



## Energieversorgung im Umbruch - was geht mich das an ?



Dr. Werner Zittel [zittel@LBST.de]  
Reinhold Wurster [wurster@LBST.de]

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH · Ottobrunn

[www.LBST.de](http://www.LBST.de)



---

## Teil 1: Die „globale Großwetterlage“

- Energieversorgung heute
- Treibende Kräfte für einen Wandel
- Thesen zur künftigen Energieversorgung
- Die Abhängigkeit des Verkehrs vom Erdöl

----- Diskussion -----

## Teil 2: Die lokale Situation

- Der Energieverbrauch in Deutschland
- Was kann die Region tun
- Was kann der einzelne tun

----- Diskussion -----



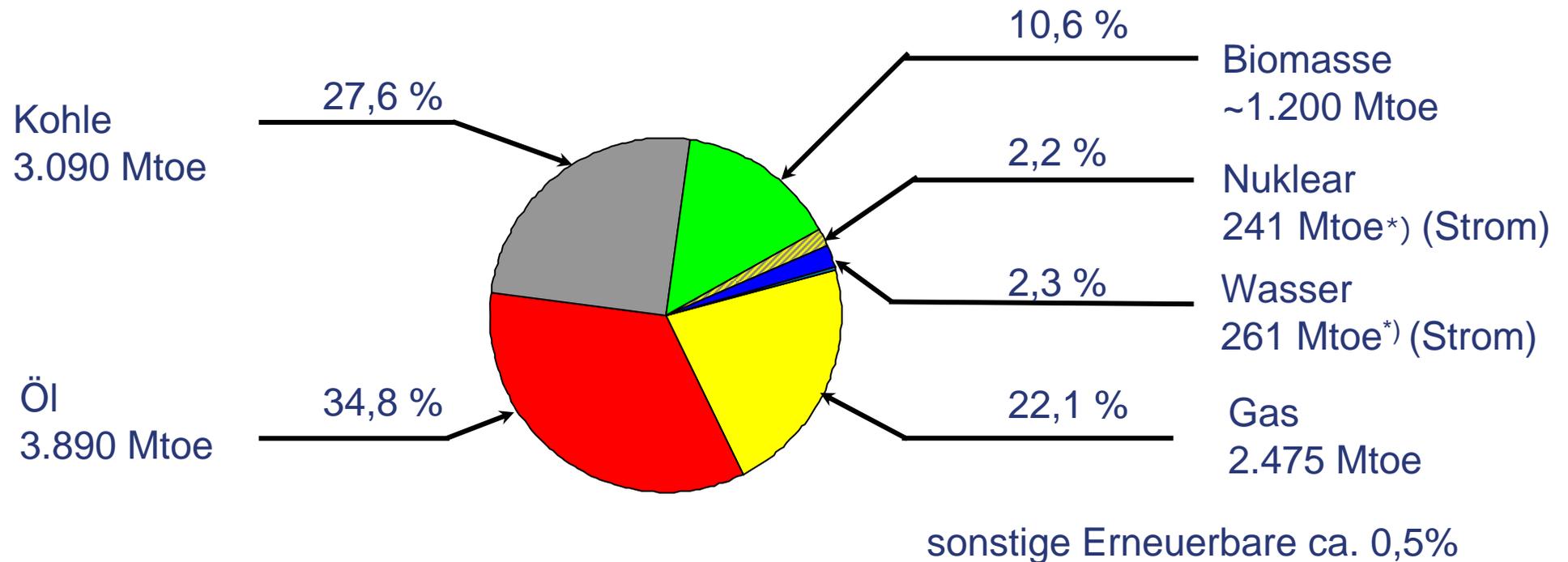
ludwig bolkow  
systemtechnik

- **Energieversorgung heute**
- Treibende Kräfte für einen Wandel
- Thesen zur künftigen Energieversorgung

# Weltenergieverbrauch 2006



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



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

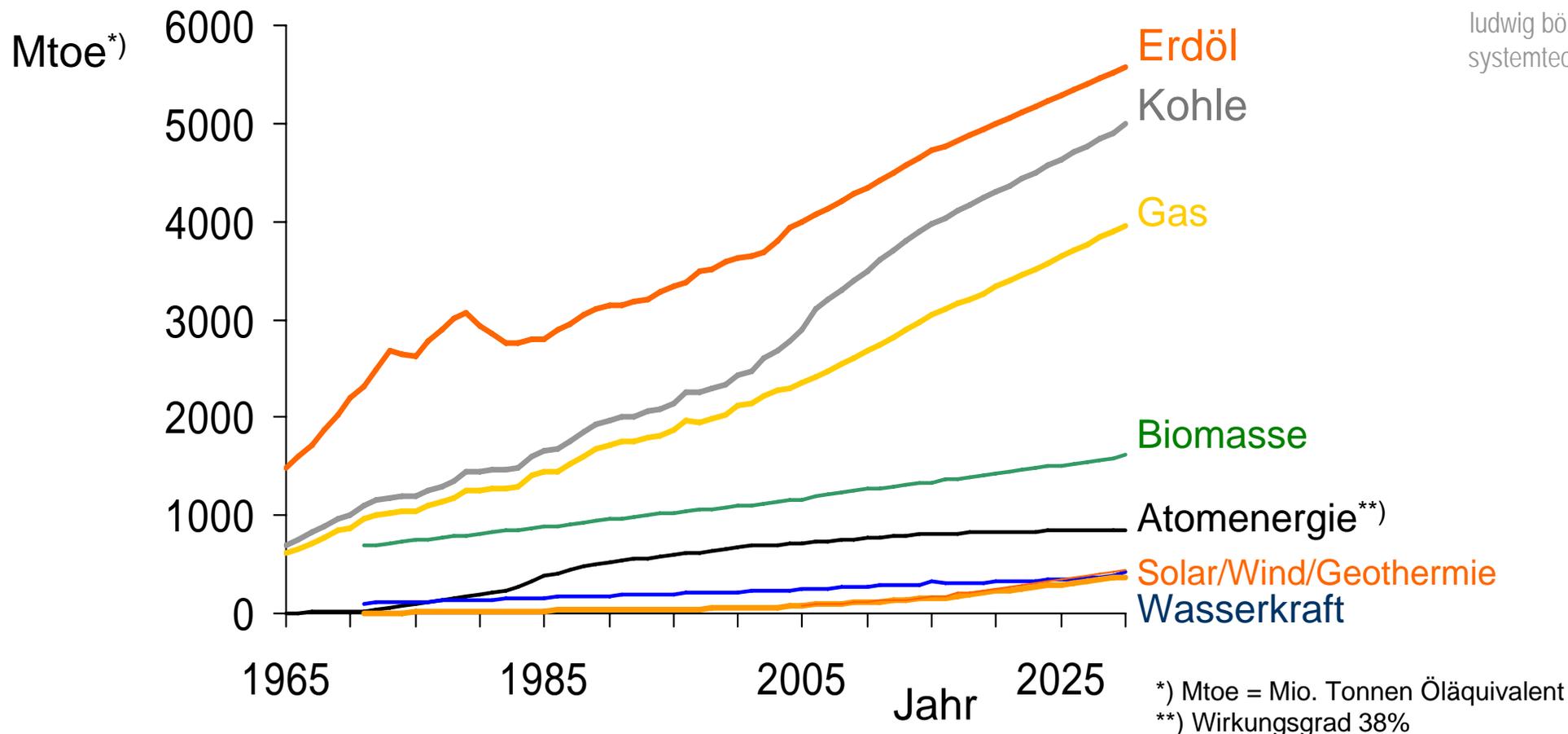
1 Mtoe = 1 Mio. Tonnen Öläquivalent

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

# Prognose des Weltenergieverbrauchs (Internationale Energieagentur)



Ludwig Bolkow  
systemtechnik



Der Energieverbrauch ist

- fossil dominiert
- räumlich und zeitlich ungerecht verteilt
- lässt keinen Spielraum für künftige Entwicklung benachteiligter Regionen

Quelle: Historische Daten - BP Statistical Review of World Energy  
 Outlook - International Energy Agency 2007



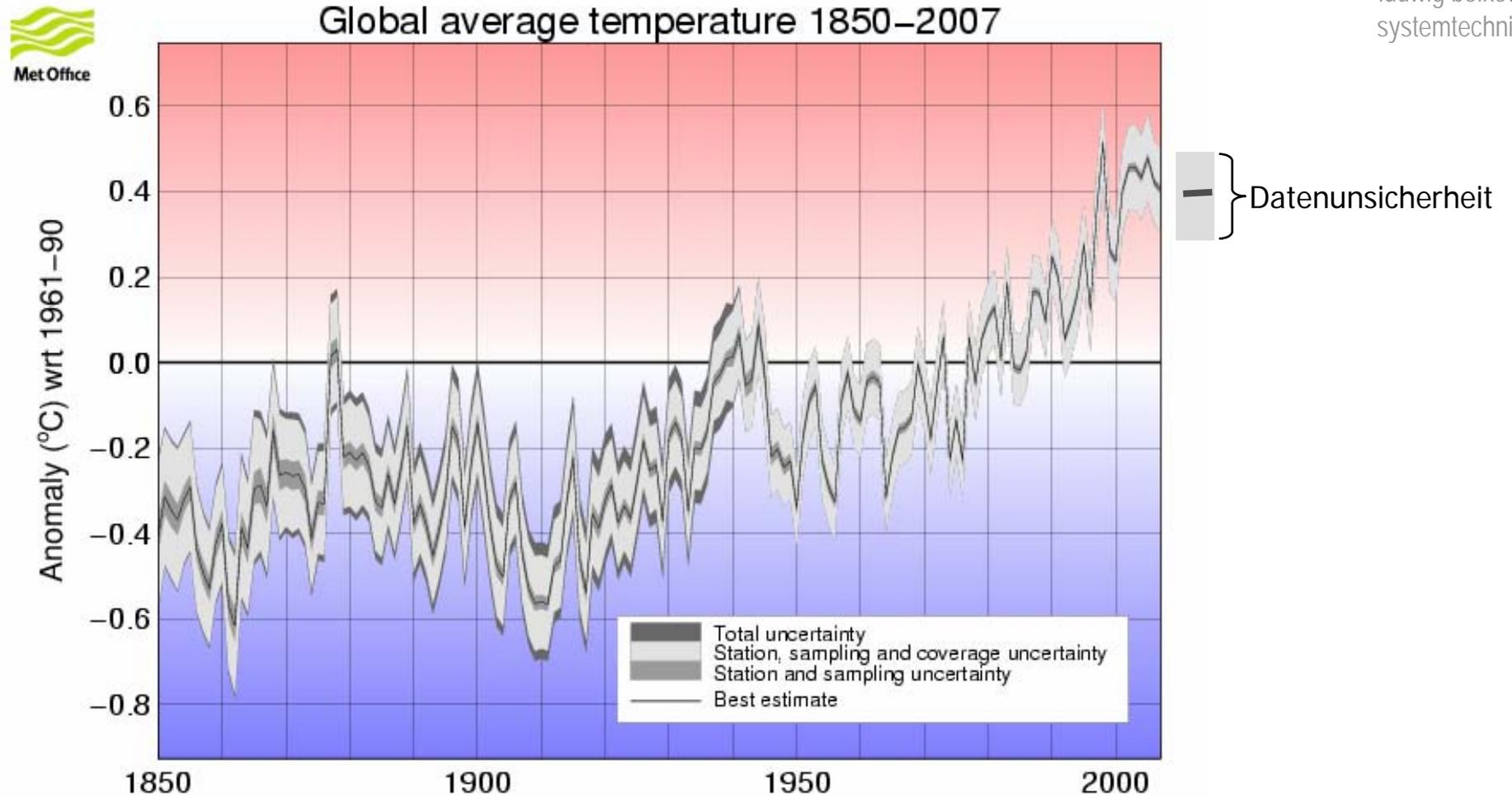
ludwig bolkow  
systemtechnik

- 
- Energieversorgung heute
  - **Treibende Kräfte für einen Wandel**
    - **limitierte Senken (Treibhauseffekt)**
    - limitierte Quellen (Öl, Kohle, Gas, Uran)
    - innovative Energietechnologien  
(Regenerative Energien, Effizienz)
  - Thesen zur künftigen Energieversorgung

