

Oldenburg, 24. Januar 2008



ludwig bolkow
systemtechnik

Energieversorgung am Wendepunkt



Dr. Werner Zittel

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, Ottobrunn

zittel@lbst.de



ludwig bolkow
systemtechnik

- Ressourcenverbrauch und Wachstum
– Was machen wir eigentlich?
- Zur Weltenergieversorgung (allgemein)
- Erdöl
Entdeckung, Förderung, Prognosen
- Die Alternativen Erdgas, Kernenergie, Kohle
- Skizze einer möglichen Entwicklung bis 2100



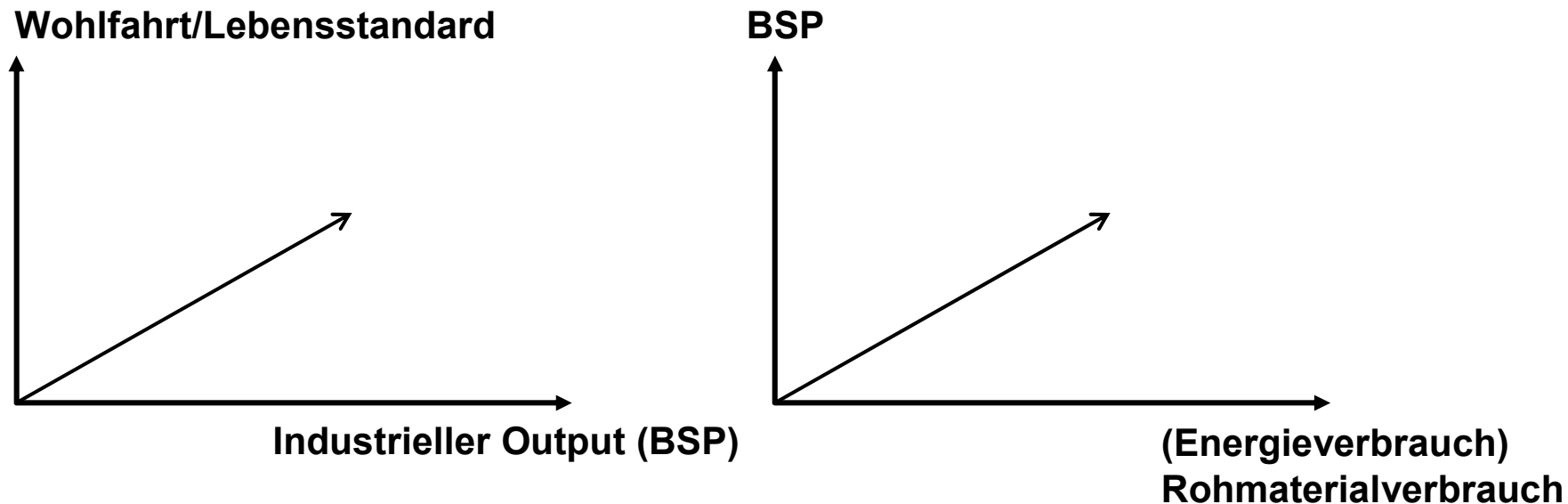
ludwig bolkow
systemtechnik

Ressourcenverbrauch und Wachstum

Grundsätzliches Denkmuster unserer Gesellschaft



ludwig bolkow
systemtechnik



- Die Entwicklung geht tendenziell nur in eine Richtung:
von unterentwickelt (nicht industrialisiert) zu wachsender Industrialisierung
- industrielles Wachstum ist fast identisch mit wachsendem Ressourcenverbrauch
[Die „Entkopplung“ von BSP und Energieverbrauch wird teilweise durch Verlagerung energieintensiver Rohstoffgewinnung ins Ausland erreicht]

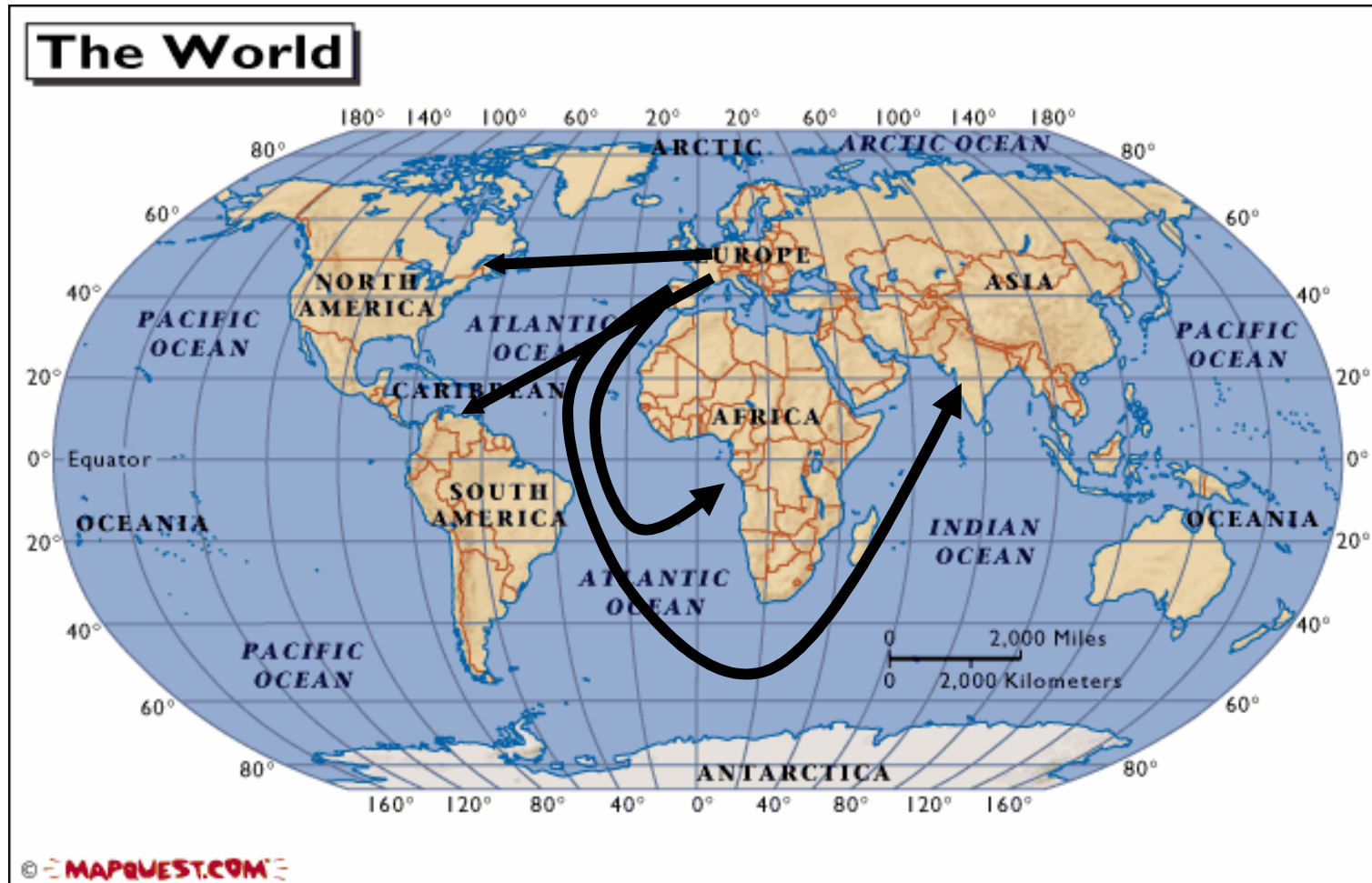
Implizites Glaubensbekenntnis:

**Der einzige Weg zu besserem Lebensstandard führt
über steigenden Konsum (=steigender Ressourcenverbrauch)**

Wurzeln europäischer Industrialisierung ...Kolonialisierung



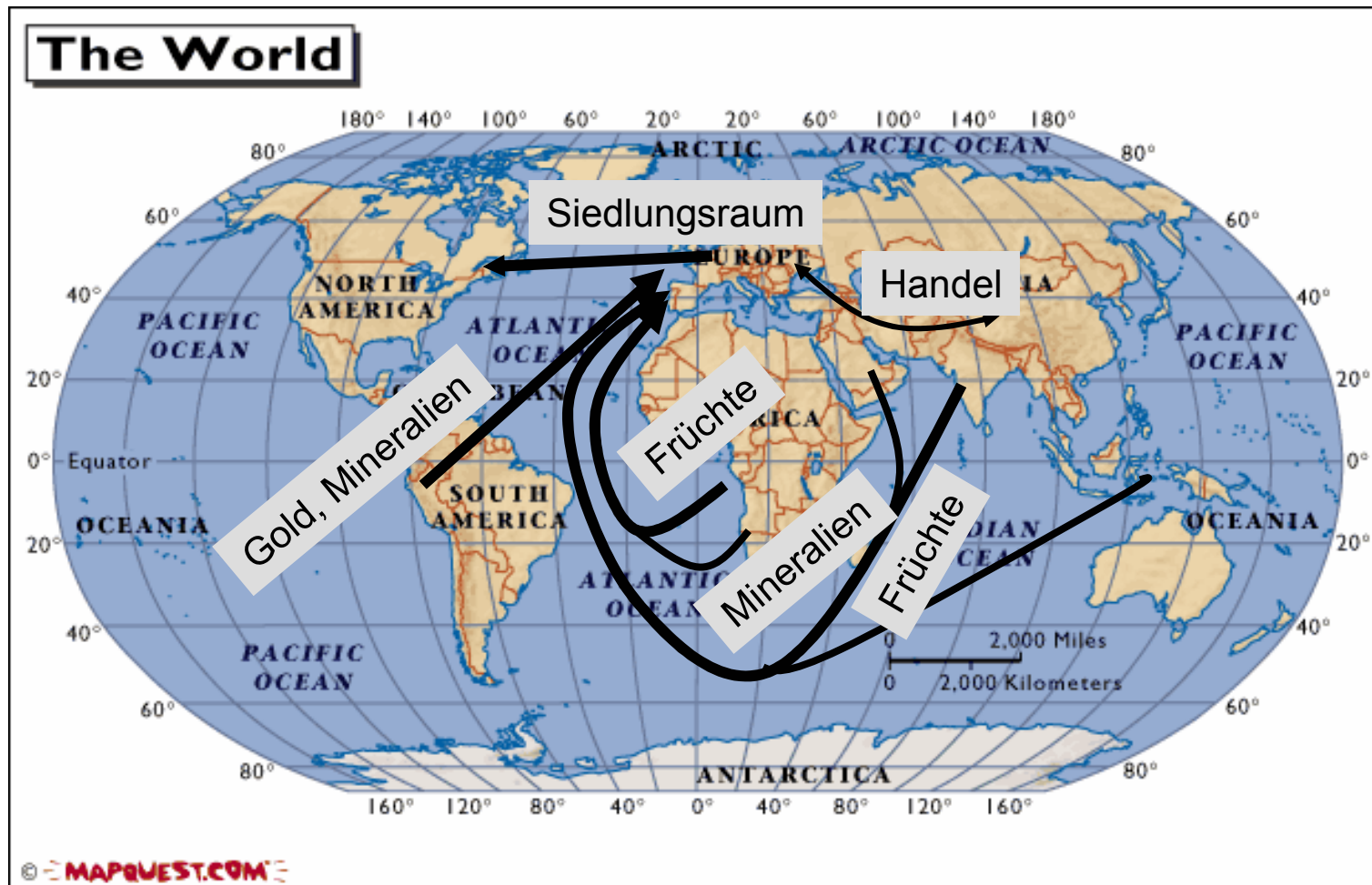
ludwig bolkow
systemtechnik



Wurzeln europäischer Industrialisierung ...Kolonialismus



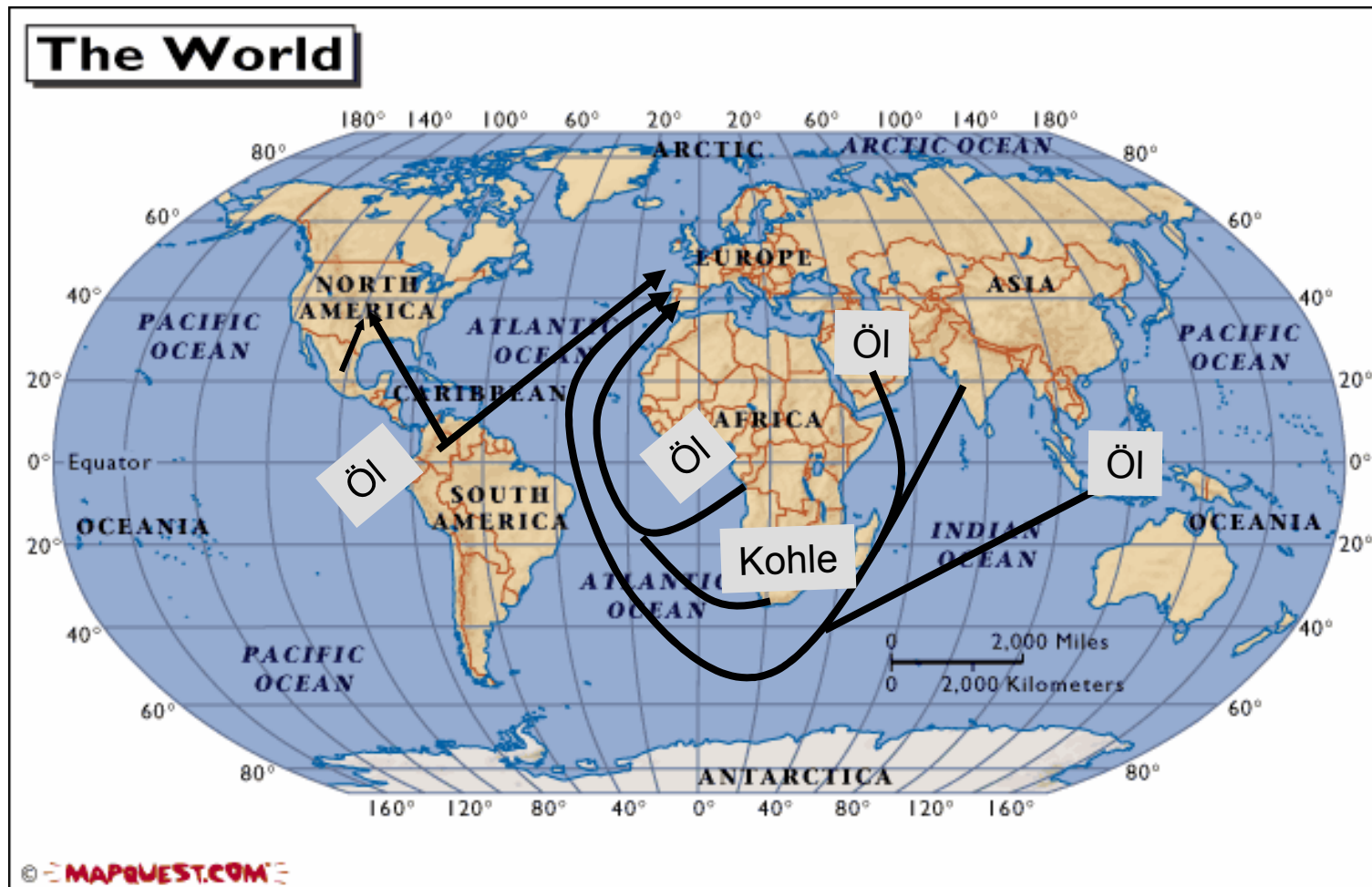
Ludwig Bolkow
Systemtechnik



Basis europäischer Industrialisierung ...Energie



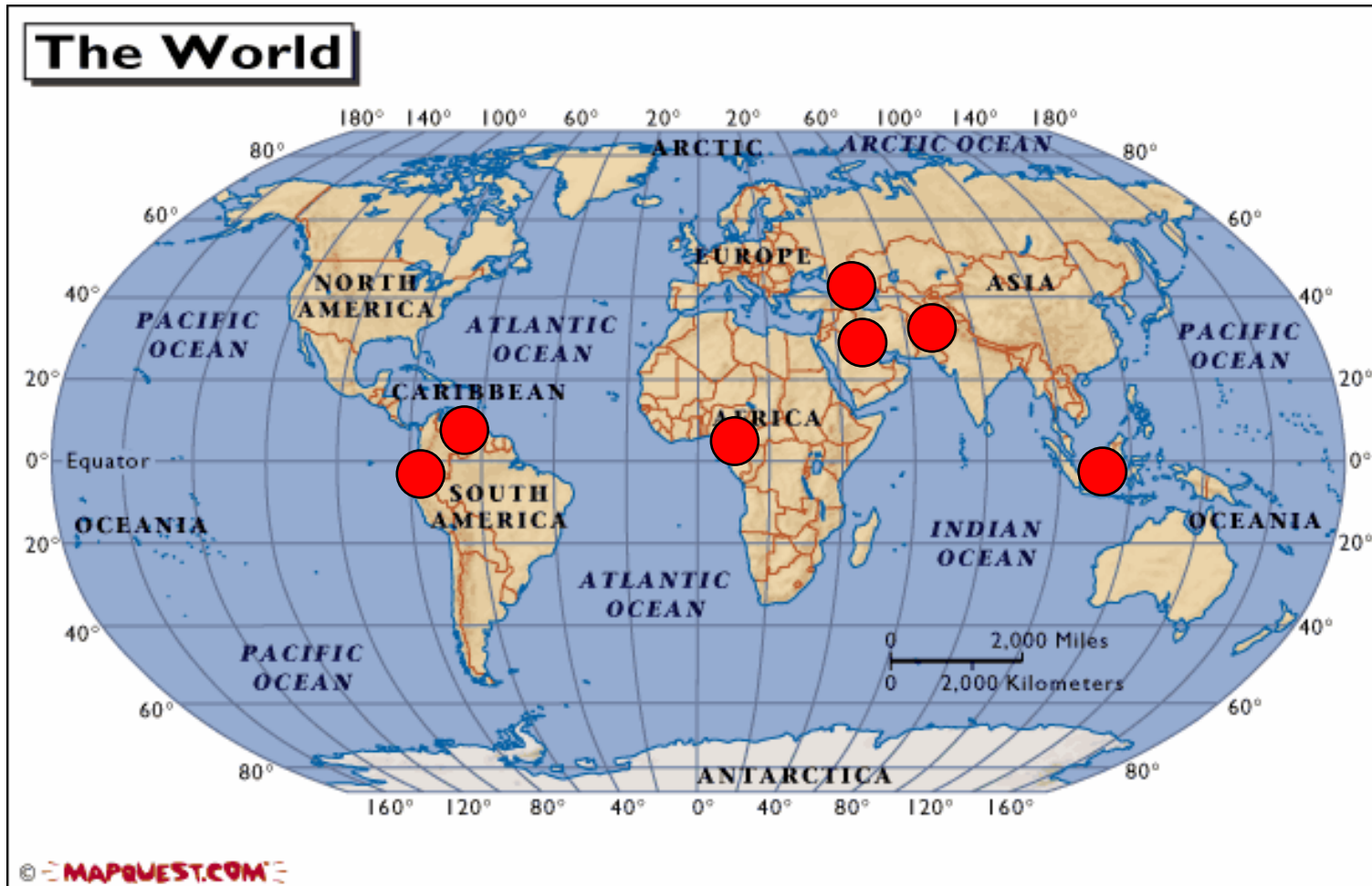
Ludwig Bolkow
Systemtechnik



Folgen des Kolonialismus ...politische Instabilität



ludwig bolkow
systemtechnik



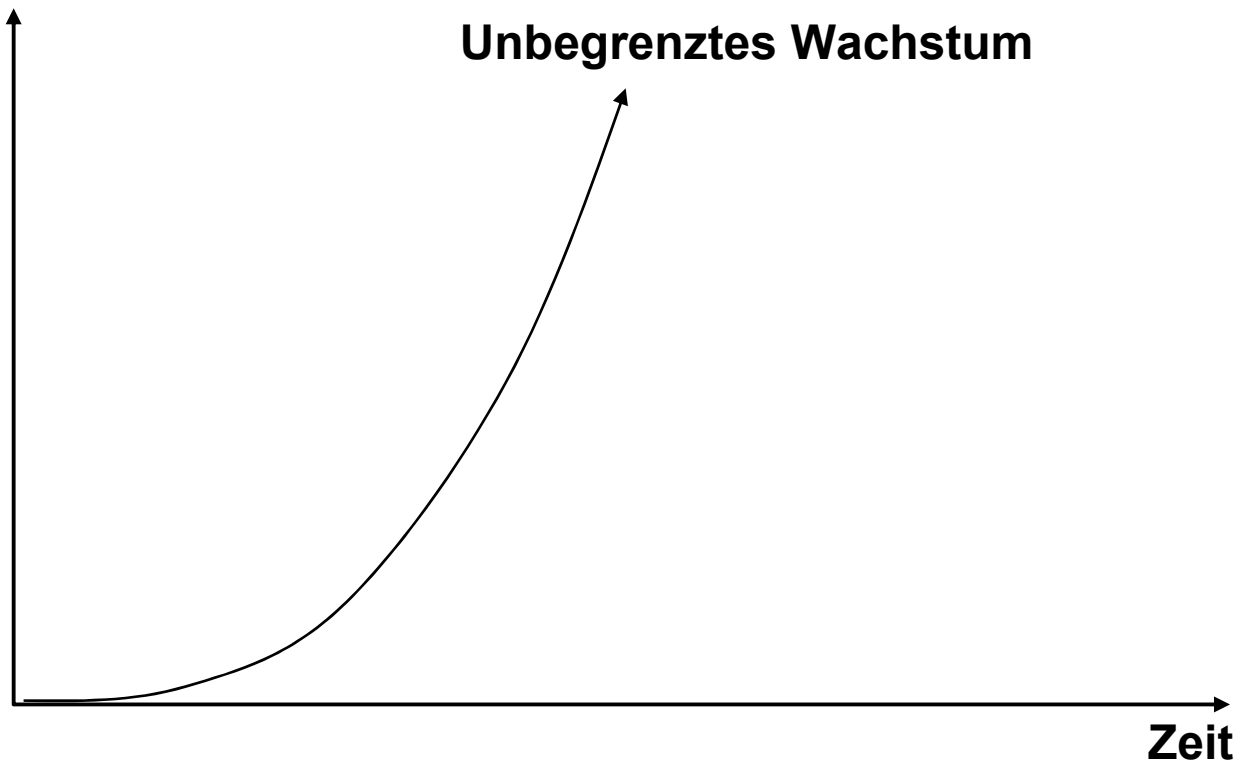
● Konflikttherde

Unterschiedliche Wachstumsszenarien



ludwig bolkow
systemtechnik

Verbrauch
Wohlstand

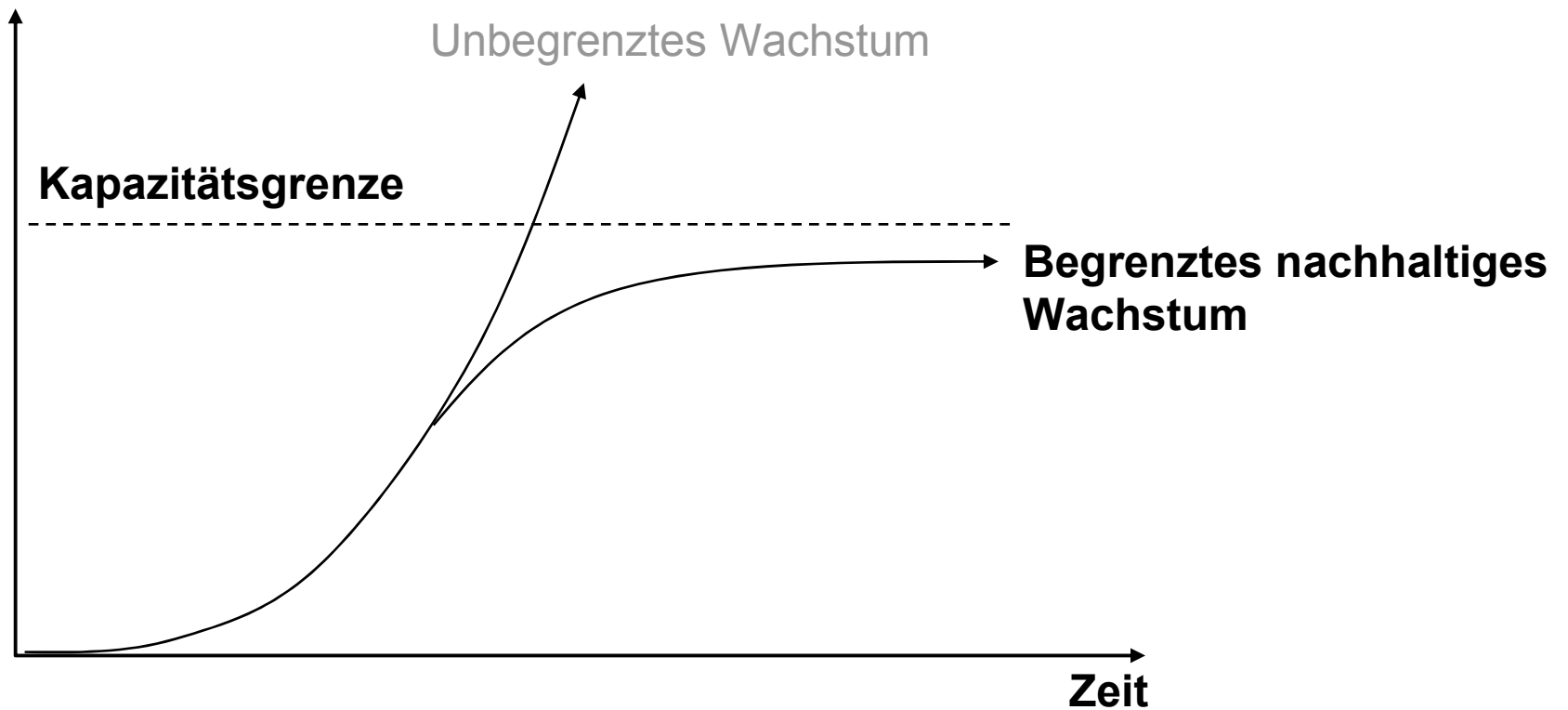


Unterschiedliche Wachstumsszenarien



ludwig bolkow
systemtechnik

Verbrauch
Wohlstand

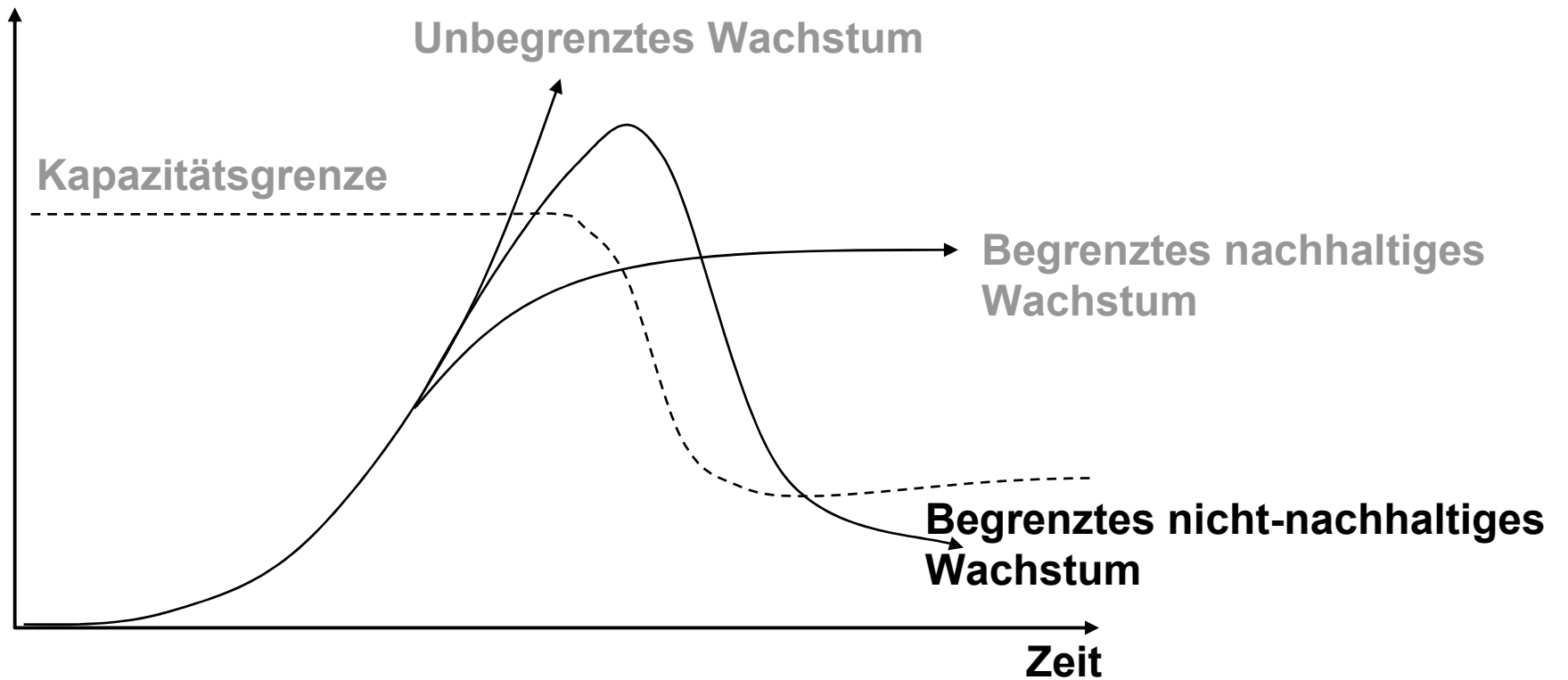


Unterschiedliche Wachstumsszenarien / Mißachtung der Grenzen



ludwig bolkow
systemtechnik

Verbrauch
Wohlstand





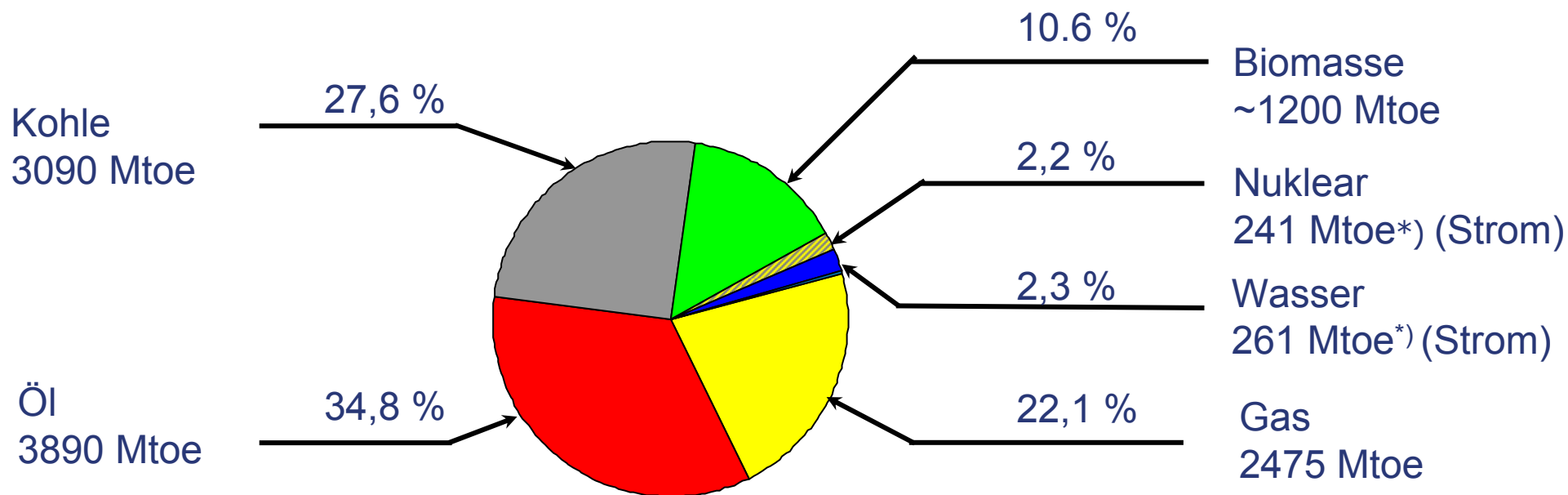
ludwig bolkow
systemtechnik

Zur Weltenergieversorgung (allgemein)

Weltenergieverbrauch 2006



ludwig bolkow
systemtechnik



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

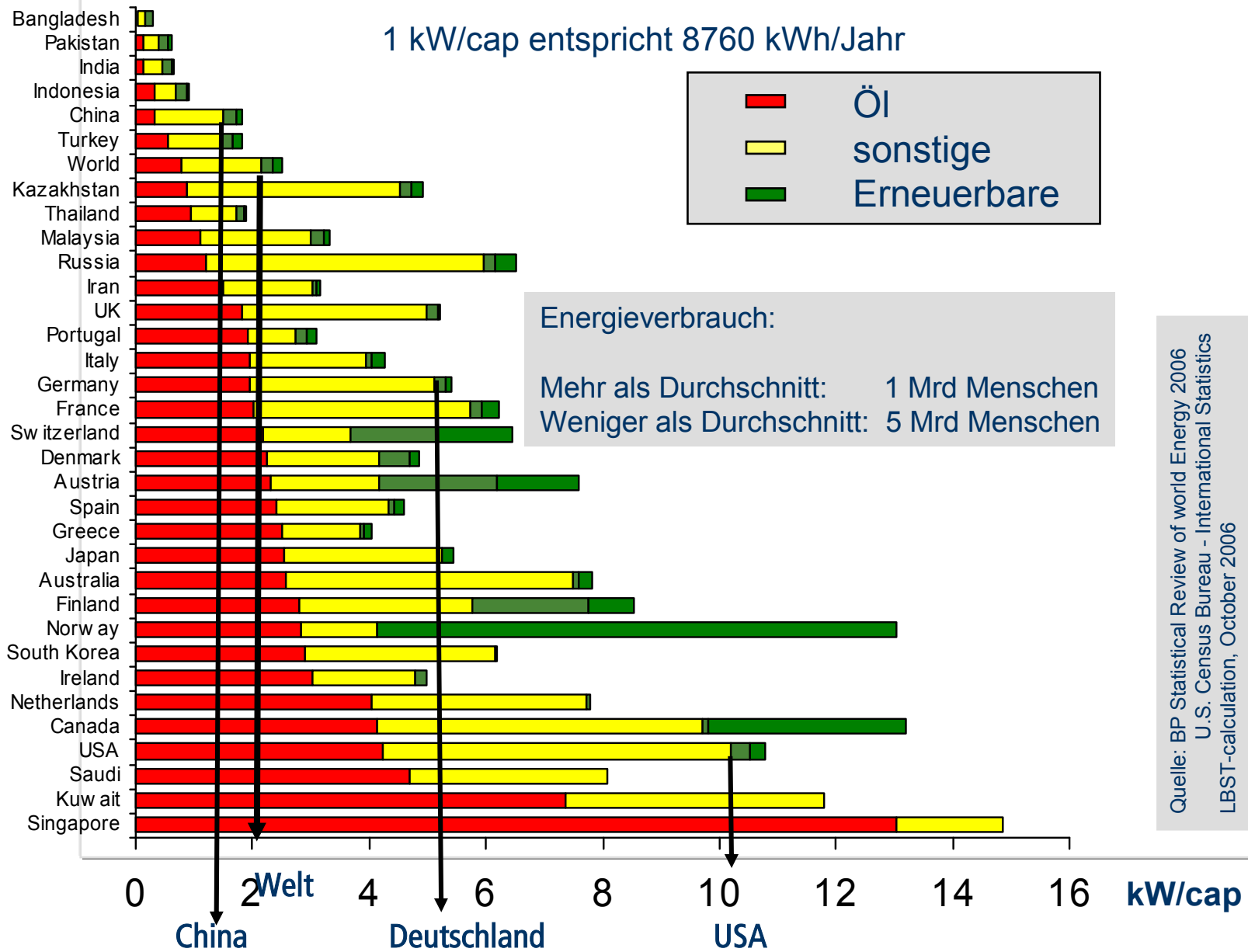
Sonstige Erneuerbare ca. 0.5%

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

Pro Kopf Energieverbrauch 2005



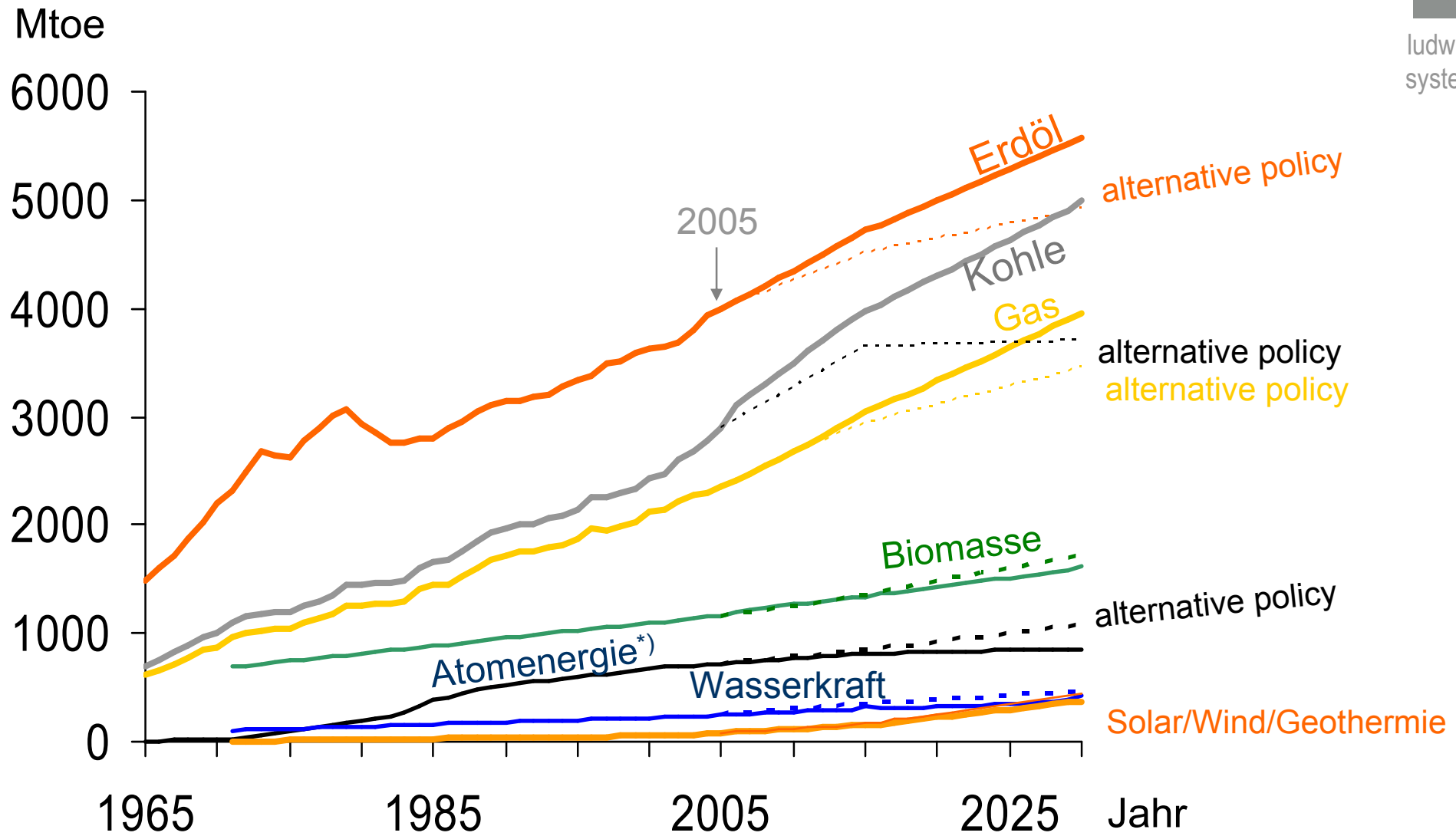
Ludwig Bolkow
systemtechnik



Prognose des Weltenergieverbrauchs (Internationale Energieagentur)



ludwig bolkow
systemtechnik



Quelle: Historical data - BP Statistical Review of World Energy
Outlook - International Energy Agency 2007

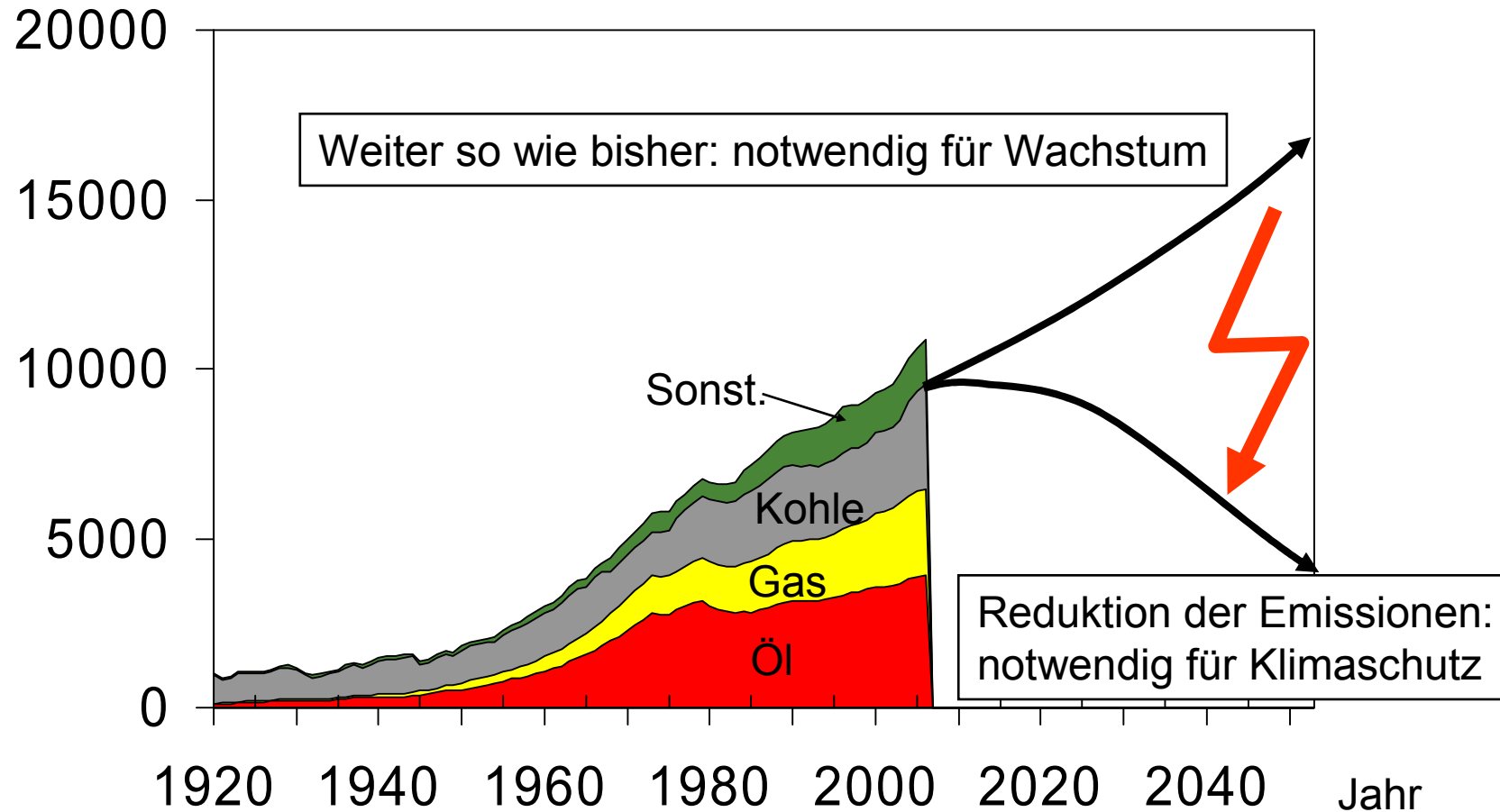
*) mit 38% Wirkungsgrad

Unaufgelöster Widerspruch der Industriegesellschaft



ludwig bolkow
systemtechnik

Mtoe/a (Mio Tonnen Öläquivalent/Jahr)



