

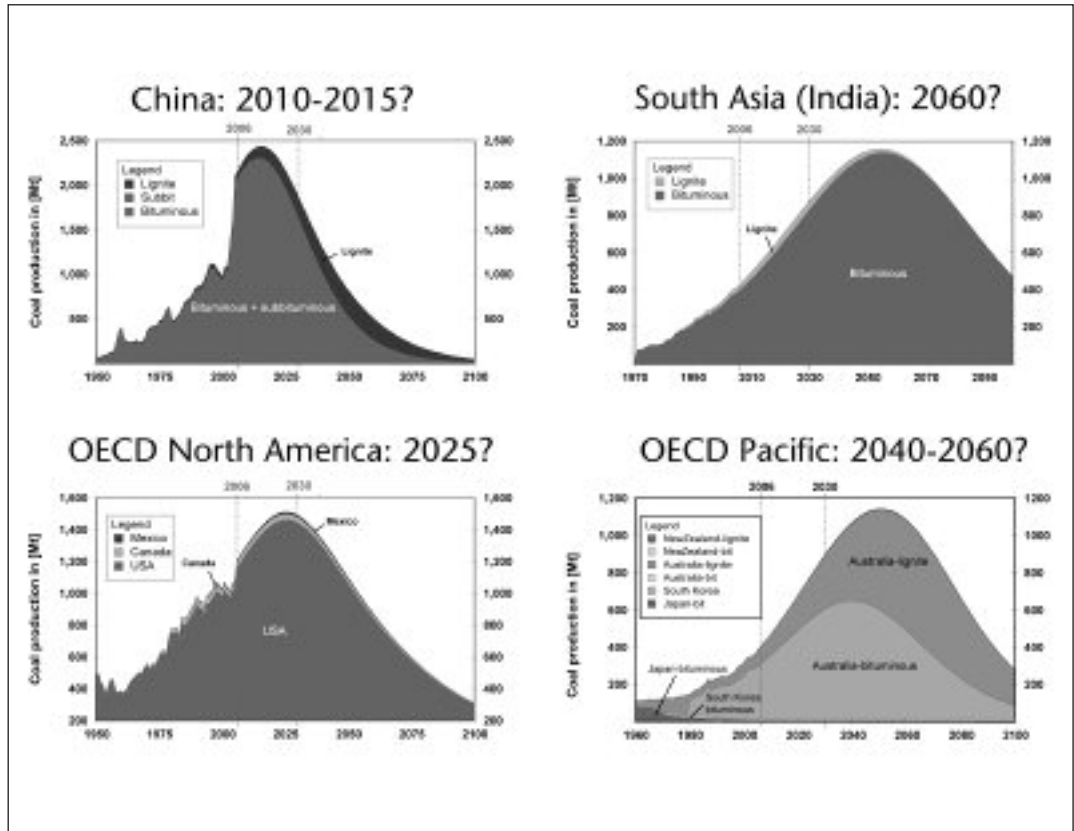
Das Szenario zeigt die mögliche Entwicklung gestützt auf die heutige Einschätzung der Reservesituation und beschreibt eher eine Obergrenze. Die tatsächliche Entwicklung in den kommenden Jahrzehnten kann durchaus von regionalen Engpässen geprägt werden.

Die obere Folie auf Seite 28 zeigt Einzelanalysen der Kohleförderung der vier wichtigsten Förderregionen der Welt (alle Kohlearten): China, Süd-Asien, Nordamerika und die Pazifikregion. Die Darstellungen sind eher als zu optimistisch anzusehen:

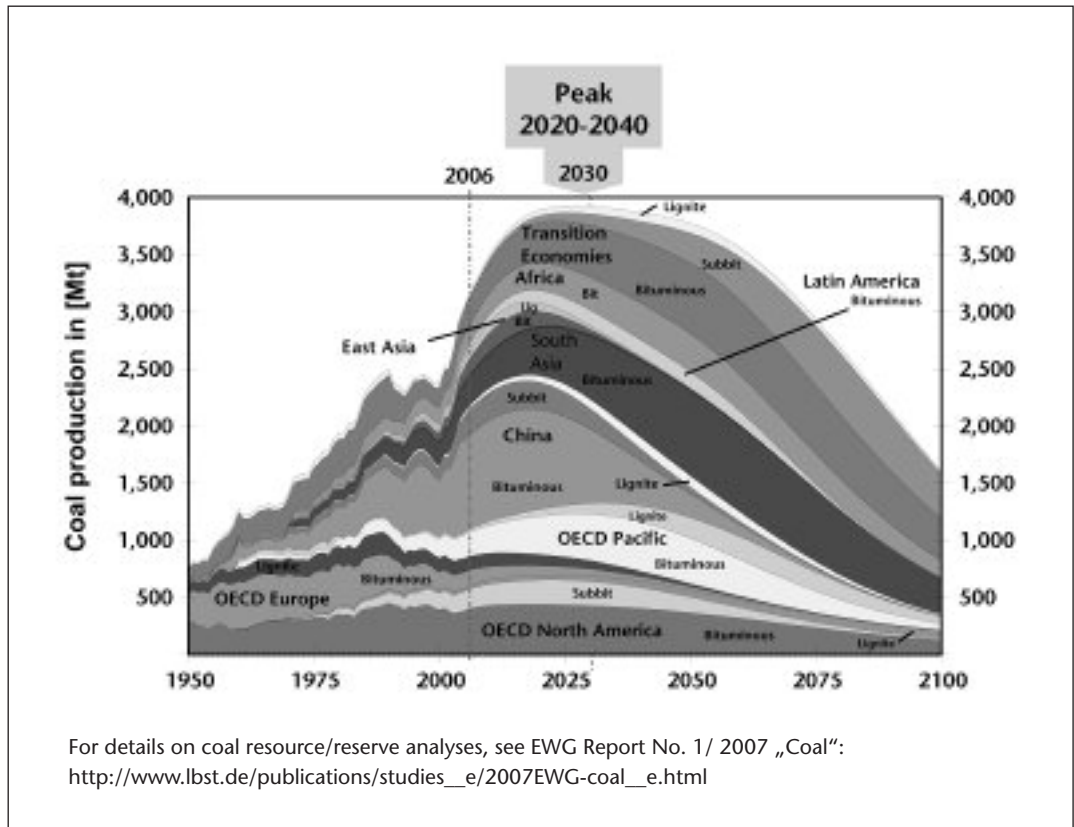
In China wird weltweit am meisten Kohle gefördert (fast doppelt so viel wie in den USA). Chinas Reserven sind jedoch nur halb so hoch wie die der USA. Seit 1992 hat China seine Reservestatistiken nicht überarbeitet trotz deutlich gestiegenem Kohleverbrauch.