# Globale Durchschnittstemperatur 1850 - 2007



ludwig bolkow  
systemtechnik

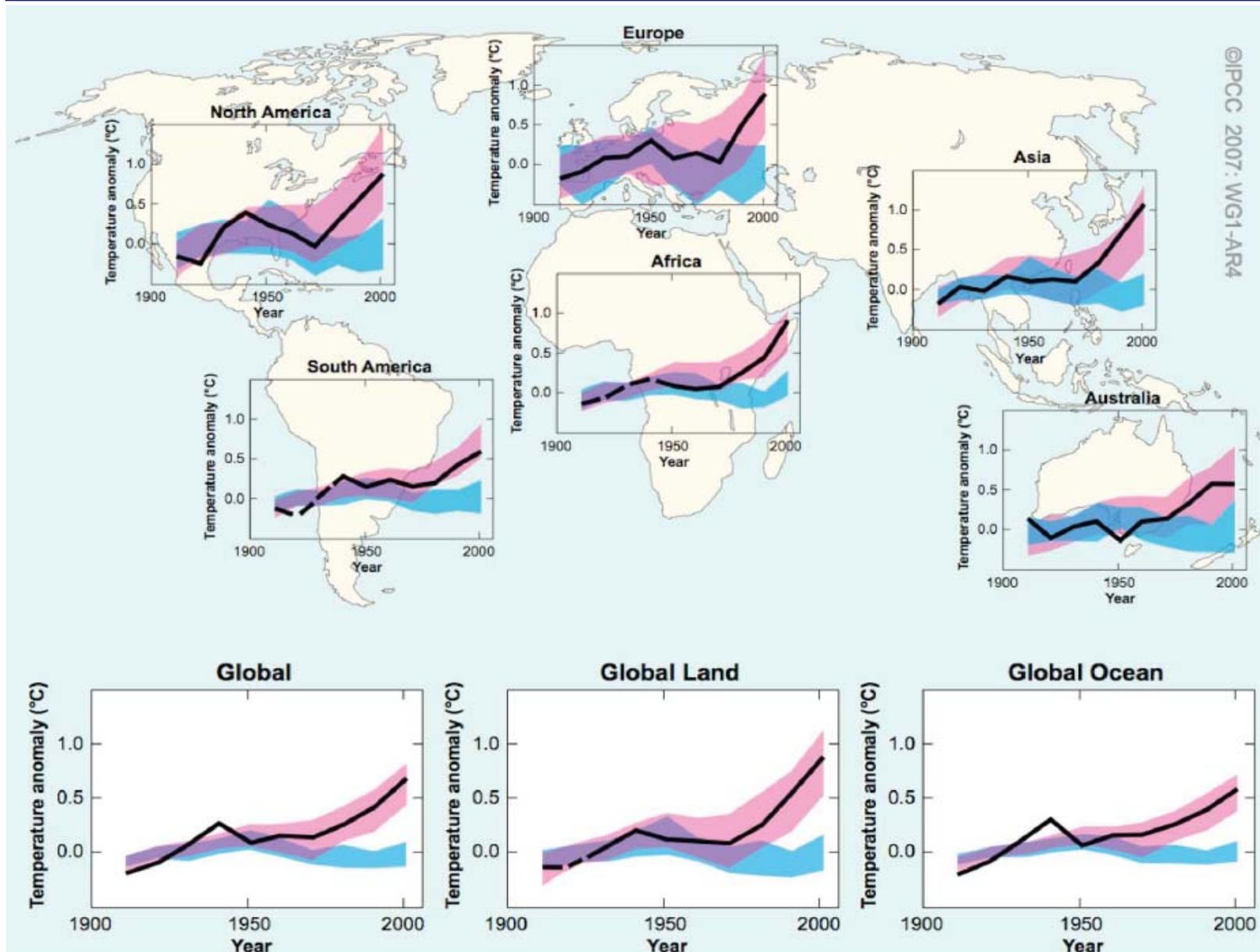


Quelle: Hadley Center, 2008

# Vergleich gemessene und berechnete Temperaturentwicklung



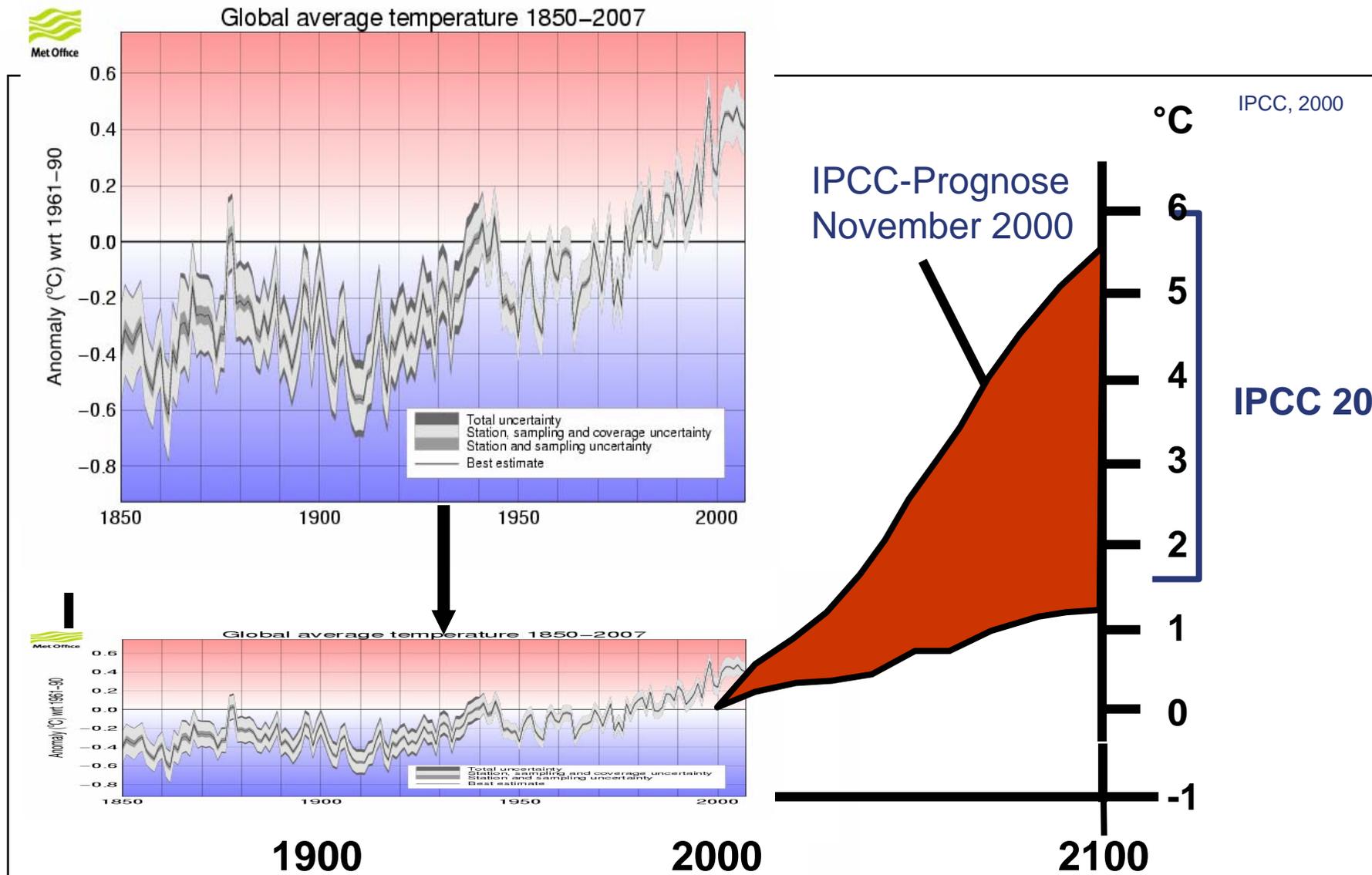
Ludwig Bolkow  
systemtechnik



# Beobachtete Temperatur 1860 - 2005 und IPCC Prognose bis 2100



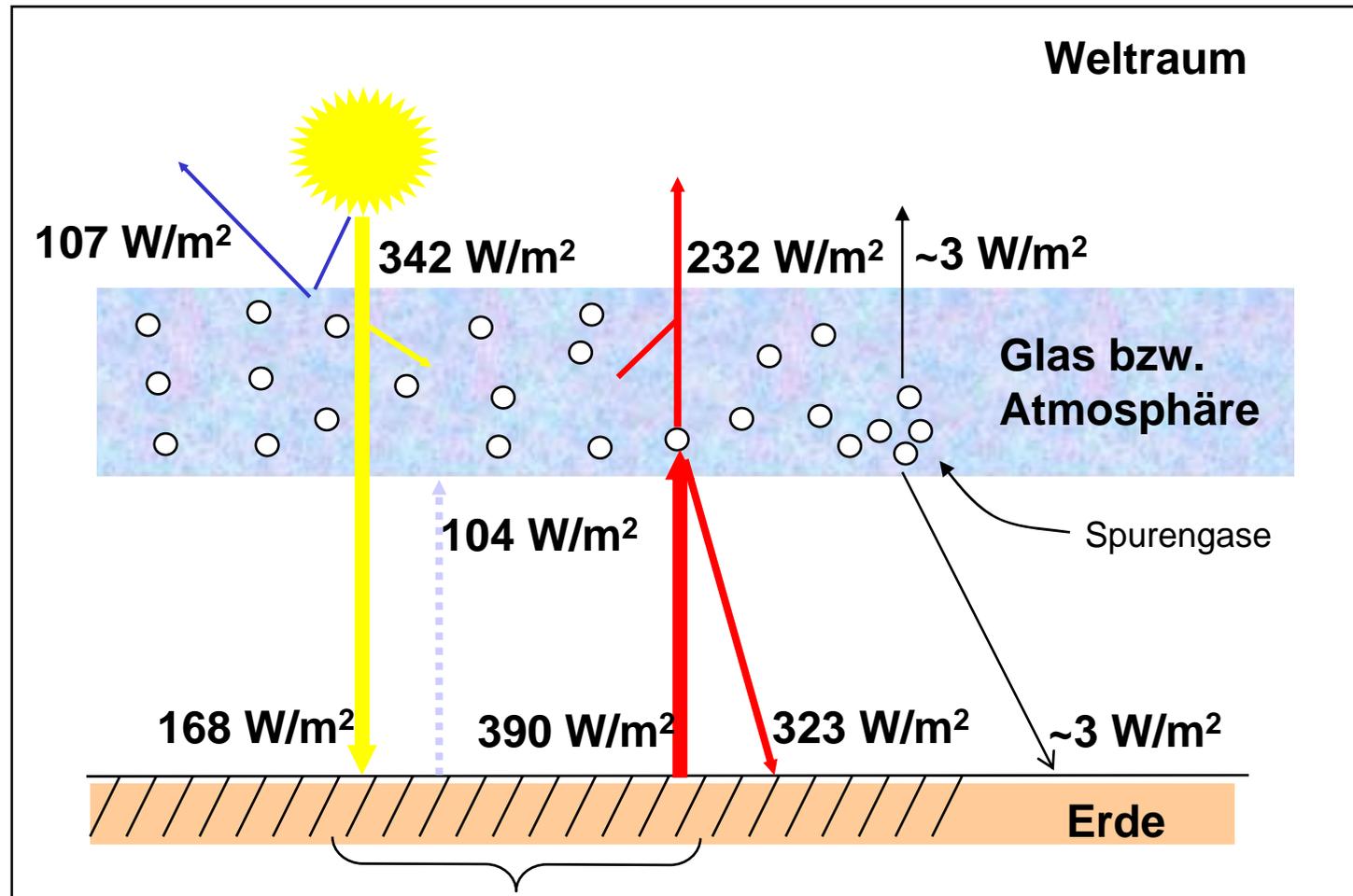
Ludwig Bolkow  
systemtechnik



# Prinzip des Treibhauseffektes



Ludwig Bolkow  
systemtechnik



Temperatur ohne Atmosphäre  $T = -17^\circ\text{C}$

Natürlicher Treibhauseffekt:  $\Delta T = +32^\circ\text{C}$

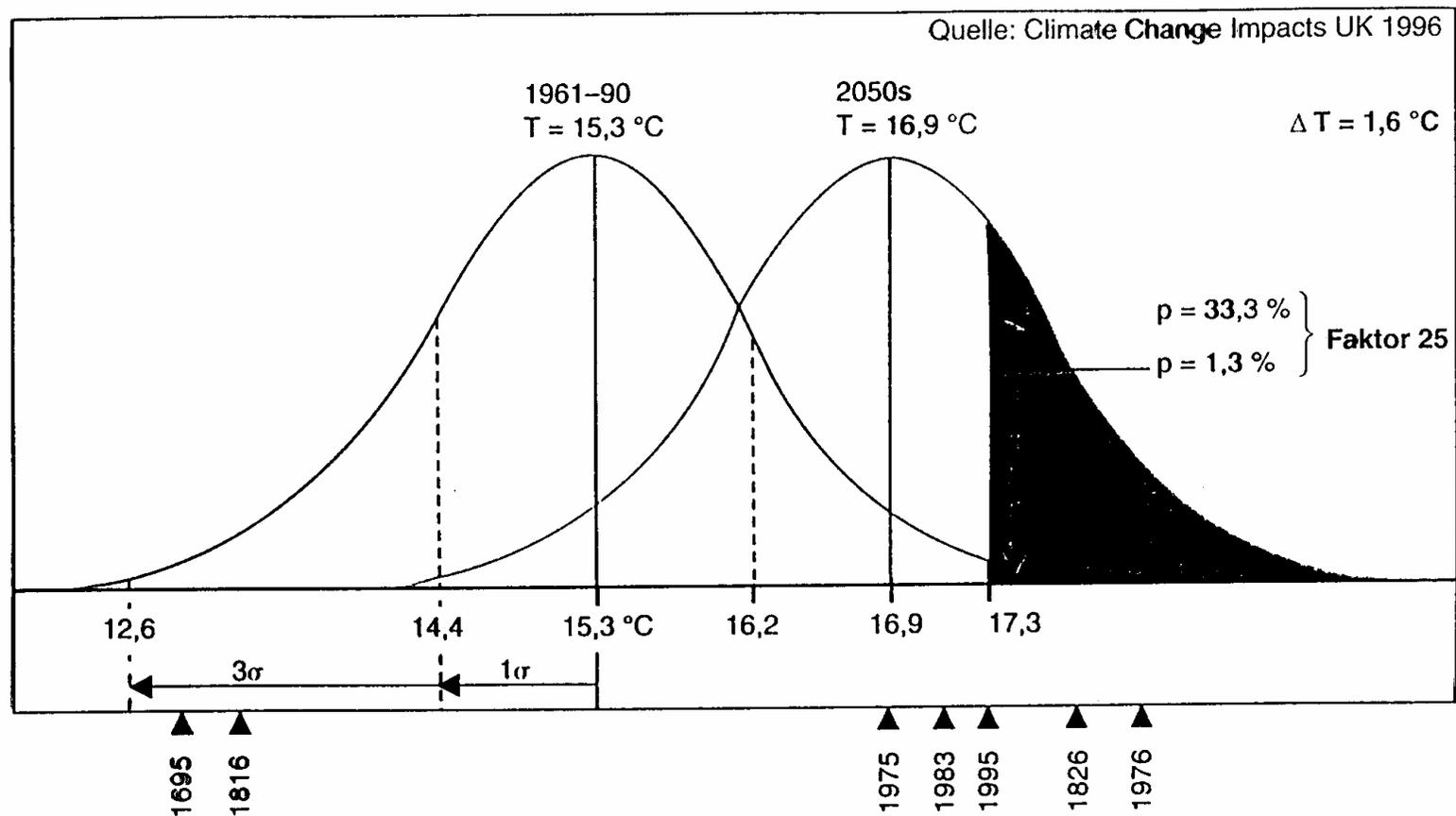
anthropogener Treibhauseffekt:  $\Delta T = +1^\circ\text{C}$

# Zunehmende Extremwerte des Wetters



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

## Zunehmende Extreme



Beispiel: Temperaturveränderung in Mittelengland

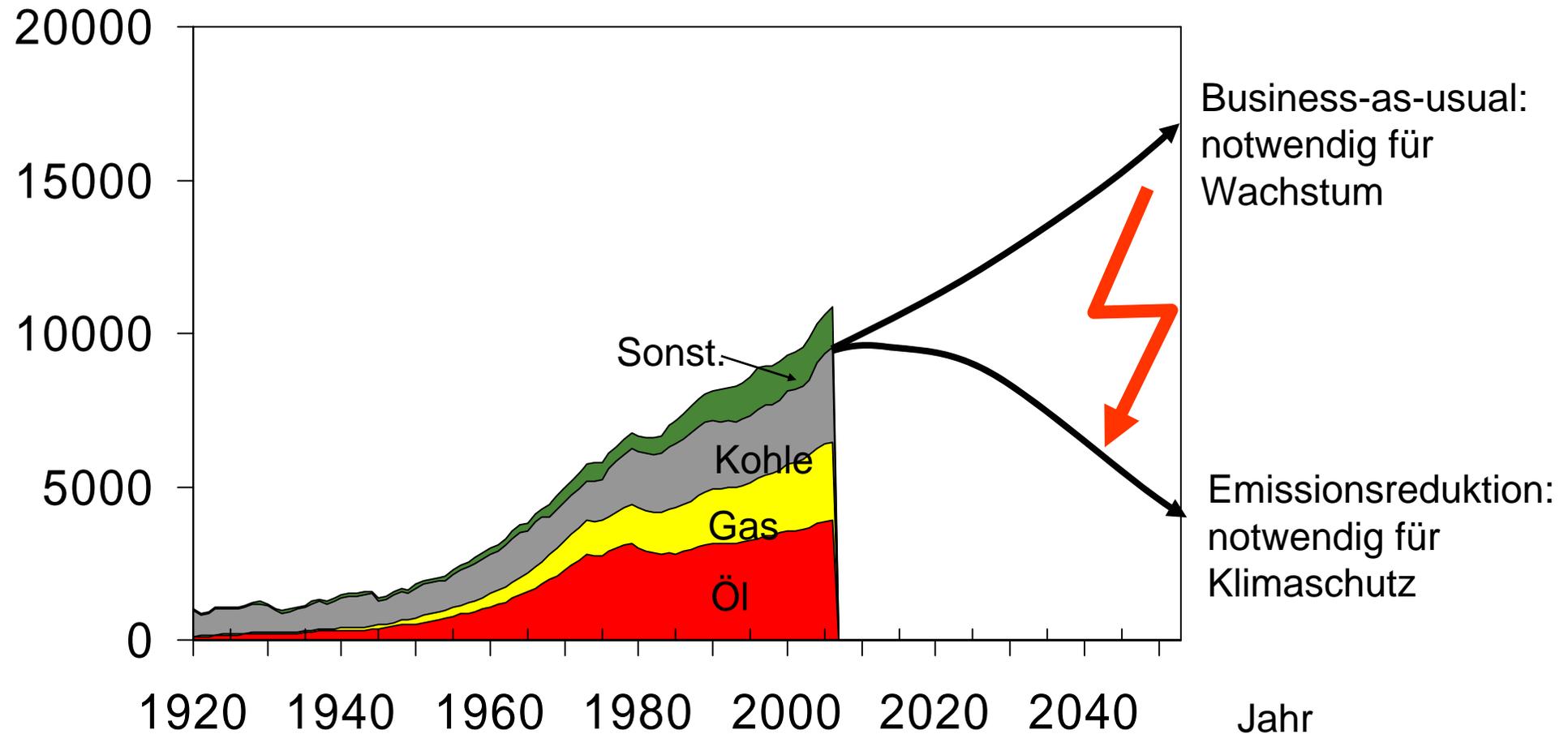
Zunahme des Mittelwertes um  $1,6\text{ °C}$  auf  $16,9\text{ °C}$  ergibt 25mal so viele Tage über  $17,3\text{ °C}$  als vorher

# Unaufgelöster Widerspruch der Industriegesellschaft bezüglich einer klimaneutralen Energiepolitik



Ludwig Bolkow  
systemtechnik

Mtoe/a (Mio Tonnen Öläquivalent/Jahr)



Datenquelle: BP Statistical Review of World Energy



ludwig bolkow  
systemtechnik

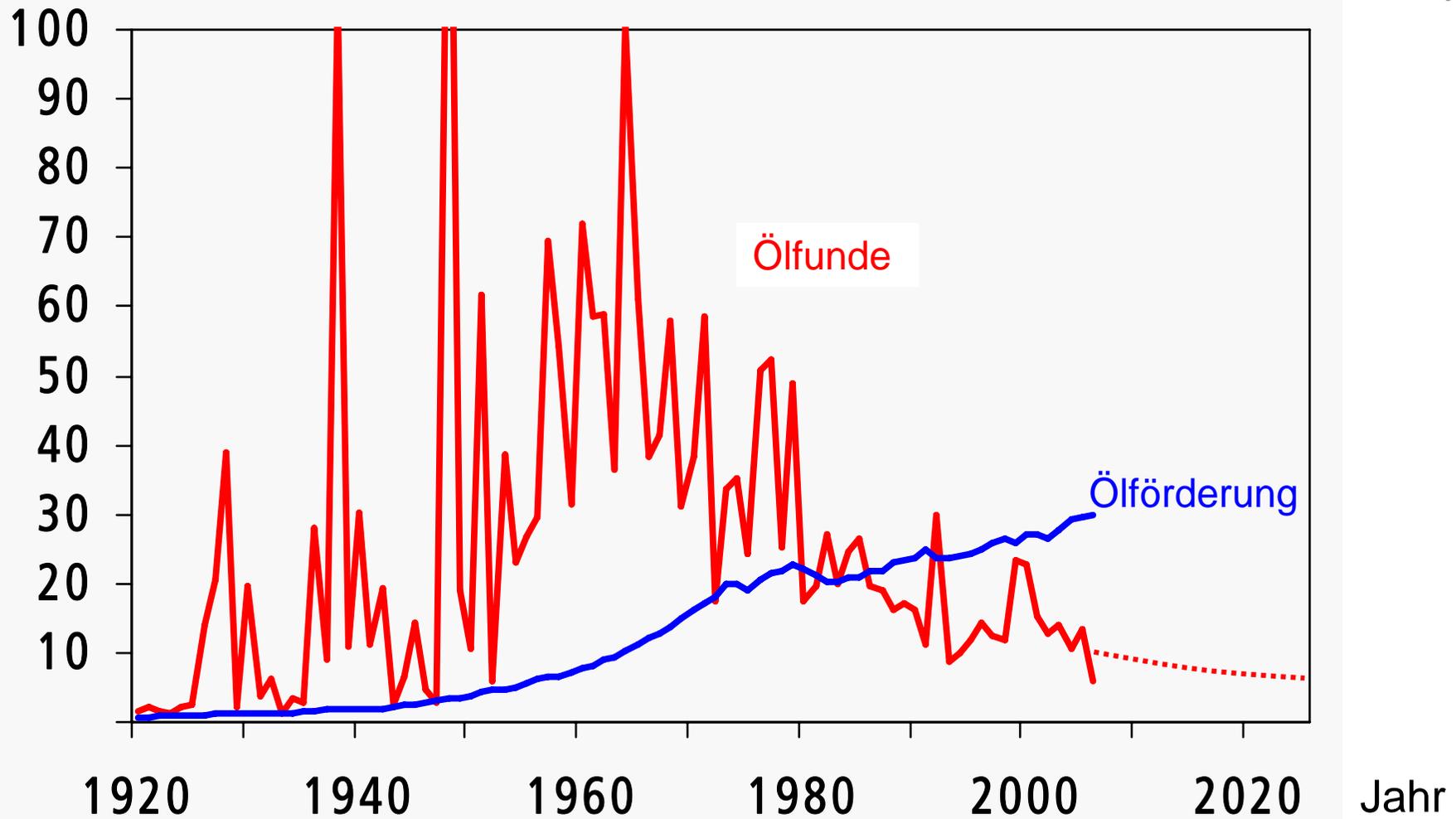
- 
- Energieversorgung heute
  - Treibende Kräfte für einen Wandel
    - limitierte Senken (Treibhauseffekt)
    - **limitierte Quellen (Öl, Kohle, Gas, Uran)**
    - innovative Energietechnologien  
(Regenerative Energien, Effizienz)
  - Thesen zur künftigen Energieversorgung