Quelle: BP Statistical Review of World Energy



ludwig bolkow
systemtechnik

Erdöl

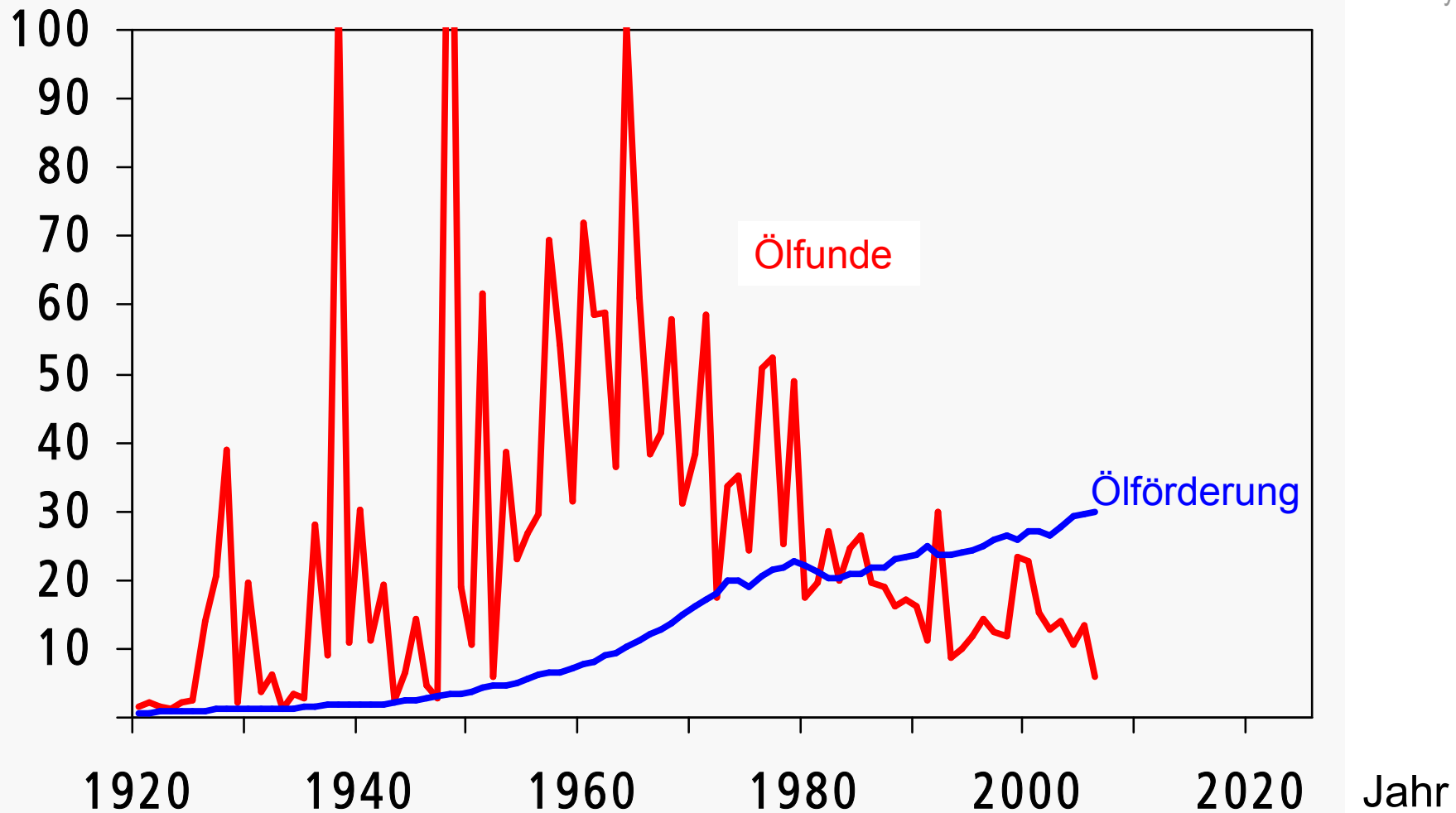
Entdeckung, Förderung, Prognosen

Ölfunde und Ölförderung (1920-2005)



ludwig bolkow
systemtechnik

Mrd Barrel/a



Quelle: IHS Energy/ASPO

Warum wachsen die Reserven mit der Zeit?



ludwig bolkow
systemtechnik

Schätzung des Explorateurs:

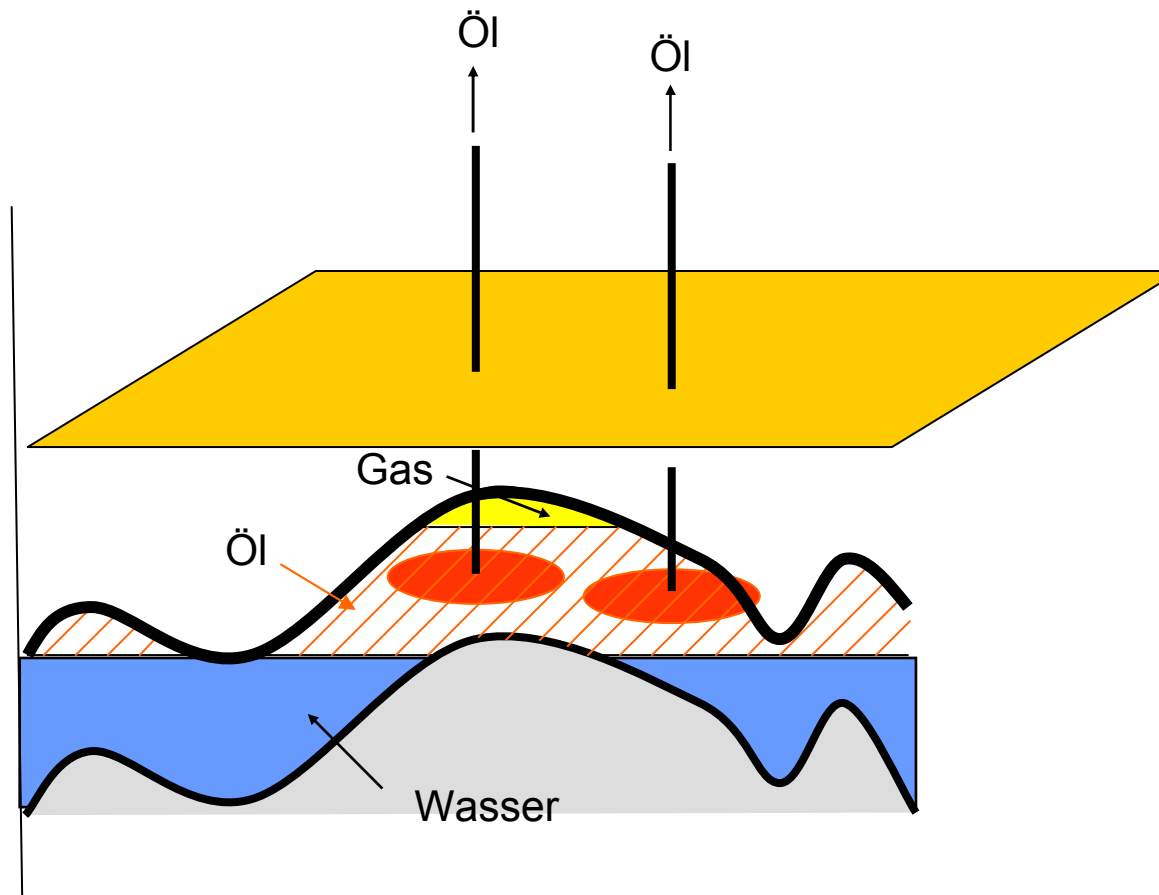
so groß wie vertretbar

Schätzung des Ökonomen:

so vorsichtig wie vertretbar

Angabe in Jahresberichten:

Was sicher mit getätigten Bohrungen förderbar ist

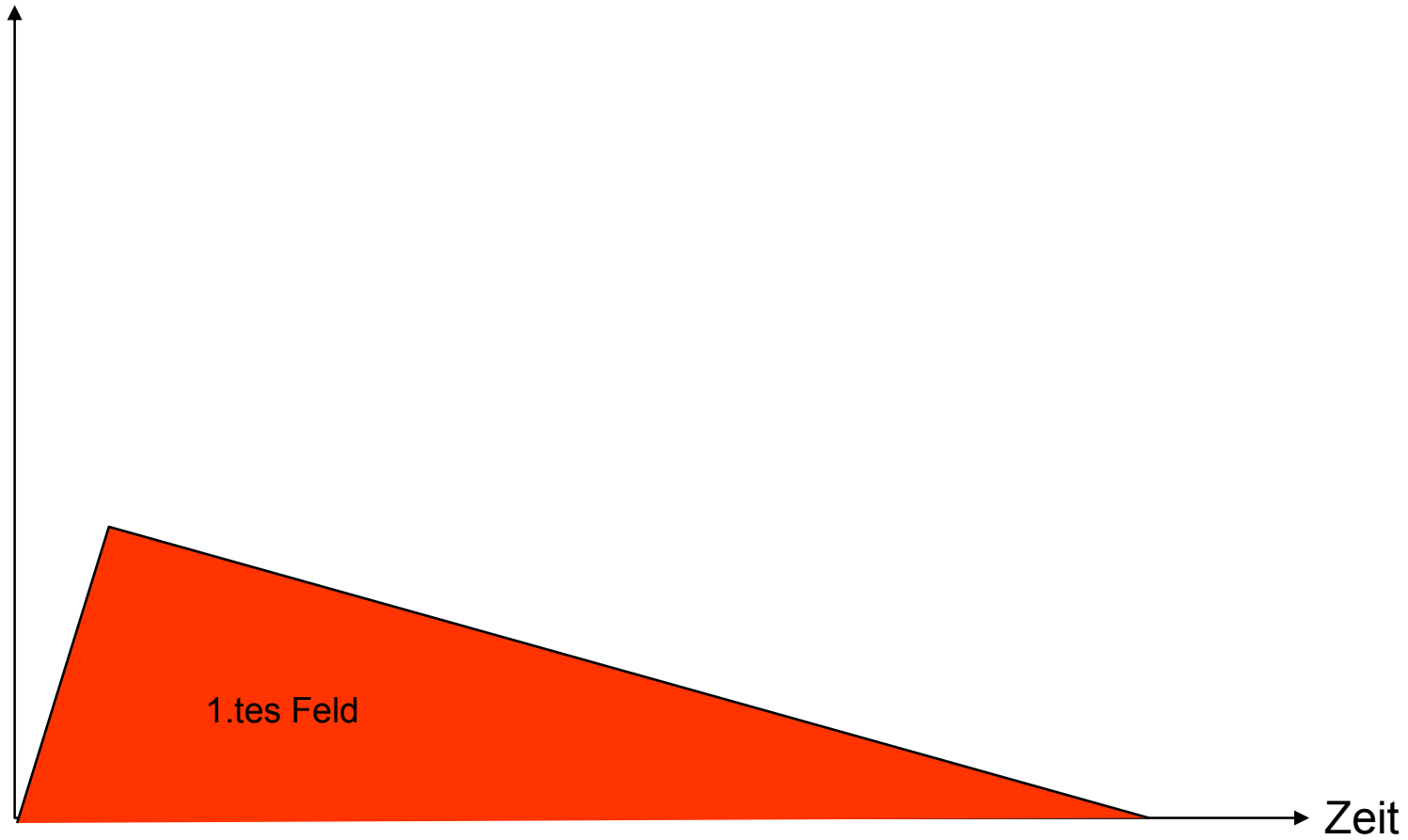


Entwicklung der Ölförderung: Typisches Förderprofil eines Ölfeldes



ludwig bolkow
systemtechnik

Ölförderung

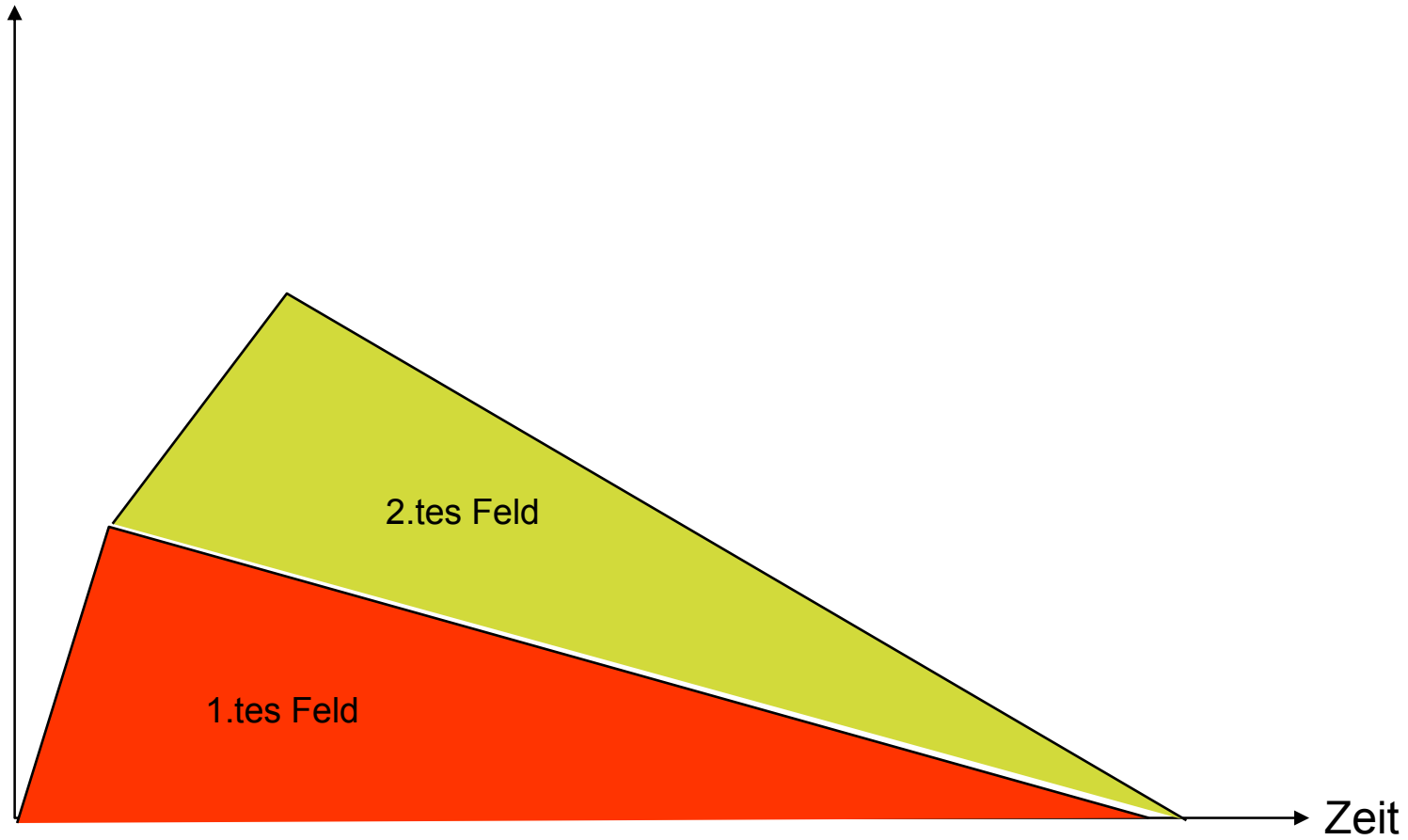


Entwicklung der Ölförderung: Ausweitung der Förderung



ludwig bolkow
systemtechnik

Ölförderung

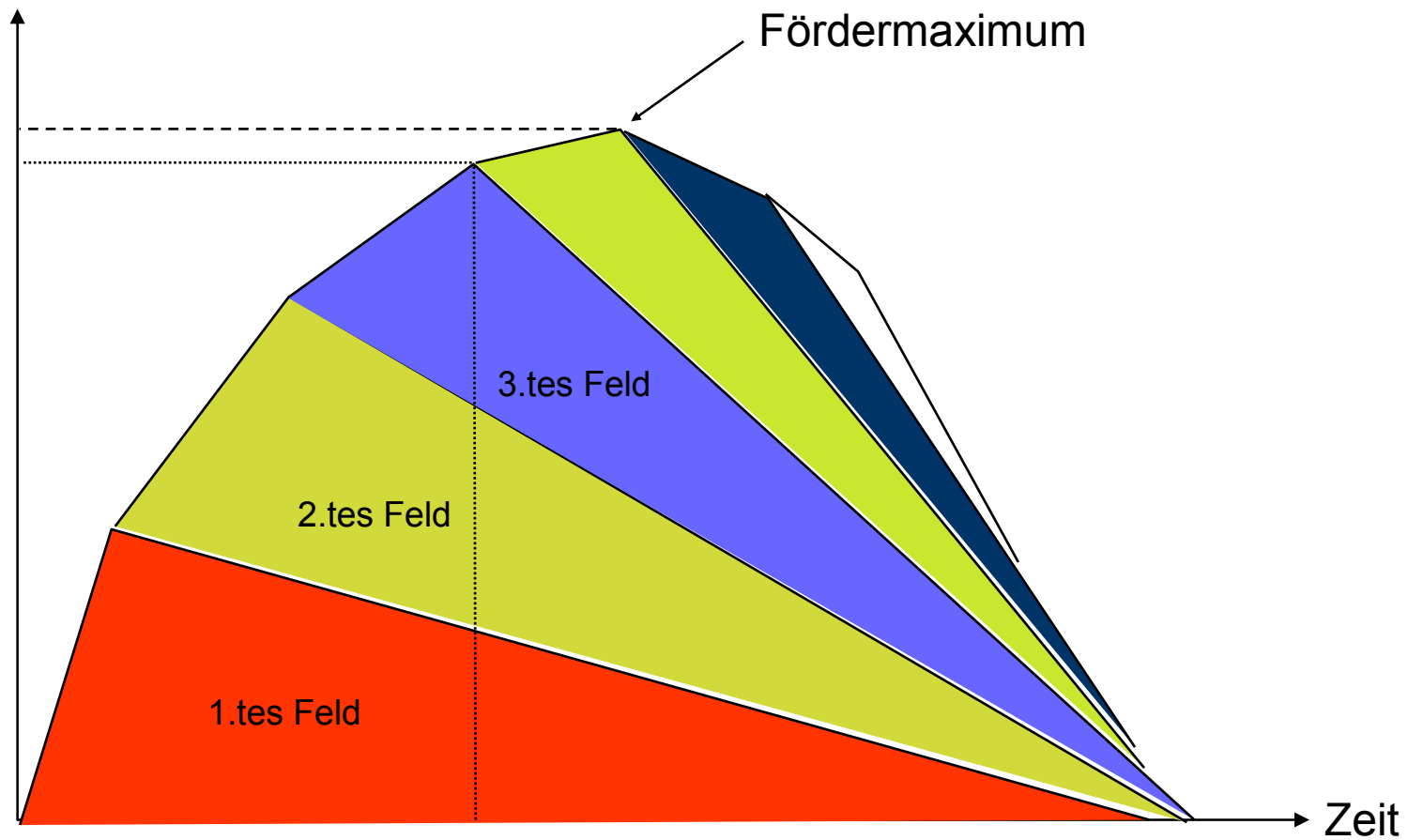


Entwicklung der Ölförderung: Regionales Fördermaximum



ludwig bolkow
systemtechnik

Ölförderung

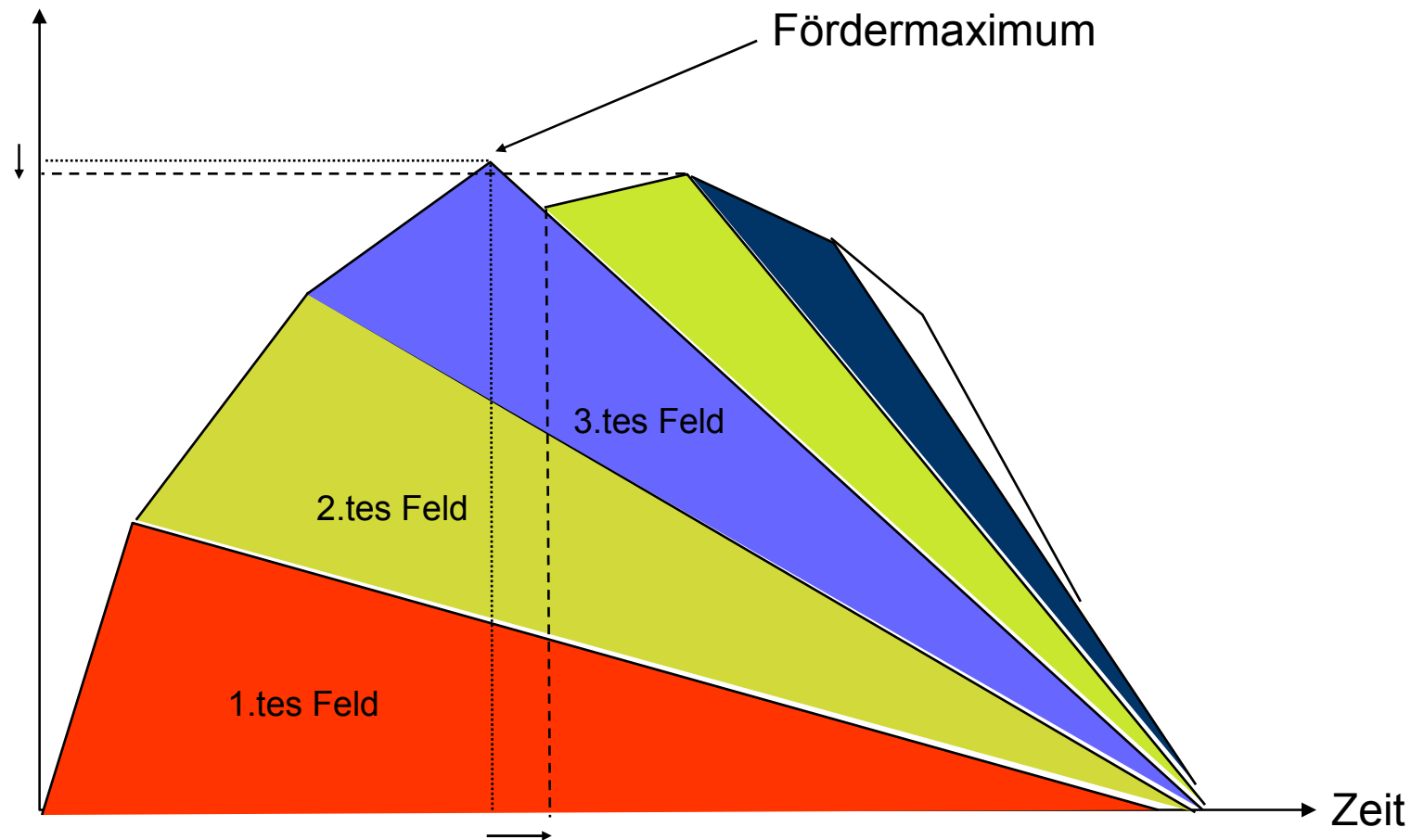


Entwicklung der Ölförderung: Verzögerung bei neuen Feldern



ludwig bolkow
systemtechnik

Ölförderung

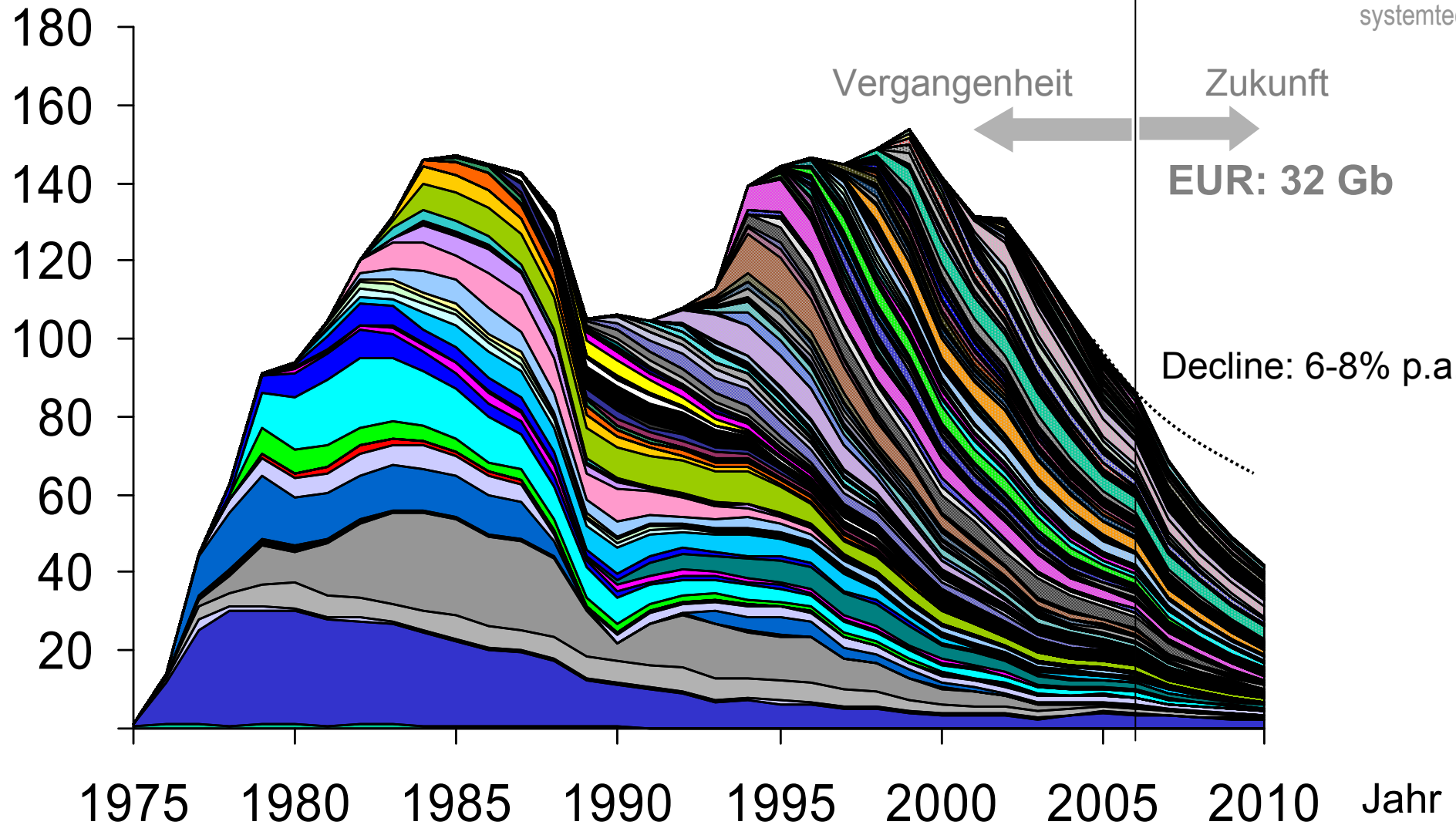


UK - Rohölproduktion aller bis Ende 2006 angeschlossenen Felder



ludwig bölkow
systemtechnik

Förderrate [Mio m³]



Datenquelle: DTI April 2007

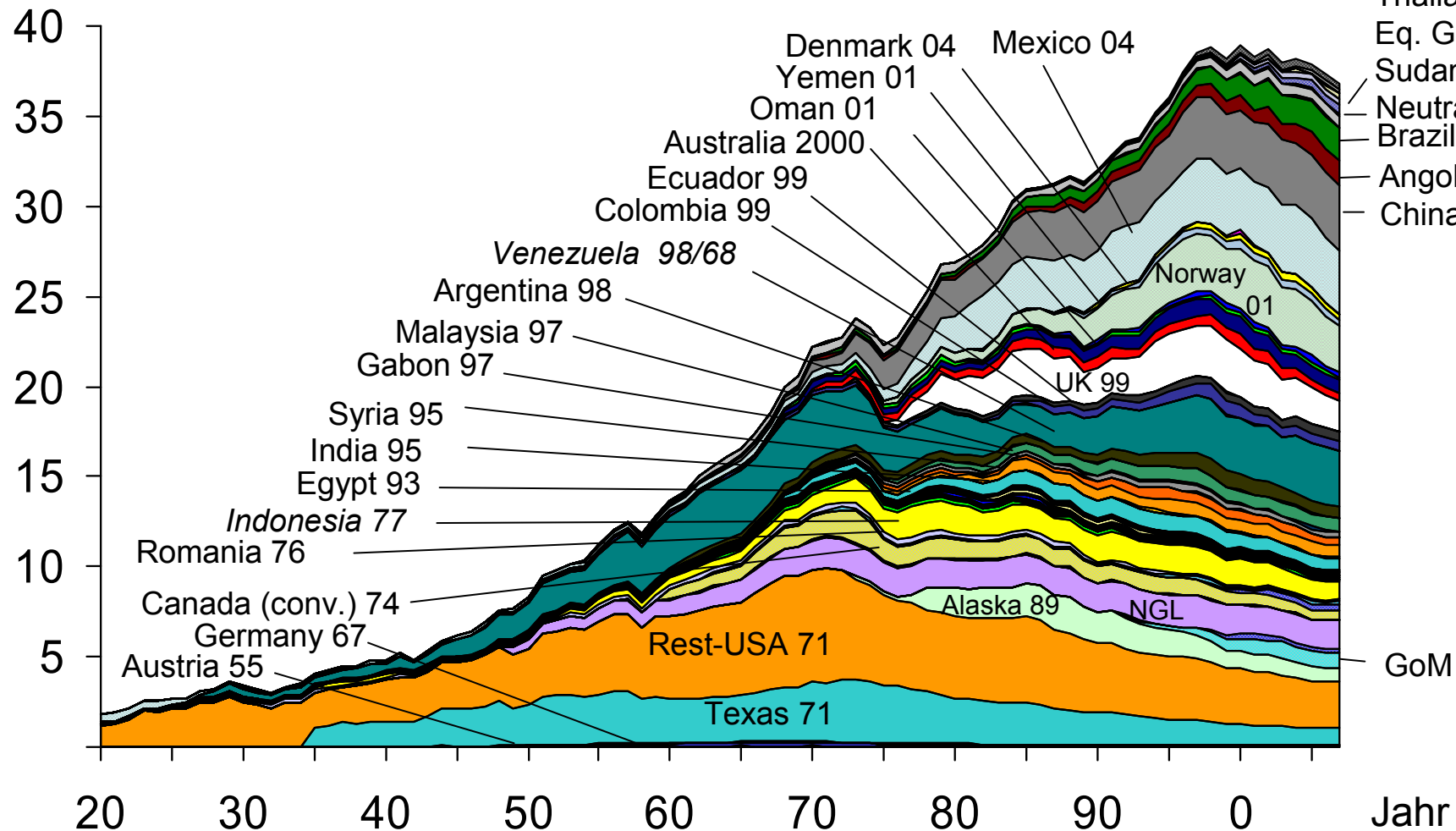
Die Ölförderung ausserhalb Russland und der OPEC*)



Ludwig Bolkow
systemtechnik

*) inkl. Indonesien und Venezuela

Mb/Tag

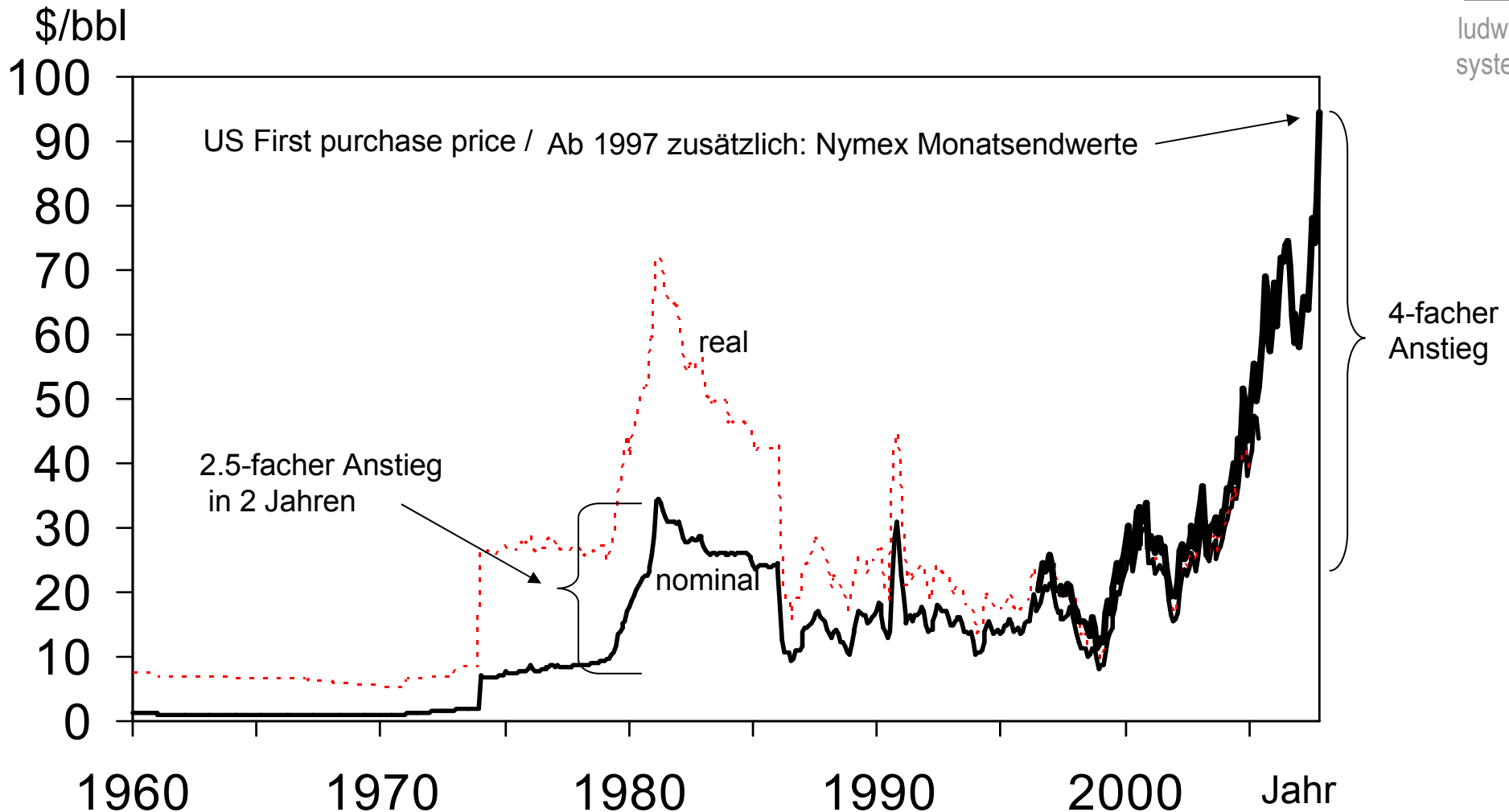


Datenquelle: IHS 2006; PEMEX, petrobras ; NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, January 2007
 Analysis and 2007 estimate: LBST

Entwicklung des Rohölpreises bis Oktober 2007



ludwig bolkow
systemtechnik

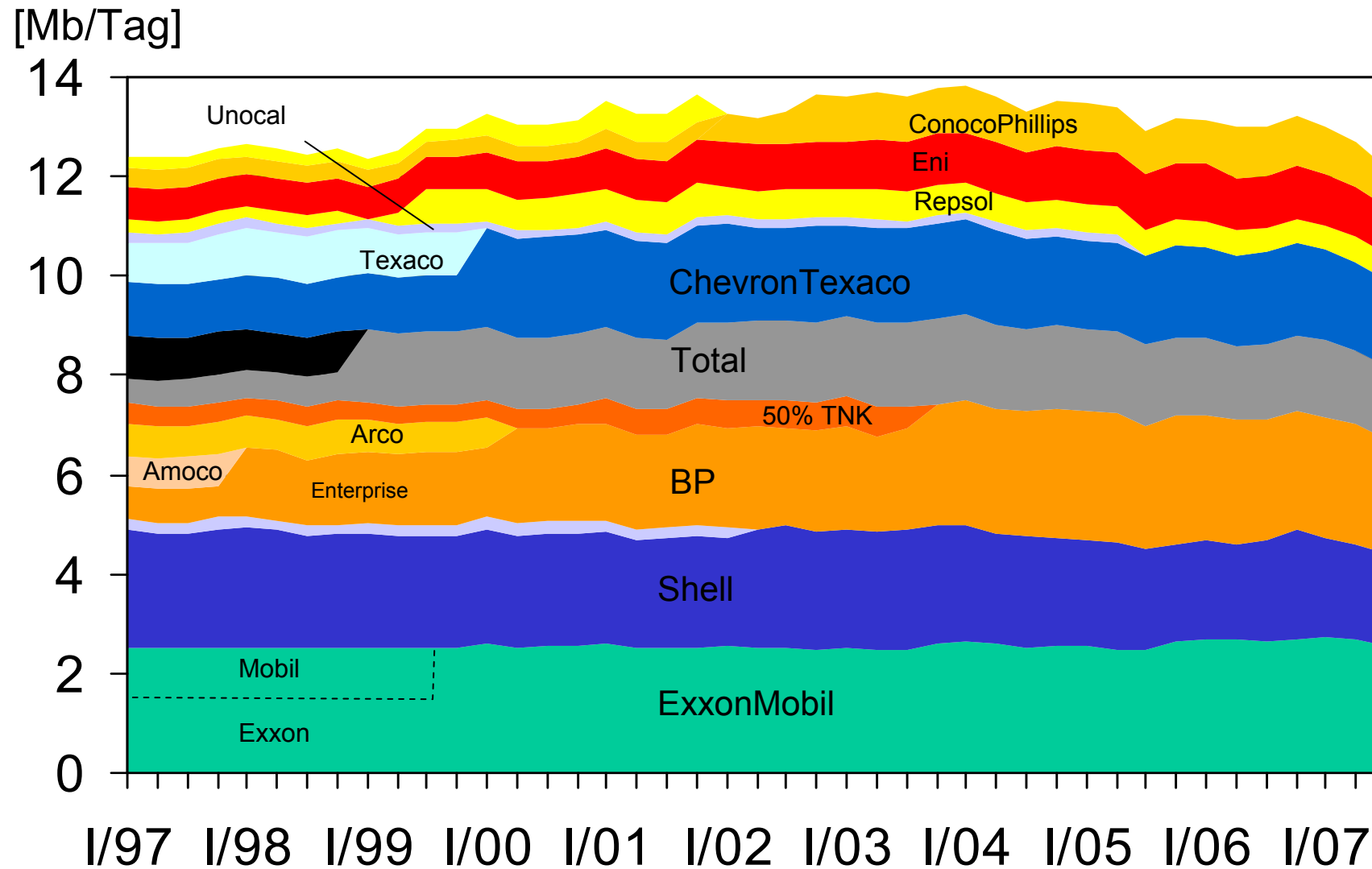


Quelle: Die Monatswerte des „US First Purchase Price“ wurde den Internetseiten des US DoE entnommen. Die Daten vor 1974 wurden durch Anpassung der Datensätze für 1974 aus BP Statistical Review of World Energy errechnet
Die Umrechnung in nominale Preise (Basis 2006) erfolgte durch die LBST anhand von 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

Ölförderung der grossen privaten westlichen Ölfirmen



Ludwig Bolkow
Systemtechnik

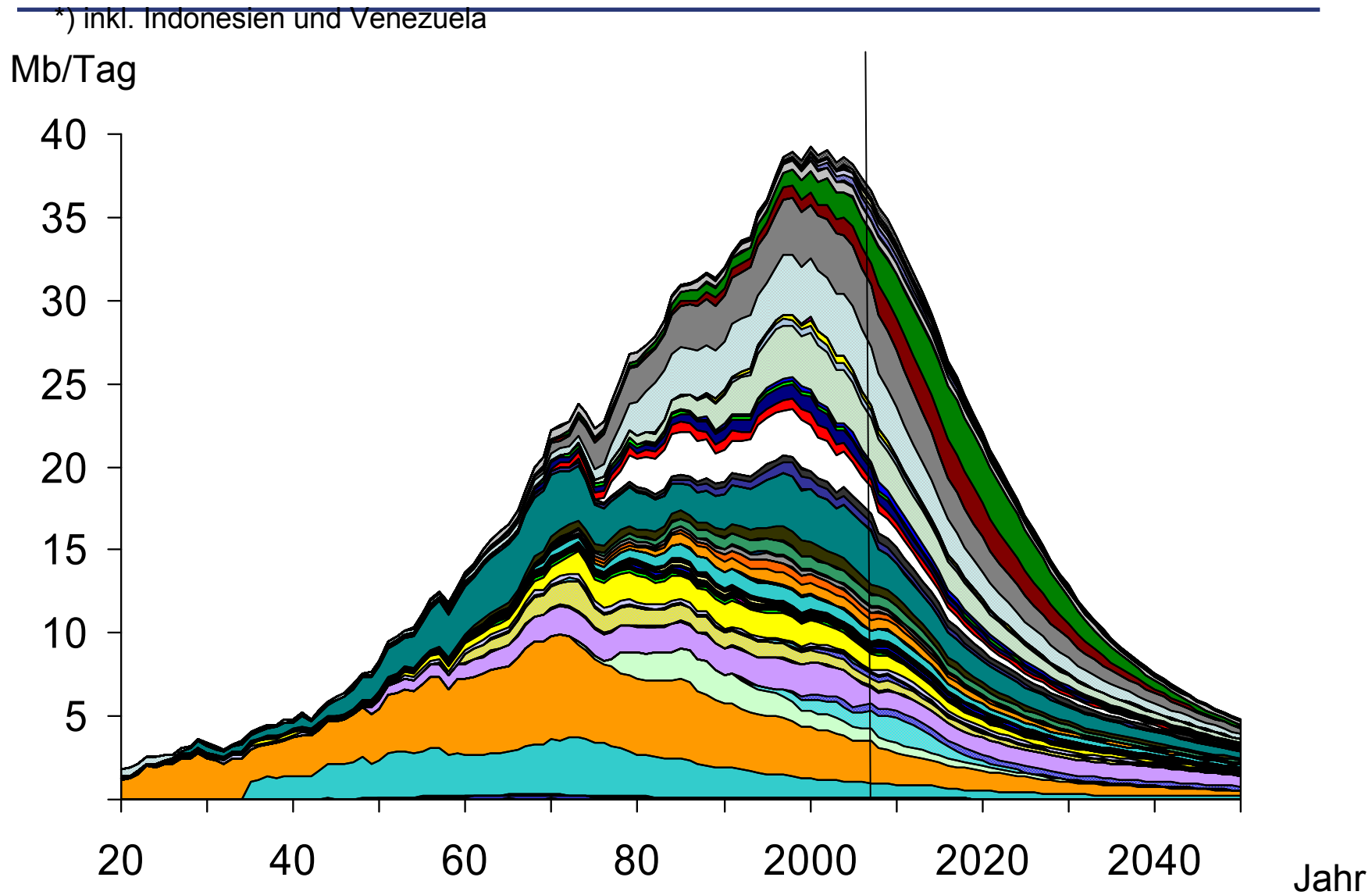


Source: Quarterly company reports (including data for III/07)