Große Teile der US-Kohlereserven befinden sich nahe unter der Erdoberfläche Montanas, die von fruchtbarem Ackerboden bedeckt ist. Diese Kohlereserven können jedoch nur im Tagebau gewonnen werden. Hier besteht ein Zielkonflikt zwischen Fleisch-/Nahrungsmittel- und Kraftstoff-Produktion aus Biomasse, der in der Vergangenheit fast immer zugunsten der Fleischindustrie als wichtigstem Wirtschaftsfaktor entschieden wurde.

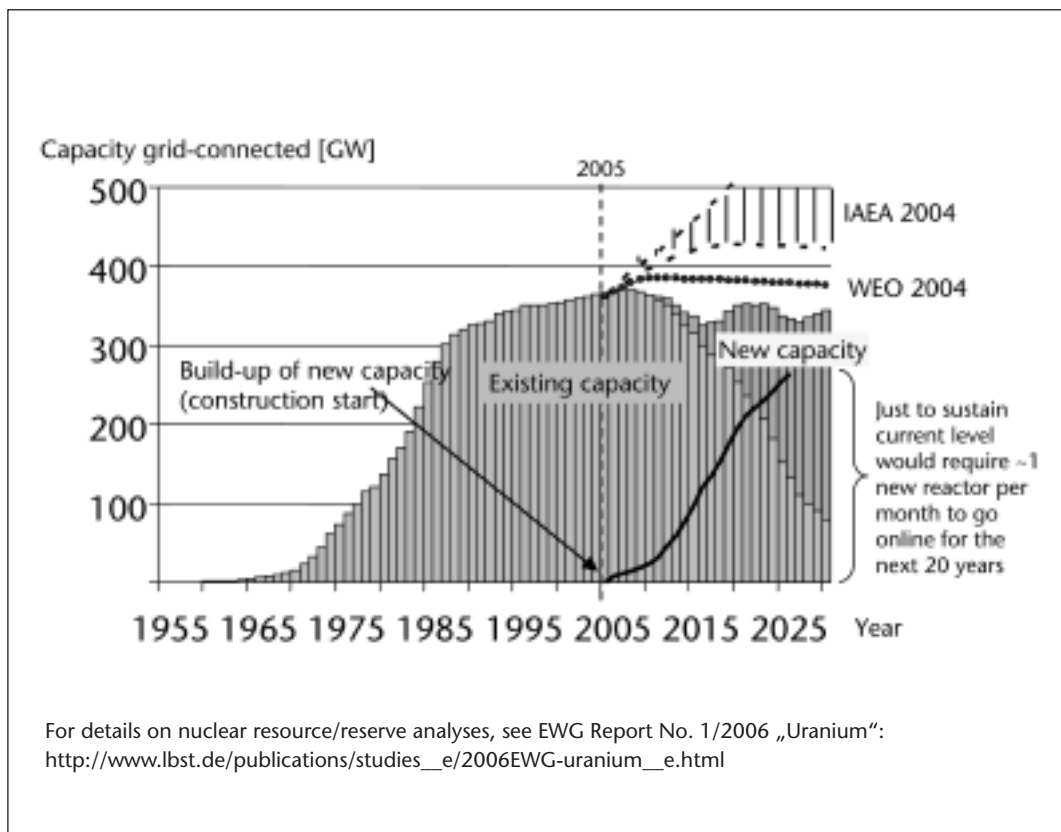
Primary Energy
Supply: World Oil
Production



Primary Energy
Supply: World Coal
Production



For details on coal resource/reserve analyses, see EWG Report No. 1/ 2007 „Coal“:
http://www.lbst.de/publications/studies__e/2007EWG-coal__e.html



Primary Energy
Supply: World Nuclear
Power Capacities

Die untere Folie auf Seite 28 basiert auf historischen Förderdaten des US-EIA sowie BGR 2006; Extrapolation durch LBST. Die Abschätzungen für die zukünftige Kohleförderung sind optimistisch, da weitere Revisionen regionaler Kohlereserve-Statistiken zu erwarten sind. Ein Maximum der Kohleproduktion wird voraussichtlich zwischen 2020 und 2040 erreicht. Weitere Restriktionen im Endenergieangebot (z. B. Kohleverflüssigung) sind hier noch nicht berücksichtigt.

Die Darstellung erfolgt in Megatonnen (Mt). Der Energieinhalt der angegebenen Kohlesorten hängt stark von der Kohlequalität ab: Steinkohle (bituminös und sub-bituminös), Braunkohle.

Die zukünftige Kohleförderung in den Staaten der ehemaligen Sowjetunion ist möglicherweise ebenfalls nicht sehr zuverlässig, da hier die Reservestatistiken sehr zweifelhaft sind. Darüber hinaus ist die Kohlequalität nur gering, da es sich im Wesentlichen um sub-bituminöse Kohle handelt.

Deutschland hat in seinem Bericht an das World Energy Council im Jahr 2004 die so genannten „nachgewiesenen“ Steinkohlereserven um 99 % (von 23 Mrd. auf 183 Mio. Tonnen), die Braunkohlereserven um 85 % (von 43 Mrd. auf 6,5 Mrd. Tonnen) abgewertet.

Detaillierte Information über Kohlereserven und -ressourcen weltweit gibt der EWG Report Nr. 1/2007 „Coal“ (www.lbst.de/publications/studies__e/2007EWG-coal__e.html).