# Ölfunde und Ölförderung (1920-2006)



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

Mrd Barrel/a



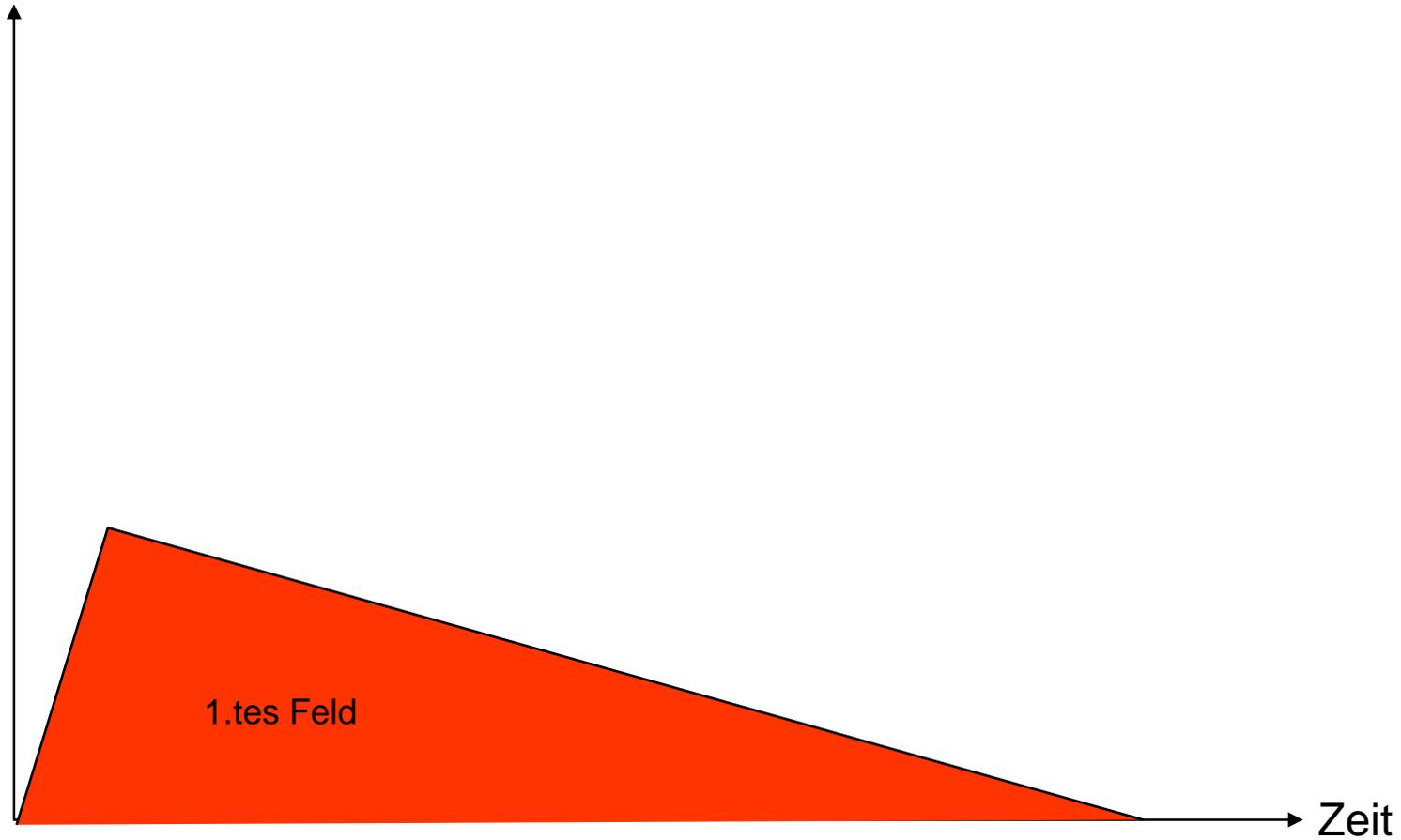
Quelle: IHS Energy/ASPO

# Entwicklung der Ölförderung: Typisches Förderprofil eines Ölfeldes



ludwig bolkow  
systemtechnik

Ölförderung

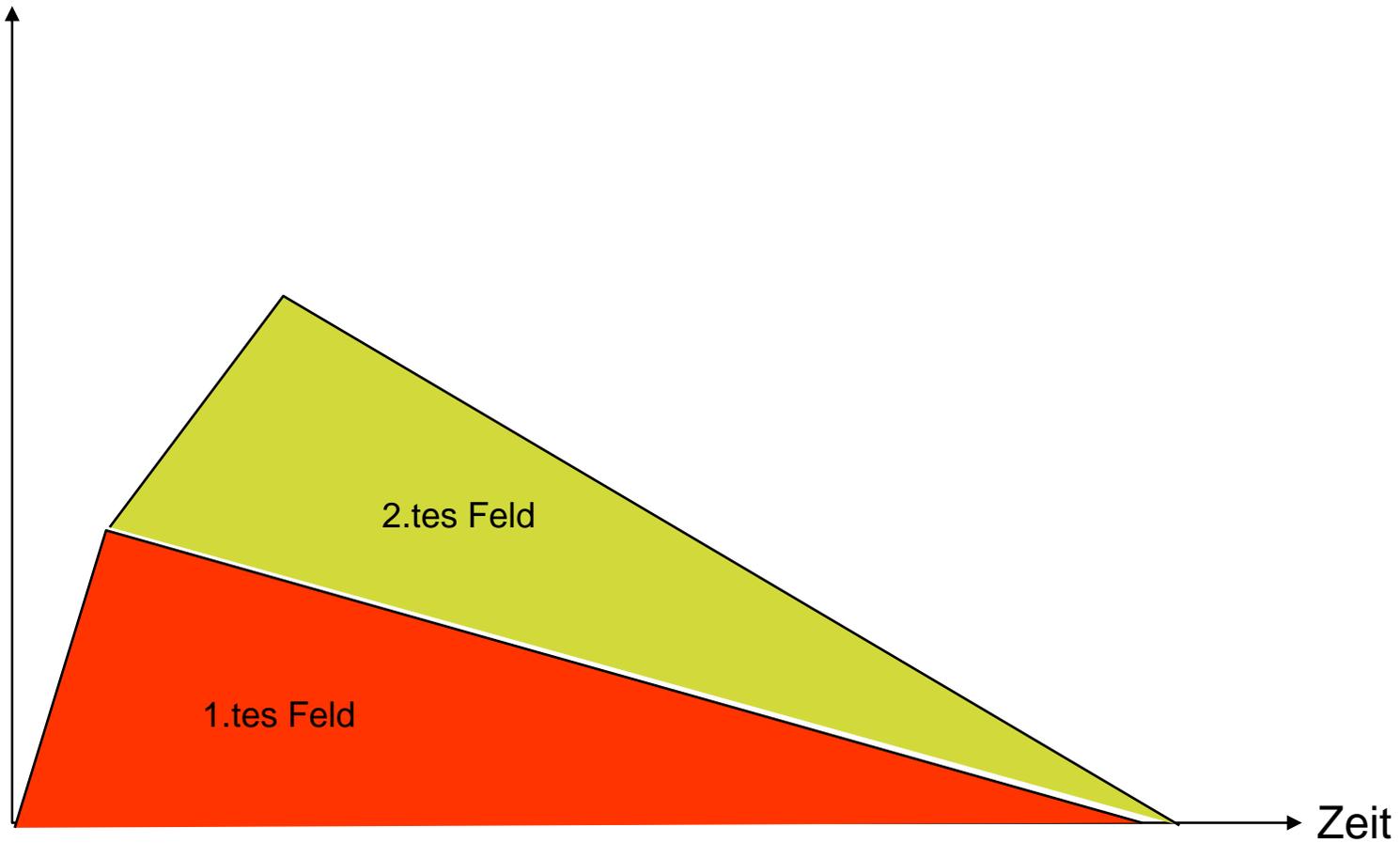


# Entwicklung der Ölförderung: Ausweitung der Förderung



ludwig bolkow  
systemtechnik

Ölförderung

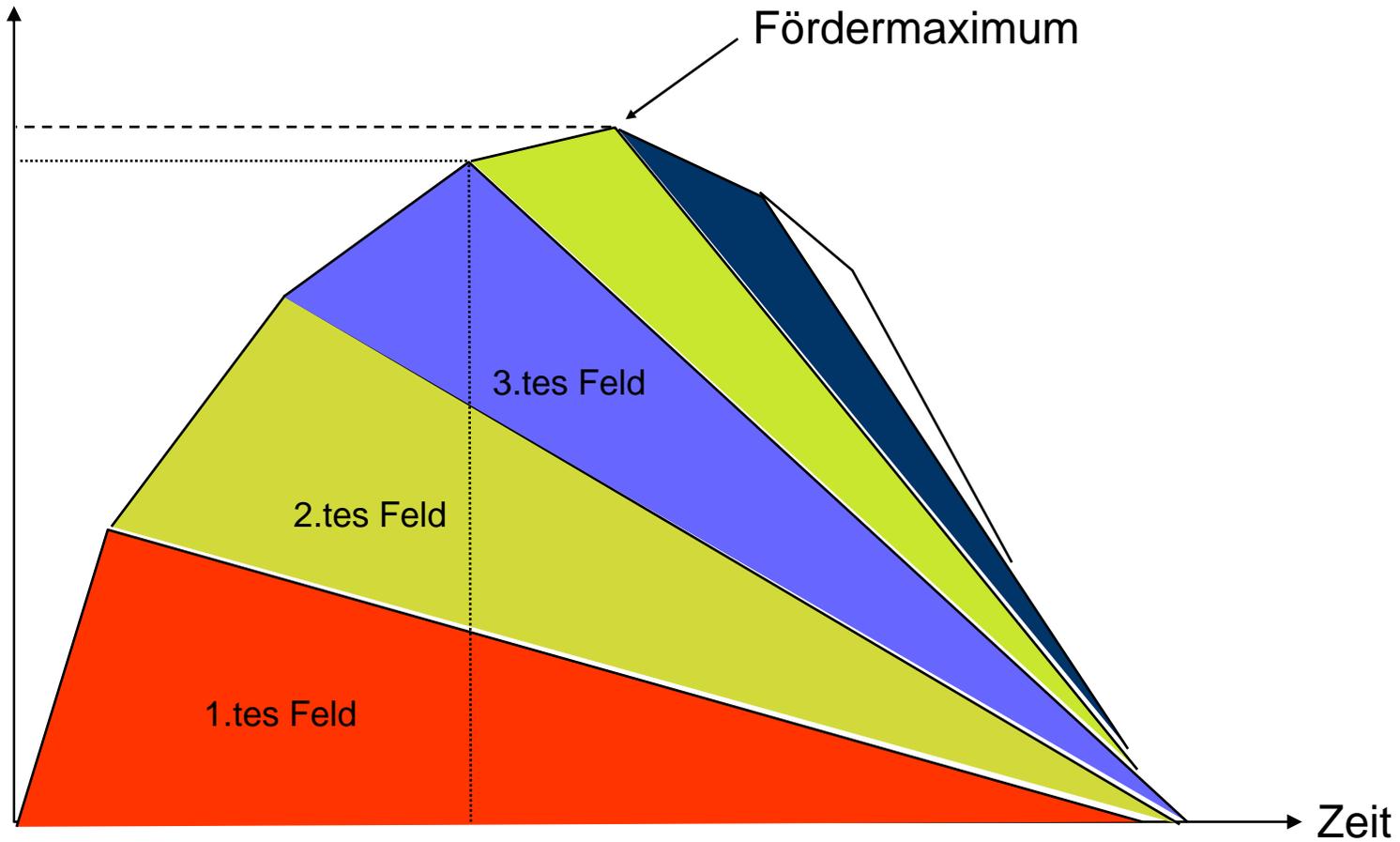


# Entwicklung der Ölförderung: Regionales Fördermaximum



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

Ölförderung

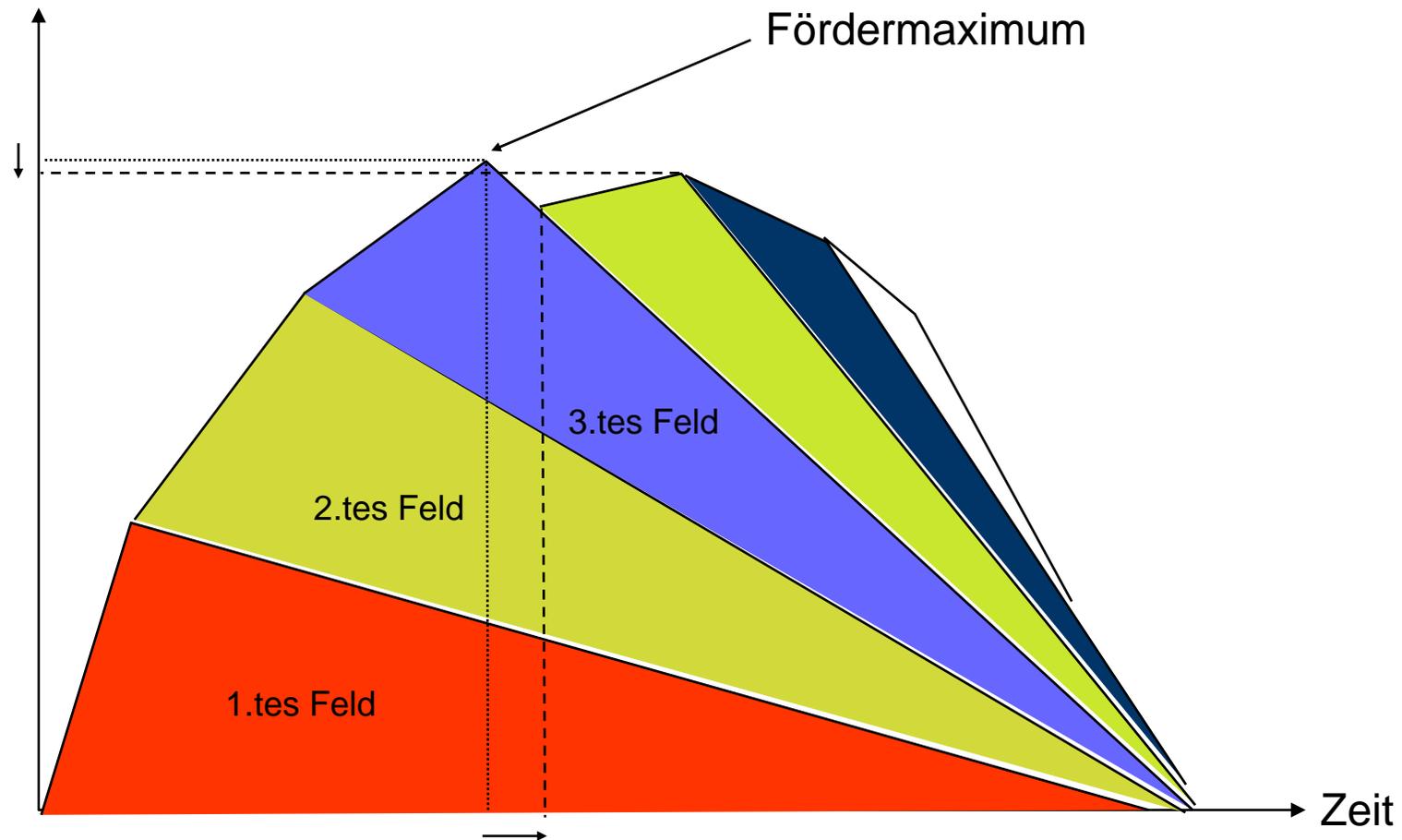


# Entwicklung der Ölförderung: Verzögerung bei neuen Feldern



ludwig bolkow  
systemtechnik

Ölförderung

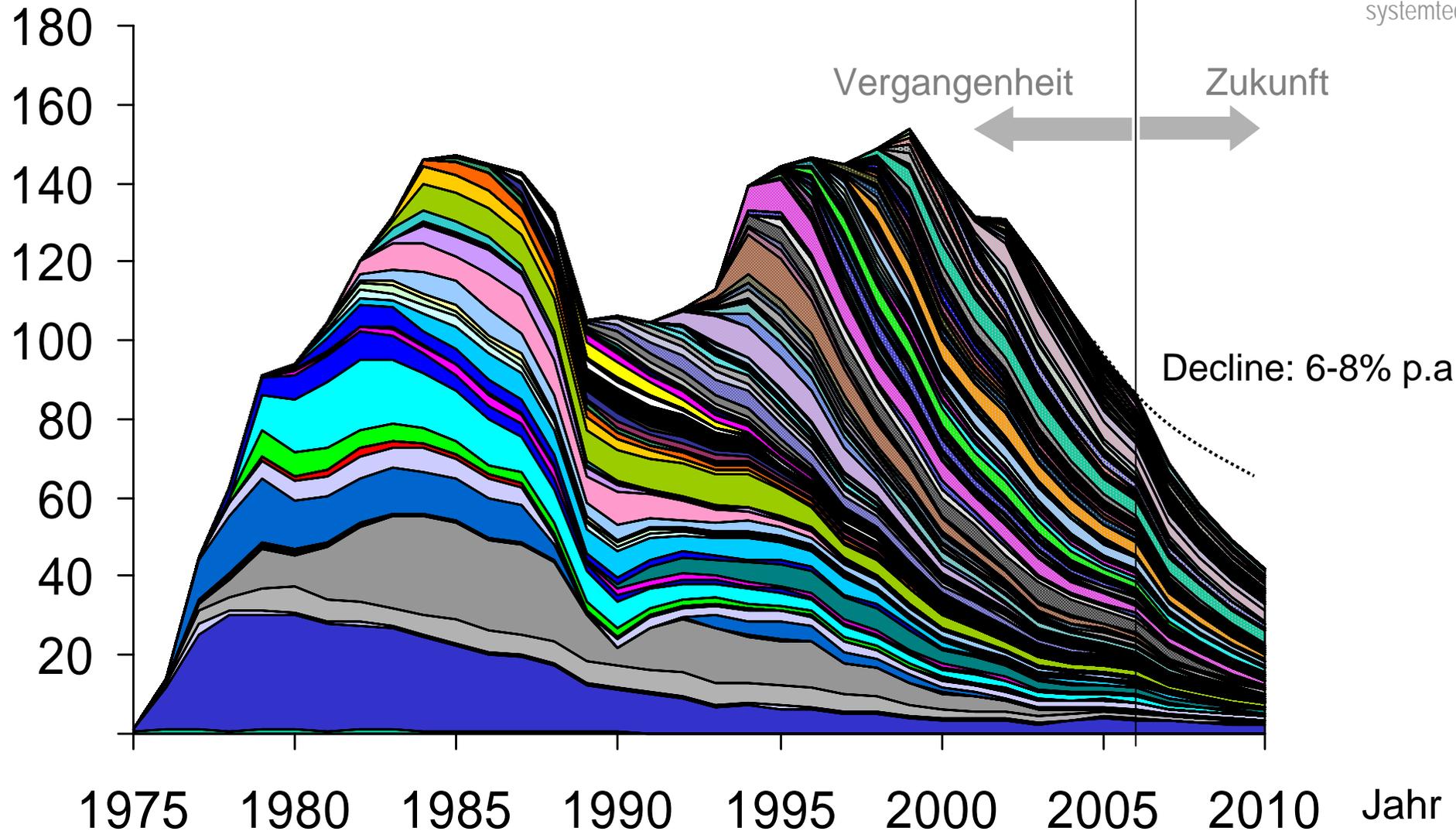


# UK - Rohölproduktion aller bis Ende 2006 angeschlossenen Felder



ludwig bolkow  
systemtechnik

Förderrate [Mio m<sup>3</sup>]



Datenquelle: DTI April 2007

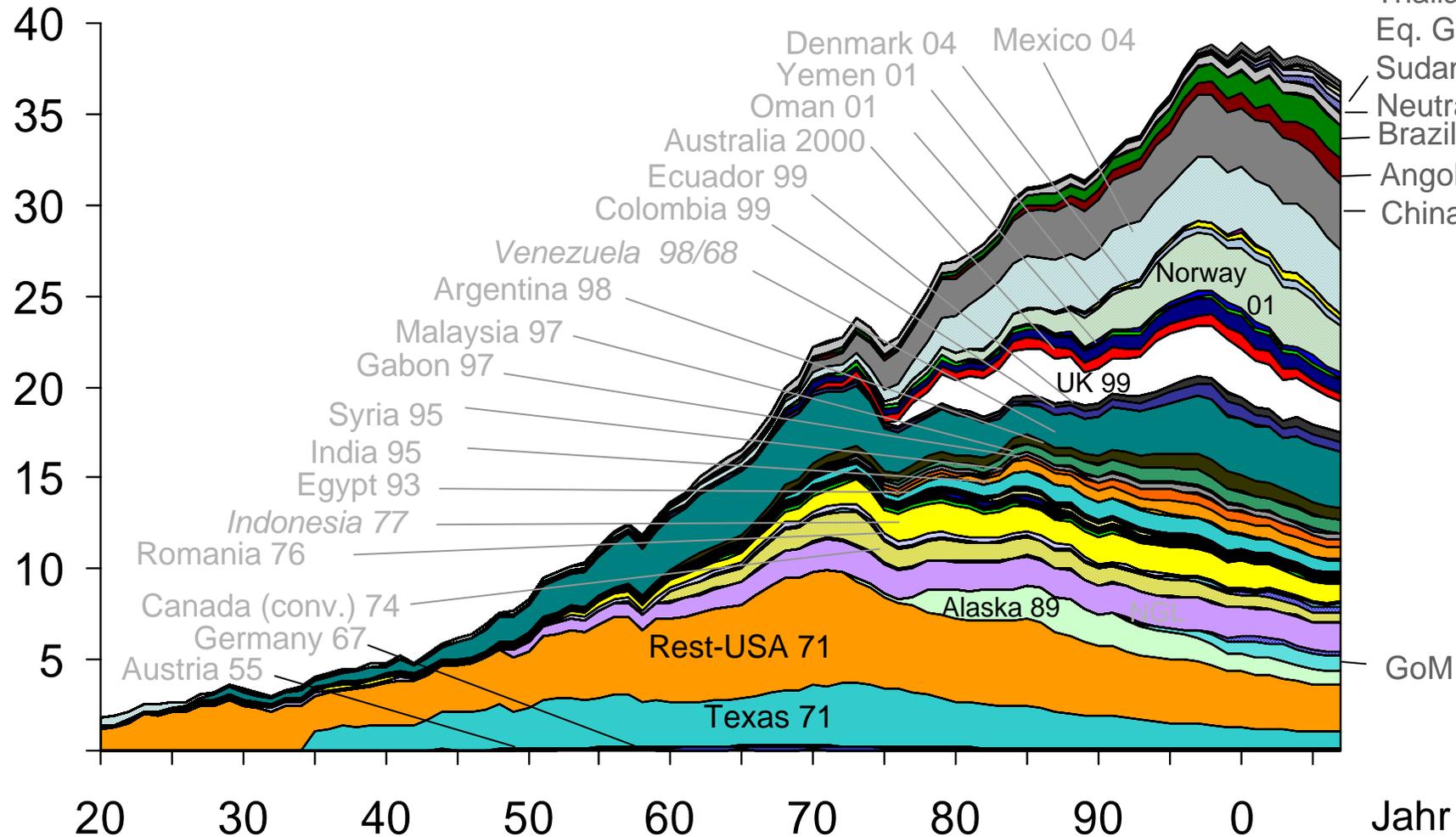
# Die Ölförderung außerhalb GUS und der OPEC\*)



Ludwig Bolkow  
systemtechnik

\*) inkl. Indonesien und Venezuela

Mb/Tag



Datenquelle: IHS 2006; PEMEX, petrobras; NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, January 2008  
Analysis and 2007 estimate: LBST

# Blick auf ein altes kalifornisches Ölfeld

---



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik





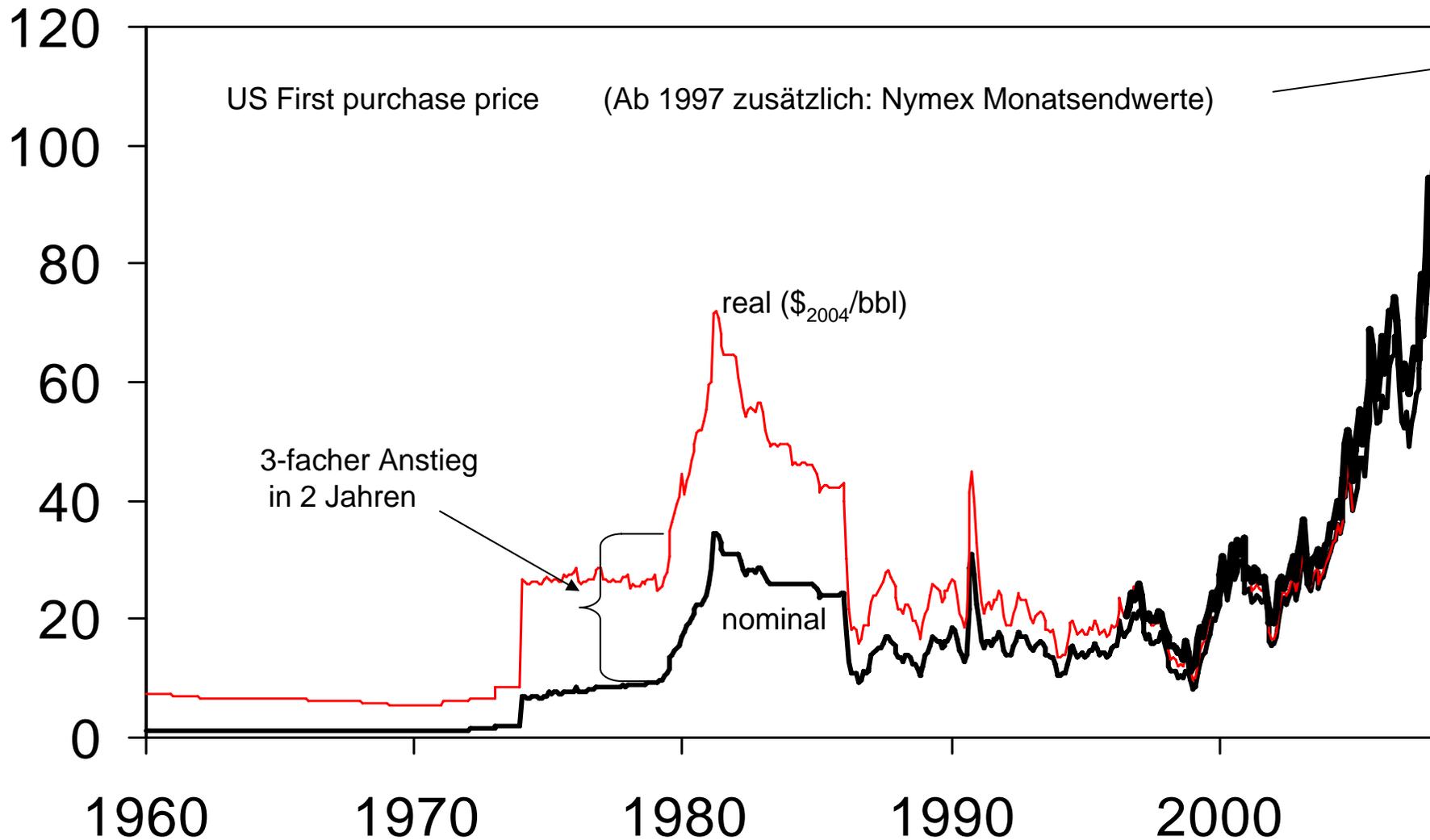
Ölförderplattformen  
im Golf von Mexiko nach  
dem Sturm Ivan 2004  
(links: Medusa  
oben: ENSCO 64)

\$/bbl

# Entwicklung des Rohölpreises



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 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](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

## Die langfristigen Entwicklungen sprechen für sich



ludwig bolkow  
systemtechnik

- ▶ Bis heute sind mehr als 47.500 Ölfelder bekannt, aber die 400 größten Ölfelder (1%) enthalten mehr als 75% allen bis heute gefundenen Öls.
- ▶ Die größten Ölfelder der Welt wurden alle vor mehr als 50 Jahren gefunden.
- ▶ Seit den 1960er Jahren nehmen die jährlichen Ölfunde tendenziell ab.
- ▶ Seit 1980 übersteigt der jährliche Verbrauch die jährlichen Neufunde.
- ▶ Dem historischen Maximum der Ölfunde muss irgendwann ein Maximum der Ölförderung folgen.

