

Berlin, 09. November 2007



Energy Watch Group

Ressourcenstudien zu Erdöl, Kohle und Uran



Matthias Altmann · Jörg Schindler · Dr. Werner Zittel
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Ottobrunn
Tel 089 60811038, altmann@lbst.de, www.lbst.de

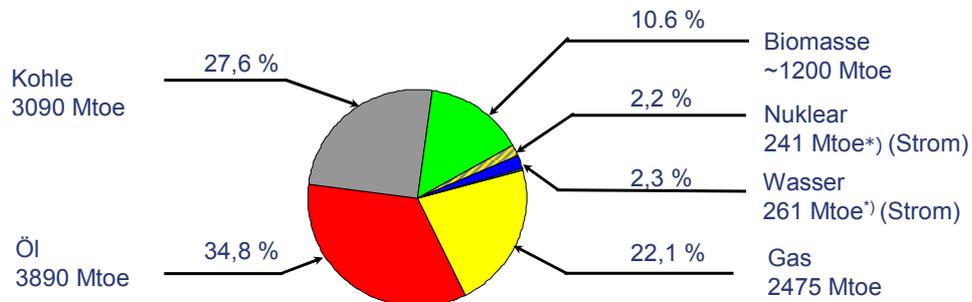


- Einführung: Weltenergieversorgung (allgemein)
- Erdöl: Entdeckung, Förderung, Prognosen
- Kohle
- Kernenergie
- Ausblick: Skizze einer möglichen Entwicklung bis 2100

Weltenergieverbrauch 2006



ludwig bolkow
systemtechnik



1 Mtoe = 1 Mio Tonnen Öläquivalent
 7,1 Mio Barrel Öläquivalent (Mboe)
 11,6 Terawattstunden (TWh)
 1,3 Gigawattjahre (GWA)
 41,8 Petajoule (PJ)

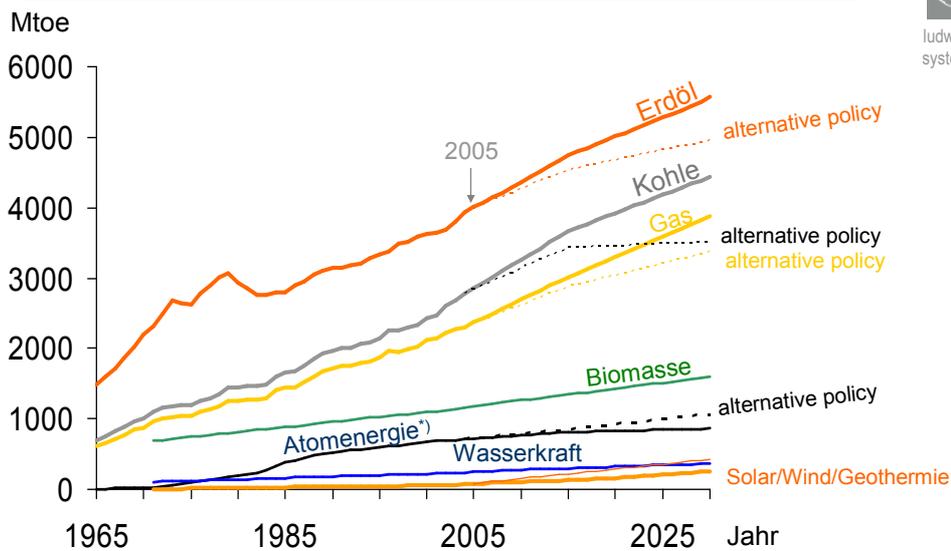
*) bei Umrechnung in Primärenergie erhöht sich
 der Beitrag von Kernenergie auf 635 Mtoe
 und von Wasserkraft auf 688 Mtoe

Source: BP Statistical Review of World Energy 2007
 Renewables: WEO 2006

Prognose des Weltenergieverbrauchs (Internationale Energieagentur)



ludwig bolkow
systemtechnik



4 Quelle: Historical data - BP Statistical Review of World Energy
 Outlook - International Energy Agency 2006

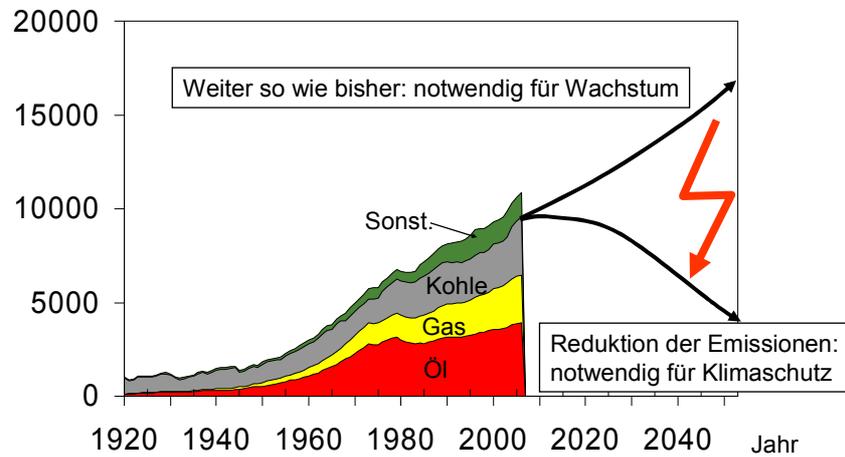
*) mit 38% Wirkungsgrad

Unaufgelöster Widerspruch der Industriegesellschaft



Ludwig Bolkow
Systemtechnik

Mtoe/a (Mio Tonnen Öläquivalent/Jahr)



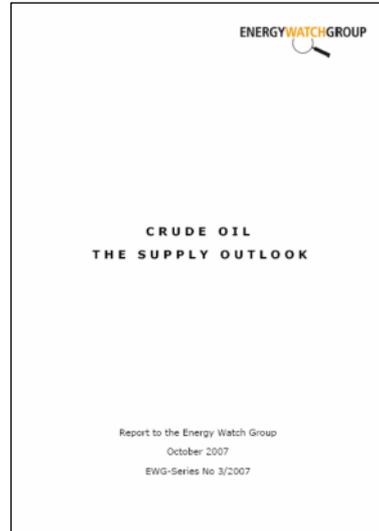
5



Ludwig Bolkow
Systemtechnik

- Einführung: Weltenergieversorgung (allgemein)
- **Erdöl: Entdeckung, Förderung, Prognosen**
- Kohle
- Kernenergie
- Ausblick: Skizze einer möglichen Entwicklung bis 2100

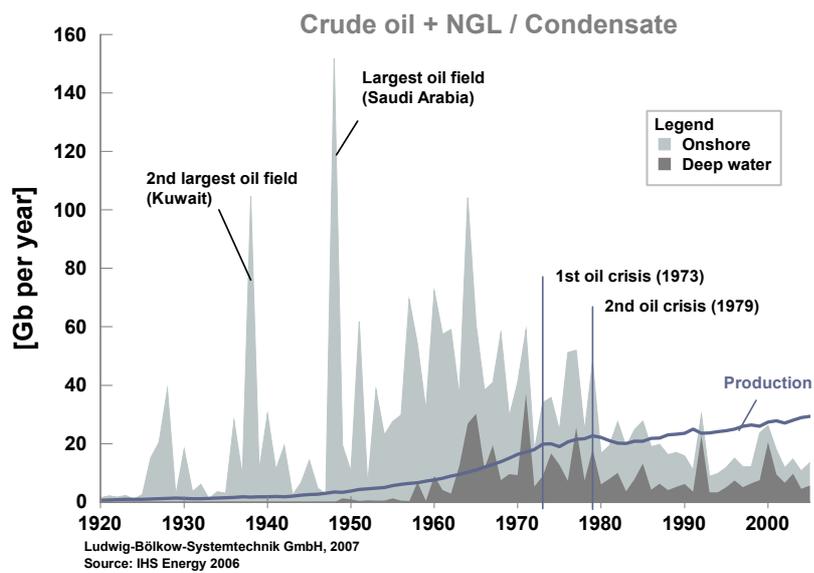
6



Autoren

Jörg Schindler, Dr. Werner Zittel
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

www.energywatchgroup.org

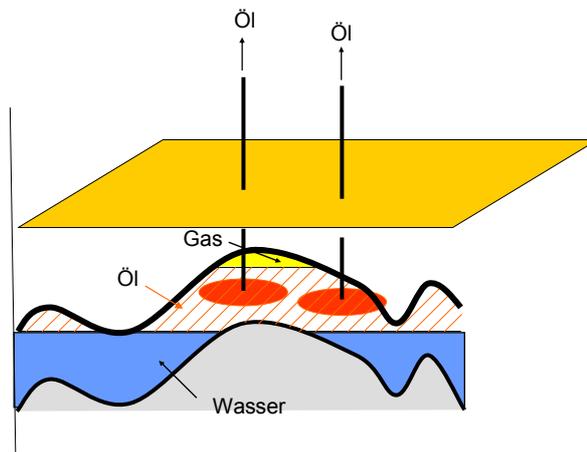


Warum wachsen die Reserven mit der Zeit?