Die Folie auf dieser Seite zeigt den heutigen Bestand an Kernkraftanlagen weltweit. Die Altersstruktur der heute weltweit betriebenen Kernreaktoren bestimmt wesentlich die künftige Rolle der Kernenergie. Geht man von einer durchschnittlichen Laufzeit der Reaktoren von 40 Jahren aus, dann werden bis zum Jahr 2030 etwa 75% der heute installierten Reaktoren vom Netz gehen. Soll die Zahl der Reaktoren auch nur konstant gehalten werden, so müssen über diesen Zeitraum jährlich etwa 14 GW an neuen Reaktoren in Betrieb genommen werden.

Weltweit sind jedoch gegenwärtig insgesamt nur etwa 28 Reaktoren im Bau, die in den nächsten 5 bis 7 Jahren in Betrieb gehen könnten. Elf dieser Reaktoren sind seit mehr als 20 Jahren „im Bau“ und eine Realisierung unwahrscheinlich. Angesichts dieser Realität wären steigende Anstrengungen notwendig die Kapazität auch nur konstant zu halten. Eine Ausweitung dürfte die unwahrscheinlichste Entwicklung sein.

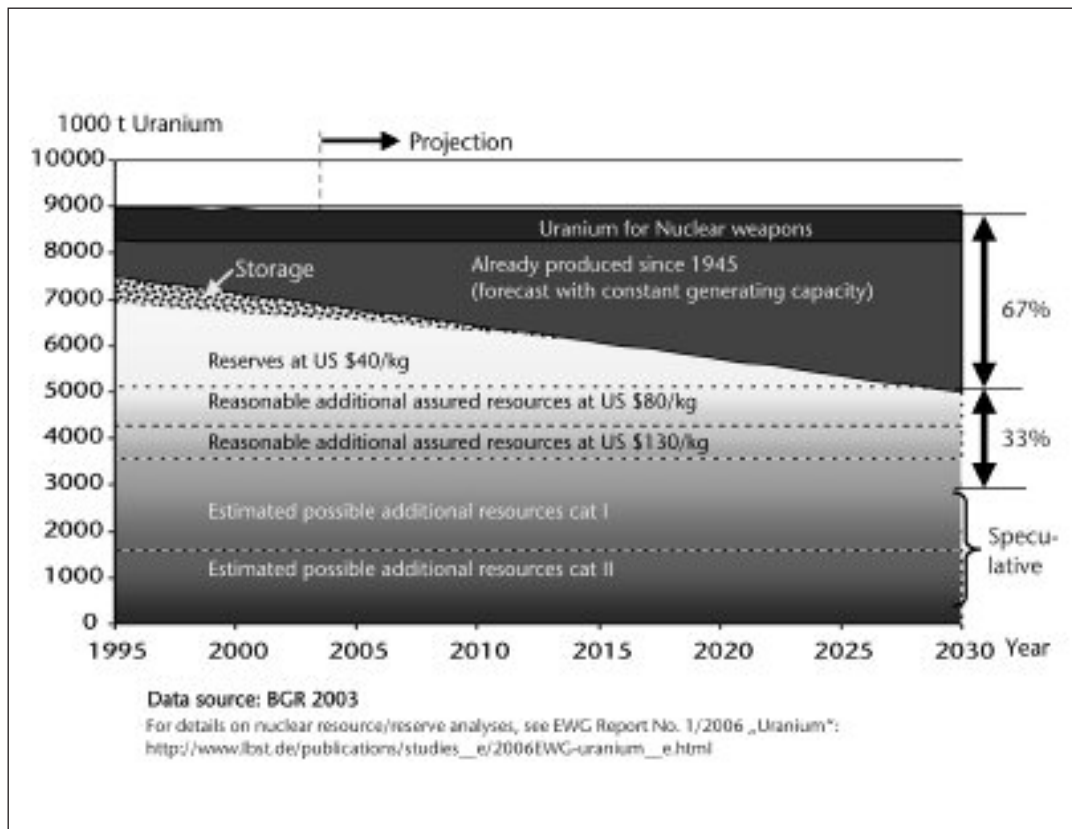
In China sind bis 2020 rund 30 GW an Kernkraftkapazität geplant. Bei einem jährlichen Erweiterungsbedarf der Stromerzeugungskapazität von etwa 14 GW würden diese 30 GW im Jahre 2020 nur etwa 3,5–4% des chinesischen Strombedarfs abdecken. Kernenergie scheint damit keine mittel- bis langfristige Option zur Erzeugung von Wasserstoff im großen Stil zu sein – außer in den wenigen Fällen, wo bereits jetzt der Anteil der Kernenergie an der Stromerzeugung besonders groß ist und Strom in Schwachlastzeiten verfügbar gemacht werden kann, wie z. B. in Frankreich. Dort werden für die Zeit nach 2030 Kernreaktoren der 4. Generation gesehen, die mit einem Hochtemperatur-