Die Ölförderung ausserhalb Russland und der OPEC*)



ludwig bolkow
systemtechnik

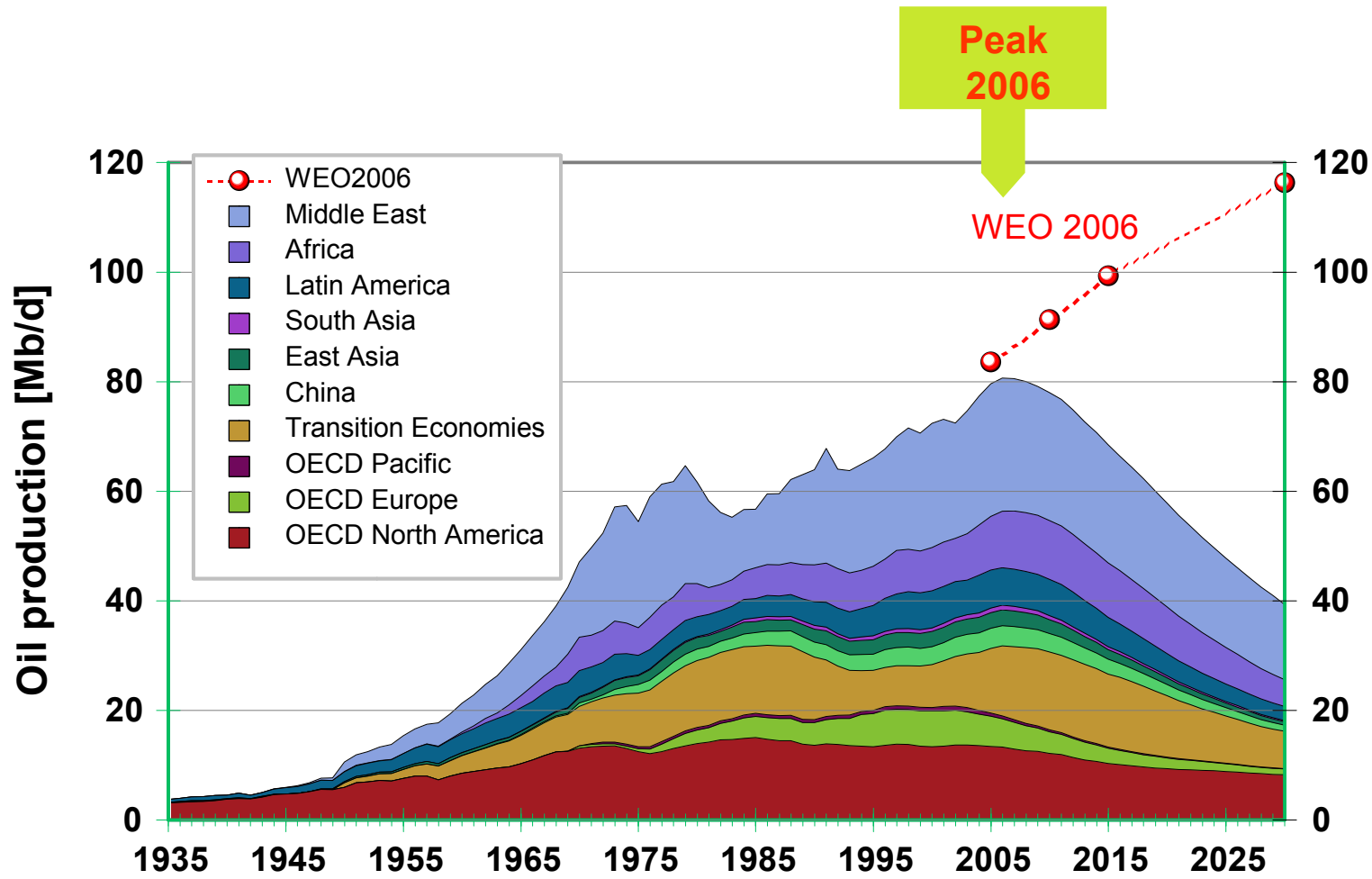


Datenquelle: IHS 2006; PEMEX, petrobras ; NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, January 2008
Forecast: LBST estimate, 18 January 2008

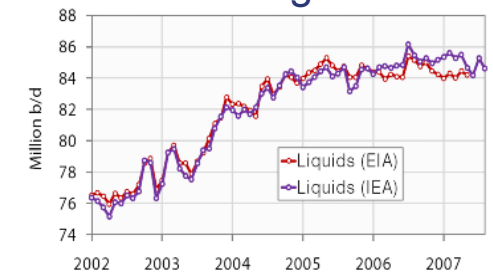
Erdölförderung weltweit: Analyse und Szenario



ludwig bölkow
systemtechnik



Ölförderung



Source: Energy Information Administration, International Energy Agency

Ölexporte



Source: IEA, EIA and JODI Database



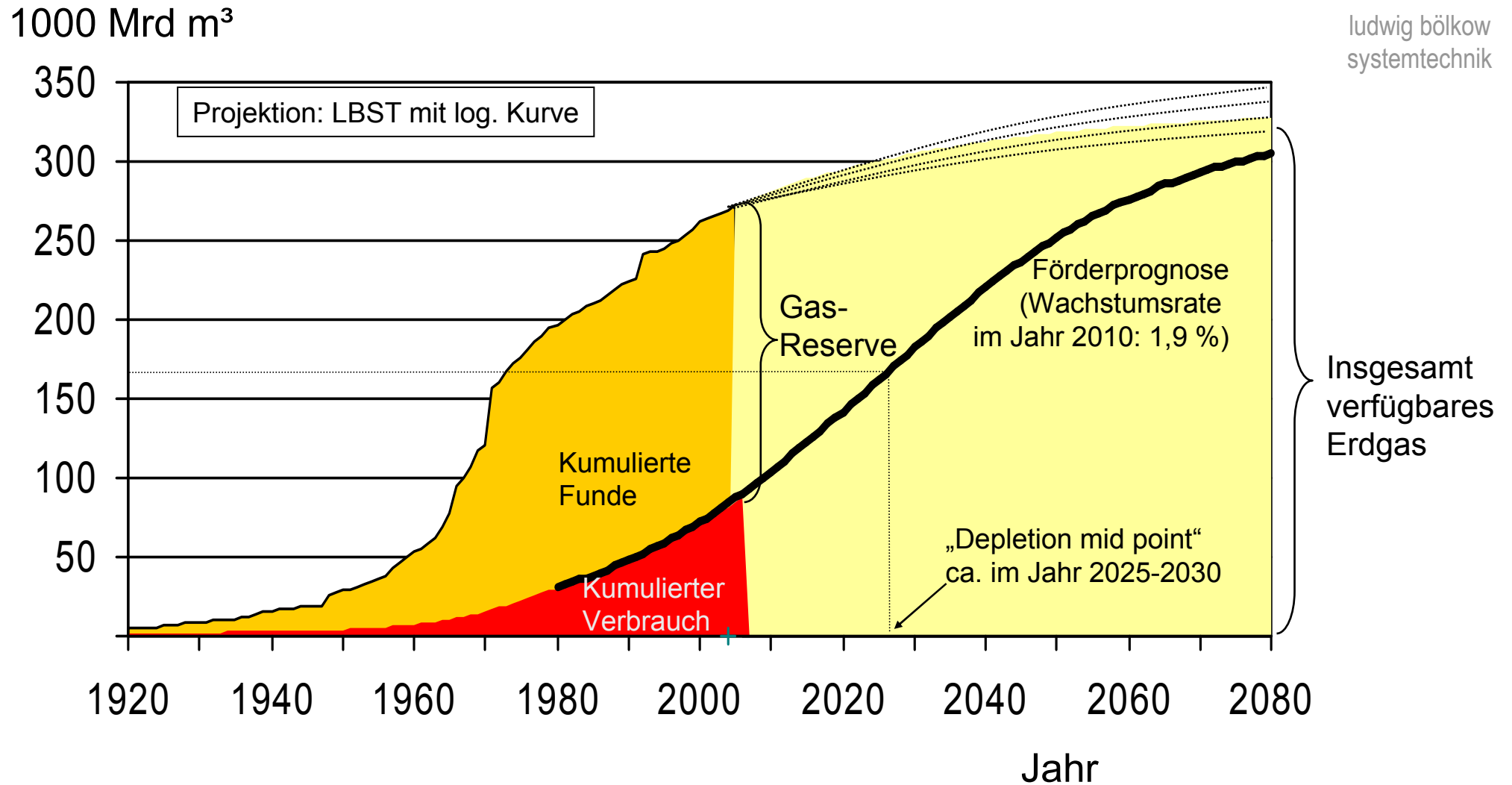
ludwig bolkow
systemtechnik

- Zur Weltenergieversorgung (allgemein)
- Erdöl
Entdeckung, Förderung, Prognosen
- **Die Alternativen Erdgas, Kernenergie, Kohle**
- Skizze einer möglichen Entwicklung bis 2100

Wieviel Erdgas gibt es weltweit? Entwicklung von Gasfunden und -verbrauch



ludwig bolkow
systemtechnik



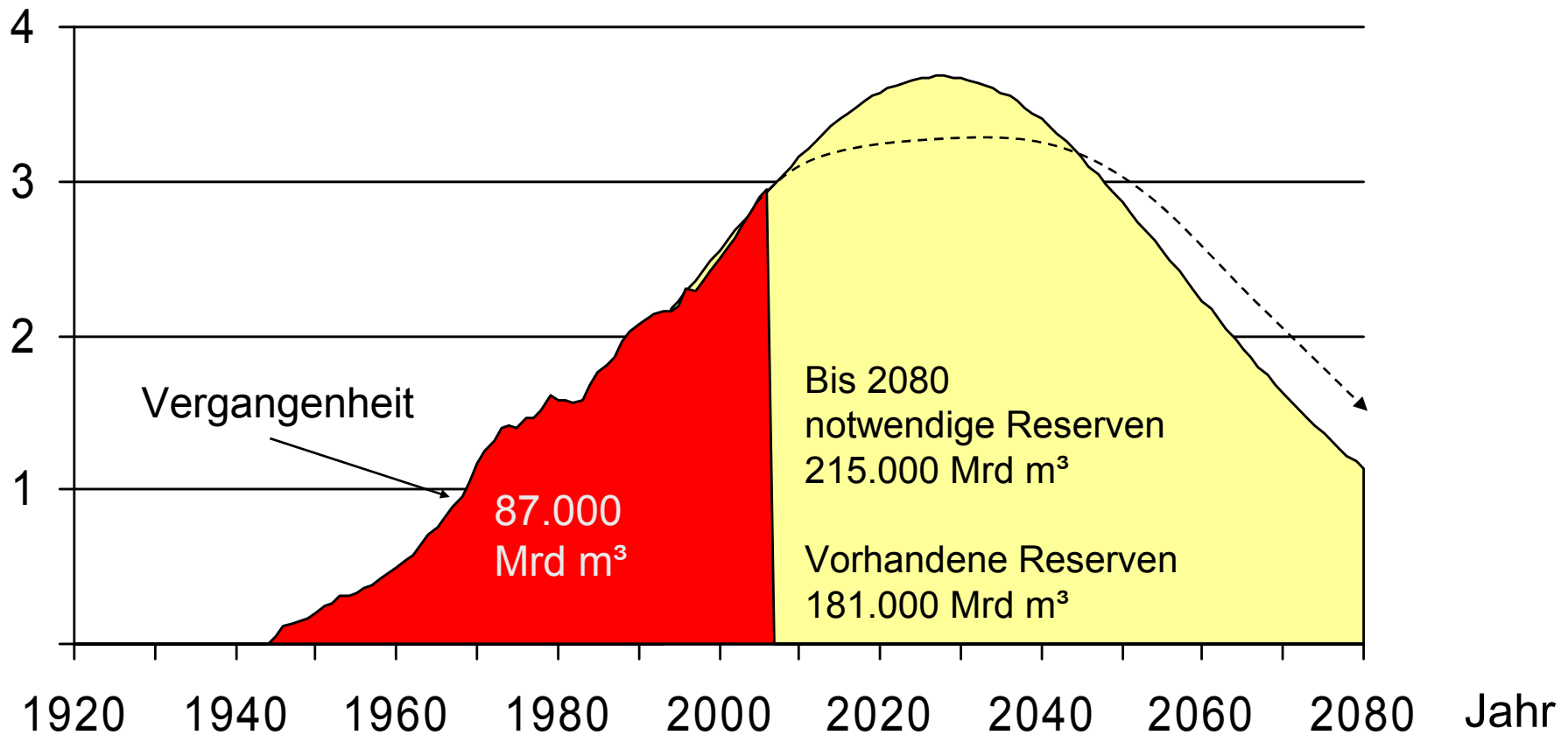
Datenquelle: Historische Förderung IHS-Energy 2006
Reserven IHS Energy 2006

Gasförderung: Vergangenheit und Prognose



ludwig bolkow
systemtechnik

1000 Mrd m³/Jahr



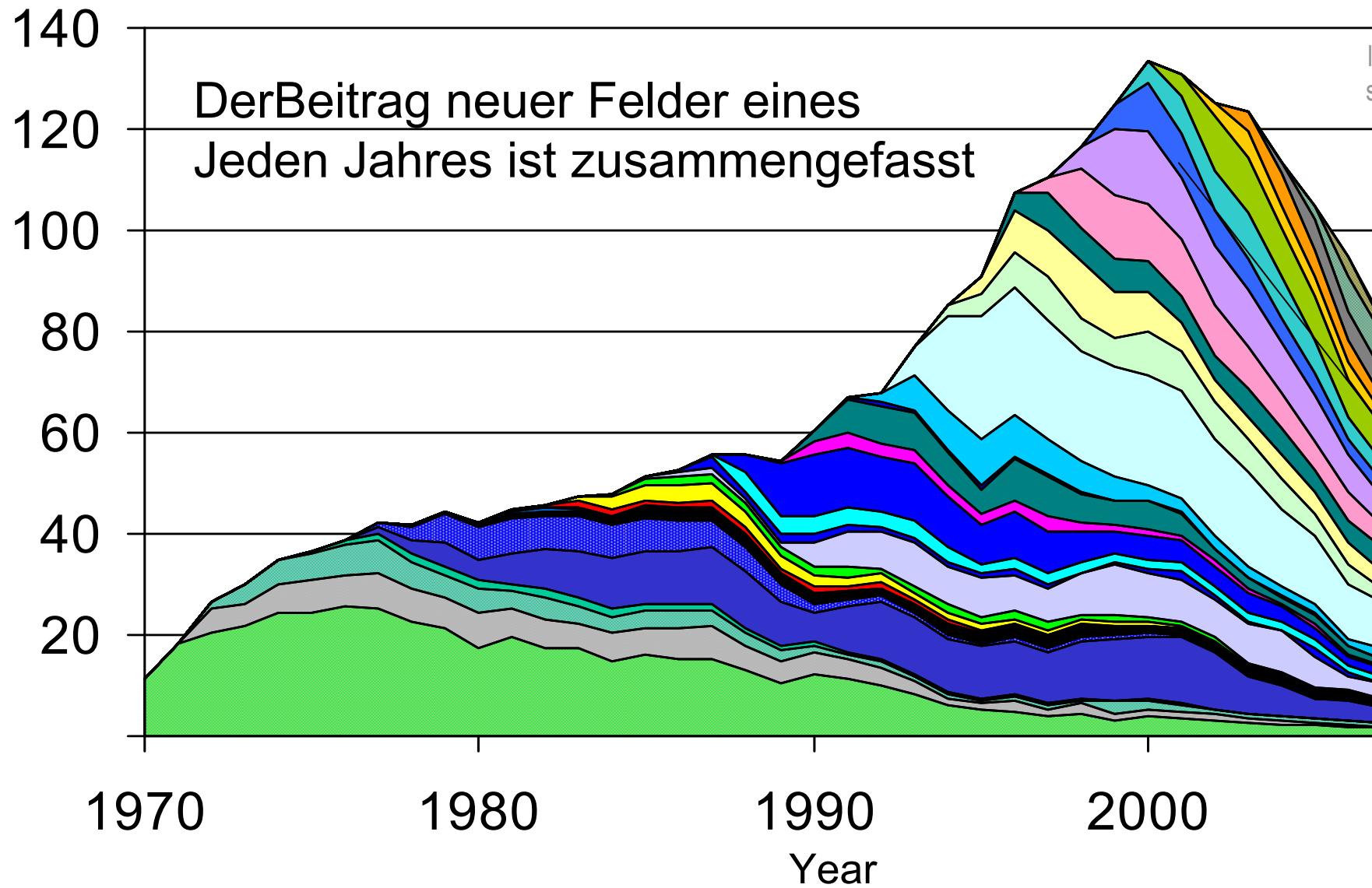
Datenquelle: Historische Förderung IHS-Energy 2006
Reserven IHS Energy 2006; BP Statistical Review 2007
Prognose: LBST 2007

UK – Gas Förderung



ludwig bölkow
systemtechnik

Production [Mrd. m³]



Source: DTI Januar 2008

Uk – Gas Förderung



ludwig bolkow
systemtechnik

Mrd m³/Year

history



forecast

140

120

100

80

60

40

20

1970

1980

1990

2000

2010

2020

2030

2040

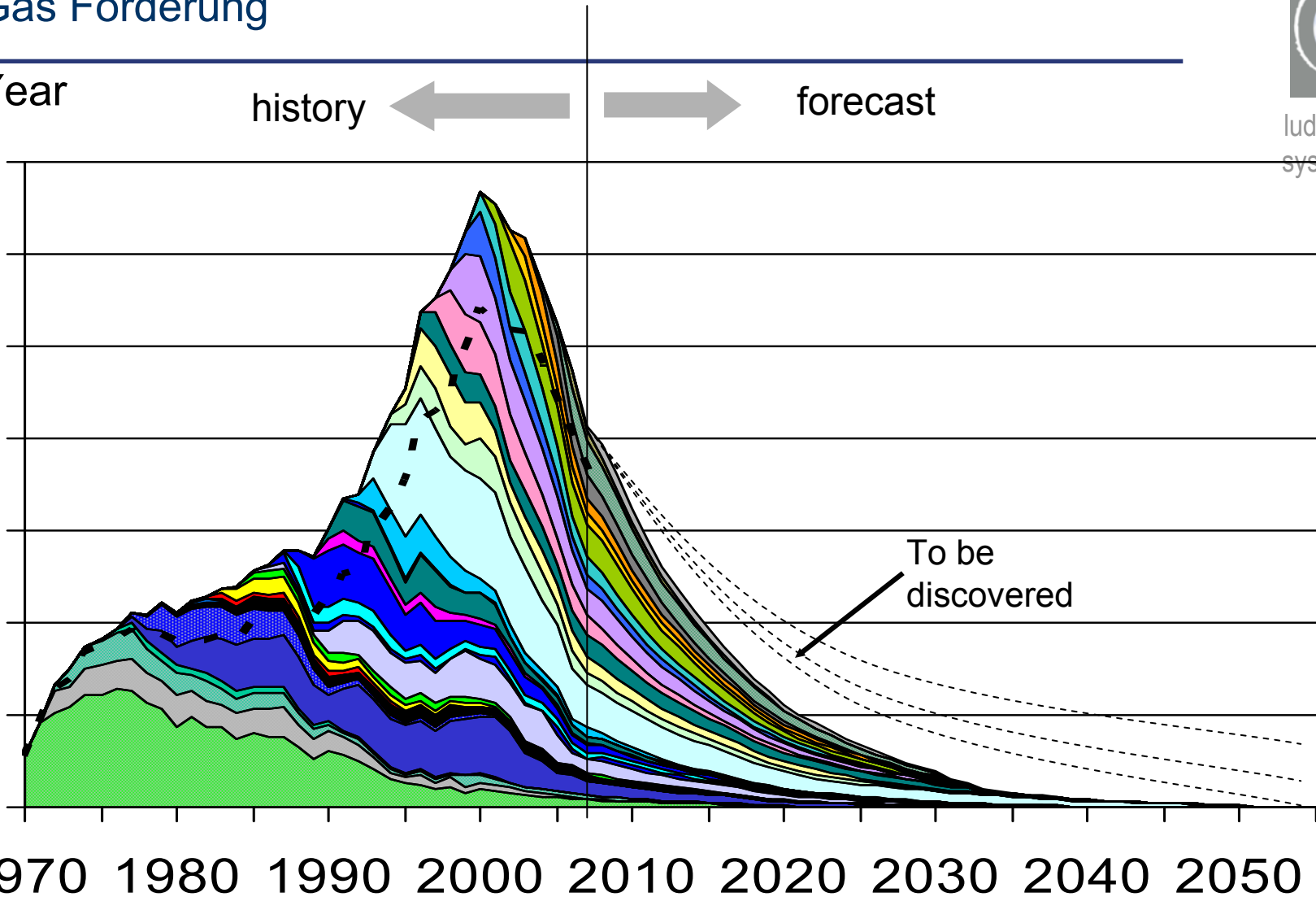
2050

Year

To be
discovered

?