Ludwig Bolkow
Systemtechnik

Schätzung des Explorateurs: so groß wie vertretbar
Schätzung des Ökonomen: so vorsichtig wie vertretbar
Angabe in Jahresberichten: Was sicher mit getätigten Bohrungen förderbar ist



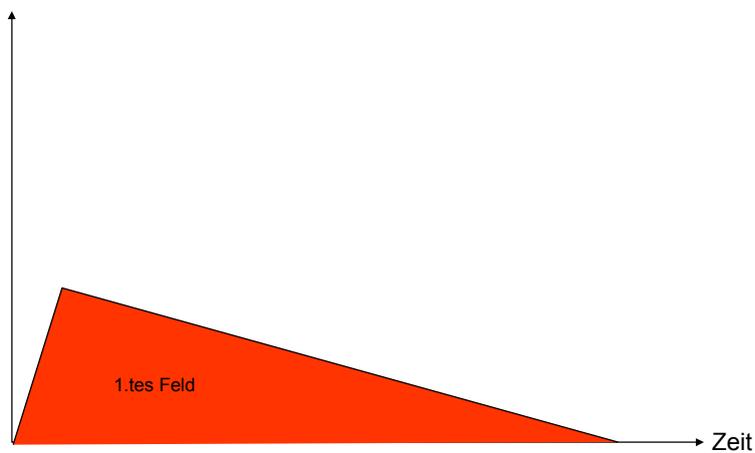
9

Entwicklung der Ölförderung: Typisches Förderprofil eines Ölfeldes



Ludwig Bolkow
Systemtechnik

Ölförderung



10

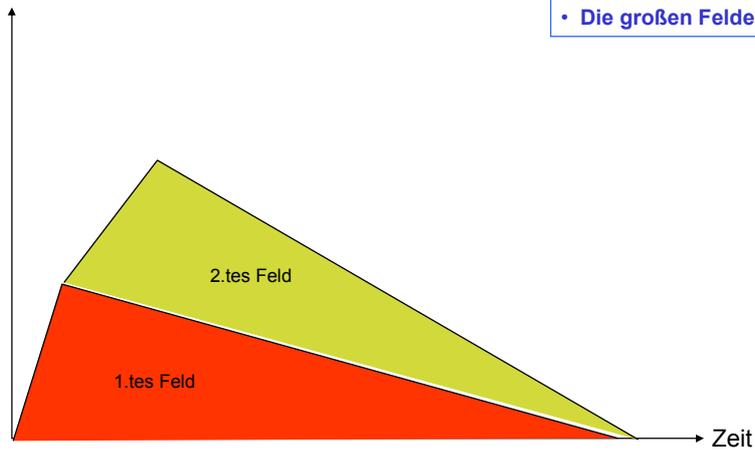
Entwicklung der Ölförderung: Ausweitung der Förderung



ludwig bolkow
systemtechnik

Ölförderung

- Die großen Felder zuerst!



11

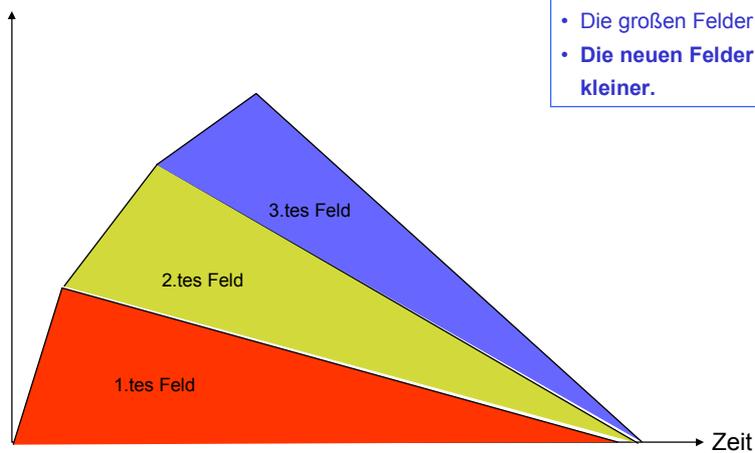
Entwicklung der Ölförderung: Ausweitung der Förderung



ludwig bolkow
systemtechnik

Ölförderung

- Die großen Felder zuerst!
- Die neuen Felder werden immer kleiner.



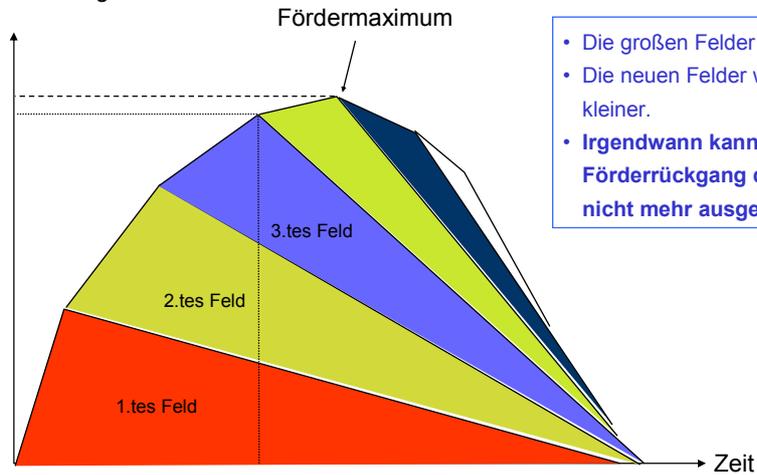
12

Entwicklung der Ölförderung: Regionales Fördermaximum



ludwig bolkow
systemtechnik

Ölförderung



- Die großen Felder zuerst!
- Die neuen Felder werden immer kleiner.
- Irgendwann kann der **Förderrückgang der großen Felder nicht mehr ausgeglichen werden.**

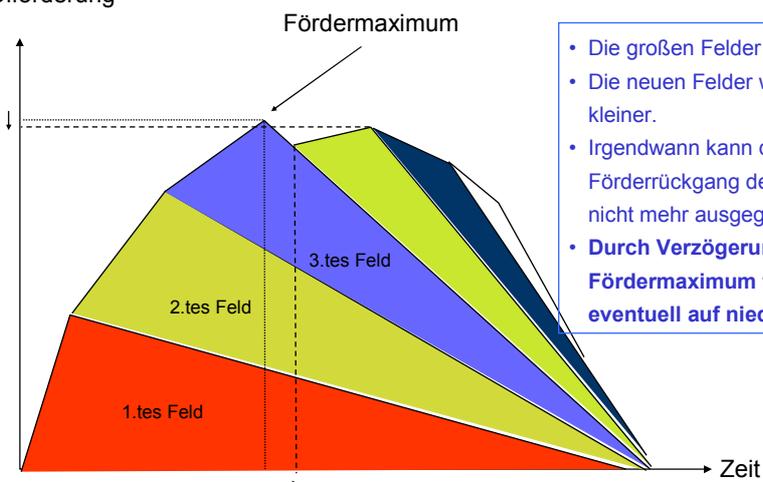
13

Entwicklung der Ölförderung: Verzögerung bei neuen Feldern



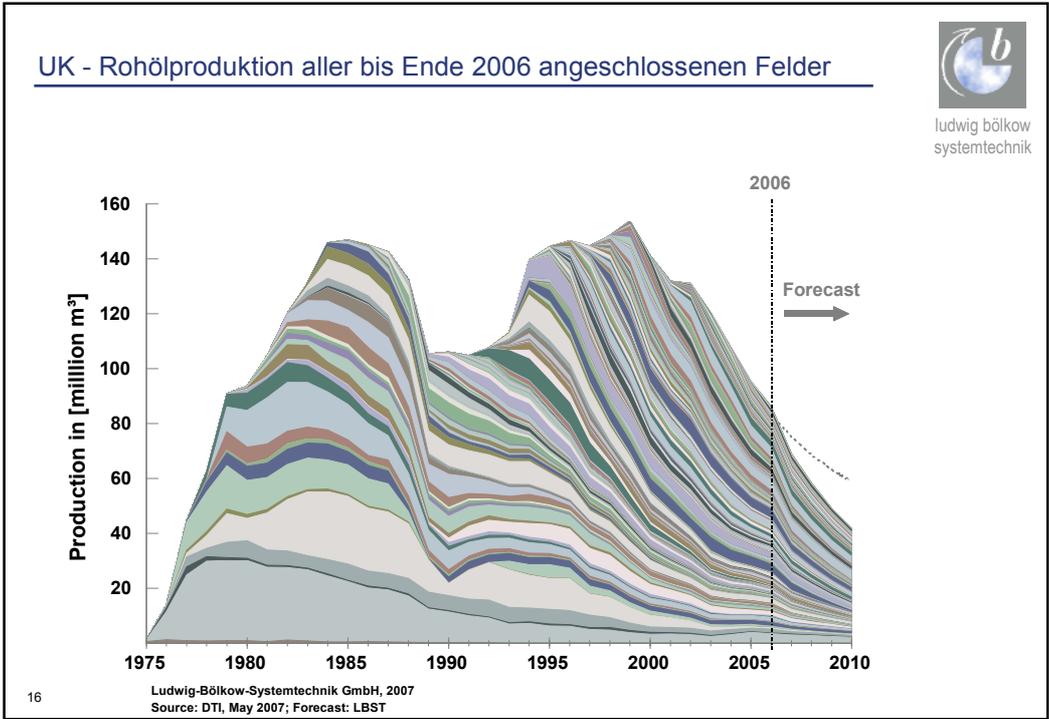
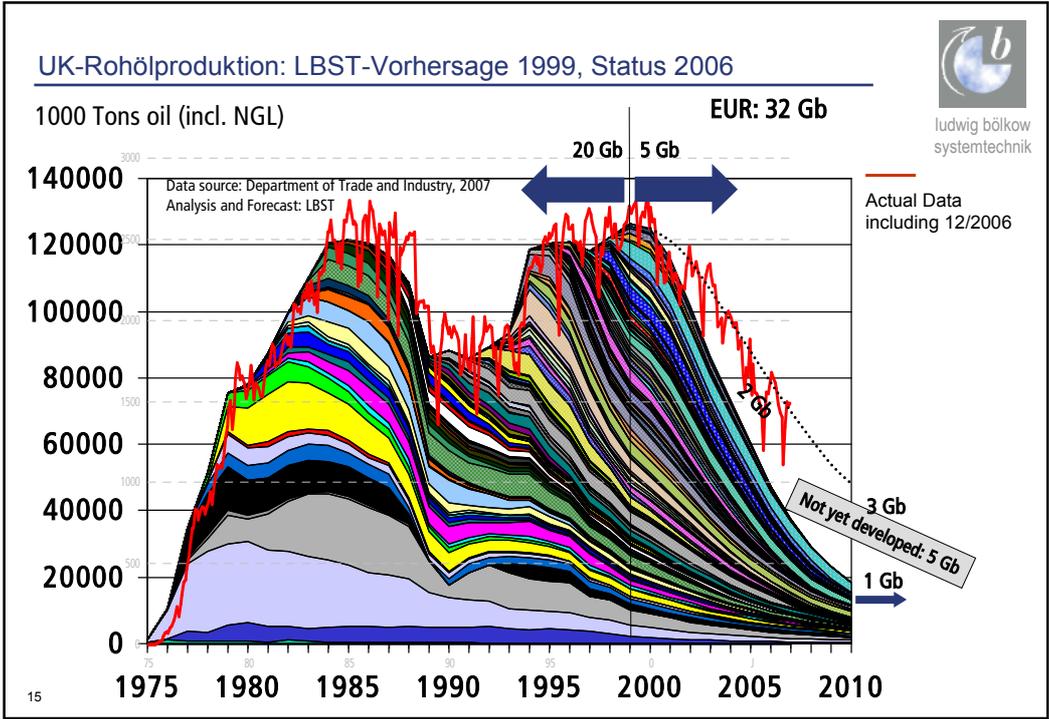
ludwig bolkow
systemtechnik