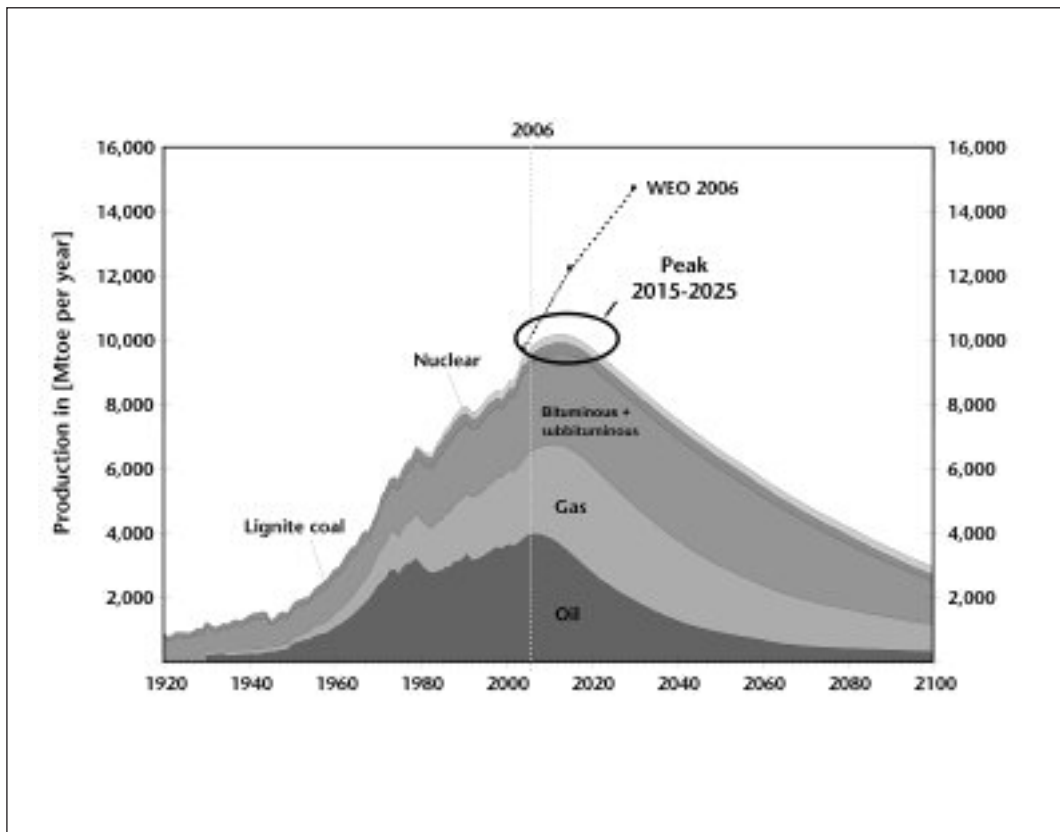
prozess Wasserstoff direkt erzeugen (sog. „thermo-chemical cycles“).

Die Folie auf dieser Seite zeigt die Ressourcenlage für Uran basierend auf Daten des BGR 2003. Wollte man weltweit den Beitrag der Kernenergie nennenswert ausweiten, so würde dies schnell an die Grenzen der Verfügbarkeit von Uranerz stoßen. Eine Option wäre der Einstieg in die Plutoniumwirtschaft unter Nutzung des schnellen Brütters. Dies ist eine bisher kommerziell nicht erprobte Technologie, und sie dürfte auch die nächsten ein bis zwei Jahrzehnte nicht zur Verfügung stehen.

Bereits bei konstant gehaltenem Beitrag der Kernenergie müssten in den nächsten 5–10 Jahren die Uranproduktion um 50% gesteigert werden, um die schwindenden Lagermengen aus Kernwaffen-Abrüstungsbeständen auszugleichen. Detaillierte Information über Uranreserven und -ressourcen finden sich im EWG Report Nr. 1/2006 „Uranium“ (www.lbst.de/publications/studies__e/2006EWG-uranium__e.html).

Primary Energy Supply: World Uranium Reserves/Resources





Primary Energy Supply: Contributions from Fossil and Nuclear Fuels Summary

Die Folie auf dieser Seite zeigt die künftige Verfügbarkeit von fossilen und nuklearen Energieträgern für dieses Jahrhundert.

Nach heutigem Wissen ist ein starker Rückgang der Ölproduktion nach dem Produktionsmaximum sehr wahrscheinlich. Der Grund liegt in den heute eingesetzten Technologien bei der Ölförderung, deren Ziel es ist, die Felder so schnell wie möglich auszufördern. Das führt dazu, dass nach Überschreiten des Fördermaximums die Förderraten schnell einbrechen.

Die heute bekannten Kohlereserven mit einer Reichweite von etwa 160 Jahren könnten zwar bis etwa 2040 eine steigende Förderung erlauben. Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass die Datenqualität schlechter als bei Erdöl ist und hier noch eine Reihe von Reservenaktualisierungen ausstehen. Zudem sind klimapolitische Restriktionen nicht berücksichtigt.

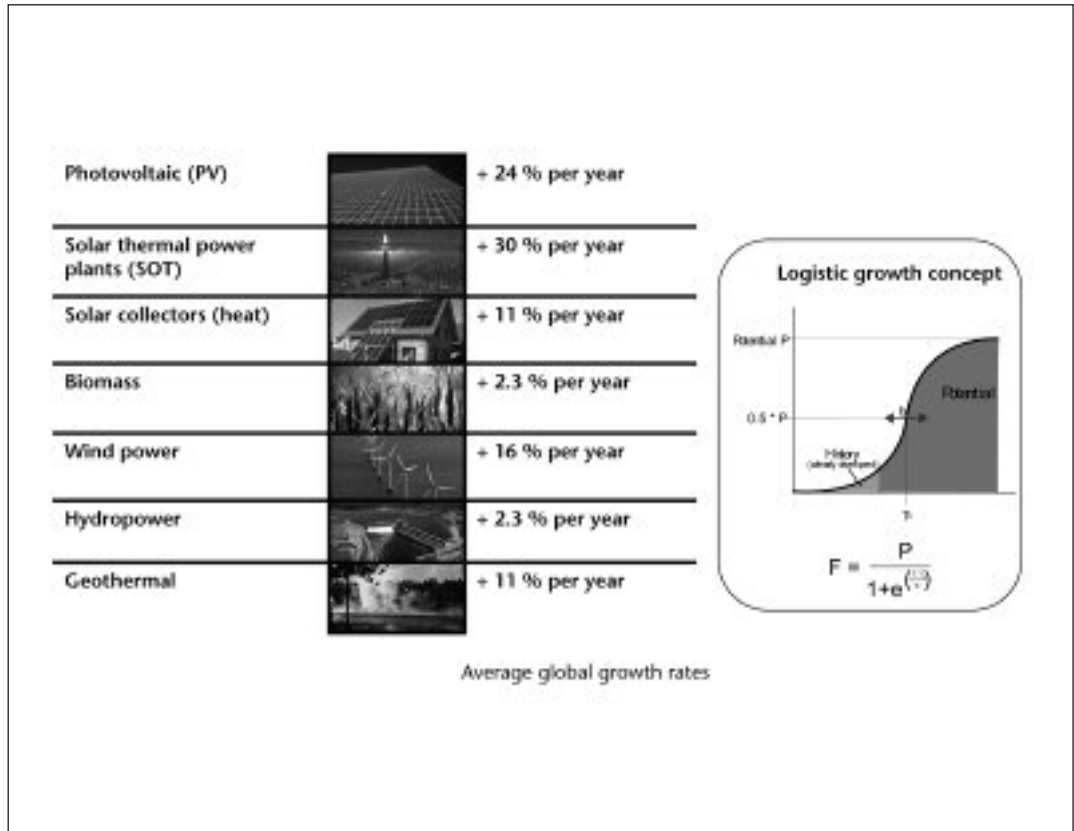
Das Produktionsmaximum bei Öl und später bei Erdgas wird eine spürbare Lücke in der Weltenergieversorgung hinterlassen. Der Rückgang von Erdöl und Erdgas könnte theoretisch durch