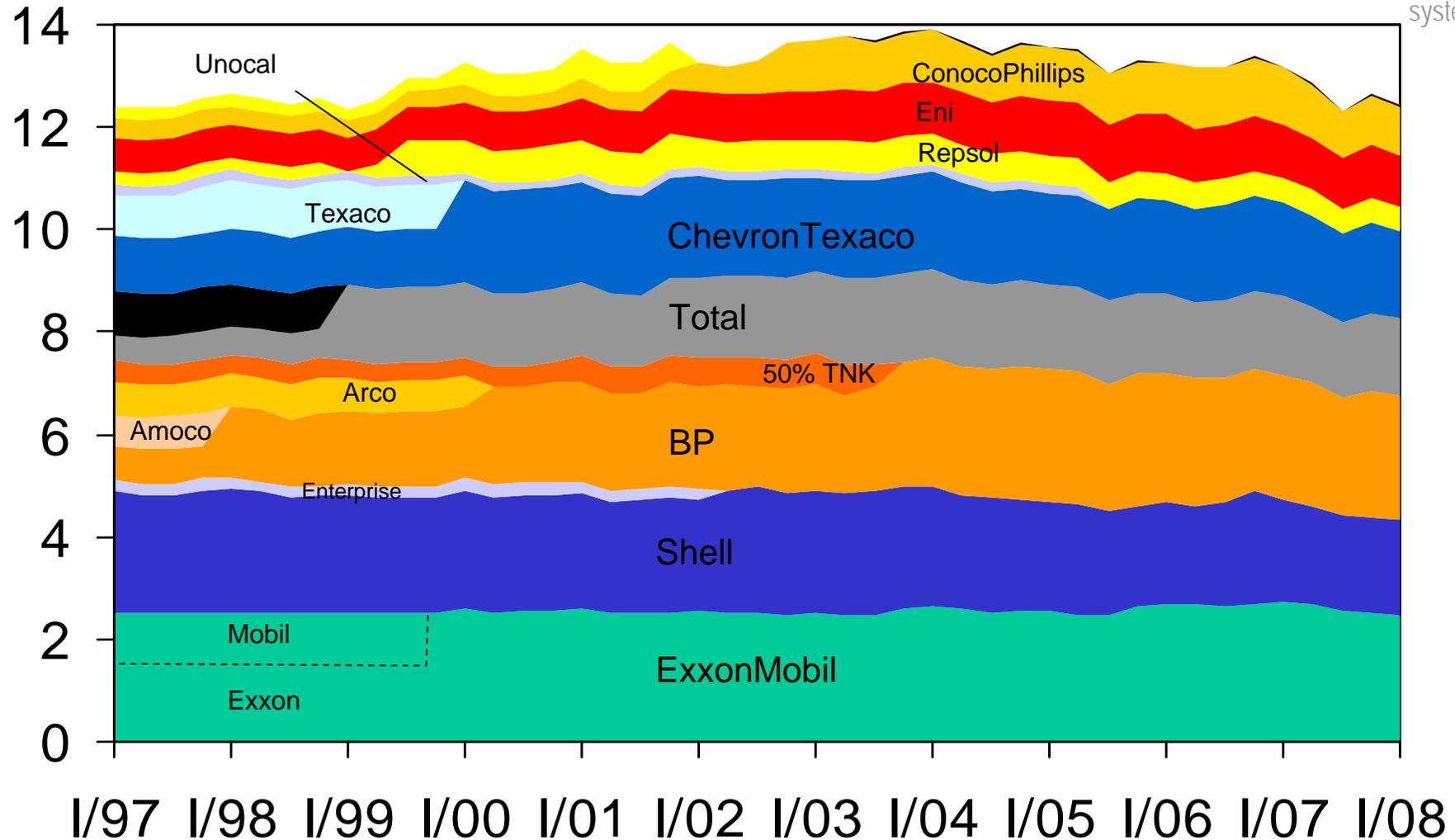
Wie nahe sind wir am Fördermaximum?

# Ölförderung der acht größten westl. privaten Ölfirmen



Ludwig Bolkow  
systemtechnik

[Mb/Tag]

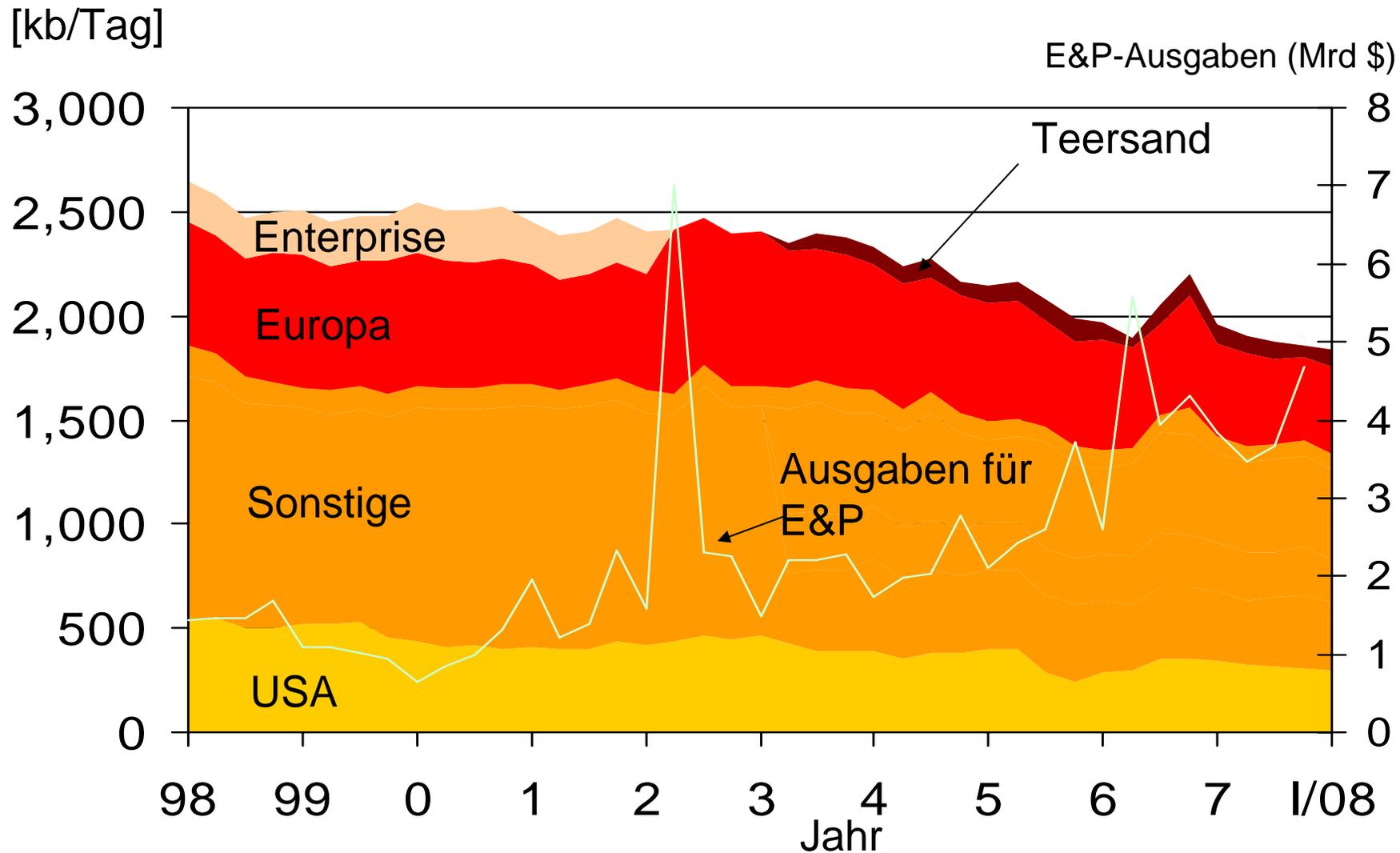


Source: Quarterly company reports, May 2008

# Shell: Ölförderung und Ausgaben für Exploration und Förderung



Ludwig Bolkow  
systemtechnik



Quelle: Quartalsberichte, Shell

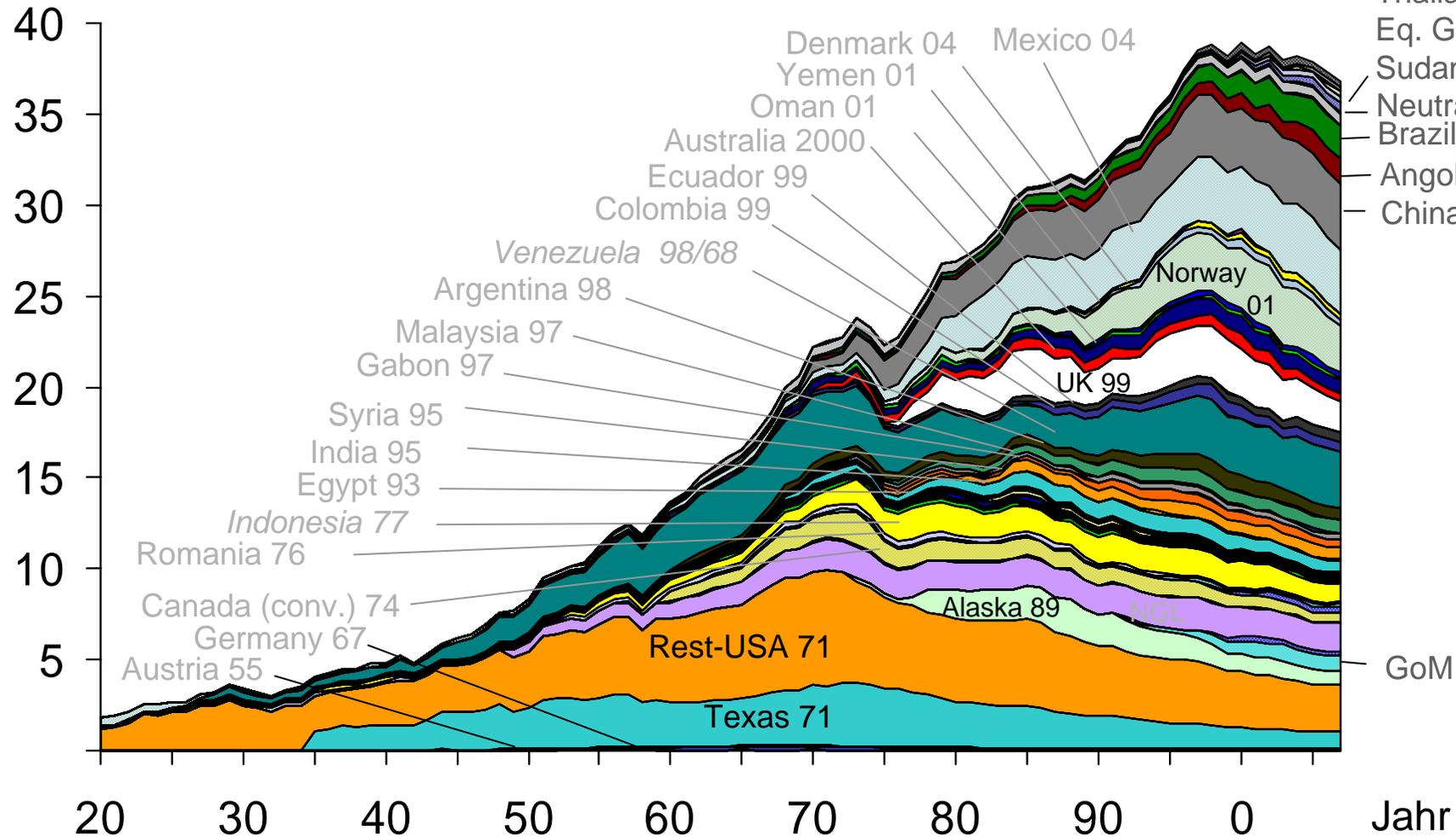
# Die Ölförderung außerhalb GUS und der OPEC\*)



Ludwig Bolkow  
systemtechnik

\*) inkl. Indonesien und Venezuela

Mb/Tag



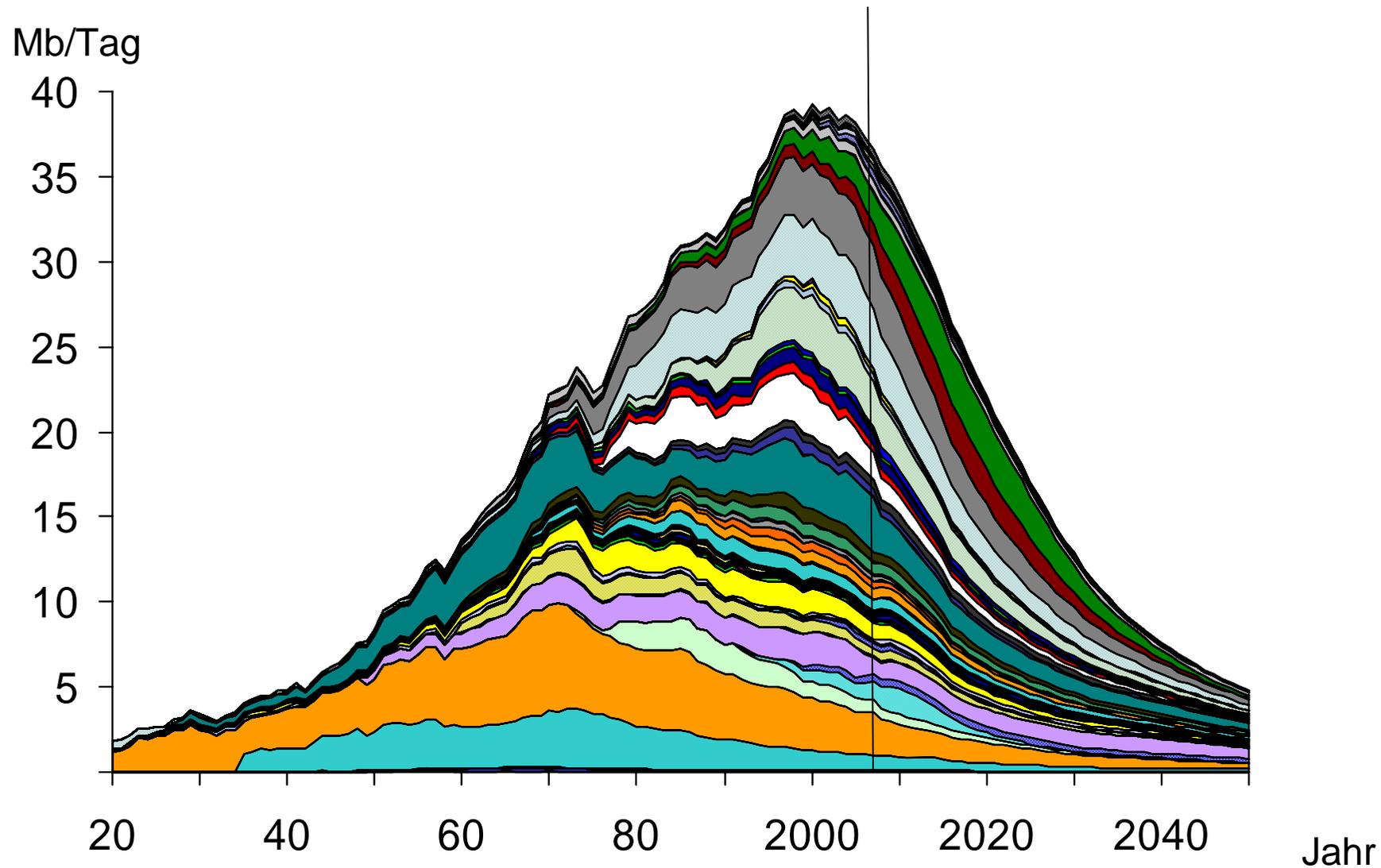
Datenquelle: IHS 2006; PEMEX, petrobras; NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, January 2008  
Analysis and 2007 estimate: LBST

# Die Ölförderung außerhalb GUS und der OPEC\*)

\*) inkl. Indonesien und Venezuela



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

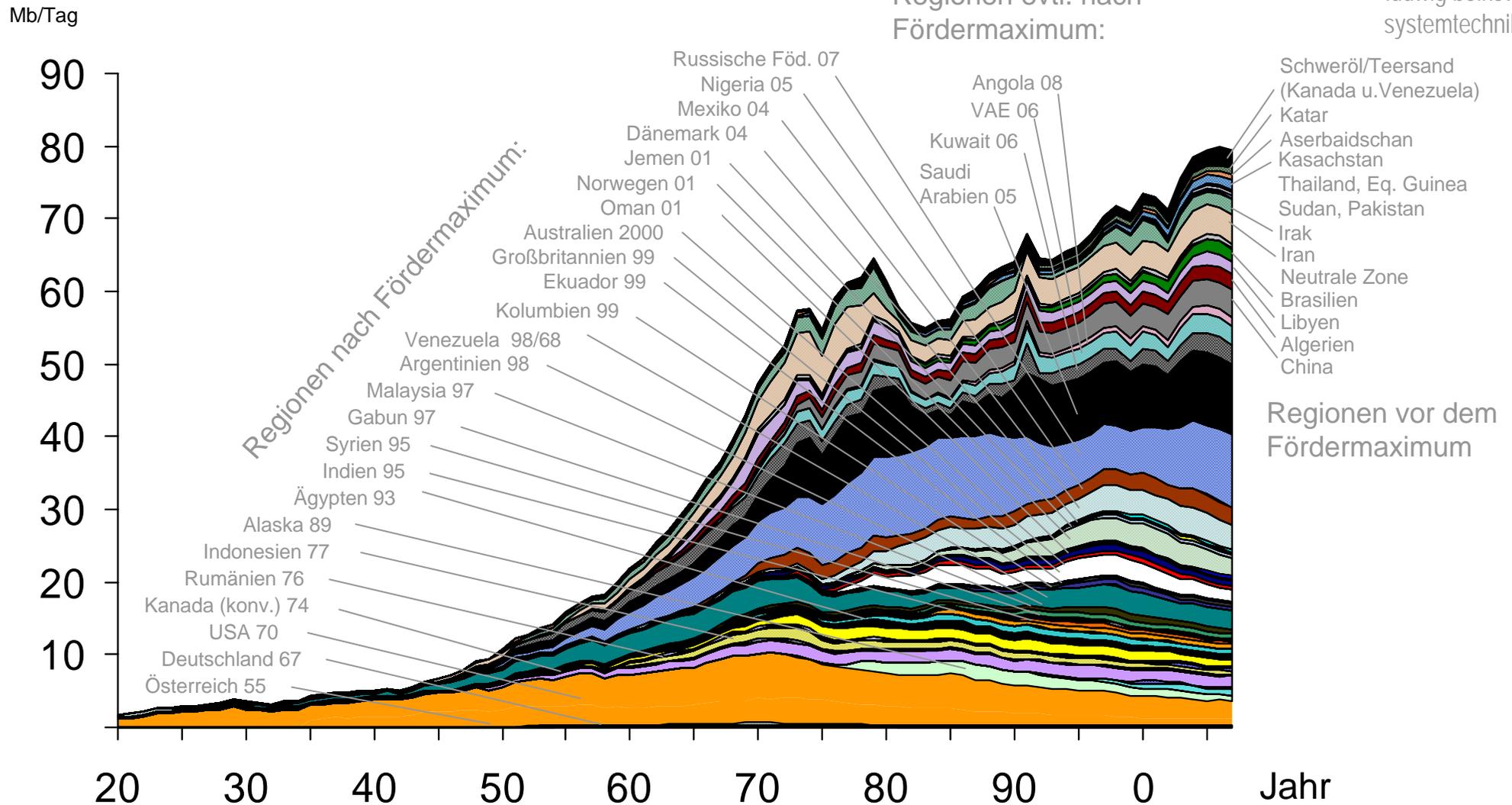


Datenquelle: IHS 2006; PEMEX, Petrobras; NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, January 2008  
Forecast: LBST estimate, 18 January 2008