Ölförderung



- Die großen Felder zuerst!
- Die neuen Felder werden immer kleiner.
- Irgendwann kann der Förderrückgang der großen Felder nicht mehr ausgeglichen werden.
- **Durch Verzögerungen wird das Fördermaximum früher erreicht, aber eventuell auf niedrigerem Niveau.**

14

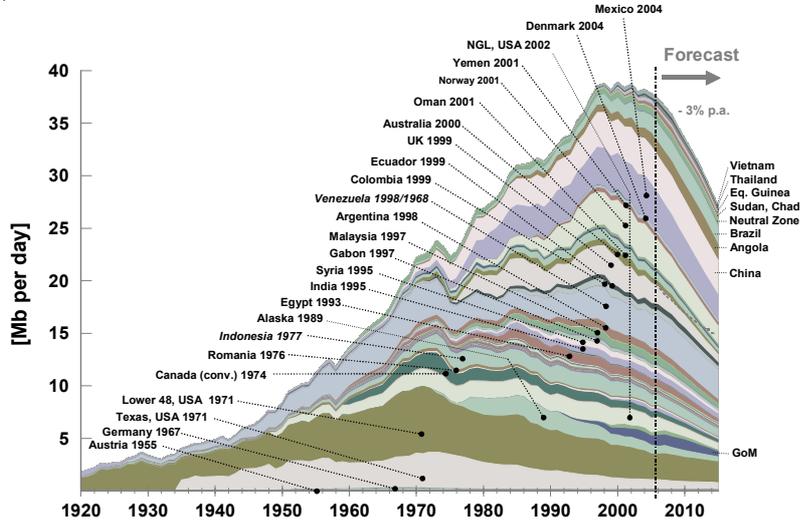


Die Ölförderung außerhalb GUS und OPEC*)

*) inkl. Indonesien und Venezuela



ludwig bölkow
systemtechnik



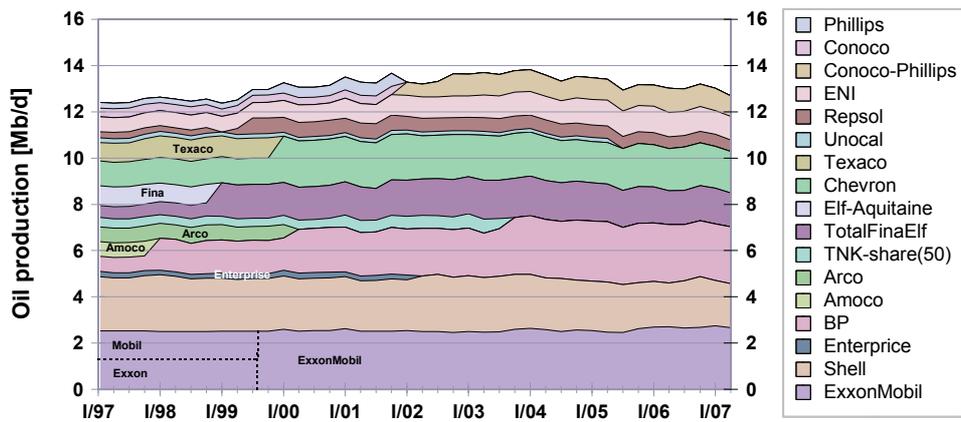
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, 2007
Source: IHS 2006, PEMEX, petrobras ; NPD, DTI, ENS(DK), NEB, RRC, US-EIA, January 2007
Forecast: LBST estimate, 25 January 2007

17

Ölförderung der Öl-Majors 1997-2007



ludwig bölkow
systemtechnik

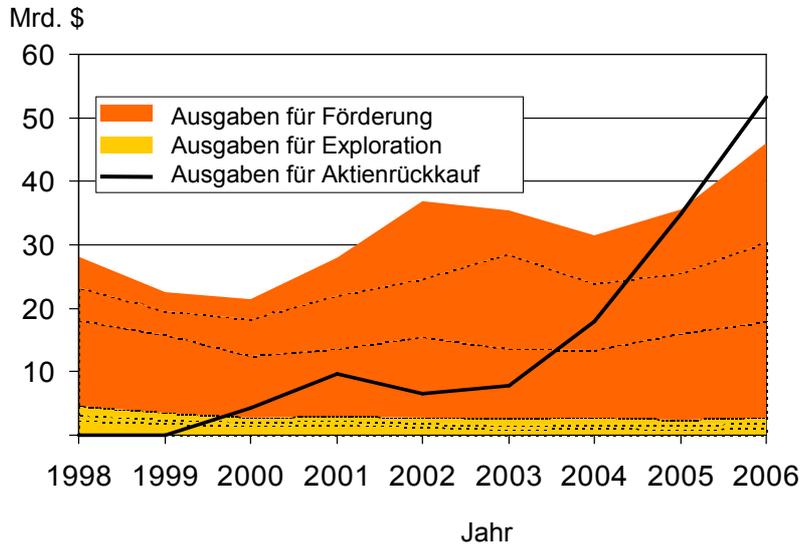


18

ExxonMobil, BP, Shell: Ausgaben Exploration, Förderung, Aktienrückkauf



ludwig bölkow
systemtechnik

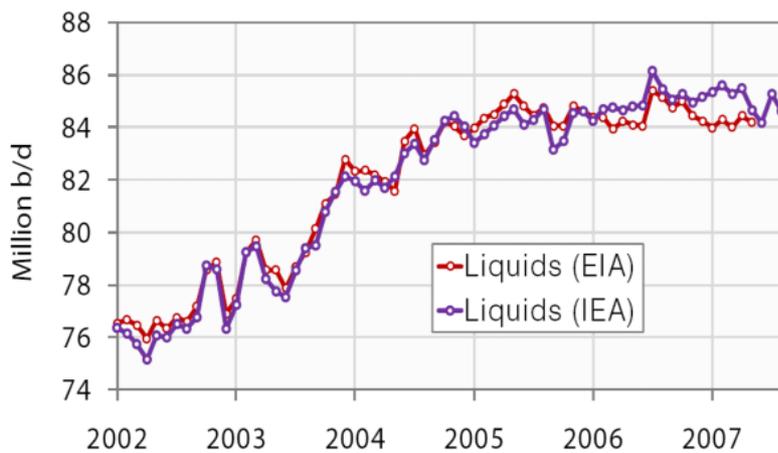


19 Source: Quarterly reports of ExxonMobil, BP and Shell

Weltölförderung (Öl, NGL, Kondensate), Jan 2002 – Aug 2007



ludwig bölkow
systemtechnik



Source: Energy Information Administration, International Energy Agency

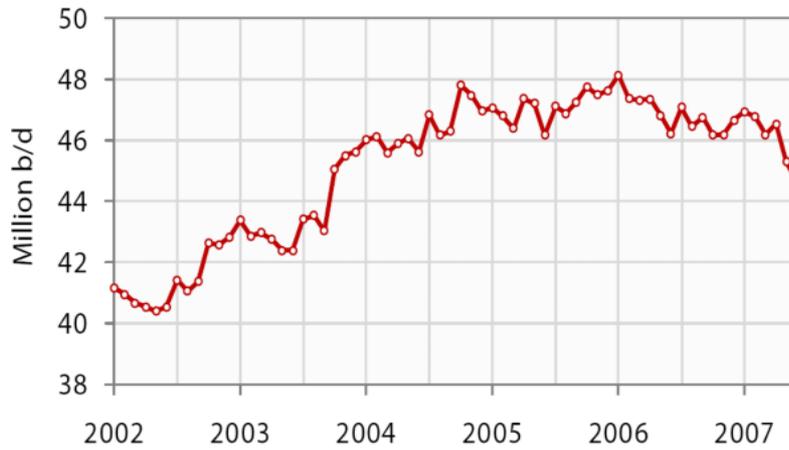
Grafik: ASPO Netherlands, Oil watch monthly, Sep 2007