einen Zuwachs der Kohlenutzung auf Seiten der Primärenergie teilweise ausgeglichen werden. Bei der Umwandlung in nutzbare Endenergie, insbesondere Kraftstoffe, entstehen bei Kohle jedoch wesentlich höhere Verluste, so dass der Ersatz deutlich schwieriger wird. Ein verstärkter Einsatz von Kohle zur Kraftstoffproduktion führt darüber hinaus dazu, dass sich das Fördermaximum der Kohle bereits früher abzeichnet.

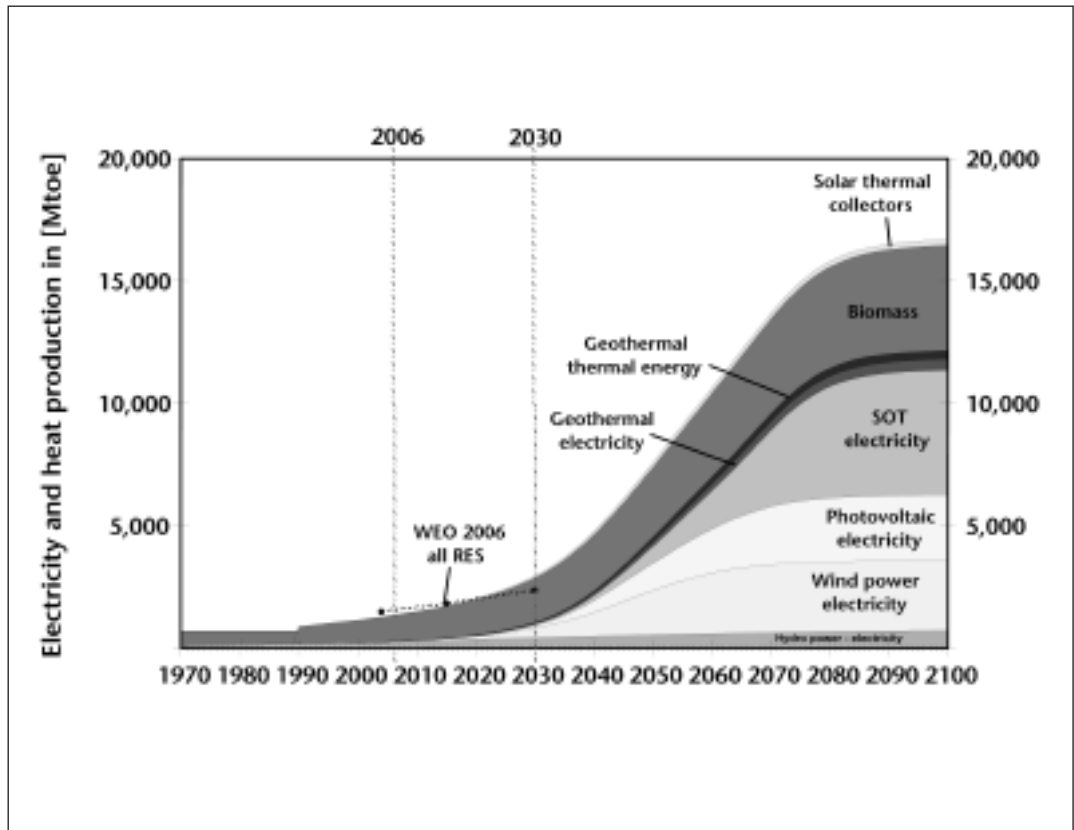
Erneuerbare Energien

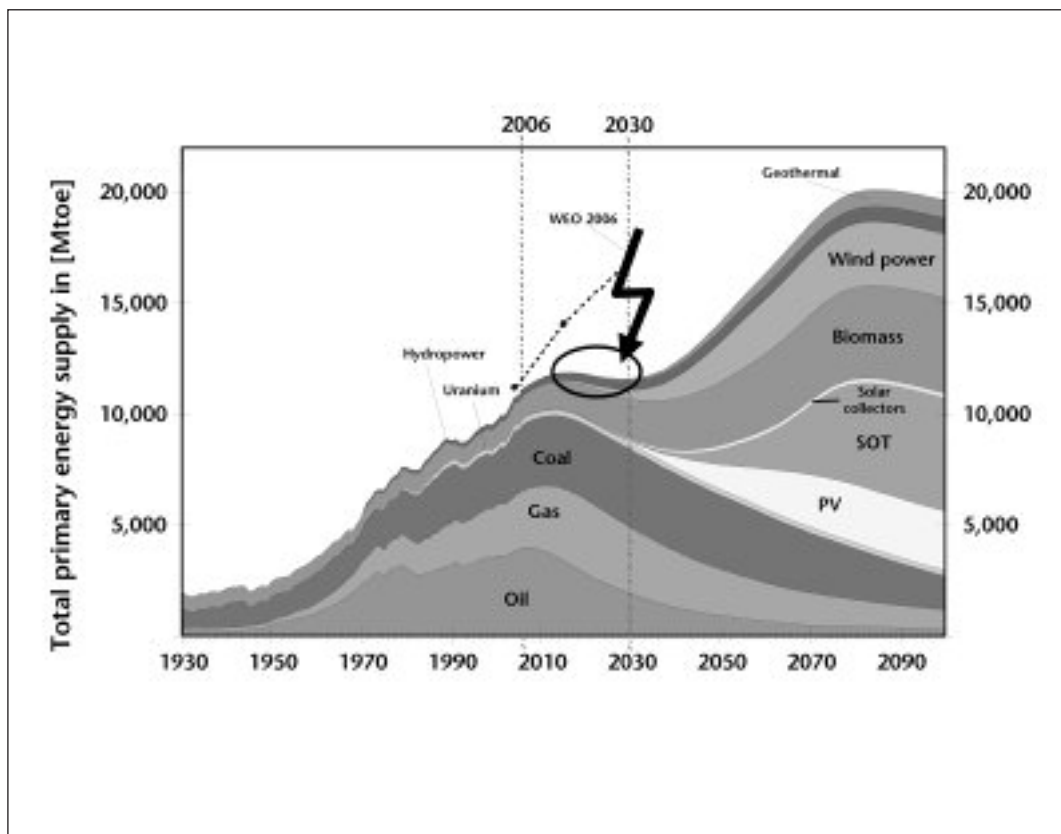
Unter der Maßgabe, dass in der Zukunft eine breite Palette an erneuerbaren Energien etabliert sein muss, wurden hierfür im AWEO Wachstumskurven angenommen. Diese basierend auf historischen Daten, die über die „S-Wachstumskurve“ extrapoliert wurden wie in der Folie auf Seite 32 rechts dargestellt. Die S-Kurve ist so ausgelegt, dass sie beim technischen Potenzial der jeweiligen erneuerbaren Energie konvergiert. Das sich daraus ergebende mittlere Wachstum der verschiedenen erneuerbaren Energietechnologien ist auf der linken Seite gelistet. Traditionelle erneuerbare Energien, wie z. B. Wasserkraft