# Die weltweite Ölförderung (Rohöl, Kondensat, NGL, Schweröl)



Ludwig Bolkow  
systemtechnik

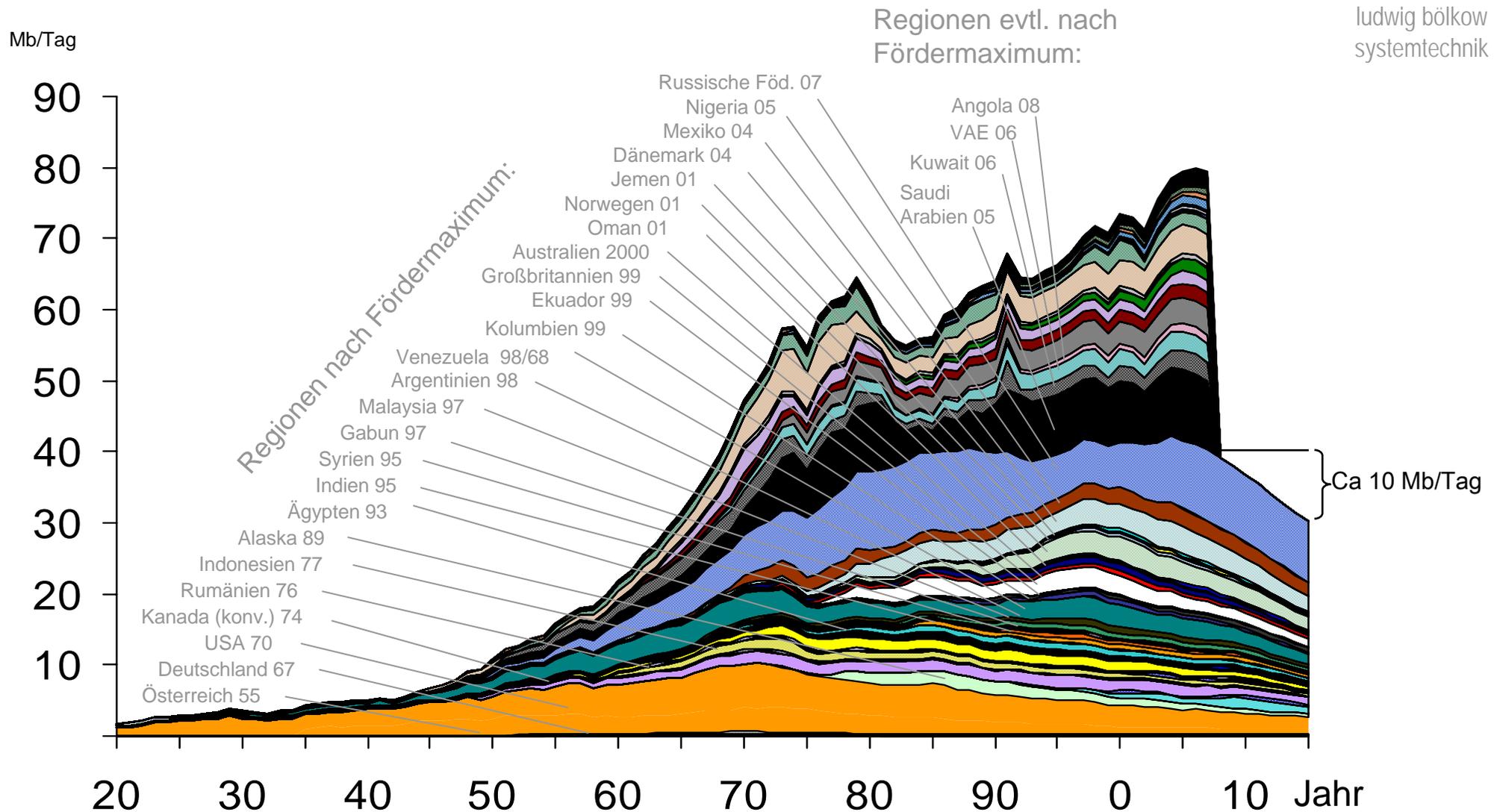


Datenquelle: historische Daten IHS-Energy 2006; soweit verfügbar, wurden Daten von Firmen und nationalen Institutionen benutzt (z.B. PEMEX, Petrobras ; Abare, NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, Saudi Aramco, OPEC), Mai 2008  
Analyse und Daten für 2007 :soweit möglich auf obigen Quellen basierend, Werte für kleine Staaten geschätzt, LBST, Mai 2008

# Die weltweite Ölförderung (Rohöl, Kondensat, NGL, Schweröl)



Ludwig Bolkow  
systemtechnik

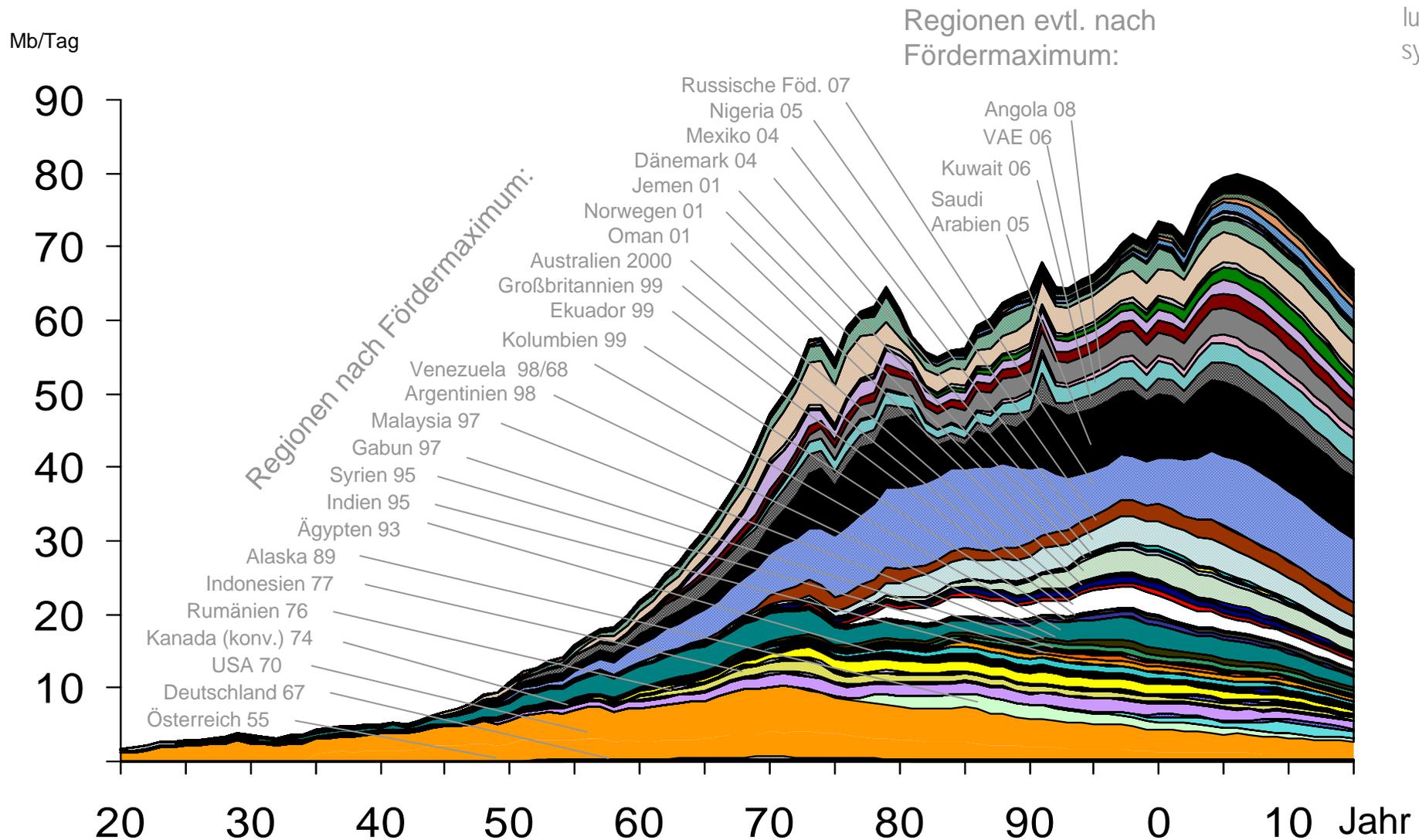


Datenquelle: historische Daten IHS-Energy 2006; soweit verfügbar, wurden Daten von Firmen und nationalen Institutionen benutzt (z.B. PEMEX, Petrobras ; Abare, NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, Saudi Aramco, OPEC), Mai 2008  
Analyse und Daten für 2007 :soweit möglich auf obigen Quellen basierend, Werte für kleine Staaten geschätzt, LBST, Mai 2008

# Die weltweite Ölförderung (Rohöl, Kondensat, NGL, Schweröl)



Ludwig Bolkow  
systemtechnik

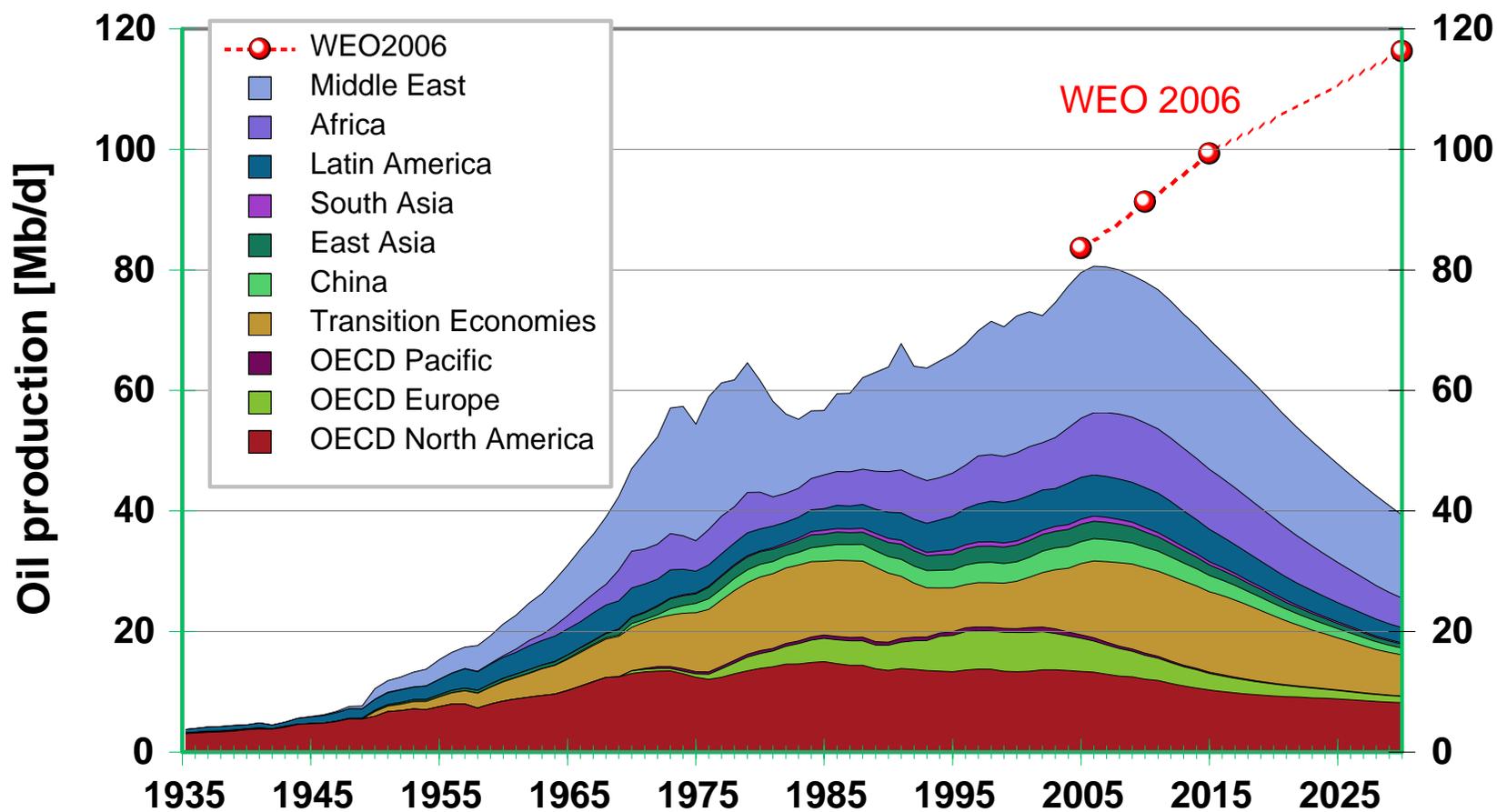


Datenquelle: historische Daten IHS-Energy 2006; soweit verfügbar, wurden Daten von Firmen und nationalen Institutionen benutzt (z.B. PEMEX, Petrobras ; Abare, NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, Saudi Aramco, OPEC), Mai 2008  
Analyse und Daten für 2007 : soweit möglich auf obigen Quellen basierend, Werte für kleine Staaten geschätzt, LBST, Juni 2008

# Weltölproduktion nach Regionen – der Peak ist „jetzt“



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



Source: Energy Watch Group, "Crude Oil – The Supply Outlook", October 2007  
[www.energywatchgroup.org](http://www.energywatchgroup.org)



## Die Hoffnungen:

- Ölförderung in den Transitionsstaaten (Rußland, Kasachstan, Aserbaidshan)
- Ölförderung im Tiefen Meer (Golf von Mexiko, Mexiko, Brasilien, Nigeria, Angola)
- Ölförderung in den OPEC Staaten (v.a. Saudi Arabien, Irak)
- Ölförderung aus Teersanden (v.a. Kanada, Venezuela)
- Ölförderung aus neuen Regionen (vor der Küste Grönlands, Arktis)

# Alberta Teersande



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

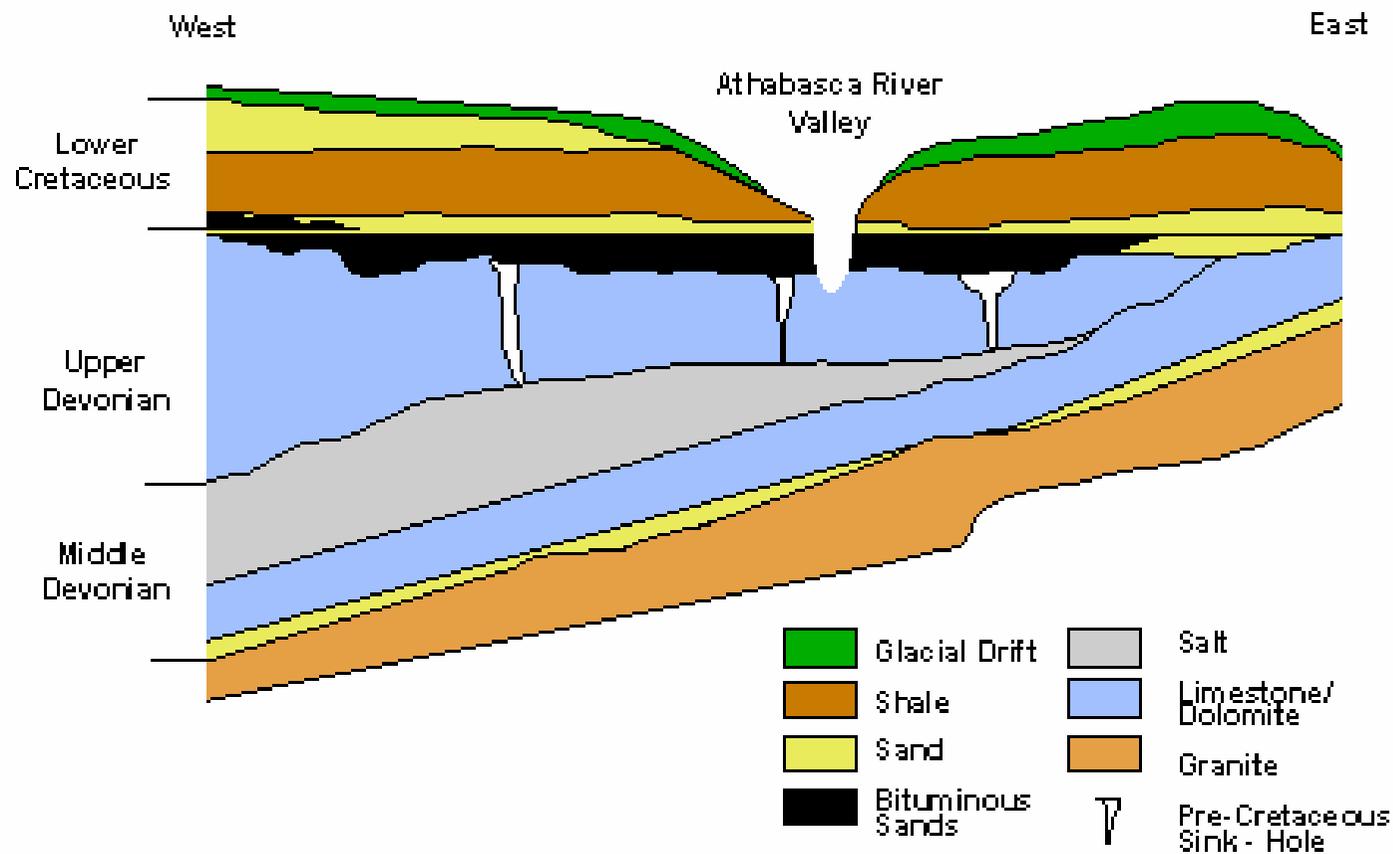


<http://www.usask.ca/education/ideas/tplan/sslp/yukon/mappage.htm>

# Geologischer Querschnitt durch die Teersandregion in Alberta



ludwig bölkow  
systemtechnik



*Simplified Geological Cross-section  
Through the Athabasca Oil Sands Region*

(after Carlgly and Kramers, 1973)

# Die Zukunft der Ölförderung?



Ludwig Bolkow  
systemtechnik

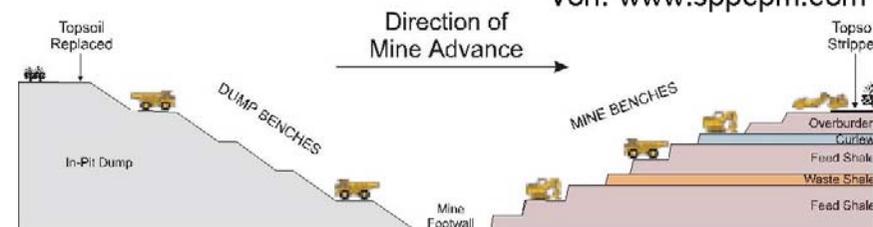


## „High Tech“ Ölquelle



A conventional "truck and shovel" operation.

von: [www.sppcpm.com](http://www.sppcpm.com)



Mining sequence.