20

Weltölexporte, Januar 2002 – Juni 2007



ludwig bölkow
systemtechnik



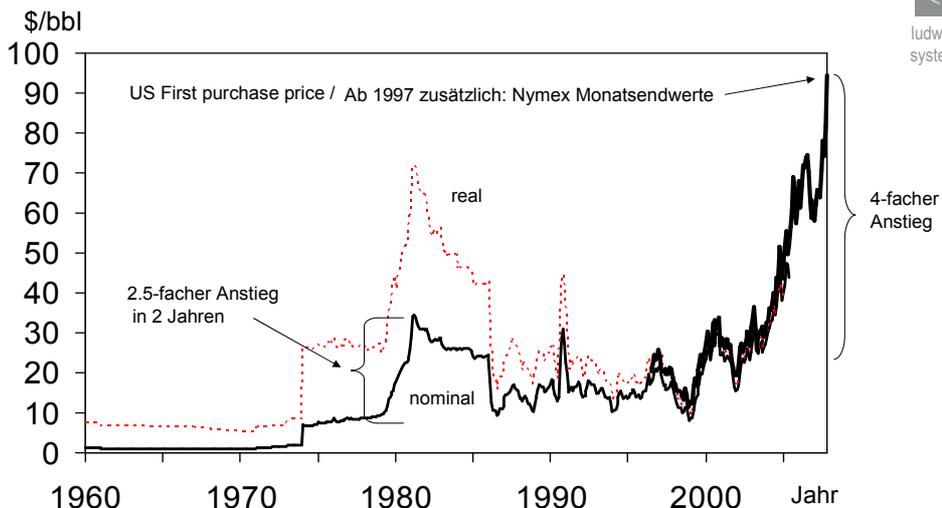
Source: IEA, EIA and JODI Database

21

Entwicklung des Rohölpreises bis Oktober 2007



ludwig bölkow
systemtechnik



Quelle: Die Monatswerte des „US First Purchase Price“ wurde den Internetseiten des US DoE entnommen. Die Daten vor 1974 wurden durch Anpassung der Datensätze für 1974 aus BP Statistical Review of World Energy errechnet.
Die Umrechnung in reale Preise erfolgte durch die LBST anhand von jährlichen Inflationsraten aus BP Statistical Review of World Energy.
Die Nymex Monatsendwerte wurden
http://futures.tradingcharts.com/chart/CO/M/?saveprefs=t&xshowdata=t&xCharttype=b&xhide_specs=f&xhide_analysis=f&xhide_survey=t&xhide_news=f entnommen

22

Weltölrreserven: EWG-Einschätzung



ludwig bölkow
systemtechnik



23

Weltölrreserven: Aufgeblasene Reservestatistiken?



ludwig bölkow
systemtechnik

Sadad al-Huseini

former head of exploration and production at Saudi Aramco

30.10.2007: "Reserves are confused and in fact inflated. Many of the so called reserves are in fact resources. They're not delineated, they're not accessible, they're not available for production." By his estimate 300 billion of the world's 1200 billion barrels of proved reserves should be recategorized as speculative resources.

Quelle: <http://www.davidstrahan.com/blog/?p=68>

Prof. Peter Kehr

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

02.11.2007: Von aufgeblasenen Reservestatistiken geht man im BGR jedoch nicht aus:

"Für mich ist das Panikmache", sagt Peter Kehr im Gespräch mit Spiegel Online. Die Opec-Angaben sind nach Einschätzung des Geologie-Professors glaubwürdig. "Wir machen jährlich eine Zusammenstellung der Energieträger weltweit – und prüfen Angaben der Länder auf Plausibilität."

Quelle: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,druck-514877,00.html>

24

Weltölreserven: Vergleich



Ludwig Bolkow
Systemtechnik

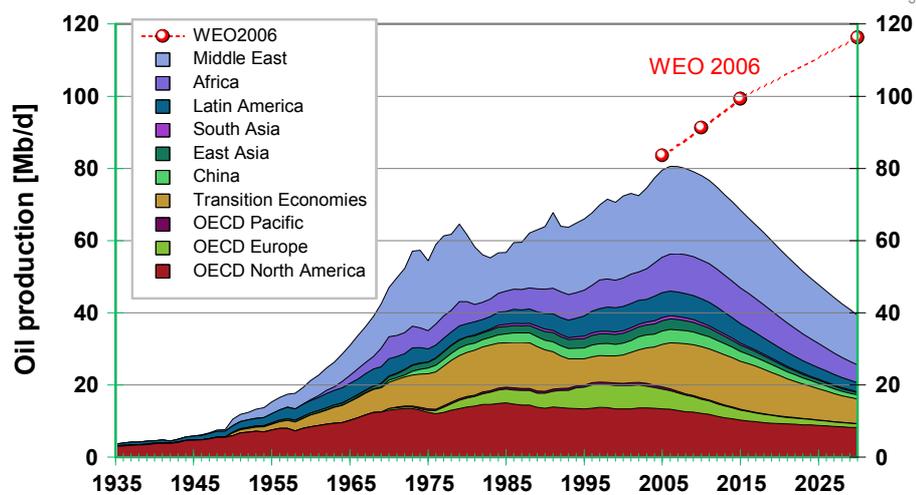
| Region | Remaining reserves | | Production 2005 | | Consumption 2005 [Gb/yr] |
|----------------------|--------------------|-------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|
| | EWG [Gb] | IHS [Gb] | onshore [Gb/yr] | offshore [Gb/yr] | |
| OECD North America | 84 | 67.6 | 3.20 | 1.71 | 9.13 |
| OECD Europe | 25.5 | 23.5 | 0.1 | 1.94 | 5.72 |
| OECD Pacific | 2.5 | 5.1 | 0.025 | 0.18 | 3.18 |
| Transition Economies | 154 | 190.6 | 4.1 | 0.18 | 2.02 |
| China | 27 | 25.5 | 1.1 | 0.22 | 2.55 |
| South Asia | 5.5 | 5.9 | 0.11 | 0.16 | 0.96 |
| East Asia | 16.5 | 24.1 | 0.3 | 0.65 | 1.75 |
| Latin America | 52.5 | 129 | 2.0 | 0.61 | 1.74 |
| Middle East | 362 | 678.5 | 6.97 | 1.97 | 2.09 |
| Africa | 125 | 104.9 | 2.03 | 1.53 | 1.01 |
| World | 854 | 1,255 | 19.94 | 9.15 | 30.3 |

25

Weltölförderung: Analyse und Szenario



Ludwig Bolkow
Systemtechnik



26

Erdöl: Ergebnisse der Studie



ludwig bolkow
systemtechnik

- “Peak oil is now” – Die Welt ist am Maximum der Erdölförderung
- Wichtigstes Ergebnis ist der steile Abfall der Erdölförderung nach dem Maximum. Dieses Ergebnis steht in klarem Gegensatz zu den Projektionen der Internationalen Energieagentur.
- Projektion der weltweiten Erdölförderung:
 - 2006: 81 Mb/d
 - 2020: 58 Mb/d (IEA: 105 Mb/d*)
 - 2030: 39 Mb/d (IEA: 116 Mb/d)
- Bis 2020 werden alle Weltregionen außer Afrika weniger Erdöl fördern als 2005, bis 2030 wird der Rückgang weltweit deutlich sein.

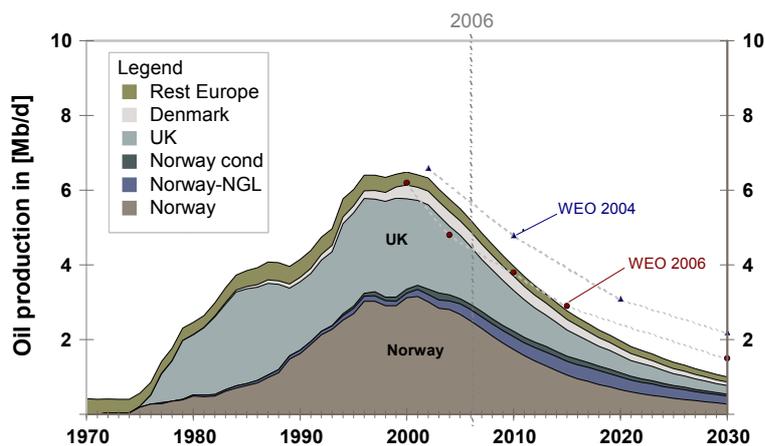
* Interpolation der IEA-Werte für 2015 und 2030

27

Förderung OECD Europa



ludwig bolkow
systemtechnik



- 2006: 5.2 Mb/d
- 2020: 2 Mb/d (IEA: 3.3^{1,2} Mb/d)
- 2030: 1 Mb/d (IEA: 2.6³ Mb/d)

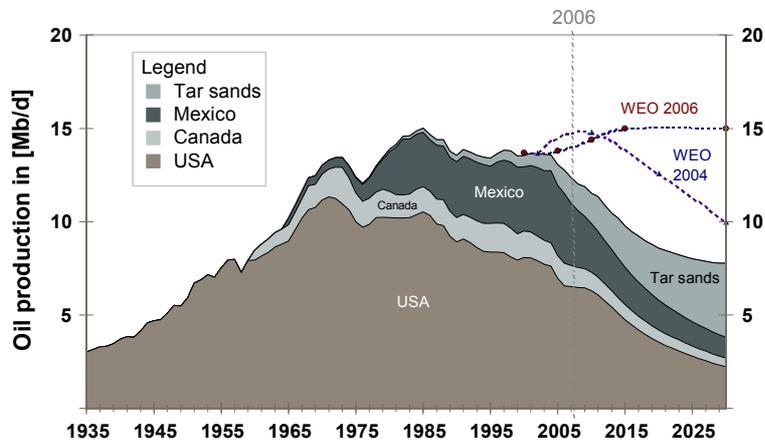
1) Interpolation der IEA-Werte für 2015 und 2030
2) 2,3 Mb/d Rohöl, 25% OECD Natural Gas Liquids
3) 1,5 Mb/d Rohöl, 25% OECD Natural Gas Liquids

28

Förderung OECD Nordamerika



ludwig bölkow
systemtechnik



- 2006: 13.2 Mb/d

- 2020: 9.3 Mb/d (IEA: 15.9^{1,2} Mb/d)

- 2030: 8.2 Mb/d (IEA: 15.9³ Mb/d)