Primary Energy Supply: Contributions from Renewable Energies
Growth rates and methodology



Primary Energy Supply: Contributions from Renewable Energies
Summary





Primary Energy
Supply: Summary
Conventional and
Renewable Energies
LBST Alternative
World Energy Outlook
2006

und Biomasse, weisen erwartungsgemäß ein nur geringes mittleres Wachstum auf angesichts dessen, dass sie bereits etabliert sind und nur noch über begrenztes Ausbaupotenzial verfügen. So genannte „neue“ erneuerbare Energien, allem voran SOT, PV, Wind, Geothermie und Solarkollektoren, weisen demgegenüber Wachstumsraten bis in den höheren zweistelligen Bereich auf.

Die Folie auf Seite 32 zeigt den Beitrag, den erneuerbare Energien bei kontinuierlichem weiterem Ausbau bis 2100 leisten können.

Die traditionelle Biomasse dominiert das Bild bis fast in die Mitte dieses Jahrhunderts. Der Bruch im Jahr 1990 ist auf eine geänderte Methodik in der Bilanzierung der eingesetzten Biomasse zurückzuführen.

Zusammenfassung

Die Folie auf dieser Seite zeigt zusammenfassend die nach dem LBST „AWEO 2006“ absehbaren Beiträge zur Weltenergieversorgung durch konventionelle und erneuerbare Energien bis zum Jahr 2100.

Augenfällig sind zwei Dinge:

- Wie auch bei den einzelnen Analysen konventioneller Ressourcen ist eine Deckung der von der IEA bis zum Jahr 2030 gesehenen, global steigenden Energienachfrage kaum möglich.
- Selbst bei kontinuierlichem Ausbau erneuerbarer Energie ist ein Rückgang der Primärenergiebereitstellung im Zeitraum 2020–2040 wahrscheinlich, da der Zubau erneuerbarer Energie langsamer erfolgt als der Rückgang konventioneller Energien („Energie-Delle“).

Typisch für Wachstumskurven sind die zu Beginn geringen absoluten Beiträge trotz hoher Wachstumsraten. Daraus kann abgeleitet wer-

den, dass der Ausbau erneuerbarer Energien sehr früh und kontinuierlich erfolgen muss, damit gerade die so genannten „neuen“ erneuerbaren Energie noch vor Mitte dieses Jahrhunderts einen signifikanten Beitrag zur Weltenergieversorgung leisten können. Diese Beiträge können eben nicht quasi „über Nacht“ aufgebaut werden, wenn gerade der Handlungsdruck am größten ist, sprich sinkende Beiträge konventioneller Energie zu kompensieren und steigende Energienachfrage aus Entwicklungsländern abzudecken sind.

Zur Mitte des Jahrhunderts würden alle erneuerbaren Energien zusammen 50 % des Primärenergieangebotes decken. 2100 sind es bereits über 80 %.

Potenziale und Erträge

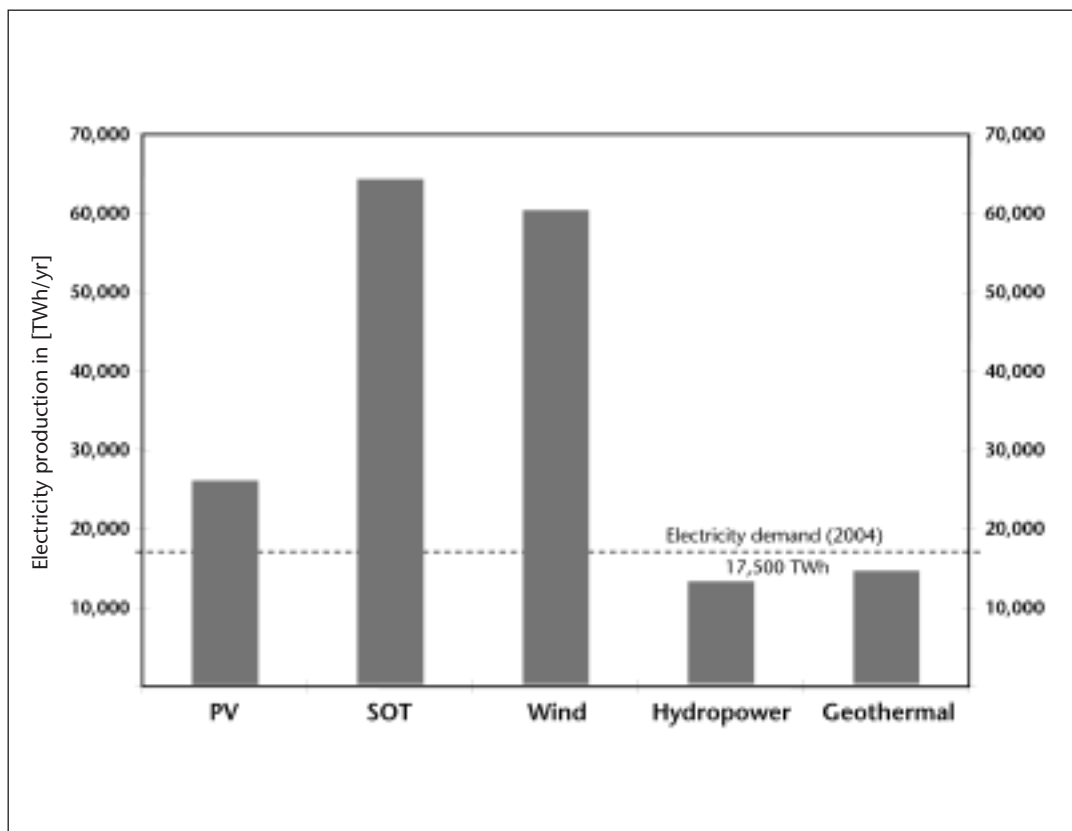
Die Folie auf dieser Seite zeigt, dass fast jede erneuerbare Energiequelle das Potenzial hat, den gegenwärtigen Weltstrombedarf von etwa 17.500 TWh/a abdecken zu können. Solarstrom