# Schmutzwasserbecken von Syncrude Canada Ltd.



bökow  
technik

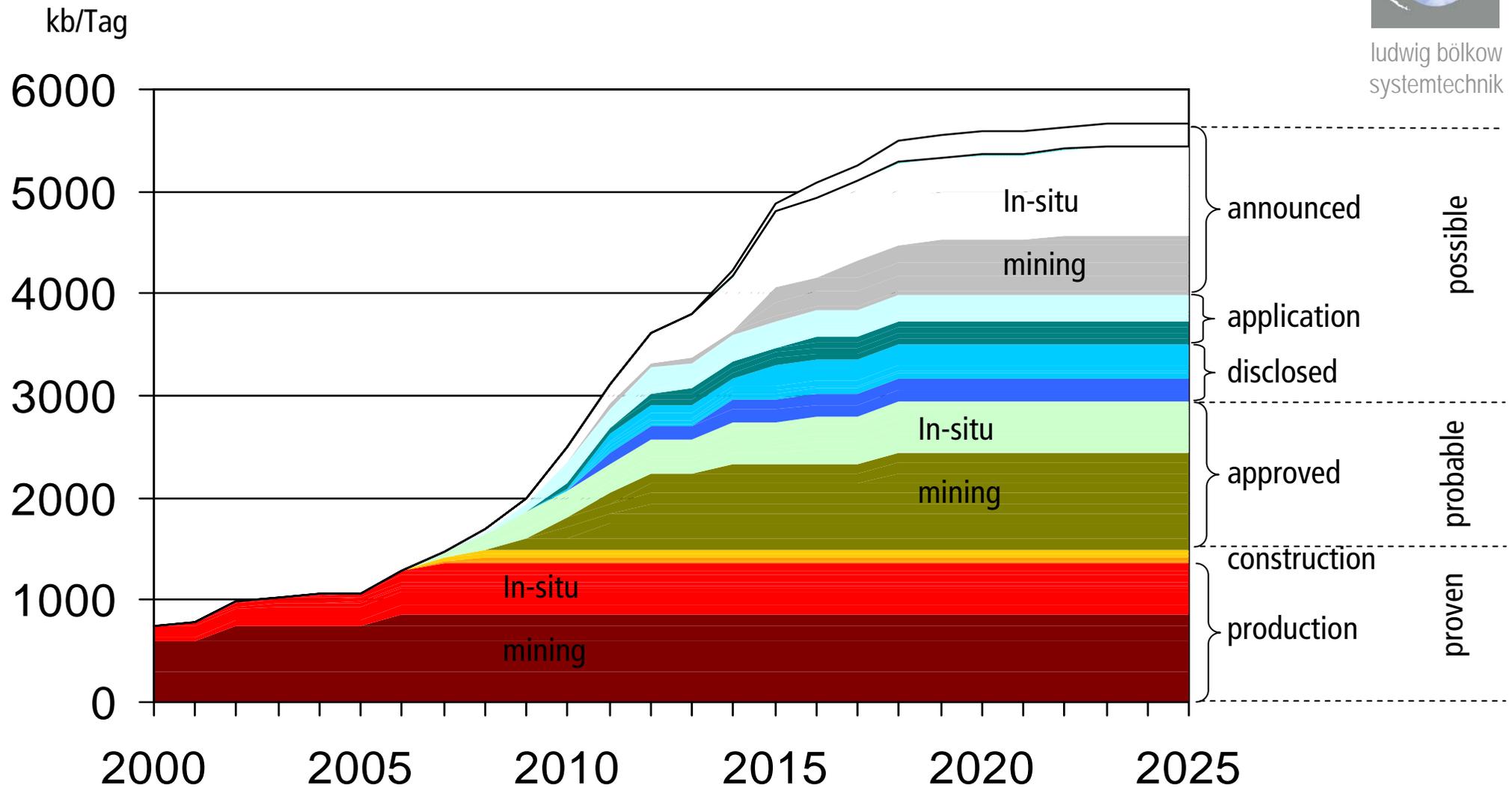


<http://collections.ic.gc.ca/oil/index1.htm>

# Mining und in-situ Teersandprojekte (optimistisch)



Ludwig Bolkow  
systemtechnik



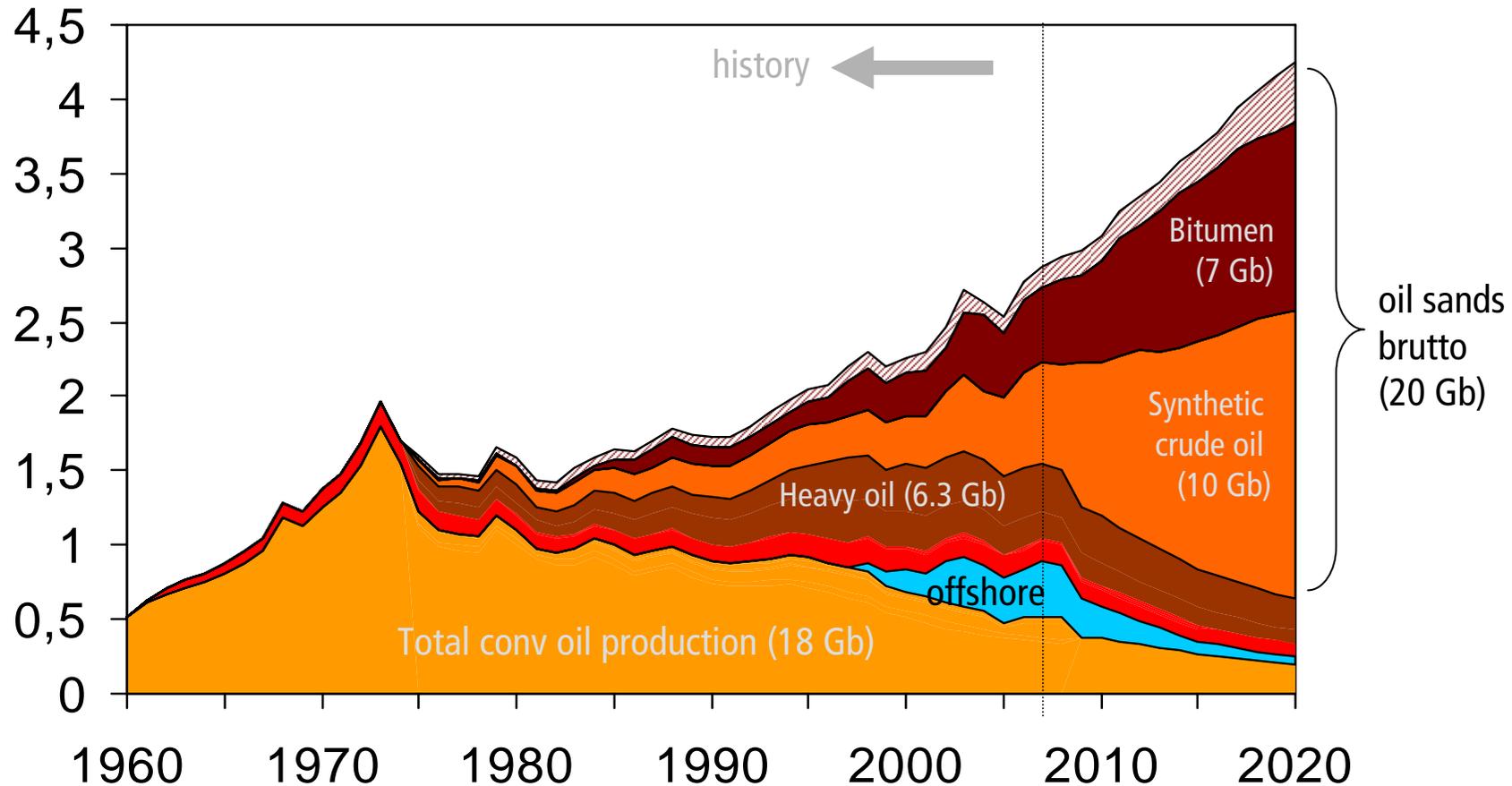
Source: Existing and proposed Canadian Commercial Oil Sand Projects, R.B. Dunbar, June 2007

# Kanadische Ölförderung 1960-2020



ludwig bolkow  
systemtechnik

Mb/Tag



Source, 1975-2005 data National Energy Board, CDA  
1960-1974 data US-DoE-Energy Information Administration  
2007: Estimate by NEB, April 2008  
2008-2020 Forecast, tar sands based on CERI-study, October 2005,  
conventional and heavy oil based on LBST estimate

# Aussagen von Ölexperten zur Fördersituation und zu Peak Oil



ludwig bolkow  
systemtechnik

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| Fatih Birol (IEA):            | Wir haben die Regierungen gewarnt.<br>Jetzt liegt es an den Regierungen Maßnahmen zu ergreifen<br>Internationale Politik, 8. April 2008   |
| Leonid Fedun (Lukoil)         | Russlands Erdölproduktion hat nach Einschätzung des Vizechefs der<br>Ölfirma Lukoil, Leonid Fedun, ihren Höhepunkt erreicht.<br>n-tv, 15. April 2008  |
| Sonangol (Angola)             | Angola's state-owned oil company Sonangol is expected to reach<br>2 million barrels per day output later this year, maintaining<br>production to 2014 before tapering off, a senior official said<br>Reuters, 18. März 2008 |
| Brazil                        | Brazil's Petrobras denies giant oil field discovery<br>Petrobras, 14. April 2008  |
| King Abdullah (Saudi Arabien) | When there were some new finds, I told them, leave it in the ground,<br>with grace from god, our children need it<br>Reuters, 13. April 2008  |
| Tom Petrie (Merrill Lynch)    | King Abdullah's quote speaks to the fast-emerging reality<br>of what I call "practical peak oil"<br>The Energy Bulletin, 21. April 2008   |



ludwig bolkow  
systemtechnik

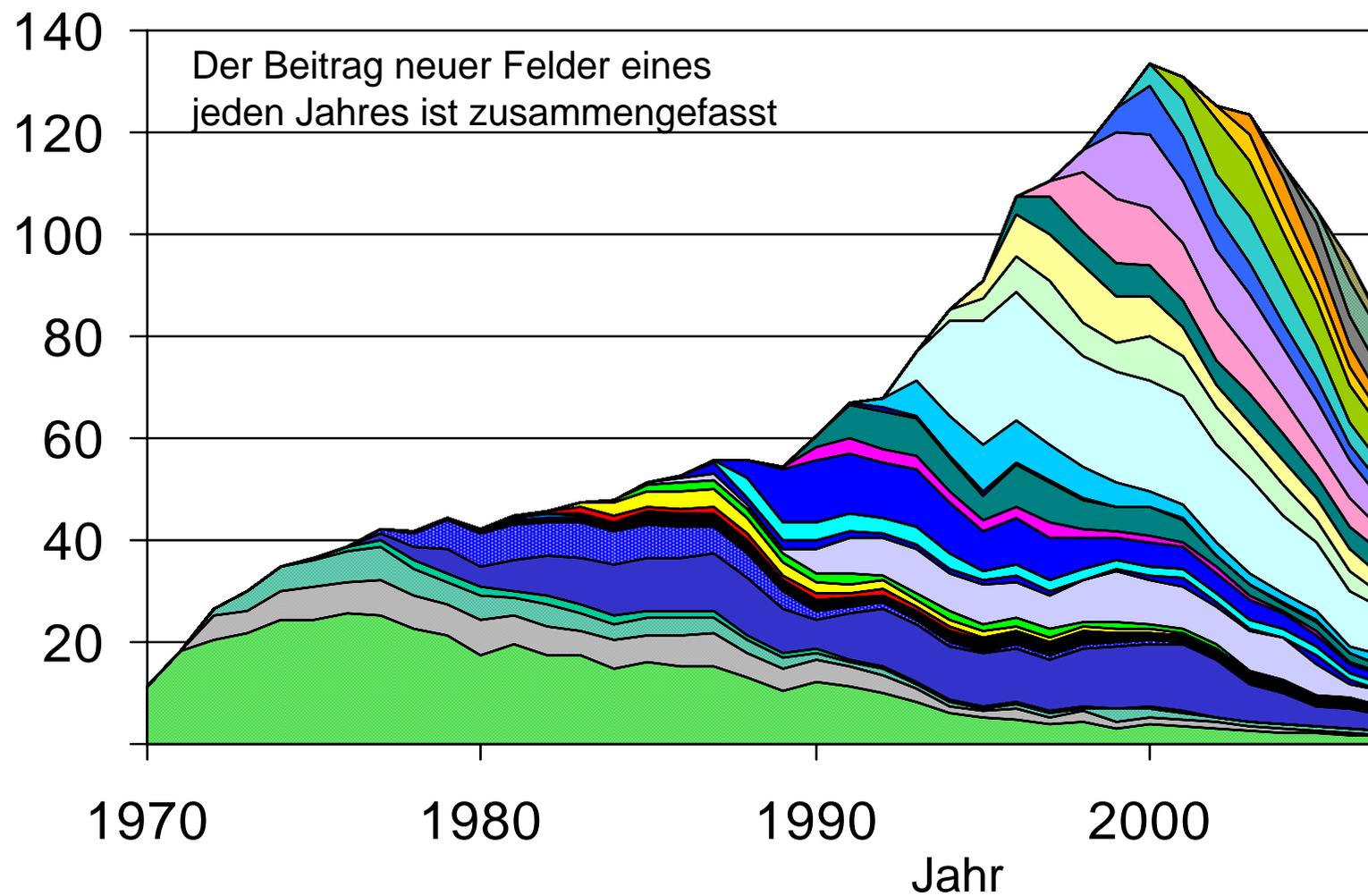
- 
- Energieversorgung heute
  - Treibende Kräfte für einen Wandel
    - limitierte Senken (Treibhauseffekt)
    - **limitierte Quellen** (Öl, Kohle, **Gas**, Uran)
    - innovative Energietechnologien  
(Regenerative Energien, Effizienz)
  - Thesen zur künftigen Energieversorgung

# UK – Gas Förderung



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

[Mrd. m<sup>3</sup>]