1) Interpolation der IEA-Werte für 2015 und 2030

2) 8.6 Mb/d crude oil, Canadian tar sand, 75% OECD NGL

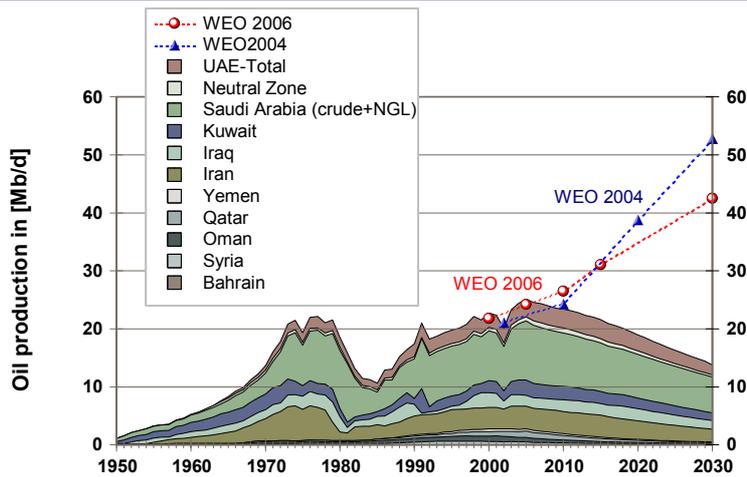
3) 7.8 Mb/d crude oil, Canadian tar sand, 75% OECD NGL

29

Förderung Mittlerer Osten



ludwig bölkow
systemtechnik



- 2006: 24.3 Mb/d

- 2020: 19 Mb/d (IEA: 32.3^{1,2} Mb/d)

- 2030: 13.8 Mb/d (IEA: 39.6³ Mb/d)

1) Interpolation der IEA-Werte für 2015 und 2030

2) 28.3 Mb/d crude oil und 4 Mb/d NGL

3) 34.5 Mb/d crude oil und 5.1 Mb/d NGL

30



ludwig bölkow
systemtechnik

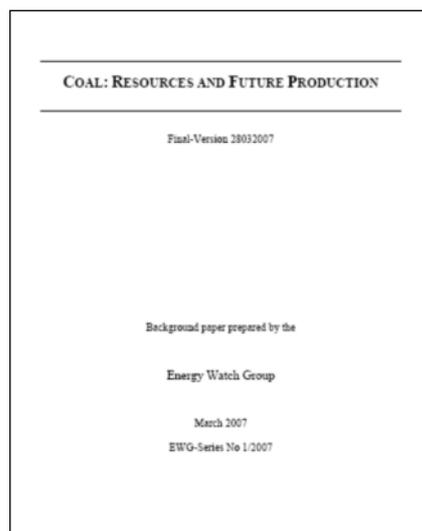
- Einführung: Weltenergieversorgung (allgemein)
- Erdöl: Entdeckung, Förderung, Prognosen
- **Kohle**
- Kernenergie
- Ausblick: Skizze einer möglichen Entwicklung bis 2100

31

Energy Watch Group: März 2007



ludwig bölkow
systemtechnik



Autoren

Jörg Schindler, Dr. Werner Zittel
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

www.energywatchgroup.org

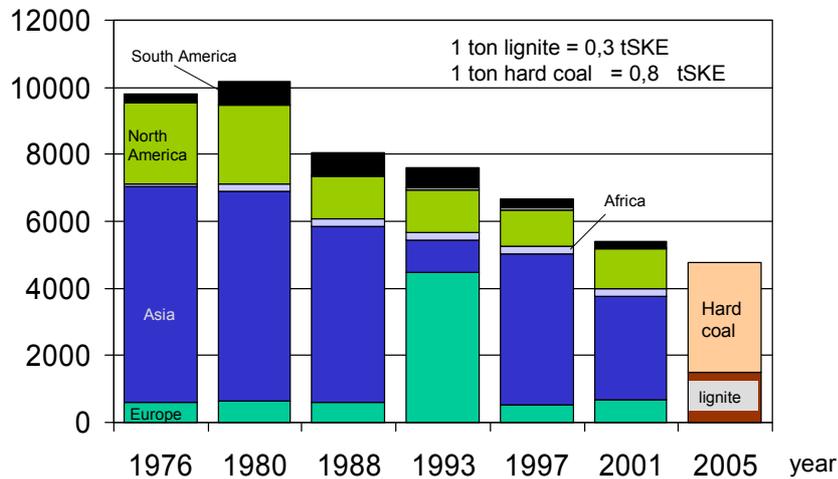
32

Welt: Ressourcen-Abschätzungen



Ludwig Bolkow
systemtechnik

billion t SKE



Source: BGR, 1995/1998/2002/2006
Analysis: LBST 2006

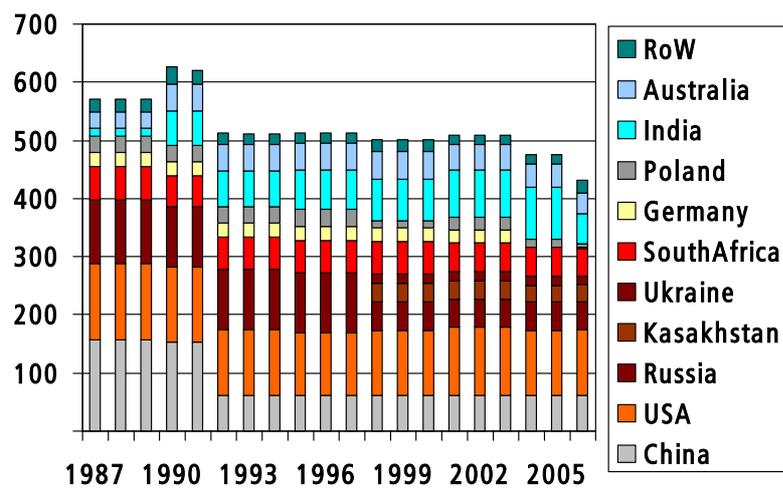
33

Welt: Reservestatistiken Hard Coal



Ludwig Bolkow
systemtechnik

billion t



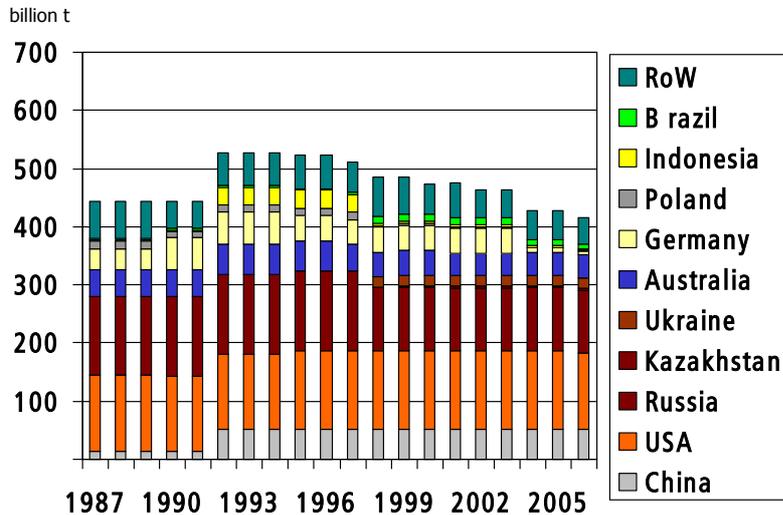
RoW includes: UK, Columbia, Canada, Czech, Mexico, Indonesia, Zimbabwe, Venezuela, Korea, Japan, Turkey, Spain, Hungary, (Data between 1987- 1997 are missing for Czech, North Korea, Hungary)

³⁴ Source: BP Statistical Review of World Energy 2006 / WEC 2007

Welt: Reservestatistiken Lignite&Subbituminous



ludwig bolkow
systemtechnik



RoW includes: India, UK, Columbia, Canada, Czech, Mexico, Korea, Japan, Turkey, Spain, Hungary, Thailand
(Data between 1987- 1997 are missing for Kazakhstan&Ukraine, Czech, North Korea, Hungary. They are kept constant)

³⁵ Source BP Statistical Review of World Energy 2006/ WEC 2007

Welt: Abwertungen der Reservestatistiken



ludwig bolkow
systemtechnik

Im Jahr 2004 wurden die nachgewiesenen deutschen Steinkohlereserven offiziell um 99 Prozent (!) von 23 Milliarden Tonnen auf 0,183 Milliarden Tonnen abwertet.

Die ausführende deutsche Behörde (Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe) hat hierzu keinerlei Erklärung veröffentlicht. Laut Weltenergieat wurden große Reserven, die früher als nachgewiesen galten, neu bewertet und nun als spekulativ eingeschätzt.

Auch die deutschen Braunkohlereserven wurden drastisch nach unten korrigiert. Deutschland ist der größte Braunkohleförderer weltweit.