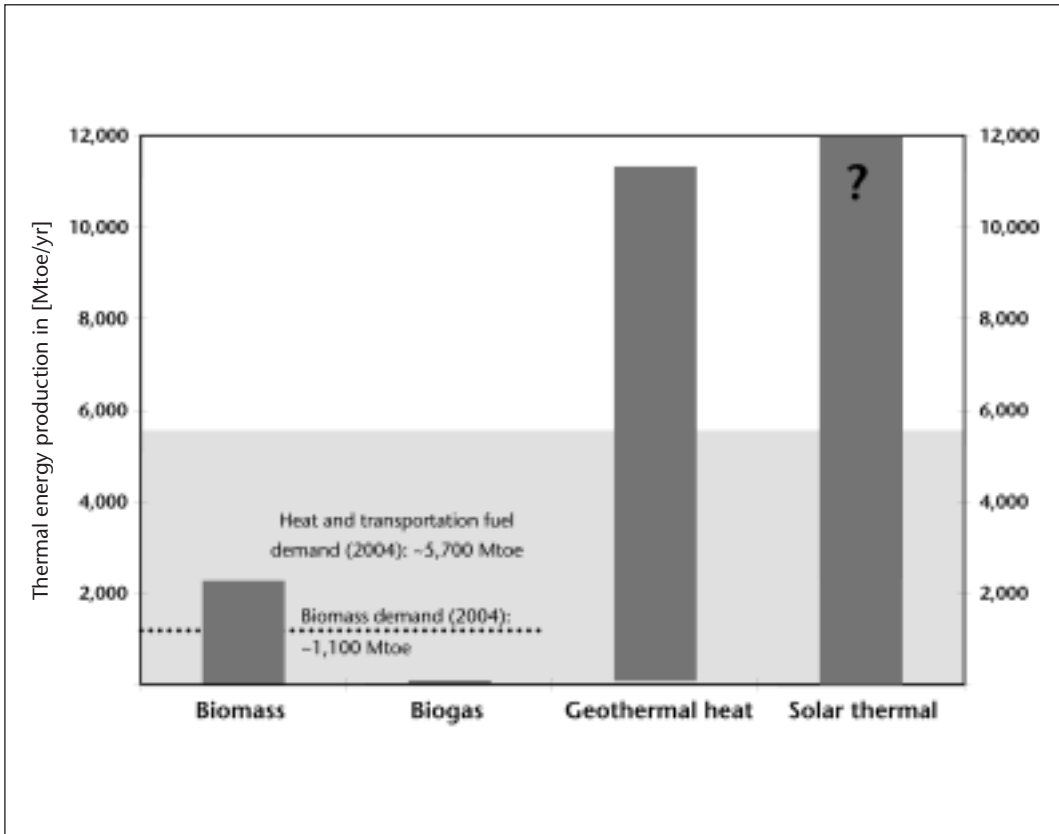
(entweder aus Photovoltaik oder aus solarthermischen Kraftwerken – SOT) hat bei weitem das größte Potenzial, dicht gefolgt von Wind. Der Beitrag der Biomasse zur Stromerzeugung ist ungewiss, da bereits große Teile der Agrarflächen allokiert sind für die Bereitstellung von Futter- und Nahrungsmitteln sowie Wärme. Biogene Abfälle könnten ebenfalls einen Beitrag leisten.

Wasserkraft, Geothermie und in gewissem Umfang auch Biomasse- und SOT-Kraftwerke verfügen über eine hohe gesicherte Leistung („capacity factor“). Unser heutiges Bild von Grund-, Mittel- und Spitzenlast wird sich mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Strommix zunehmend wandeln hin zu einer Kraftwerkseinsatzplanung, die die Verfügbarkeit und Regelbarkeit der verschiedenen konventionellen und erneuerbaren Kraftwerke in den Mittelpunkt stellt.