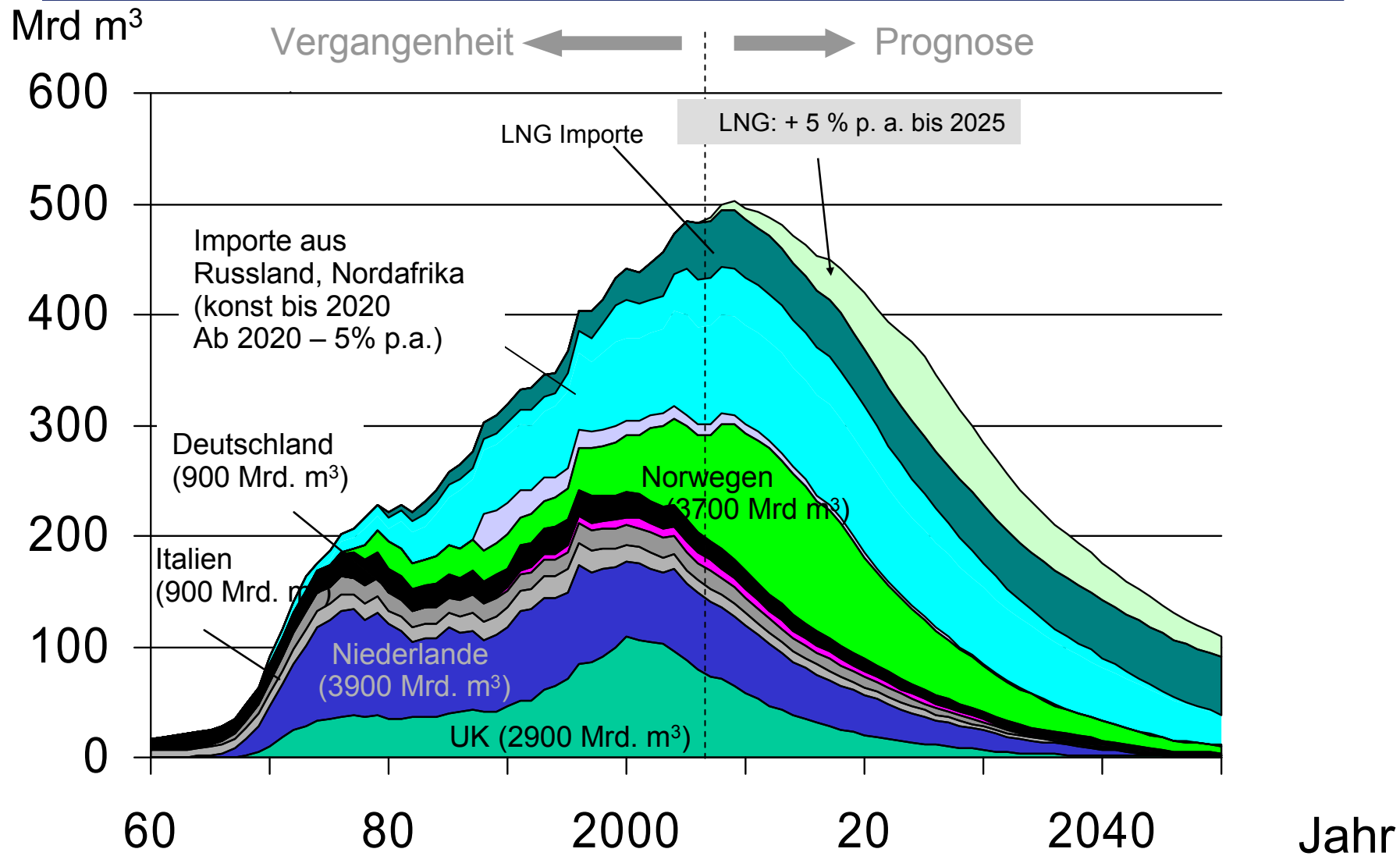
Source: DTI, Januar;2008 Forecast: LBST



Europäische Gasversorgung: Verdoppelung der Importe bis 2020!



ludwig bölkow
systemtechnik



Quelle: OECD 2004, DTI 2007, NPD 2007, BP 2007; Prognose: LBST 2007



ludwig bolkow
systemtechnik

- Zur Weltenergieversorgung (allgemein)
- Erdöl
Entdeckung, Förderung, Prognosen
- **Die Alternativen Erdgas, Kernenergie, Kohle**
- Skizze einer möglichen Entwicklung bis 2100



ludwig bolkow
systemtechnik

Unterscheidung	Braunkohle	Steinkohle
Unterscheidung	Weltsituation	Nationale Situation
Unterscheidung	Ressourcen	Reserven
Unterscheidung	Reserven	Fördermöglichkeiten
Unterscheidung	Förderung	Exporte/Importe

Definitionen:



ludwig bolkow
systemtechnik

„Reserven Diejenige Kohlemenge, die gut erfasst wurde und mit derzeitigen Technischen Möglichkeiten wirtschaftlich gewonnen werden kann

[Bei WEC Unterscheidung von „Proved Reserves in Place“ und „Proved Reserves“
Sowie Limitierung bis max. Tiefe und minimaler Flözdicke]

Ressourcen Diejenige Kohlemenge, die entweder nachgewiesen, aber derzeit nicht wirtschaftlich gewinnbar ist, oder aber die Menge, die auf Basis geologischer Indikatoren noch erwartet werden kann. Bei Kohle sind das „in-situ“-Mengen, d.h. die Gesamtmenge unabhängig von ihrer Gewinnbarkeit

[Bei WEC „EAR in place“ and „rec. EAR“]



World Energy Council

- Erhebung alle drei Jahre (Aktuell September 2007 mit Basisjahr 2005)
- basiert auf Berichten der nationalen WEC Mitglieder
- basiert auf den Berichten der nationalen geologischen Behörden

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

- übernimmt internationale Daten aus WEC-Berichten oder von nationalen Behörden anderer Staaten
- kooperiert mit anderen nationalen Behörden
- führt auch eigene Erhebungen durch (z.B. für Russland, China)

BP Statistical Review of World Energy

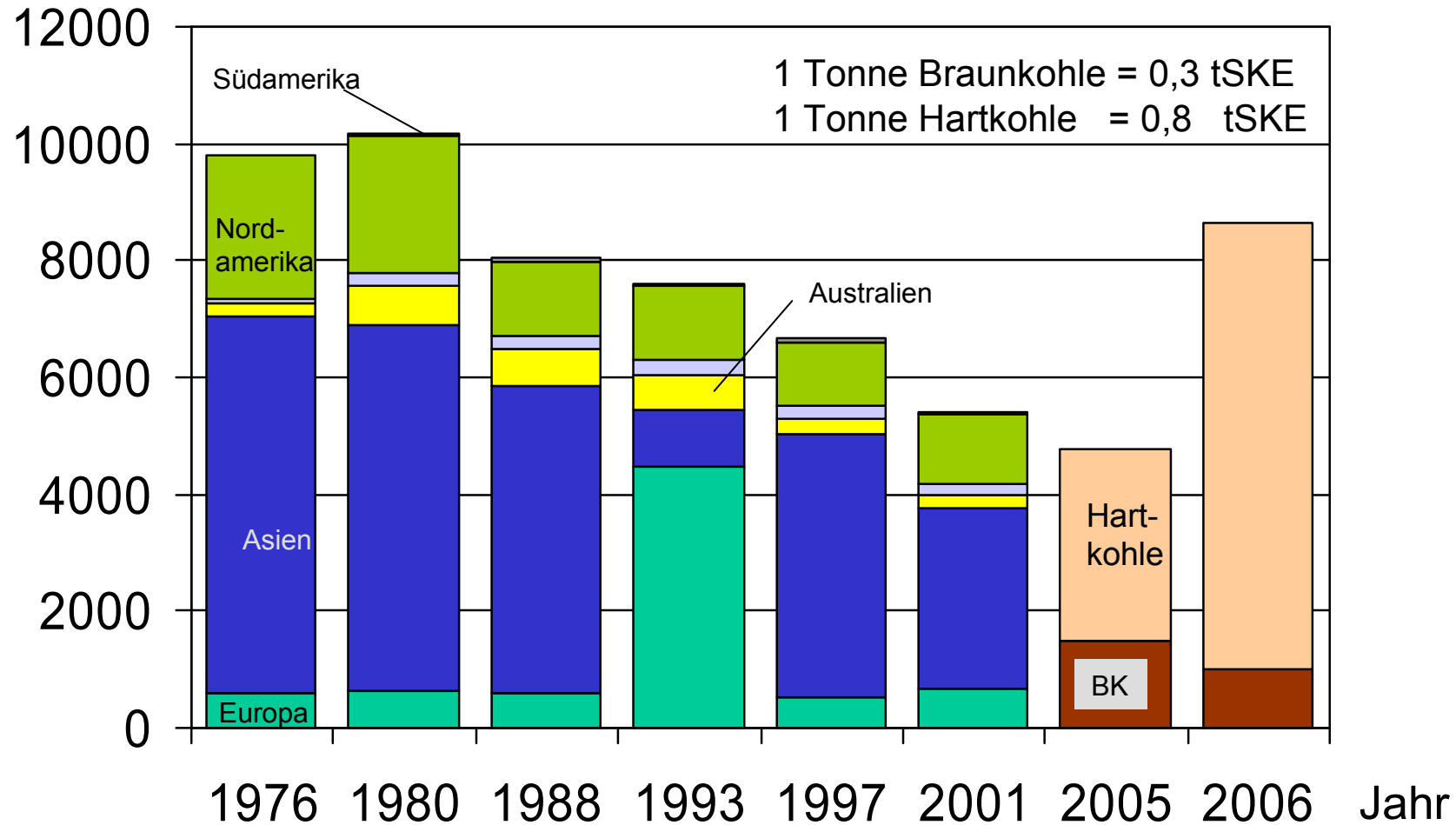
- Führt keine originäre Datenerhebung durch
- übernimmt Daten von WEC Berichten
- >kann nicht aktuell sein (z.B. im Bericht für 2006 Datenbasis 2002)

Entwicklung der Kohleressourcen



ludwig bolkow
systemtechnik

Mrd. t SKE



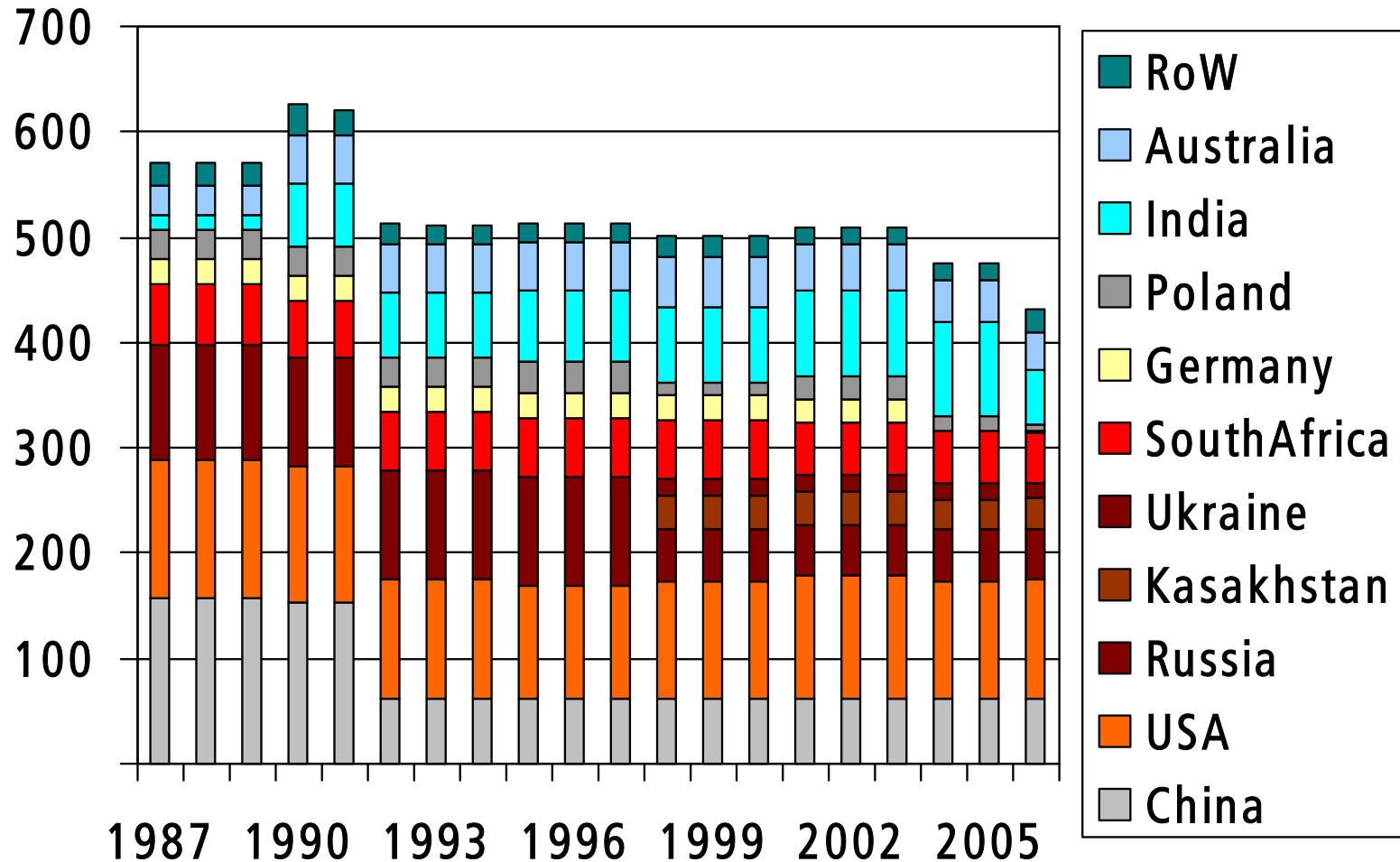
Quelle: BGR, 1995/1998/2002/2006/2007
Analyse LBST

Entwicklung der Steinkohlereserven (anthracite & bituminous)



ludwig bolkow
systemtechnik

Mrd. Tonnen

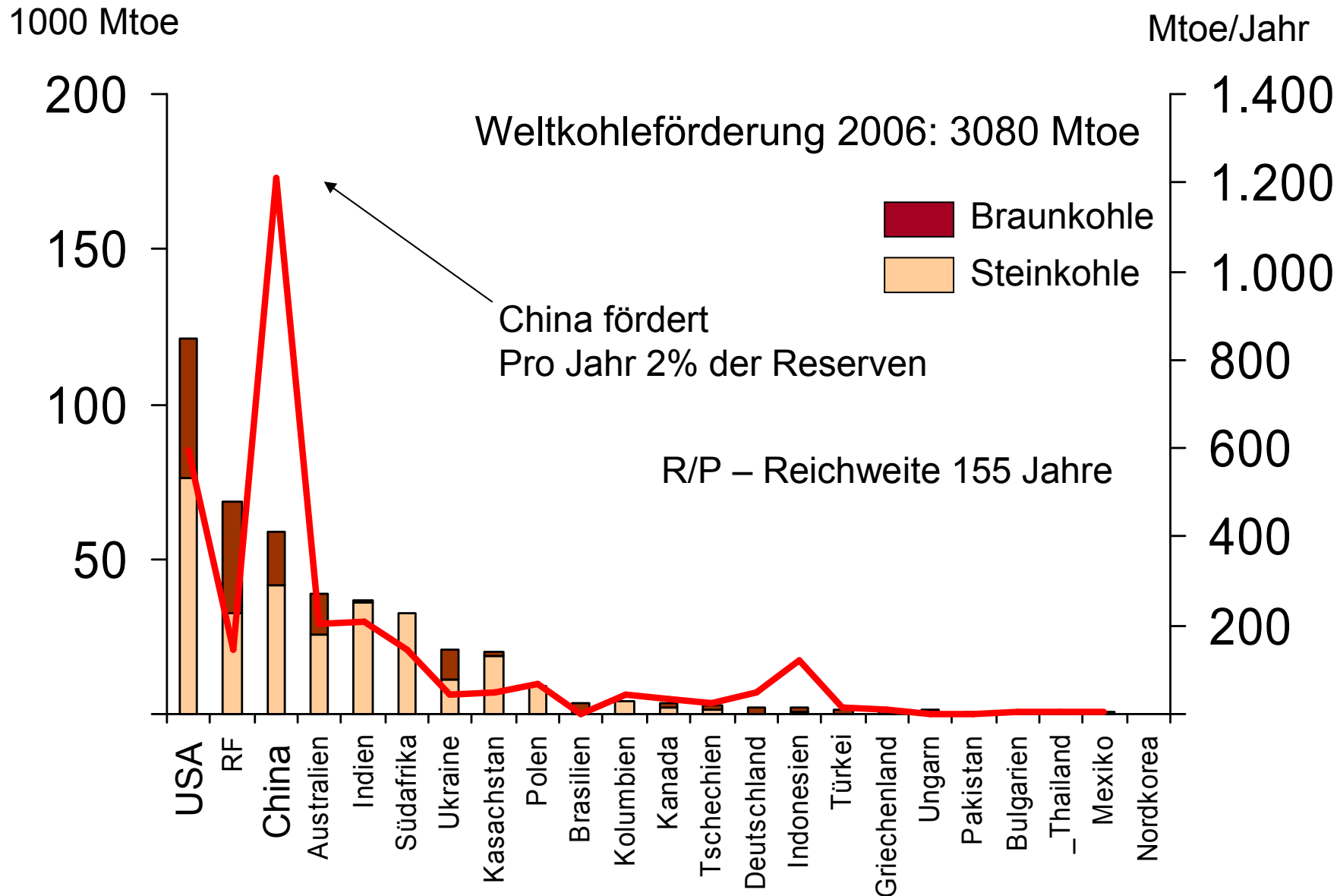


RoW includes: UK, Columbia, Canada, Czech, Mexico, Indonesia, Zimbabwe, Venezuela, Korea, Japan, Turkey, Spain, Hungary, (Data between 1987- 1997 are missing for Czech, North Korea, Hungary)

Kohlereserven und Förderung



ludwig bolkow
systemtechnik



Source: BP Statistical Review of World Energy 2007/WEC 2007
Analyse LBST 2007



Größte Förderstaaten:		Exporteure		Importeure	
	Mrd. t		Mrd. t		Mrd. t
China	2381	Australien	235	Japan	178
USA	999	Indonesien	160	Korea	80
Indien	399	Russland	92-26	Taiwan	64
Australien	305	Südafrika	69	UK	51
Südafrika	247	China	63-38	BRD	42
Russland	233	Kolumbien	59	Indien	41
Indonesien	200	USA	45-33	China	38
Rest	408	Kanada	28-13	Rest	339
		Vietnam	25		
		Rest	63		
Welt	5356	Welt	839	Welt	834

Weltkohlehandel 2006 (und 2007)



ludwig bolkow
systemtechnik

Größte Förderstaaten:		Exporteure		Importeure	
	Mrd. t		Mrd. t		Mrd. t
China	2381	Australien	235*)	Japan	178
USA	999	Indonesien	160**)	Korea	80
Indien	399	Russland	92-26	Taiwan	64
Australien	305	Südafrika	69	UK	51
Südafrika	247	China	63-38	BRD	42
Russland	233	Kolumbien	59	Indien	41
Indonesien	200	USA	45-33	China	38
Rest	408	Kanada	28-13	Rest	339
		Vietnam	25		
		Rest	63		