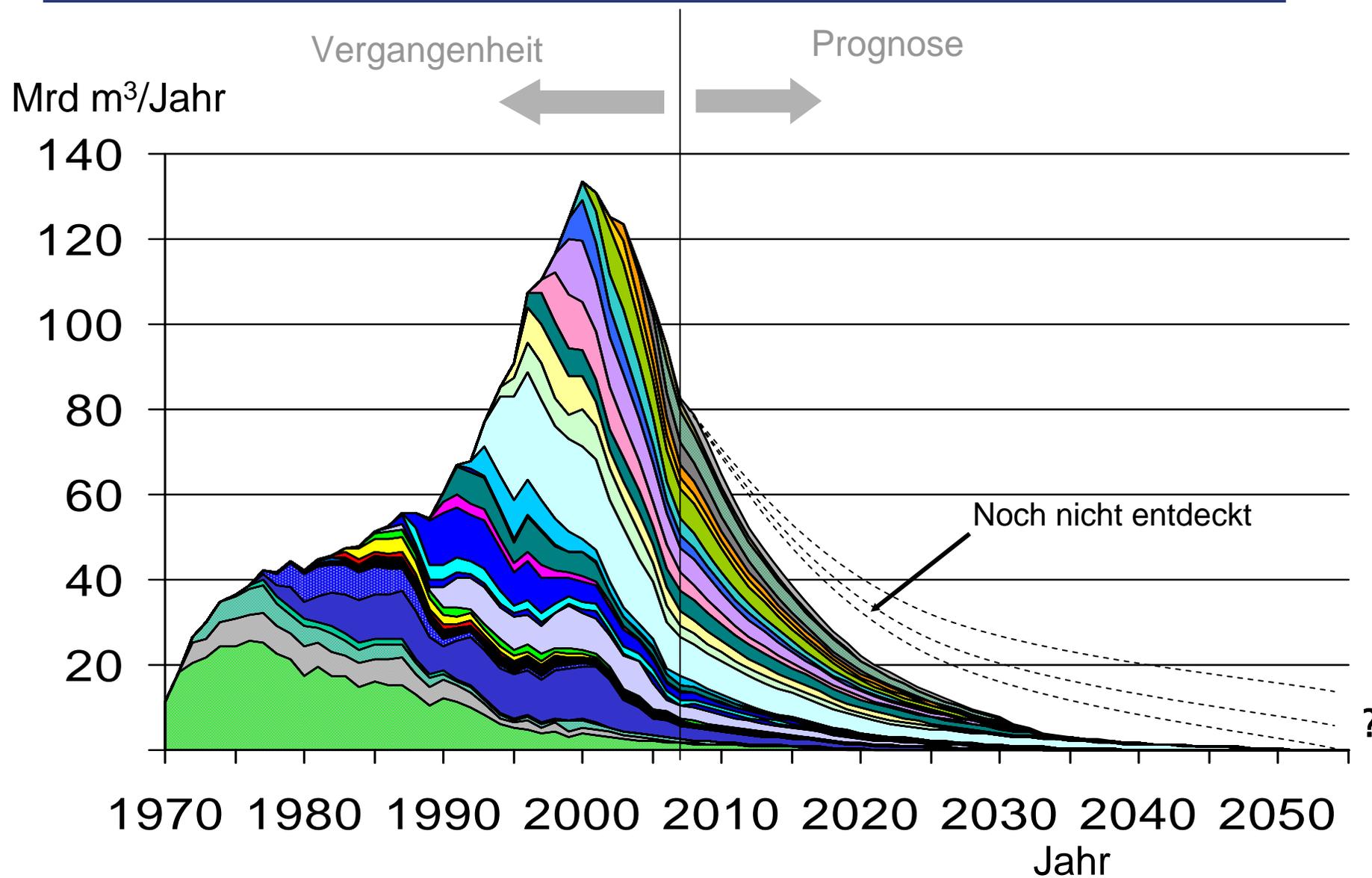


Quelle: DTI Januar 2008

# UK – Gas Förderung



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

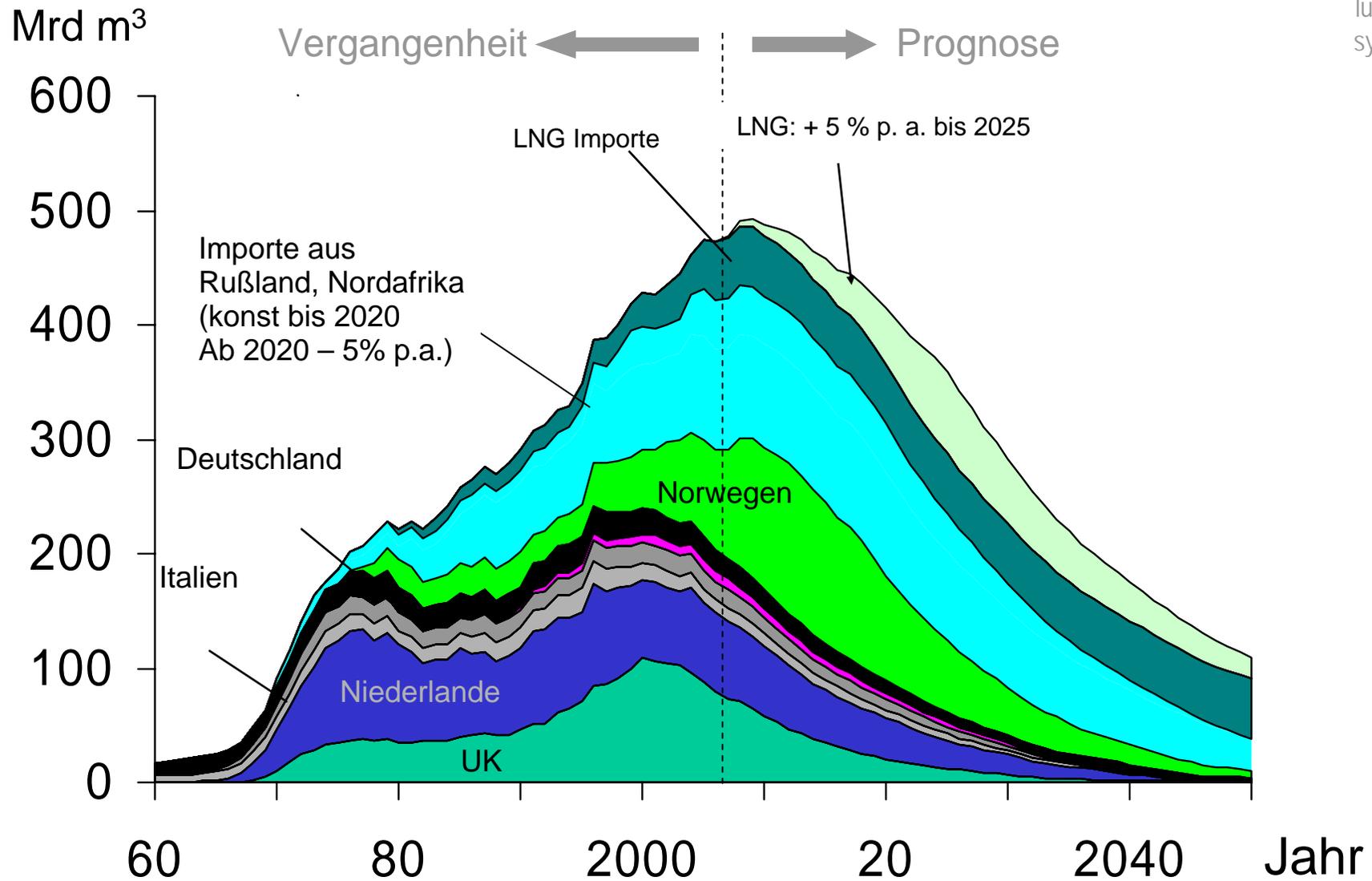


Quelle: DTI, Januar;2008; Prognose: LBST

# Europäische Gasversorgung



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



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



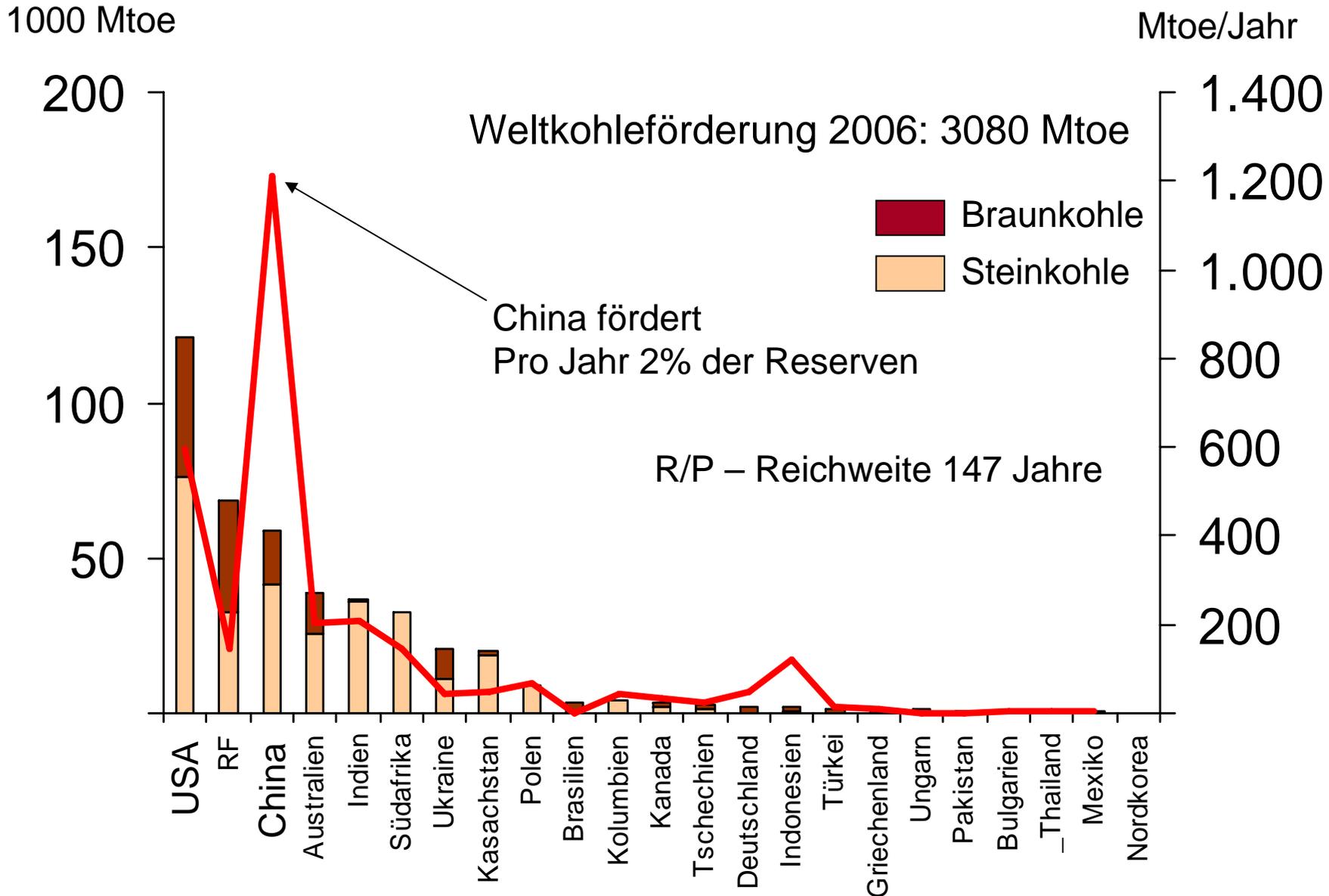
ludwig bolkow  
systemtechnik

- 
- Energieversorgung heute
  - Treibende Kräfte für einen Wandel
    - limitierte Senken (Treibhauseffekt)
    - **limitierte Quellen (Öl, Kohle, Gas, Uran)**
    - innovative Energietechnologien  
(Regenerative Energien, Effizienz)
  - Thesen zur künftigen Energieversorgung

# Kohlereserven und Förderung



Ludwig Bolkow  
systemtechnik



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

# Weltkohlehandel 2006

---



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		
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 <sup>*)</sup>	Japan	178
USA	999	Indonesien	160 <sup>**)</sup>	Korea	80
Indien	399	Rußland	92-26	Taiwan	64
Australien	305	Südafrika	69	UK	51
Südafrika	247	<del>China</del>	<del>63-38</del>	BRD	42
Russland	233	Kolumbien	59	Indien	41
Indonesien	200	USA	45-33	China	38
Rest	408	Kanada	28-13	Rest	339
		<del>Vietnam</del>	<del>25</del>		
		Rest	63		
Welt	5356	Welt	839	Welt	834

<sup>\*)</sup> **Infrastrukturlimit erreicht (Hafen; Eisenbahn)**

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

# Wartende Kohleschiffe vor Newcastle Port, Australien

---



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

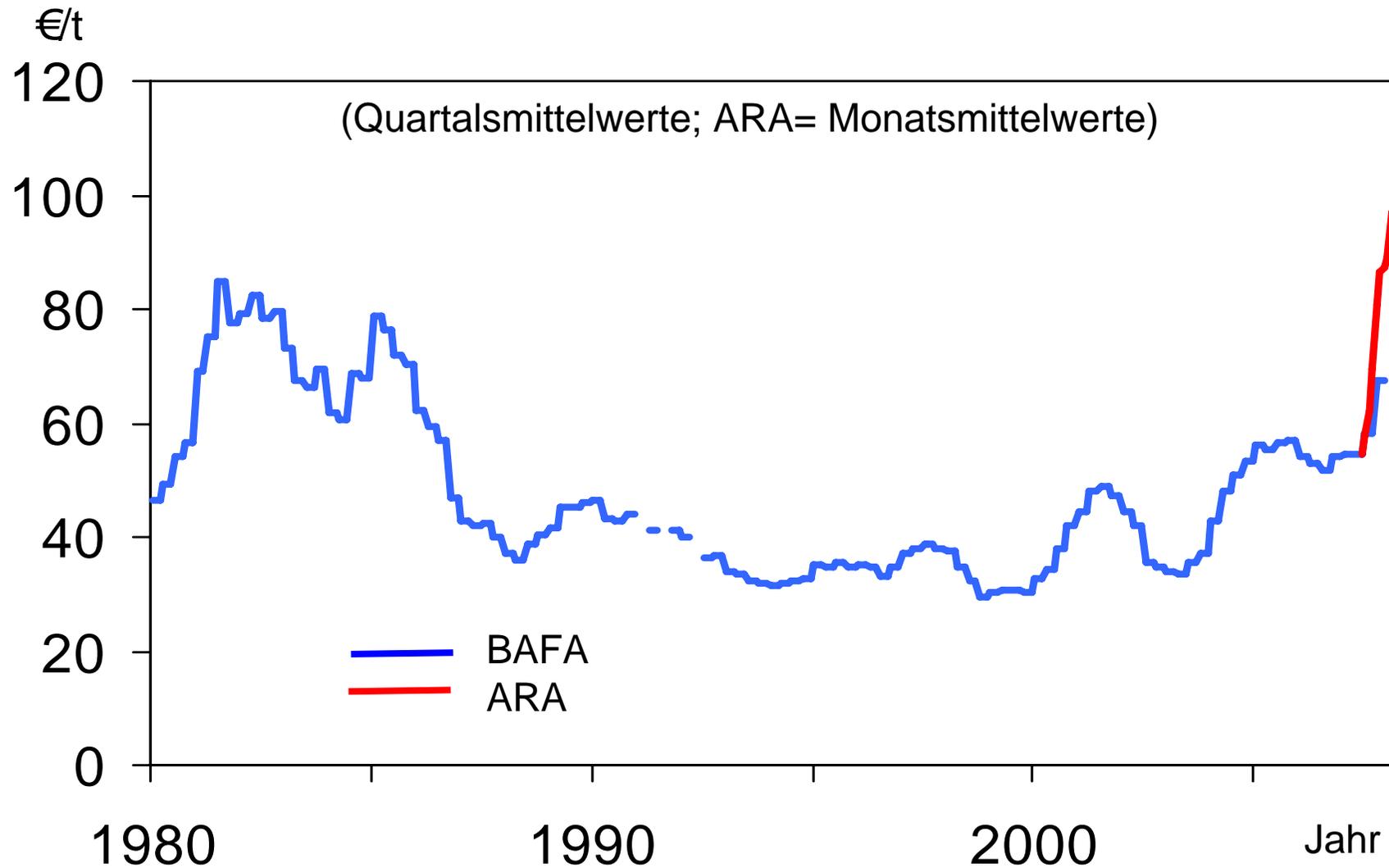


Source: James Croucher/The Australian - 10 April 2007

# Steinkohleimportpreise frei deutsche Grenze (bzw. in Rotterdam)



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



Quelle: Quartalszahlen 1980-2007: BAFA 2008/ Monatswerte 9/07-5/08: Global Coal Juni 2008  
Umrechnung der ARA-Werte von \$ in € gemäß Umrechnungskurse zum Stichtag



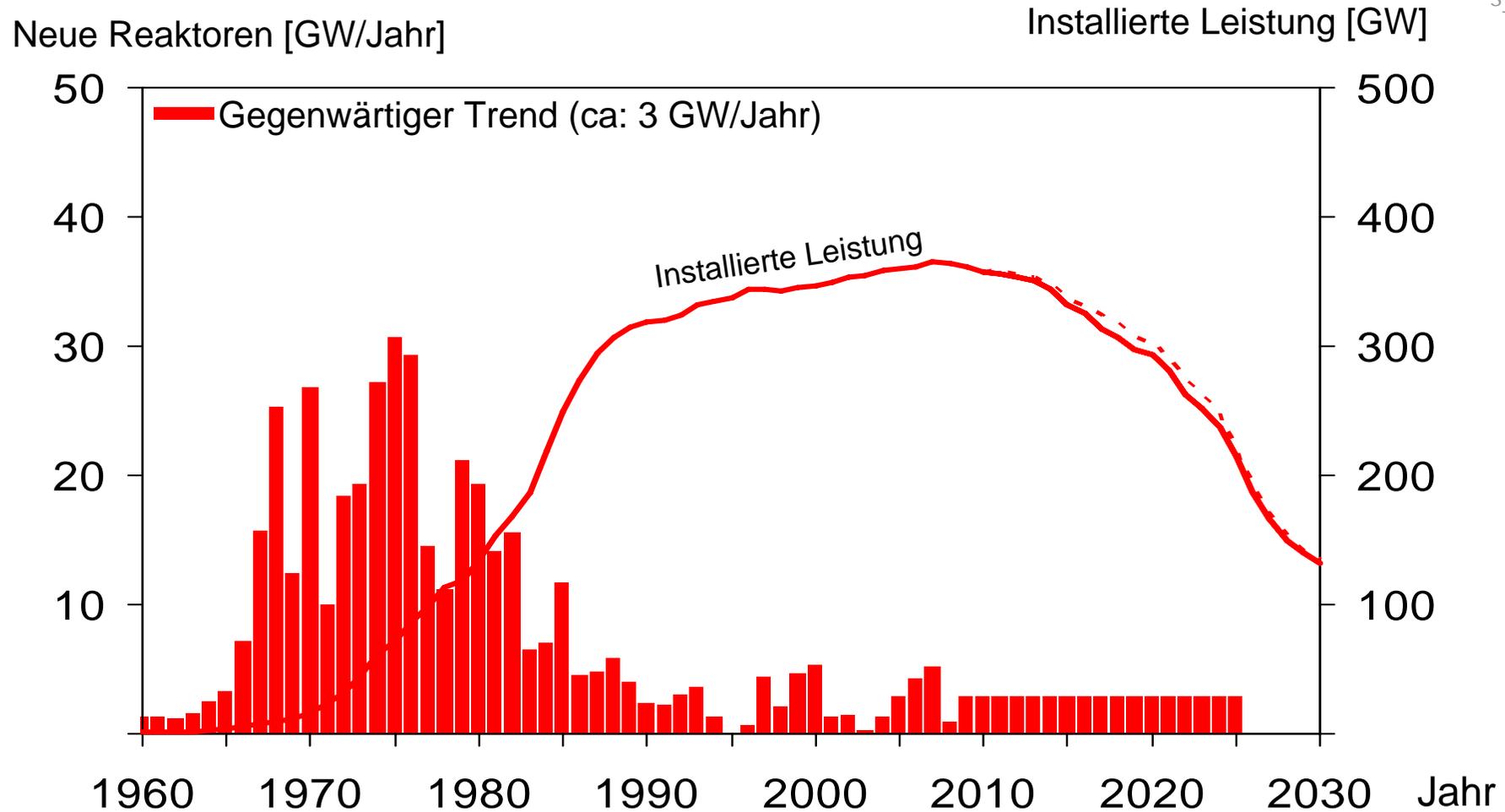
ludwig bolkow  
systemtechnik

- 
- Energieversorgung heute
  - Treibende Kräfte für einen Wandel
    - limitierte Senken (Treibhauseffekt)
    - **limitierte Quellen (Öl, Kohle, Gas, Uran)**
    - innovative Energietechnologien  
(Regenerative Energien, Effizienz)
  - Thesen zur künftigen Energieversorgung

# Gegenwärtiger Trend der Kernenergienutzung



Ludwig Bolkow  
systemtechnik



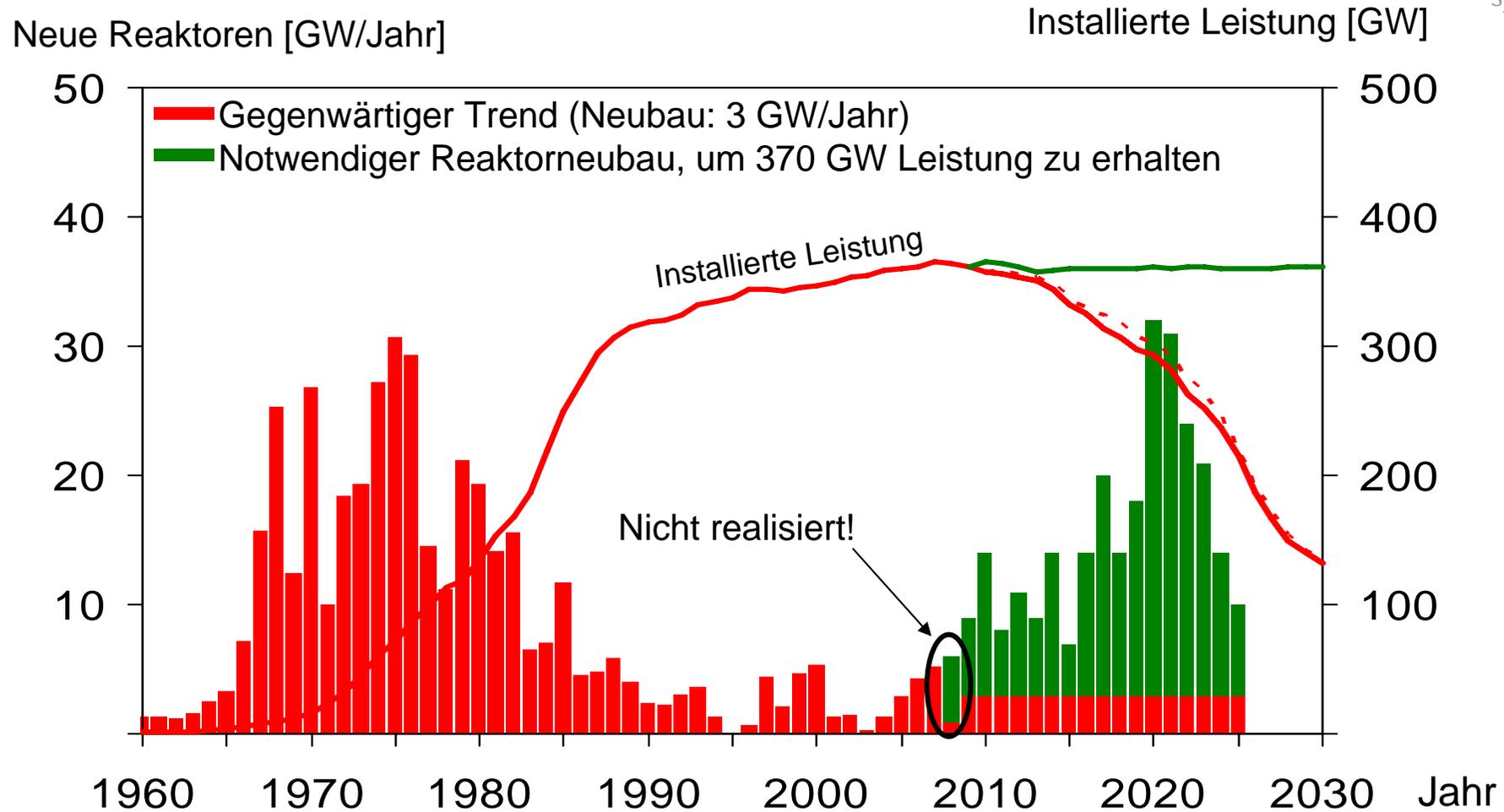
Quelle: International Atomic Energy Agency (IAEA), Juni 2008

Prognose: LBST, Oktober 2008; Annahmen: Betriebsdauer 40 Jahre, Bauzeit 5 Jahre

# Notwendiger Reaktorneubau, um das gegenwärtige Niveau zu halten



Ludwig Bolkow  
systemtechnik



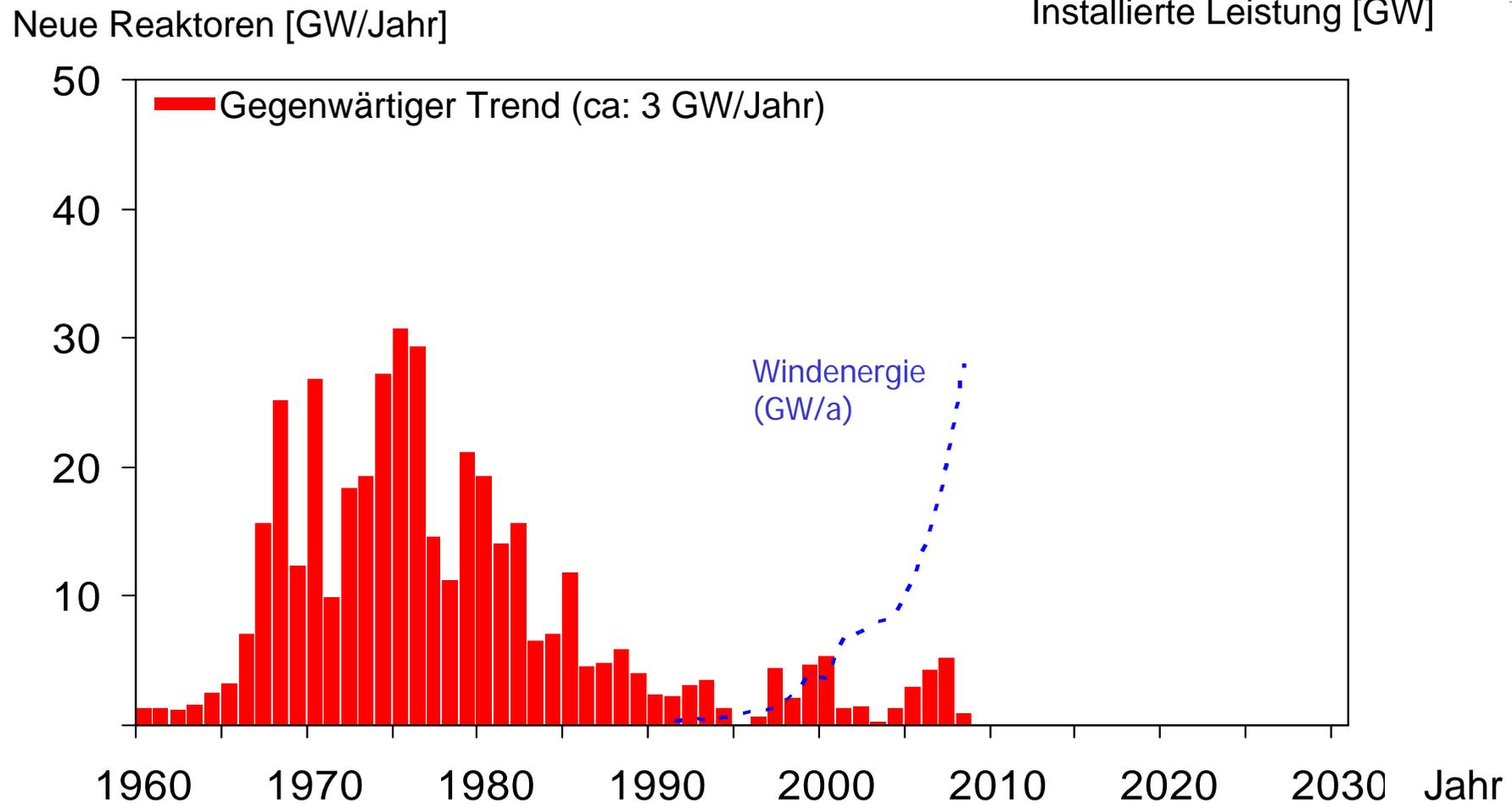
Quelle: International Atomic Energy Agency (IAEA), Februar 2008