36

Weltkohlemarkt



ludwig bölkow
systemtechnik

| | Größter | Zweitgrößter | Drittgrößter | Viertgrößter | Anteil der Top 6 |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|
| Reserven 2005 | USA 120 Btoe | Russland 69 Btoe | Indien 61 Btoe | China 59 Btoe | 85% |
| Förderung 2005 | China 1.108 Mtoe/a | USA 576 Mtoe/a | Australien 202 Mtoe/a | Indien 200 Mtoe/a | > 80% |
| Netto Export 2005 | Australien 150 Mtoe/a | Indonesien 60 Mtoe/a | Südafrika 47 Mtoe/a | Kolumbien 36 Mtoe/a | 85% |

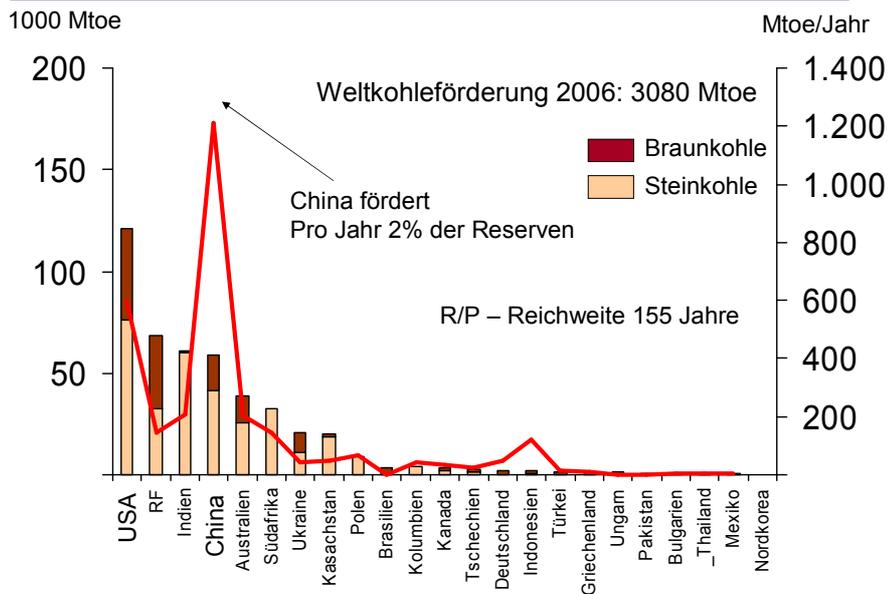
Etwa 15% der Weltförderung werden exportiert (netto).

37

Kohlereserven und Förderung



ludwig bölkow
systemtechnik

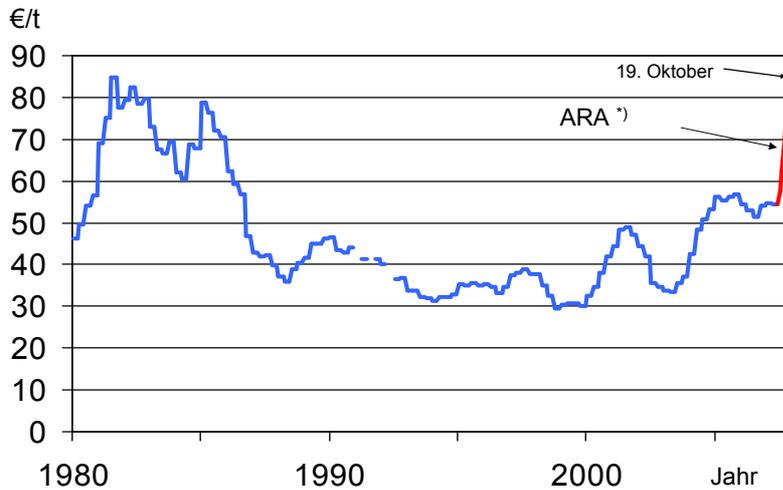


38 Source: BP Statistical Review of World Energy 2007
Analyse LBST 2007

Steinkohleimportpreise frei deutsche Grenze



ludwig bölkow
systemtechnik



*) mit 1€=1.38\$ US umgerechnet (bis 12. Okt 2007)

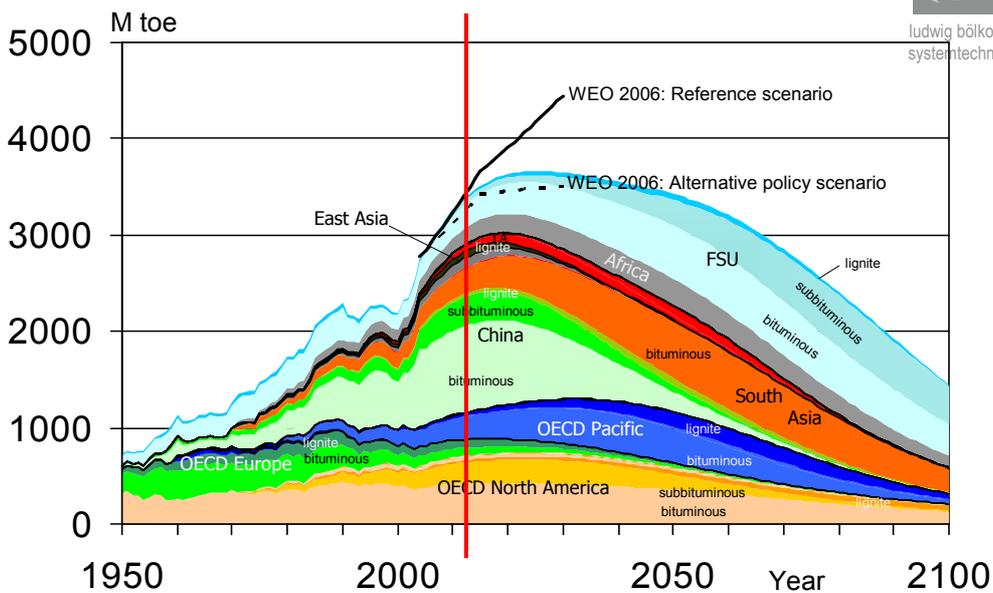
39

Quelle: BAFA 2007/Global Coal 2007

Welt: mögliche Kohleförderung



ludwig bölkow
systemtechnik



40 Quelle: Energy Watch Group 2006

Zusammenfassung



ludwig bolkow
systemtechnik

- Die Datenqualität der Kohleressourcen und -reserven ist schlecht. Die Statistiken überschätzen Ressourcen und Reserven eher. Die weltweiten Reserven wurden über die letzte zwei Jahrzehnte immer wieder abgewertet, teilweise drastisch.
- Einige Länder (z.B. Vietnam) haben ihre Reservestatistiken seit bis zu 40 Jahren nicht mehr aktualisiert. Die Statistiken für China wurden 1992 das letzte Mal aktualisiert; seitdem wurden 20% gefördert und 1-2% verbrannt unkontrolliert.
- Nur etwa 15% der weltweiten Kohleförderung werden international gehandelt (netto), 85% werden im Ursprungsland verbraucht.
- 40% der weltweiten Kohleexporte stammen aus Australien.
- Die zwei größten Kohleförderer China (38% der Weltförderung) und USA (20%) exportieren nicht. Die Kohleförderung in den USA ist heizwertbezogen seit 2005 rückläufig.
- Die Importabhängigkeit der Europäischen Union von 50% steigt weiter.
- Die weltweite Kohleförderung wird um das Jahr 2025 sein Maximum bei einer höchstens 30% höheren Förderung als heute erreichen.

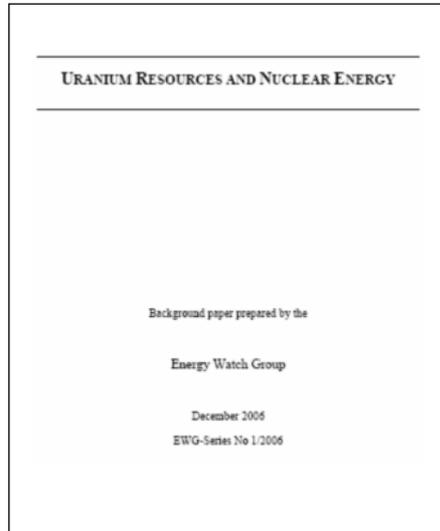
41



ludwig bolkow
systemtechnik

-
- Einführung: Weltenergieversorgung (allgemein)
 - Erdöl: Entdeckung, Förderung, Prognosen
 - Kohle
 - **Kernenergie**
 - Ausblick: Skizze einer möglichen Entwicklung bis 2100

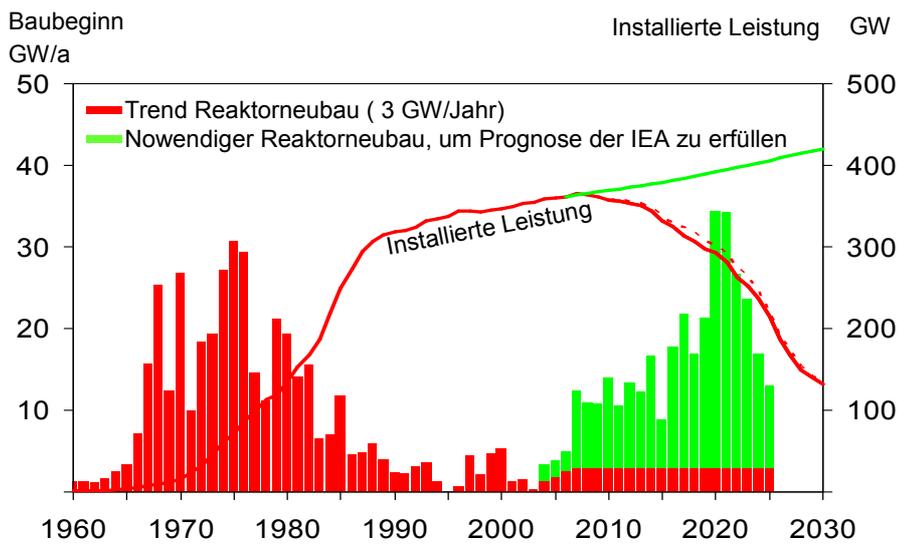
42



Autoren

Jörg Schindler, Dr. Werner Zittel
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