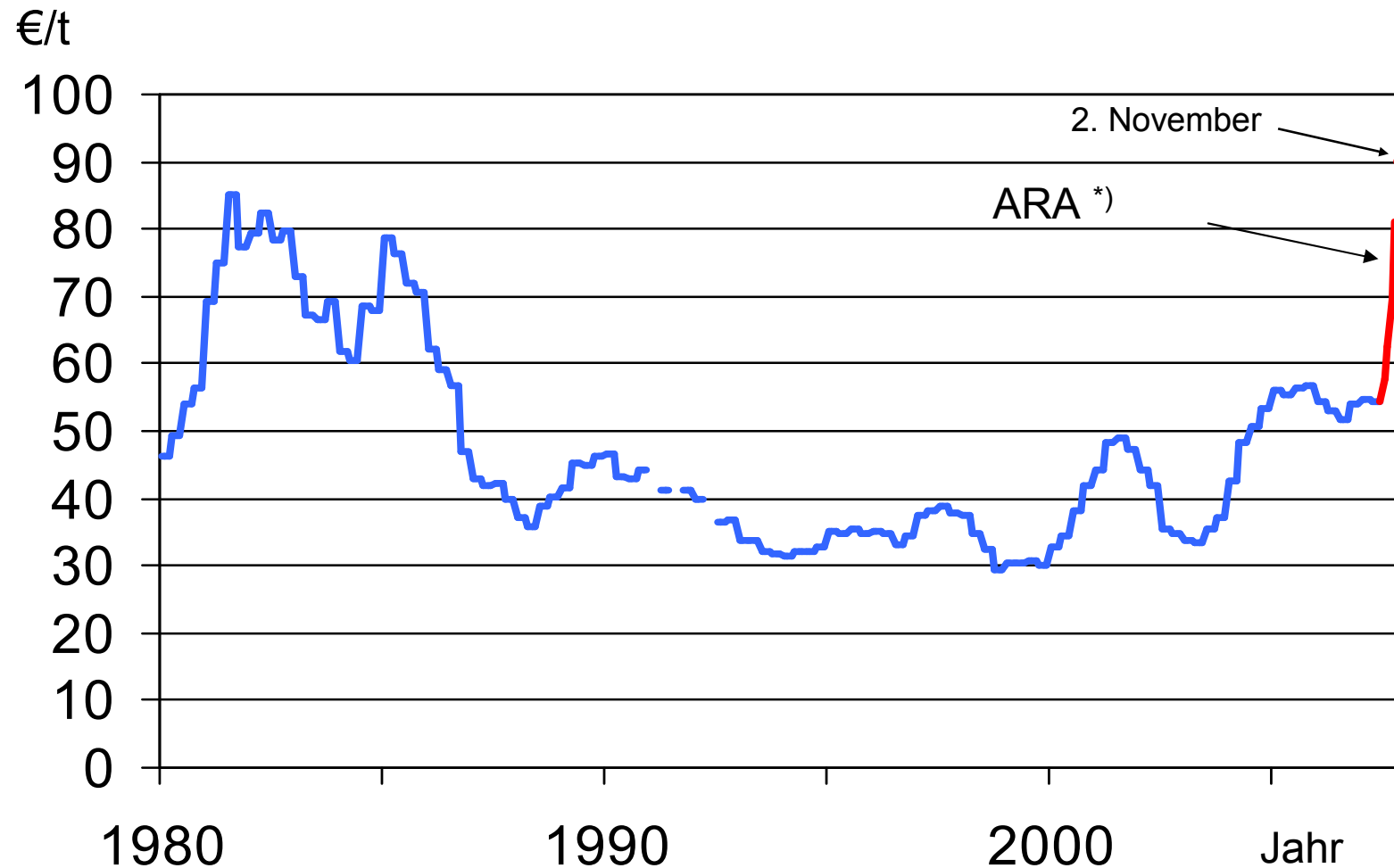
*) **Infrastrukturlimit erreicht (Hafen; Eisenbahn)**

) **weitere Erhöhung kaum möglich (Erhöhter Eigenbedarf als Substitut für fehlendes Erdöl; Grenze beim Ausbau der Minenkapazität bald erreicht)

Steinkohleimportpreise frei deutsche Grenze



ludwig bölkow
systemtechnik



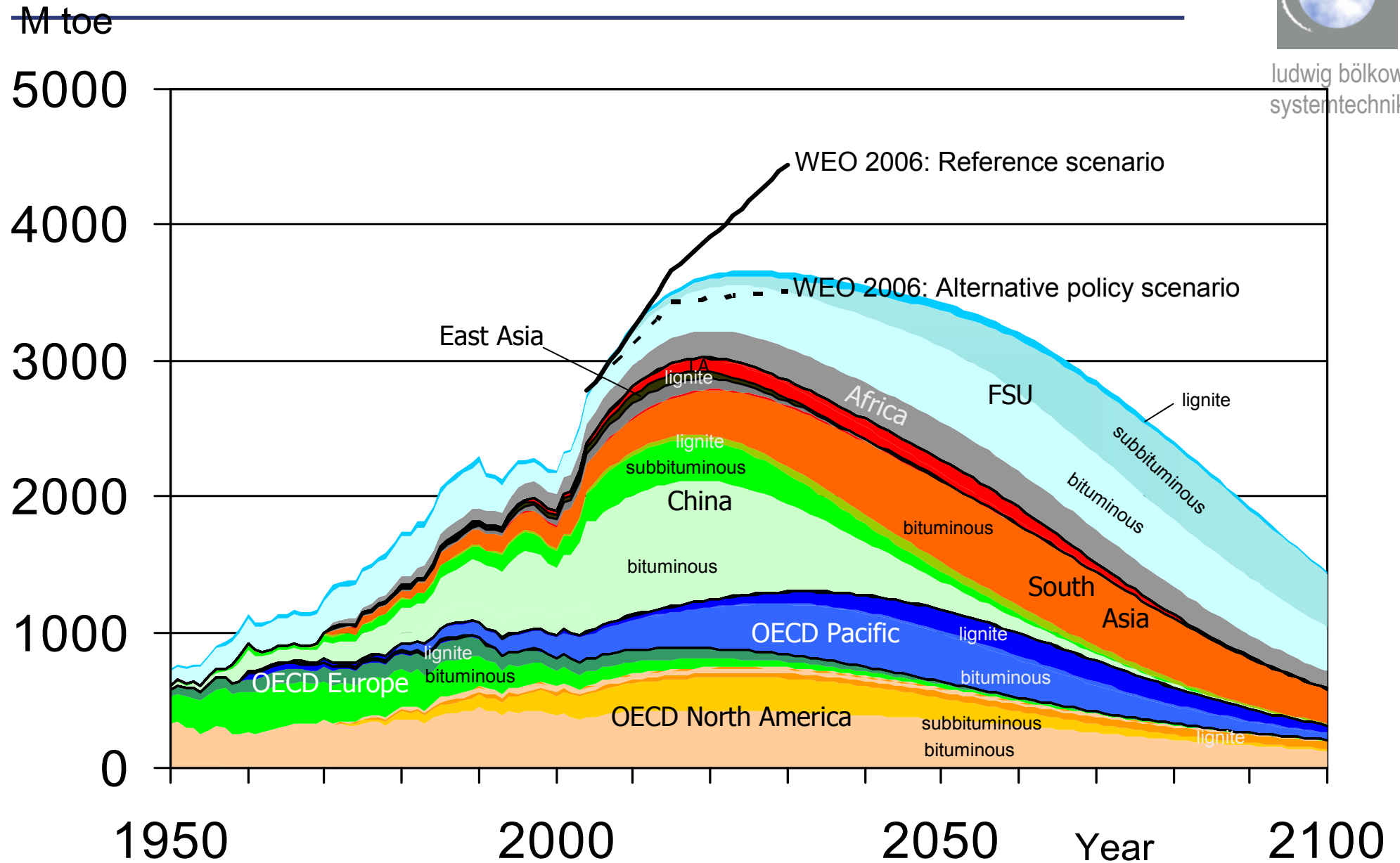
*) mit 1€=1.38\$ US umgerechnet (ab Okt mit 1.42 \$/€)

Quelle: BAFA 2007/Global Coal 2007

Weltweite denkbare Kohleförderung



ludwig bolkow
systemtechnik



Quelle: Energy Watch Group 2006



ludwig bolkow
systemtechnik

- Zur Weltenergieversorgung (allgemein)
- Erdöl
Entdeckung, Förderung, Prognosen
- **Die Alternativen Erdgas, Kernenergie, Kohle**
- Skizze einer möglichen Entwicklung bis 2100

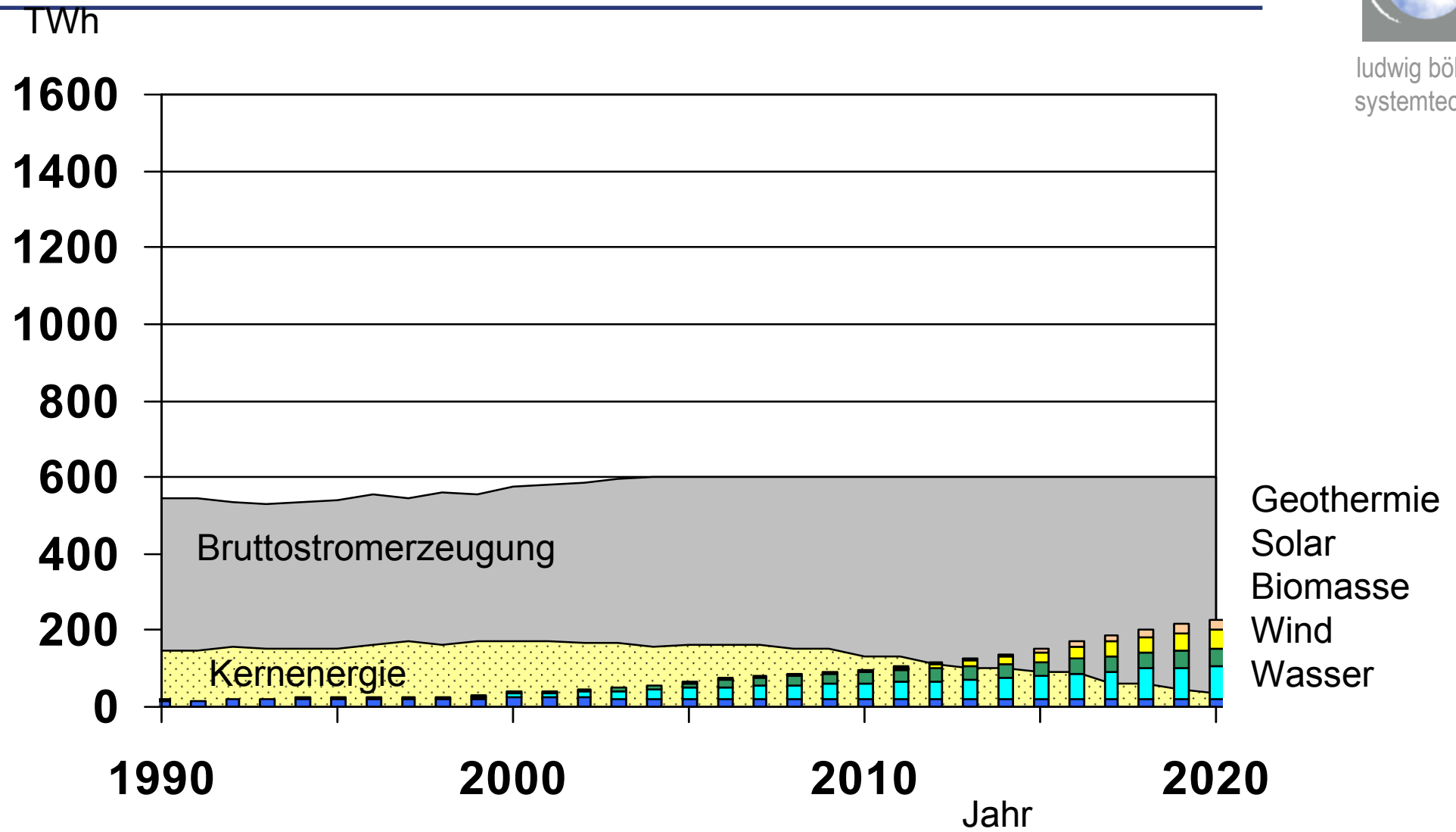
— Gibt es eine Renaissance der Kernenergie ?

- Ist eine Renaissance der Kernenergie,
 - wenn wieder soviel Reaktoren gebaut werden, wie früher schon mal?
 - wenn überhaupt neue KKW gebaut werden?
 - wenn über neue KKW nachgedacht wird?

Szenario zum Strommix Deutschland



ludwig bölkow
systemtechnik

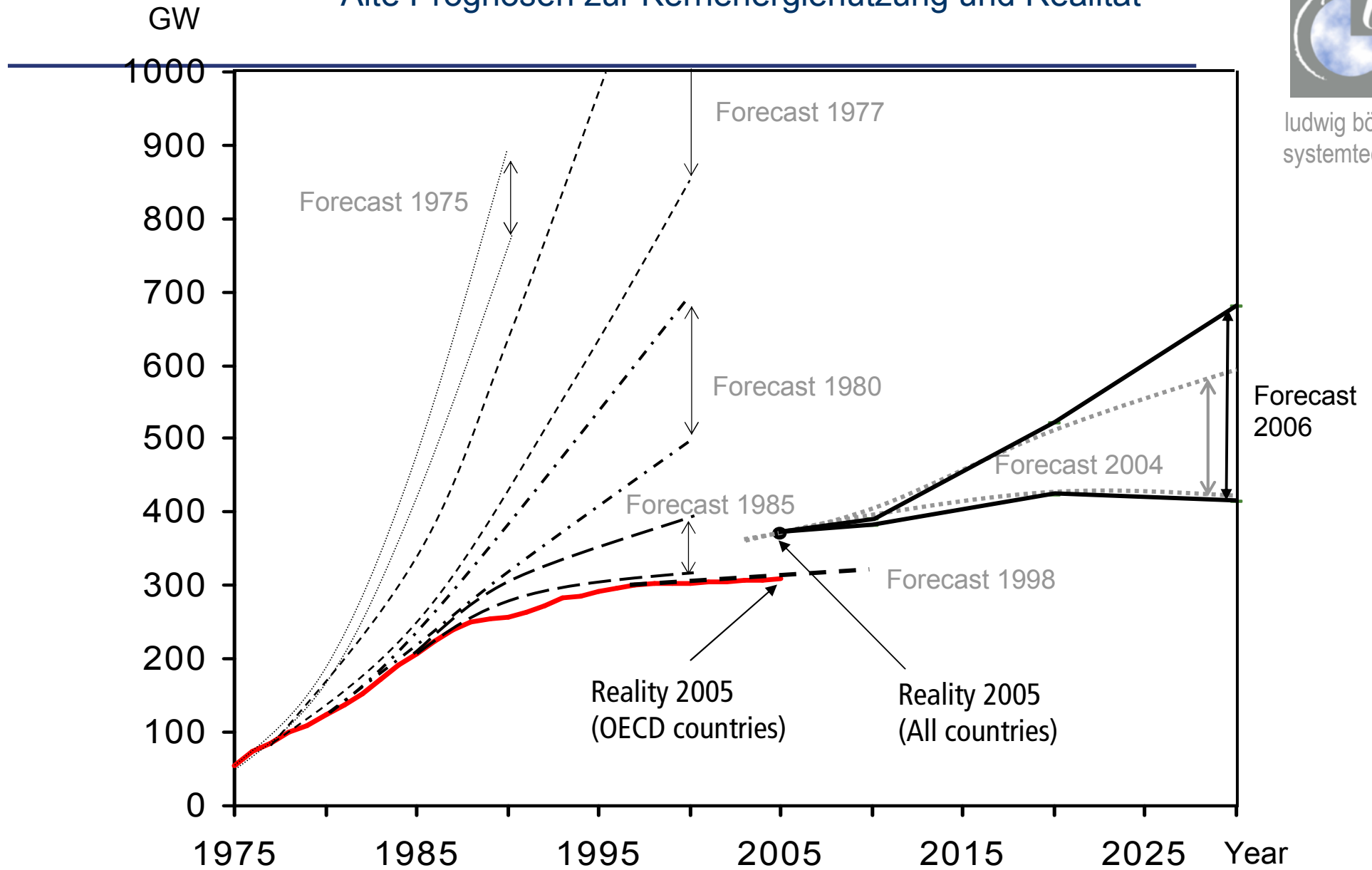


LBST Jan 2006

Alte Prognosen zur Kernenergienutzung und Realität



ludwig bolkow
systemtechnik

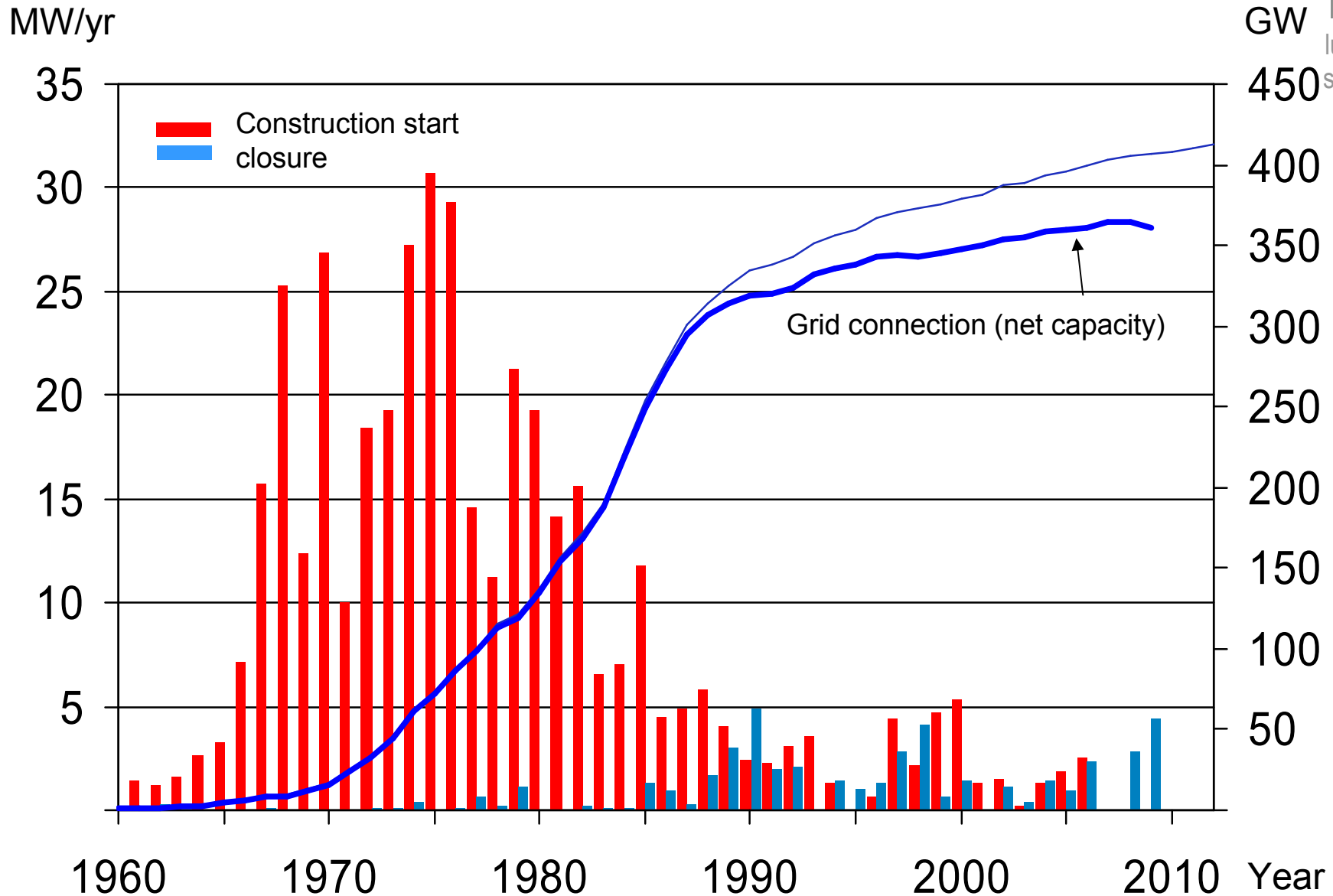


Data Source: IAEA; Graphics: LBST

Entwicklung der Kernenergienutzung



ludwig bolkow
systemtechnik



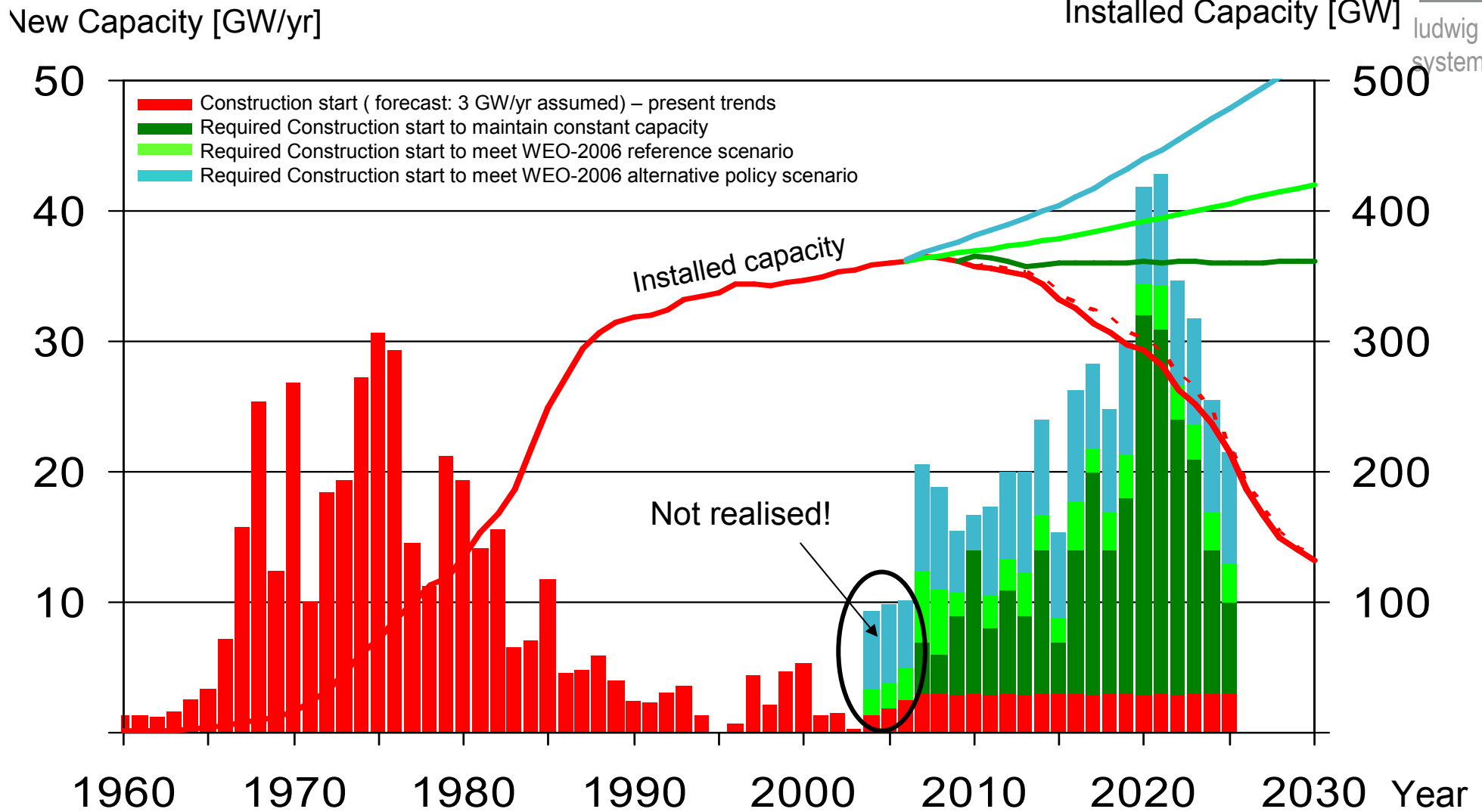
Source: International Atomic Energy Agency