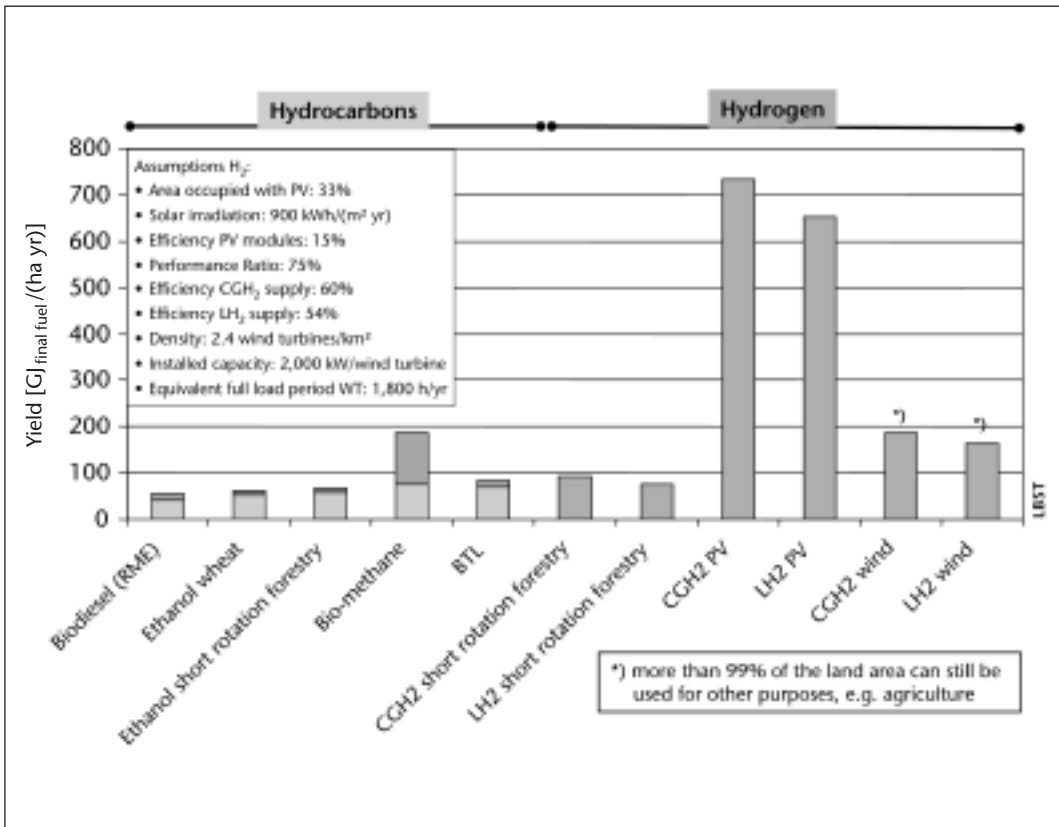
Die obere Folie auf Seite 35 stellt das technische Potenzial zur Wärmeproduktion weltweit dar. Rein rechnerisch könnte die Geothermie Wärmeenergie bereitstellen, die doppelt so hoch

Technical Potential:
Electricity Production
World by region





Technical Potential: Heat Production World by region



Yield per ha and year for different transportation fuels

sind wie der gesamte Wärme- und Kraftstoffbedarf. Die Biomasse kann einen nennenswerten, jedoch begrenzten Beitrag zur Wärmebereitstellung weltweit übernehmen. Ca. 50 % des vorhandenen technischen Potenzials sind bereits erschlossen. Eine Einschätzung des technischen Bereitstellungspotenzials ist noch Gegenstand von Analysen bei der LBST. Das Potenzial ist vermutlich größer als bei der Geothermie.

Einen weiteren Hinweis darauf, warum gerade Wasserstoff eine Alternative zu Flüssigkraftstoffen darstellt und woher dieser nun eigentlich kommen kann, gibt die untere Folie auf Seite 35. Es zeigt den Flächenbedarf verschiedener Kraftstoff-Herstellungspfade. Der Flächenertrag von Wasserstoff ist durchweg höher als bei biomasse-basierten Kohlenwasserstoffen. Eine Ausnahme stellt das obere Ende von Biomethan dar, was auf eine sehr hohe Angabe zum Flächenertrag aus der Literatur zurückzuführen ist. Wichtig zu bemerken ist, dass für dieses Rechenbeispiel für PV nur 1/3 Überdeckung der Nutzfläche angenommen wurde. Ähnlich bei der Windenergie: Die physische Überdeckung der

Nutzfläche durch das Fundament einer Windanlage beträgt etwa 1 %. 99 % der restlichen Fläche steht beispielsweise weiterhin für andere landwirtschaftliche Zwecke zur Verfügung.

Wasserstoff: Woher? Woher nicht?

Die Folie auf dieser Seite fasst die Erkenntnisse aus den Analysen zur Primärenergieverfügbarkeit mit Blick auf die Frage zusammen, woher der Wasserstoff in Zukunft kommen könnte. Mit einiger Bestimmtheit kann zu diesem Zeitpunkt nur gesagt werden, woher der Wasserstoff nicht kommen wird. Der LBST „Alternative World Energy Outlook“ zeigt hierzu die Leitplanken auf. Der Spielraum ist nicht groß und erfordert eine neue Sicht der Dinge (siehe Ausführungen).

Die wichtigsten Informations- und Projekt-Webseiten der LBST sind auf der Folie auf Seite 37 zusammengestellt.

Wasserstoff woher?
Woher nicht?

Leitplanken einer zukünftigen Energieversorgung

- Verknappung von Öl, Erdgas, Kohle und Uran lange vor Erschöpfung der Ressourcen → **Peak!**
- Peak oil trifft vor allem den **Transportsektor**
- Beiträge durch **Biomasse** im Transportsektor stark begrenzt → Wettbewerb!
- **Kohle und Uran** können Rückgang bei Öl und Gas nicht kompensieren
- **Wasserstoff** ist vielseitig hinsichtlich der eingesetzten Primärenergien. Kurzfristig kann, langfristig muss Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen kommen → Ressourcen, Klimawandel!
- **Kritische Phase** für Primärenergieversorgung ist **2015–2025** (regional unterschiedlich)
- Massive Steigerung der **Effizienz** erforderlich, aber alleine nicht ausreichend
- Weichenstellung für **erneuerbare Energien und Wasserstoff** jetzt notwendig für langfristige Sicherung der Energieversorgung → Fokus!

Webseiten der LBST

LBST.de

SERVICE WEBSITES

- HyWeb.de
- H2mobility.org
- H2stations.org
- EnergyShortage.com
- H2data.de

PROJECT WEBSITES

- HFPeurope.org
- HyLights.org
- HyWays.de
- HyNet.info
- AcceptH2.com
- HyApproval.org
- EIHP.org
- ...