www.energywatchgroup.org

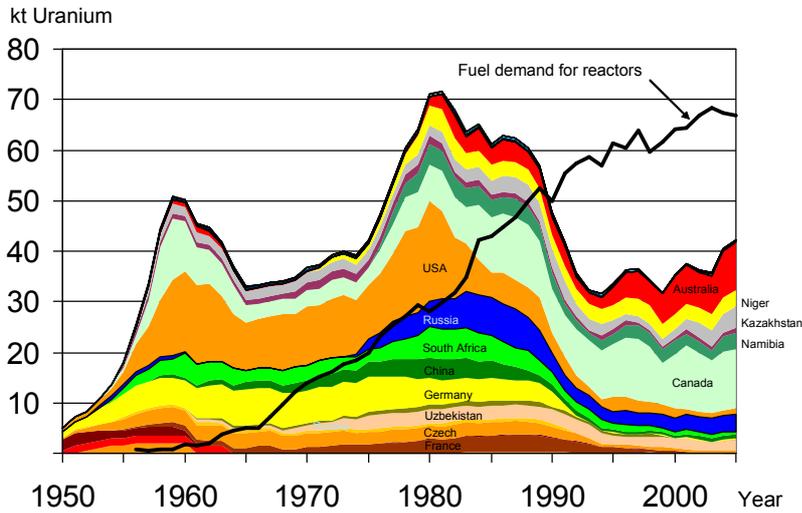


44 Data source: International Atomic Energy Agency, IEA 2006
Analysis: LBST 2006

Uranförderung weltweit – Historie



Ludwig Bolkow
systemtechnik

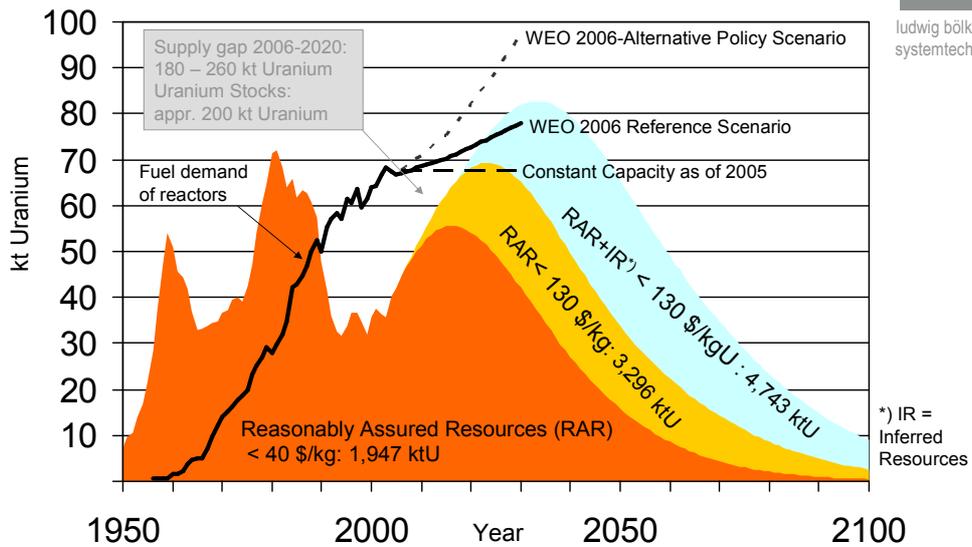


45

Uranförderung weltweit – Historie und Szenarien



Ludwig Bolkow
systemtechnik



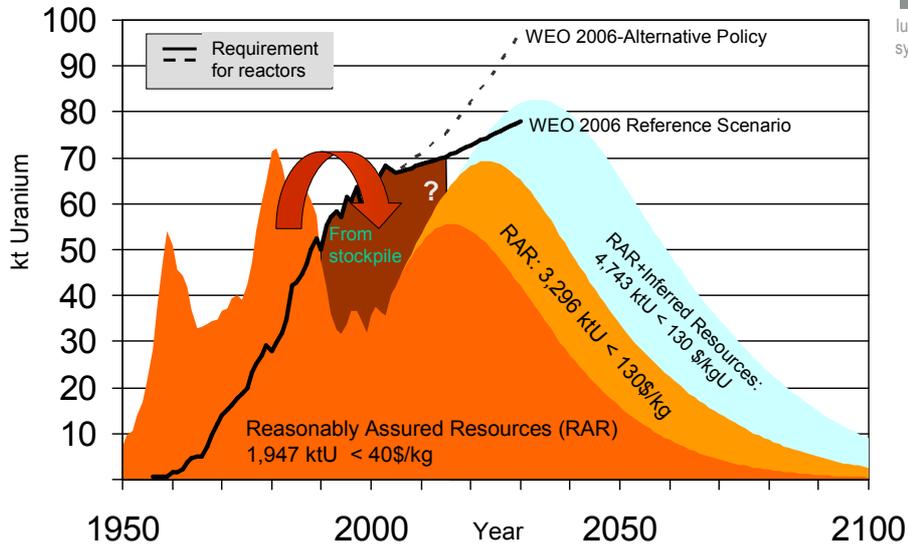
For details on uranium resource/reserve analyses, see EWG Report No. 1/ 2006 „Uranium“:
http://www.lbst.de/publications/studies_e/2006EWG-uranium_e.html

46

Uranförderung weltweit – Historie und Szenarien



Ludwig Bolkow
Systemtechnik



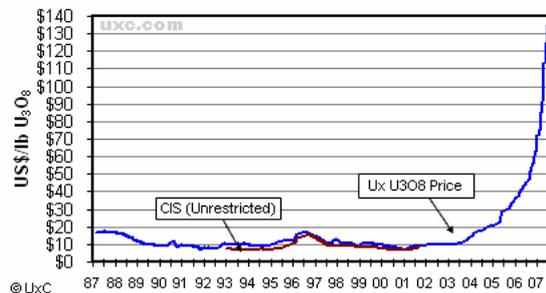
47

Uranpreisentwicklung



Ludwig Bolkow
Systemtechnik

Ux U₃O₈ vs. CIS* Prices



© UxC

* As of October 1, 2001, UxC is no longer publishing CIS prices.

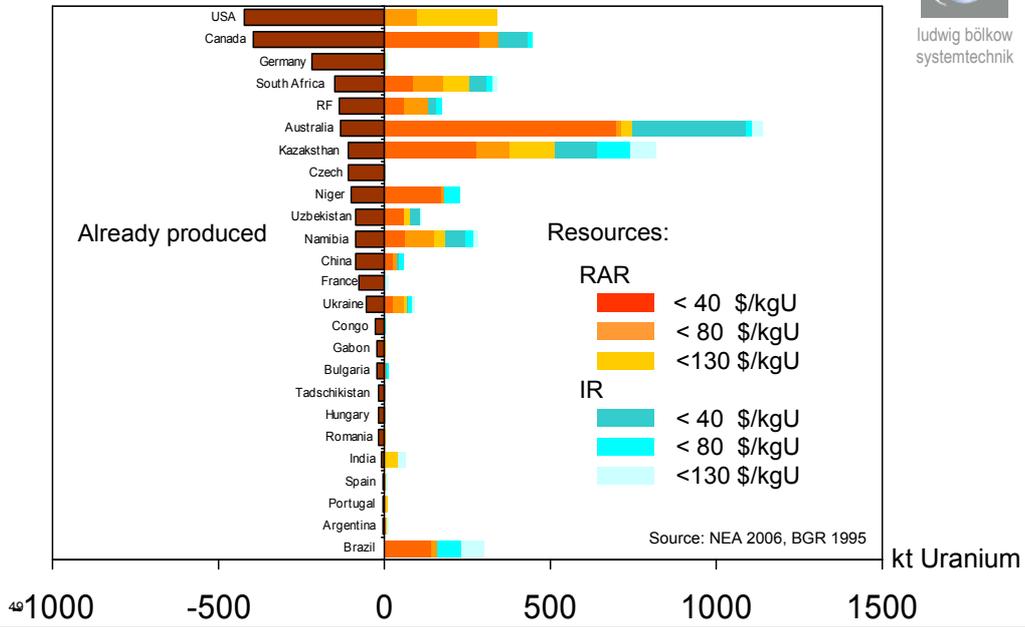
Quelle: www.uxc.com

48

Uranressourcen weltweit – geförderte und verbleibende Mengen



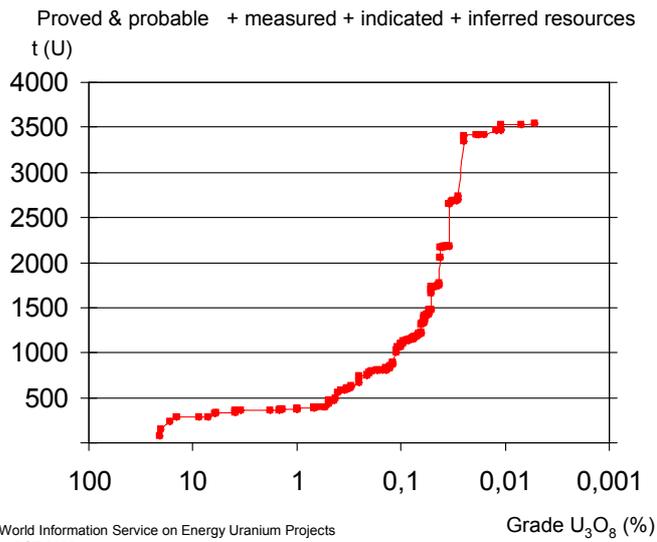
Ludwig Bolkow
systemtechnik



Urangehalte im Erz



Ludwig Bolkow
systemtechnik



Zusammenfassung



ludwig bölkow
systemtechnik

Europäische Perspektive

- Die Uran-Ressourcen der EU-25 sind praktisch erschöpft (2% der weltweiten Ressourcen).
- Die europäische Uranförderung liegt unter 3% des Verbrauchs der Kernkraftwerke in EU-25
– Europa ist 97% importabhängig.

Globale Perspektive

- Über 90% der globalen Uranressourcen sind in 9 Ländern konzentriert (in absteigender Reihenfolge): Australien, Kasachstan, Kanada, Süd-Afrika, USA, Namibia, Brasilien, Niger, Russland.
- Die weltweite Uranförderung liegt seit 1990 unter dem Verbrauch, derzeit um 35%. Frühestens 2020 kann die Förderung wieder den Verbrauch erreichen, da Bergbaukapazitäten fehlen.
- Die Uranlagerbestände schrumpfen rapide. Die Versorgungslücke mit Uran bis 2020 wird auf 180,000 - 260,000 Tonnen (das 2,7- bis 3,9-fache des Weltjahresverbrauchs) geschätzt.
- Der Ausbau der weltweiten Uranförderung hat kürzlich einen schweren Rückschlag erlitten durch einen schweren Unfall im weltgrößten Bergbauprojekt "Cigar Lake" in Kanada.
- Die Qualität der Urannerze nimmt weltweit ab.