October 2006

Szenarien zum notwendigen Reaktorneubau



Ludwig Bolkow
Systemtechnik





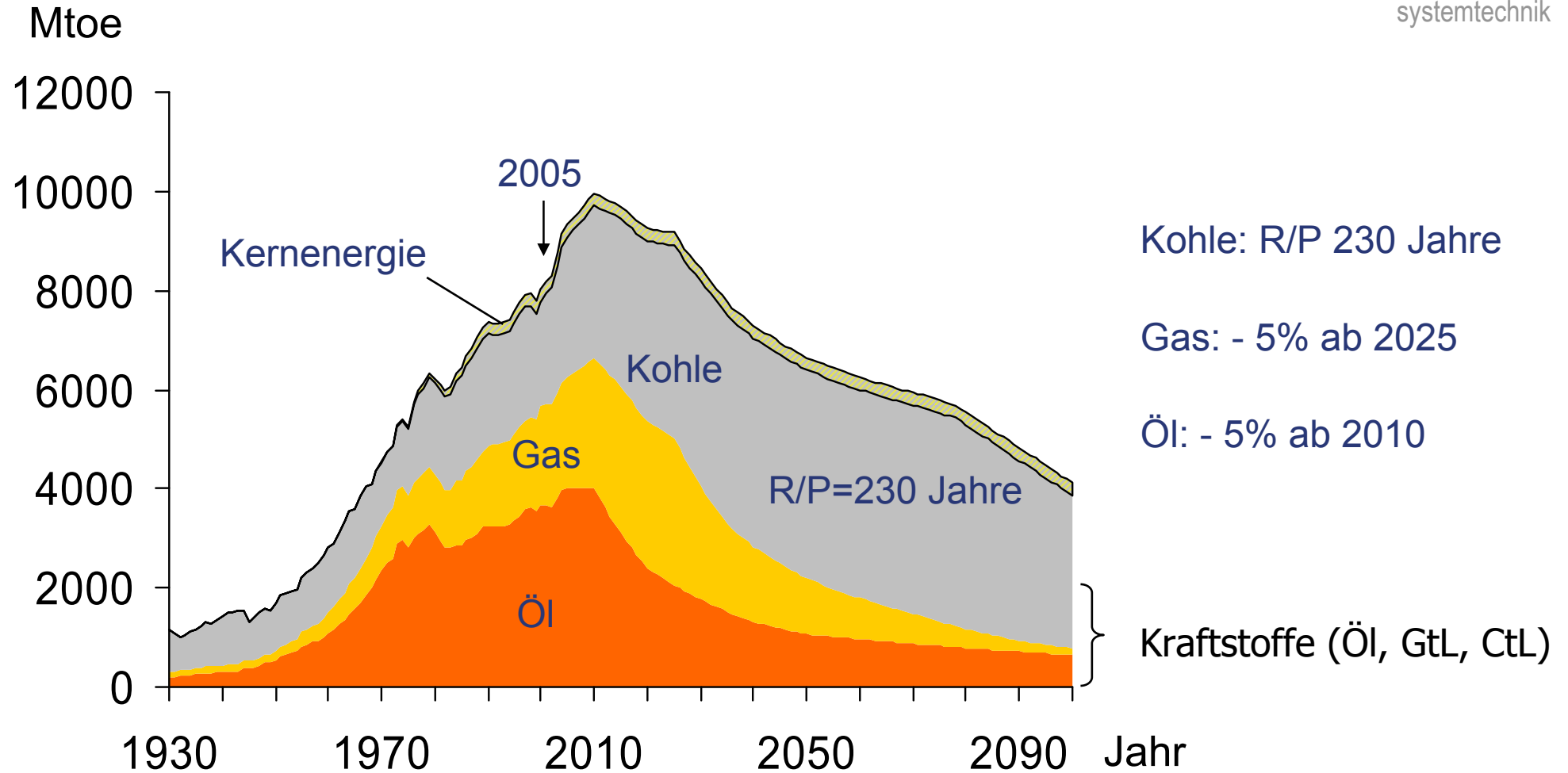
ludwig bolkow
systemtechnik

- Zur Weltenergieversorgung (allgemein)
- Erdöl
Entdeckung, Förderung, Prognosen
- Die Alternativen Erdgas, Kernenergie, Kohle
- **Skizze einer möglichen Entwicklung bis 2100**

Tendenzielle Entwicklung der fossilen Energieversorgung



ludwig bolkow
systemtechnik

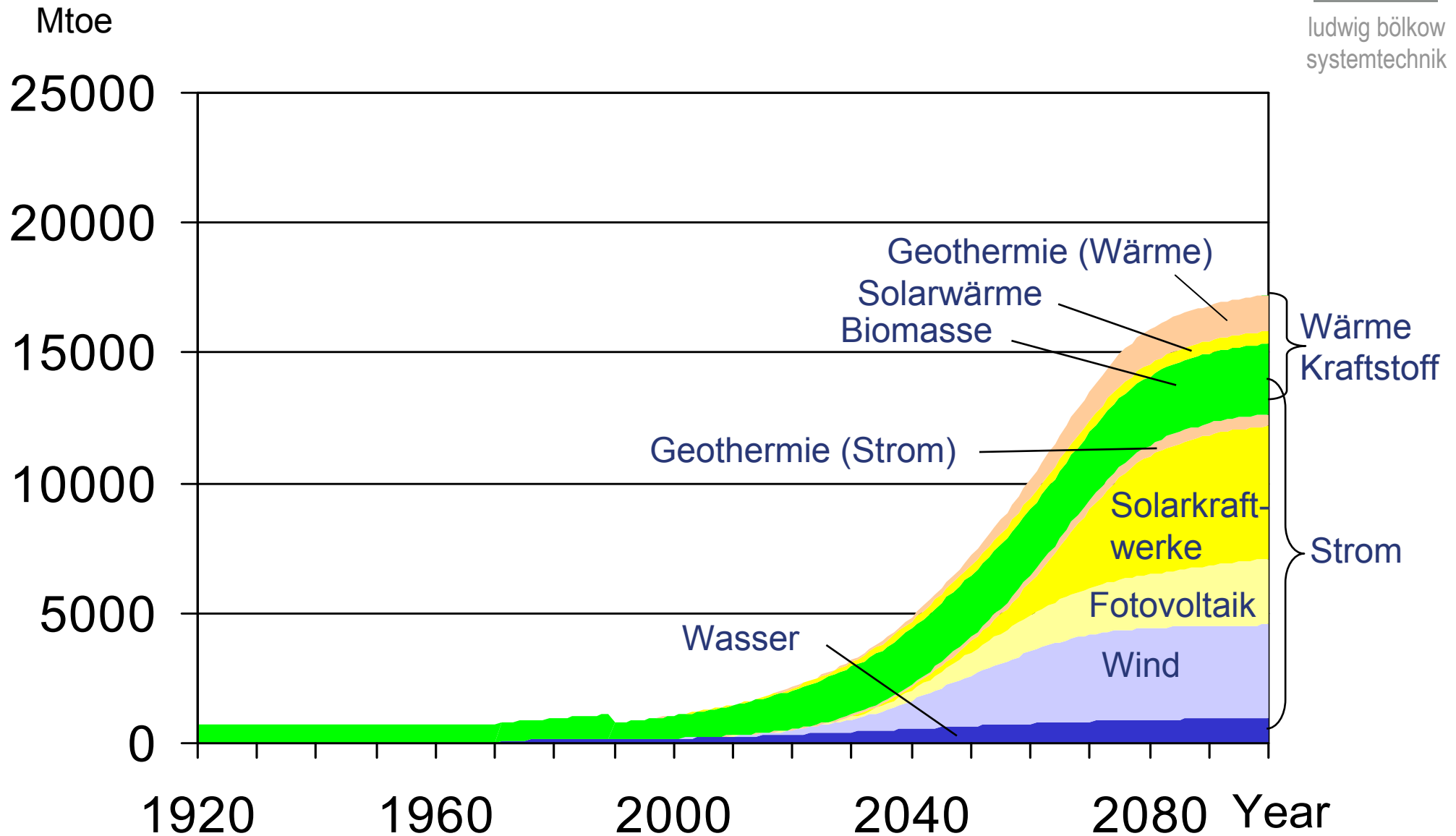


Datenquelle: Historie BP, Szenario LBST 2006

Szenario Erneuerbare Energie



ludwig bolkow
systemtechnik

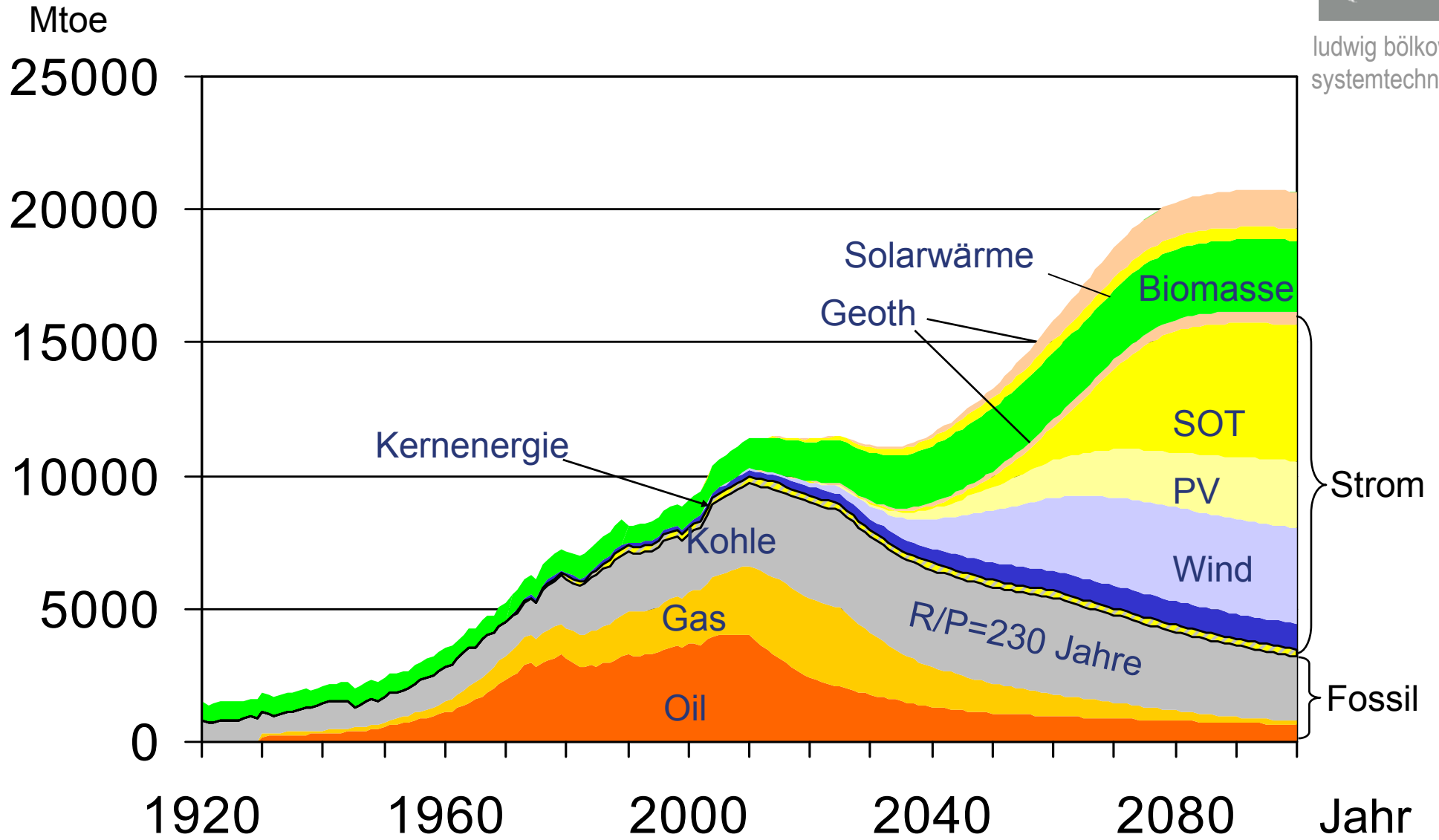


Source: LBST 2005

Szenario - Weltenergieversorgung



ludwig bolkow
systemtechnik

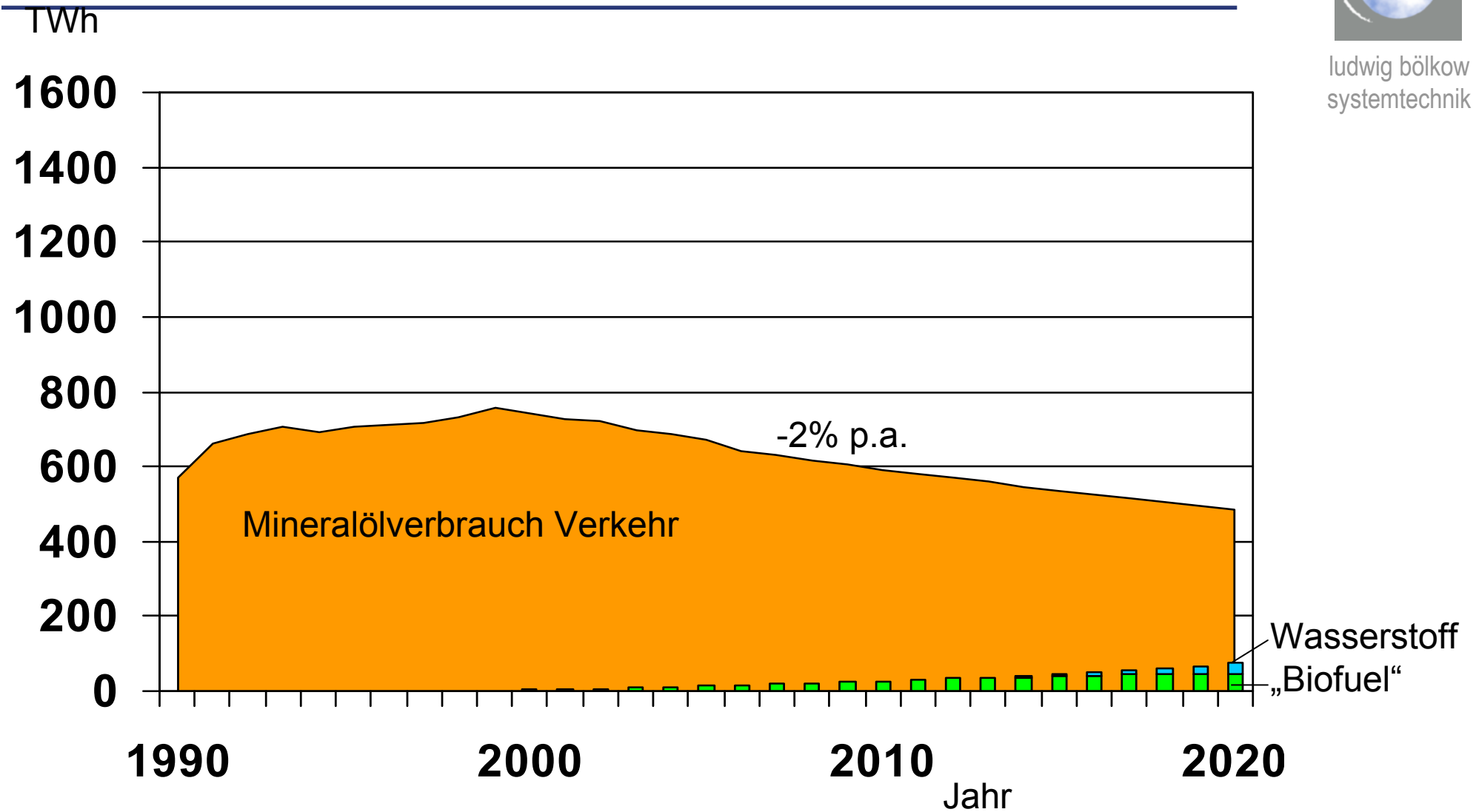


Source: LBST 2005

Szenario zum Kraftstoffverbrauch in Deutschland



ludwig bölkow
systemtechnik

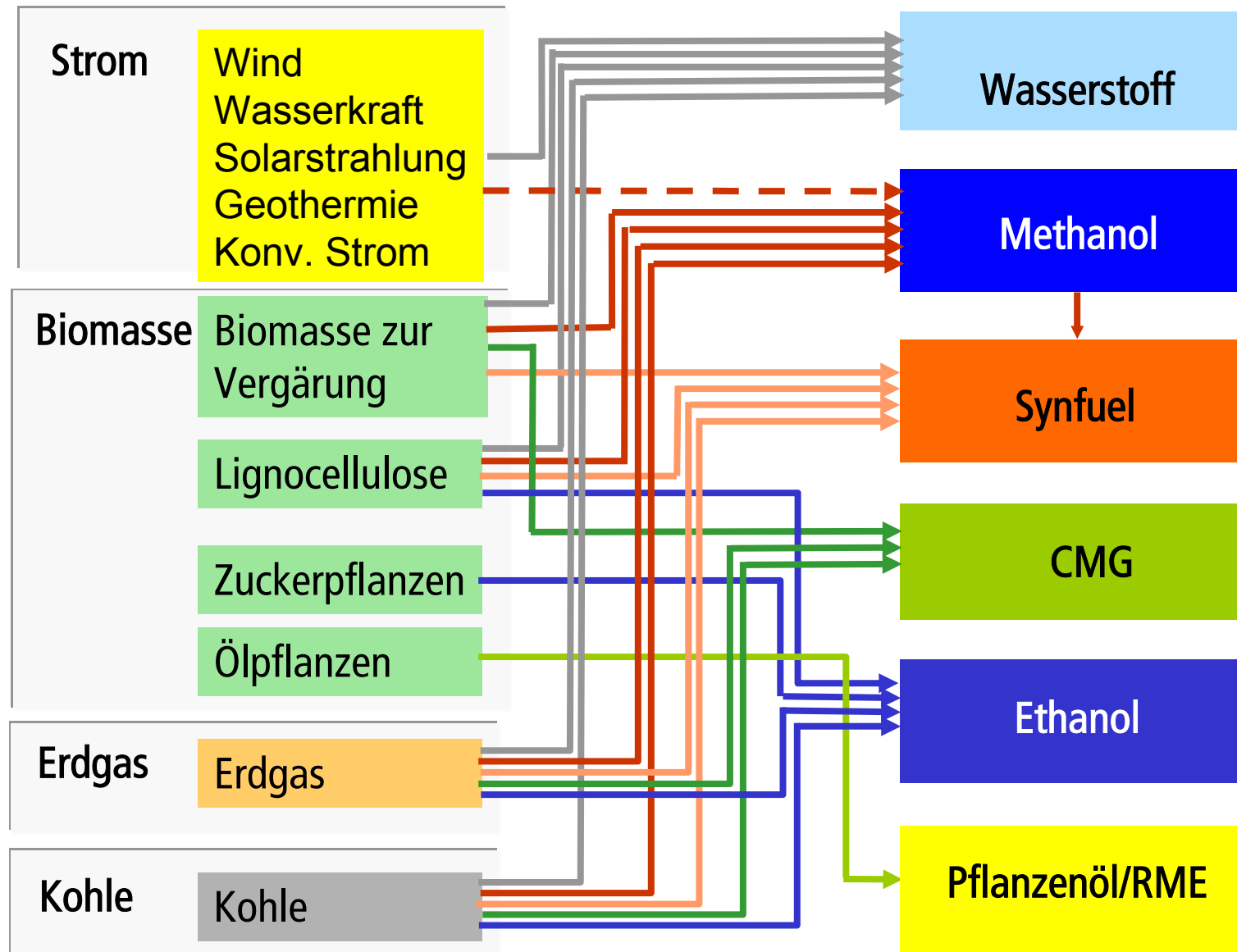


LBST Jan 2006

Kraftstoffe aus alternativen Energiequellen



Ludwig Bolkow
Systemtechnik





- Die Weltölförderung ist am Fördermaximum
- Kein anderer fossiler oder nuklearer Energieträger wird das ausgleichen können
- Unsere Wirtschaft ist an steigenden (nicht sinkenden) Ressourcenverbrauch angepasst

- => Das Fördermaximum wird einen Strukturbruch einleiten
- => Je schneller wir beginnen, mit weniger Öl zu leben, desto besser werden wir diesen Übergang meistern
- => Erneuerbare Energie ist nach Energieeinsparung die einzige nachhaltige Lösung mit geringem „Konfliktpotential“