51



ludwig bölkow
systemtechnik

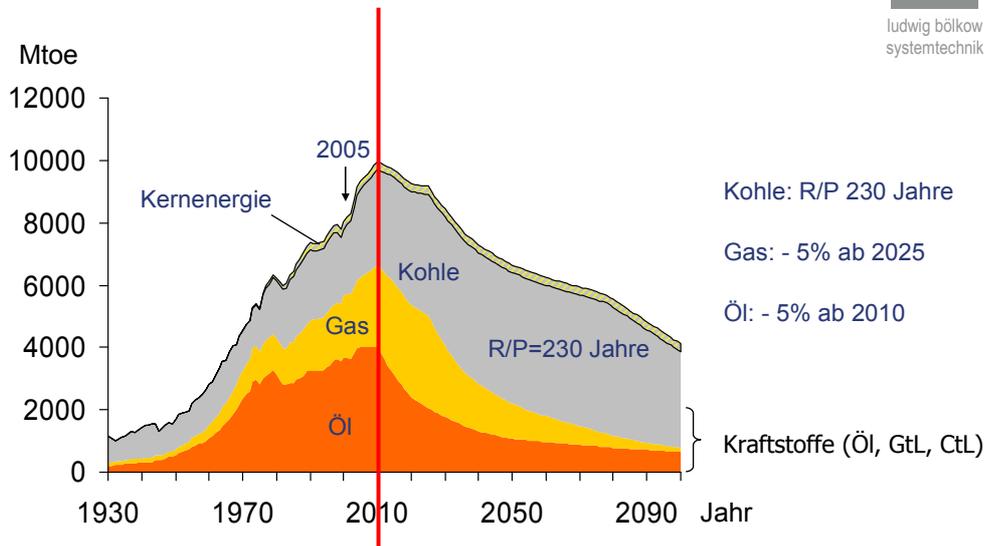
-
- Einführung: Weltenergieversorgung (allgemein)
 - Erdöl: Entdeckung, Förderung, Prognosen
 - Kohle
 - Kernenergie
 - **Ausblick: Skizze einer möglichen Entwicklung bis 2100**

52

Eine wahrscheinliche Entwicklung der fossilen Energieversorgung



Ludwig Bolkow
systemtechnik



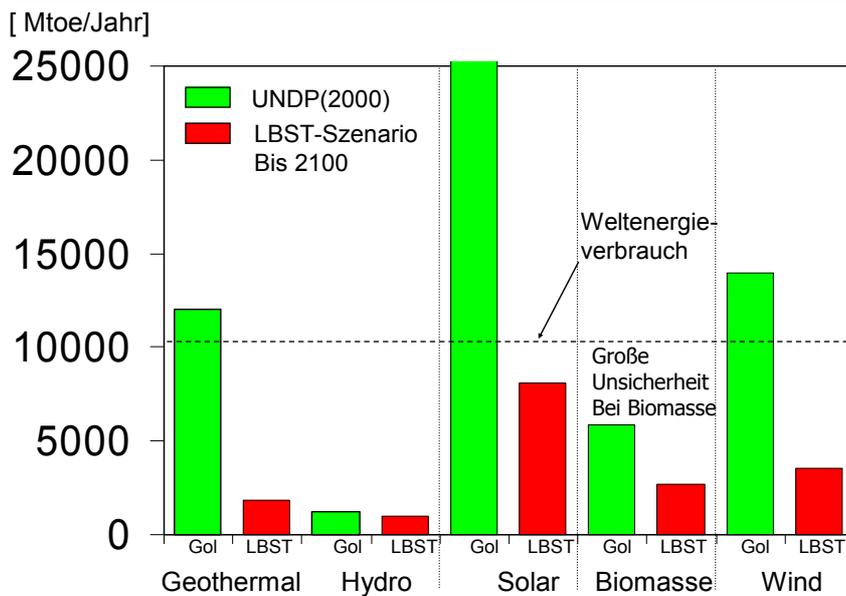
53

Datenquelle: Historie BP, Szenario LBST 2006

Technisches Potenzial für Erneuerbare Energien

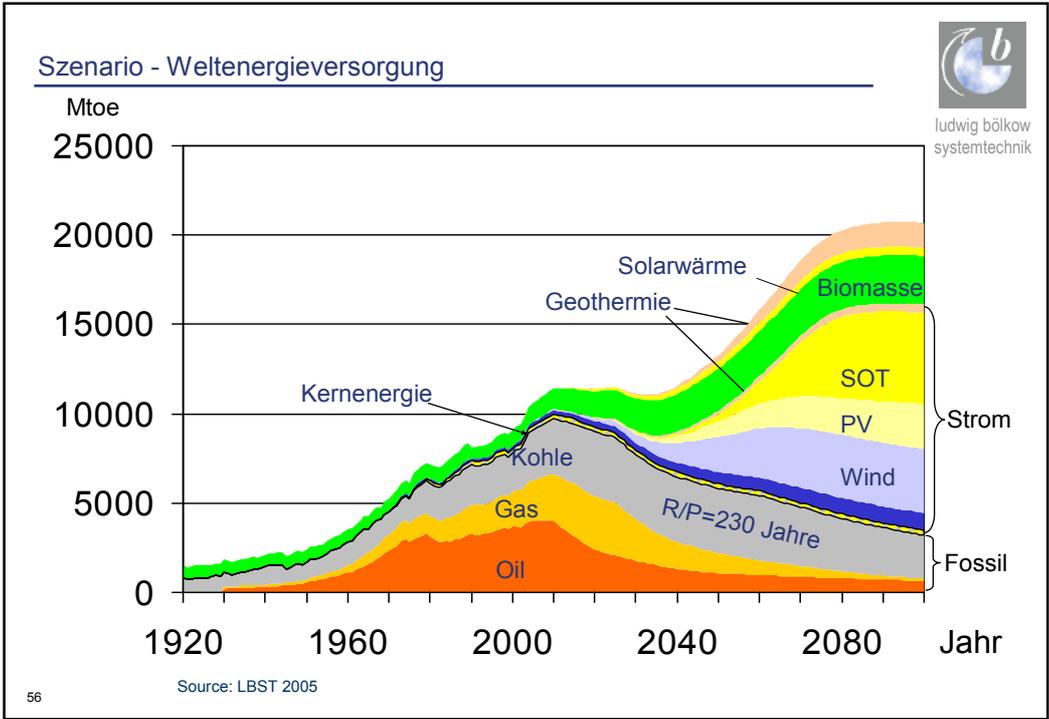
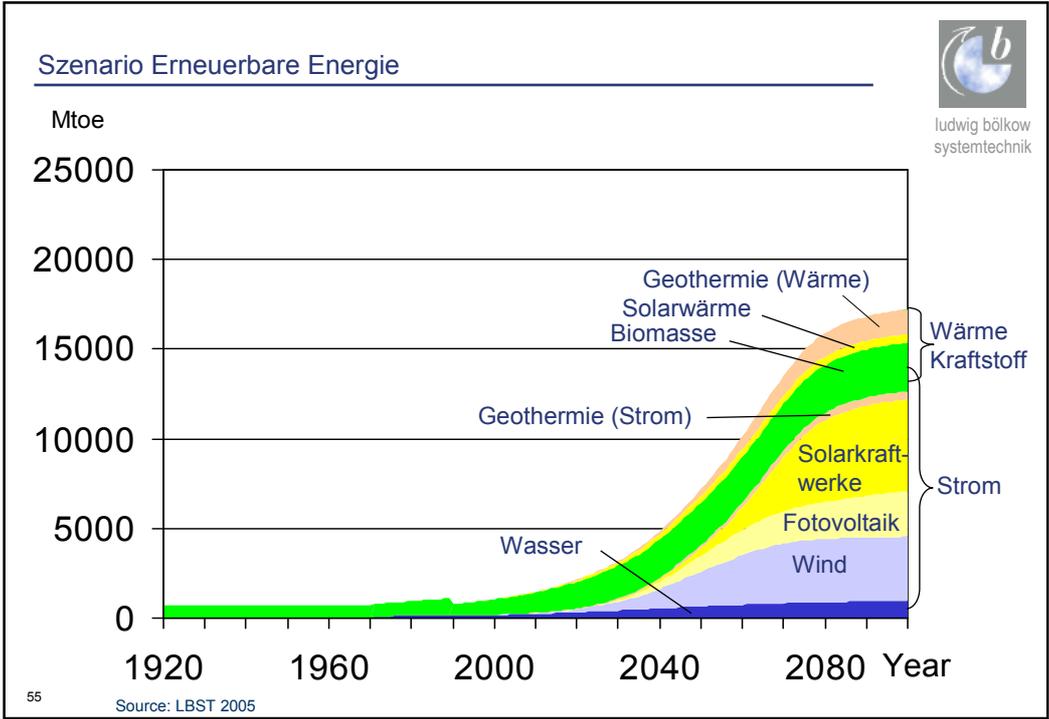


Ludwig Bolkow
systemtechnik



54

UNDP: Goldberg, World Energy Assessment 2000



Zusammenfassung



- Die Welt ist am Erdölfördermaximum, der Förderrückgang wird steil
- Die Gasförderung wird bald danach zurückgehen
- Kohle kann das entstehende Defizit nicht ausgleichen
- Kernenergie ist praktisch irrelevant im globalen Kontext
- Langfristig werden Erneuerbare Energien 100% des Bedarfs abdecken müssen

Die Übergangsphase von heute bis 2030 ist kritisch!

Das Maximum der Ölförderung leitet einen Strukturbruch ein,
der Wirtschaft und Gesellschaft zur Neuorientierung zwingt.