Prognose: LBST, Oktober 2008; Annahmen: Betriebsdauer 40 Jahre, Bauzeit 5 Jahre

# Gegenwärtiger Trend Reaktorneubau vs. Windenergie



Ludwig Bolkow  
systemtechnik



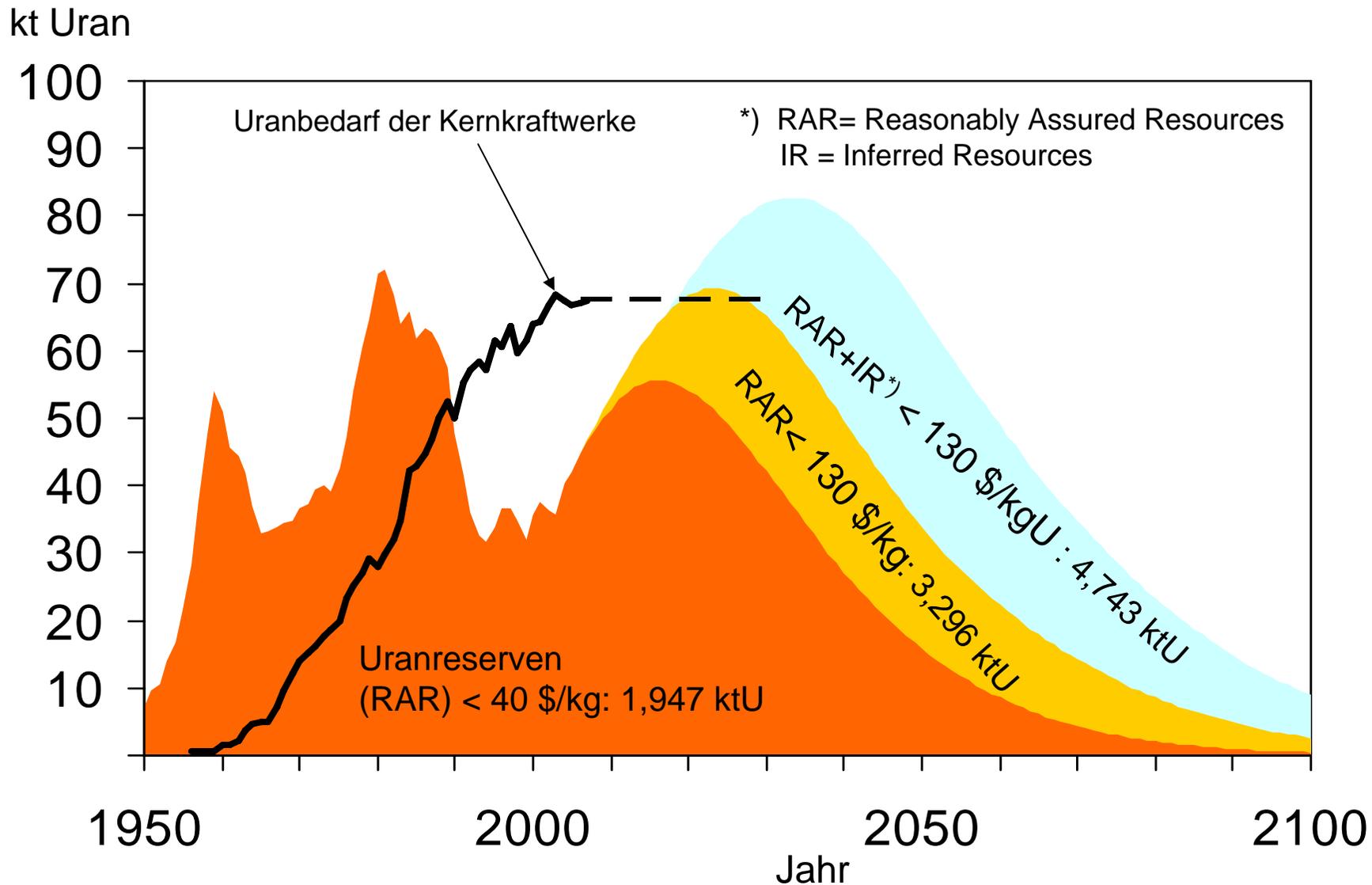
Quelle: International Atomic Energy Agency (IAEA), Juni 2008

Prognose: LBST, Oktober 2008; Annahmen: Betriebsdauer 40 Jahre, Bauzeit 5 Jahre

# Uranförderung und Uranbedarf der Kernkraftwerke



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



Quelle: International Atomic Energy Agency (IAEA), Februar 2008  
Energy Watch Group 2007



ludwig bolkow  
systemtechnik

- Energieversorgung heute
- Treibende Kräfte für einen Wandel
  - limitierte Senken (Treibhauseffekt)
  - limitierte Quellen (Öl, Kohle, Gas, Uran)
  - **innovative Energietechnologien**  
(Regenerative Energien, Effizienz)
- Thesen zur künftigen Energieversorgung



ludwig bolkow  
systemtechnik

- 
- Energieversorgung heute
  - Treibende Kräfte für einen Wandel
    - limitierte Senken (Treibhauseffekt)
    - limitierte Quellen (Öl, Kohle, Gas, Uran)
    - Innovative Energietechnologien  
(Regenerative Energien, Effizienz)
  - Thesen zur künftigen Energieversorgung



- Ein Umbau unserer Energieversorgung ist unvermeidlich
- Unser heutiges System ist weder effizient noch intelligent
- Energiedienstleistungen intelligenter organisieren
- Postfossile Mobilität
- Gestaltung des Wandels statt Verlängerung des Status Quo

# Notwendige Fläche um genügend Sonnenenergie bereitzustellen

Nur Sonnenenergie bietet eine langfristige Alternative



ludwig bolkow  
systemtechnik



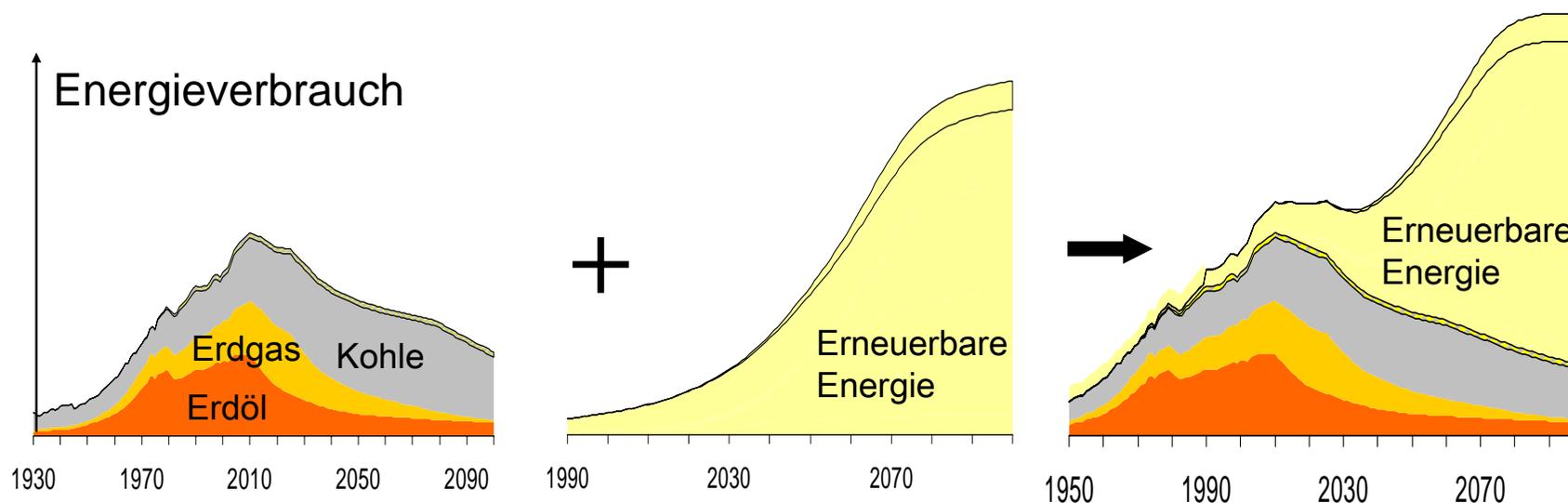
Benötigte Fläche  
um die Endenergie für

- Die Welt
- Europa
- Deutschland

mit Solarkraftwerken  
bereitzustellen

## These 1:

Wir stehen am Beginn eines Strukturwandels der Energieversorgung, der zu einer Neuorientierung der gesamten Wirtschaft führen wird



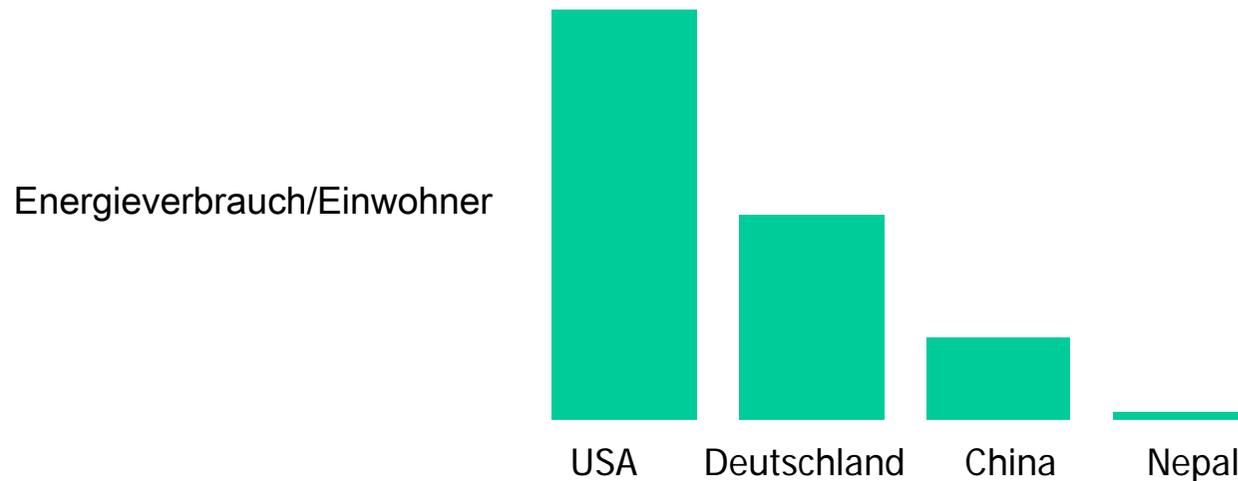
Quelle: AWEO 2006, LBST

- nach der Neujustierung des „Energiekompasses“ wird jede Investition in „richtige“ Technologie gehen
- Energieeffizienz wird wichtig



## These 2:

Der energieintensive Lebensstil der Bewohner der Industrienationen ist nicht auf alle Menschen übertragbar



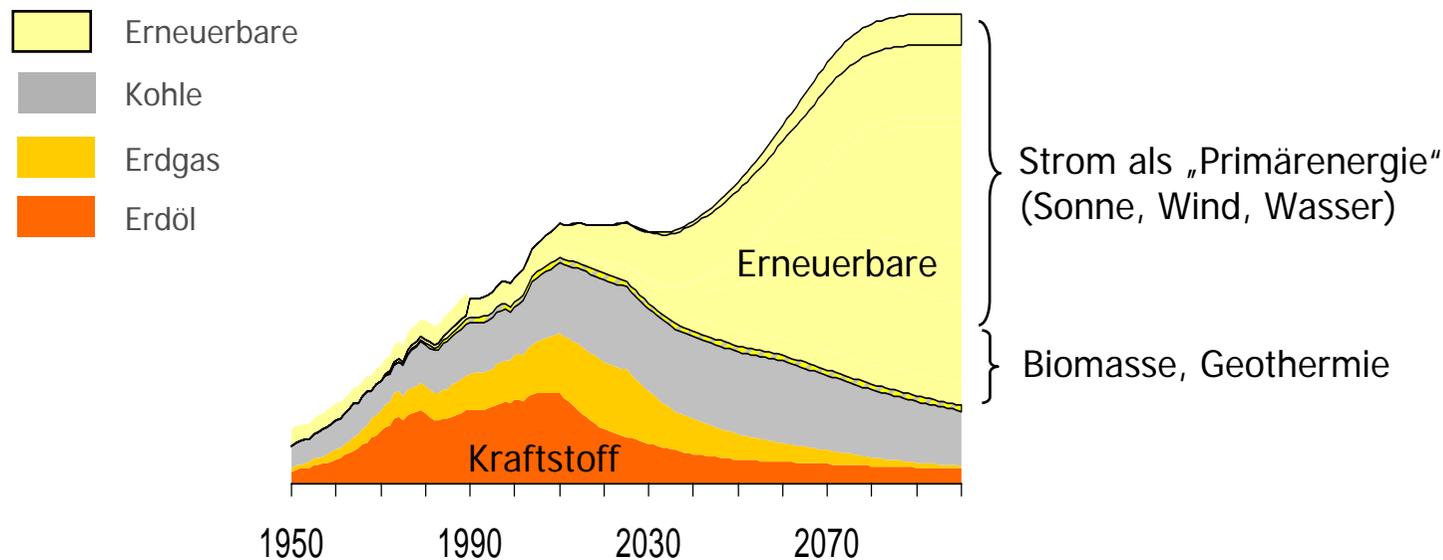
Quelle: LBST 2007

Konsequenz: Nachdenken über gerechtere Verteilung /effizientere Nutzung der Ressourcen

⇒ Bedarf an effizienten Technologien wird schnell zunehmen  
(Effizient auf allen Ebenen von Energieerzeugung,Transport,  
Verteilung, Endanwendung / Verkehr / Industrie / Gebäude)

## These 3:

### Die Energiezukunft ist Strom dominiert (1)



Quelle: AWEO 2006, LBST



Regenerativer Strom hat andere Eigenschaften als fossile Energieträger:

- schwerer speicherbar
- starrere Kopplung zwischen Erzeugung und Verbrauch



ludwig bolkow  
systemtechnik

Der Verkehr ist in besonderer Weise  
vom Erdöl abhängig !



- Energieeinsatz im Verkehr
- Modal Split – wie bewegen wir uns künftig ?
- Kraftstoffpfade und Antriebskonzepte in Kombination
- Was haben wir versäumt und was können wir tun um weniger anfällig zu sein ?



ludwig bolkow  
systemtechnik

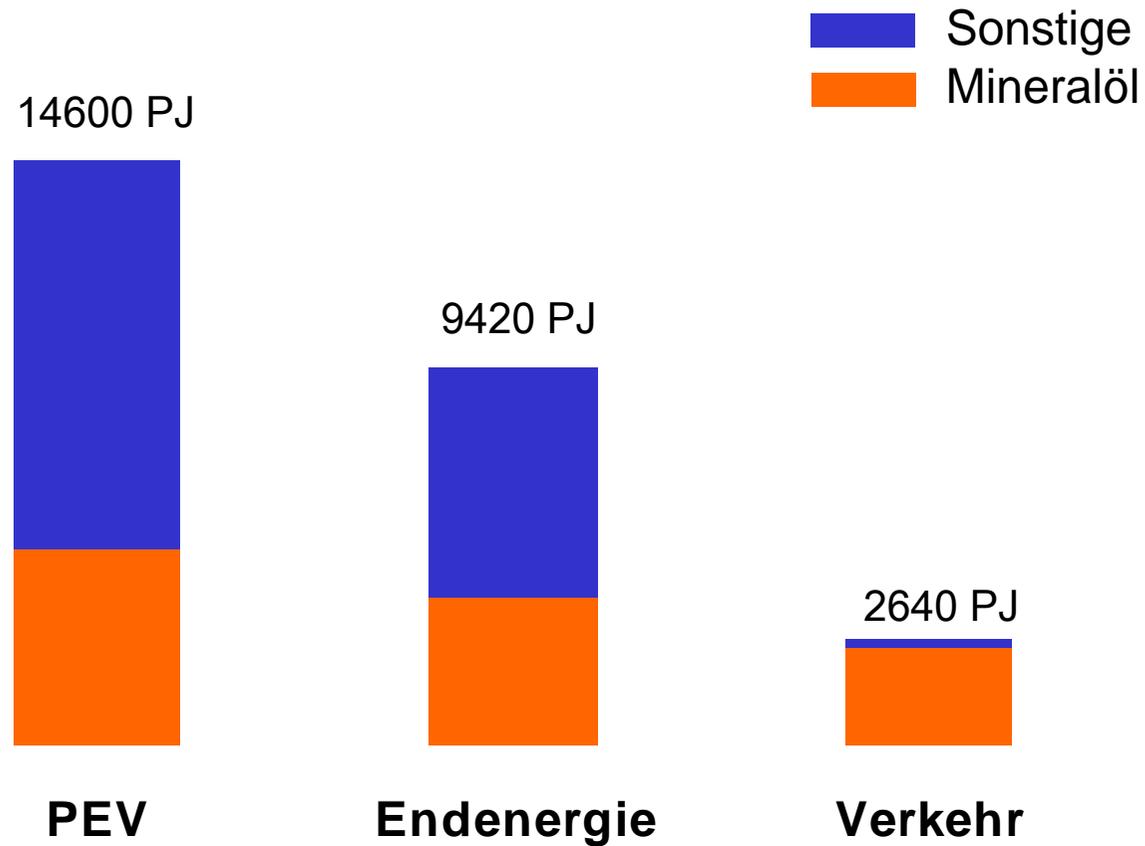
- Energieeinsatz im Verkehr
- Modal Split – wie bewegen wir uns künftig ?
- Kraftstoffpfade und Antriebskonzepte in Kombination
- Was haben wir versäumt und was können wir tun um weniger anfällig zu sein ?

# Ölabhängigkeit des Verkehrs

---



ludwig bolkow  
systemtechnik





ludwig bolkow  
systemtechnik

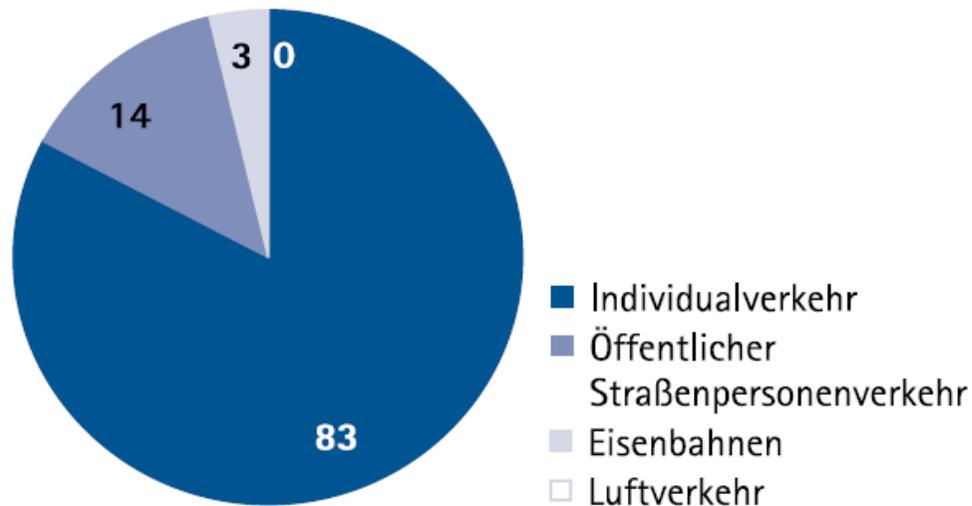
- Energieeinsatz im Verkehr
- **Modal Split – wie bewegen wir uns künftig ?**
- Kraftstoffpfade und Antriebskonzepte in Kombination
- Was haben wir versäumt und was können wir tun um weniger anfällig zu sein ?

# Deutscher Modal Split nach Beförderungsmengen

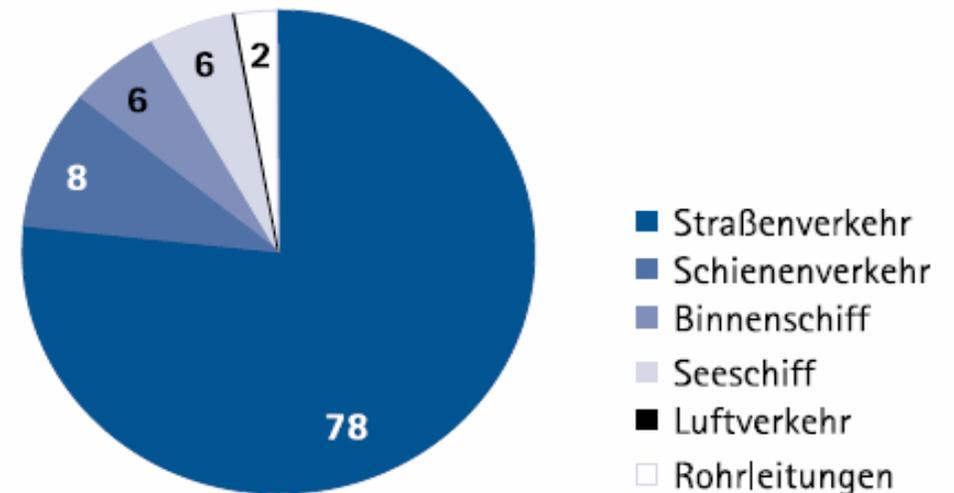


Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

Deutscher Modal Split Personenverkehr 2001 (in %)



Deutscher Modal Split Güterverkehr 2001 (in %)



Quelle: Statistisches Bundesamt



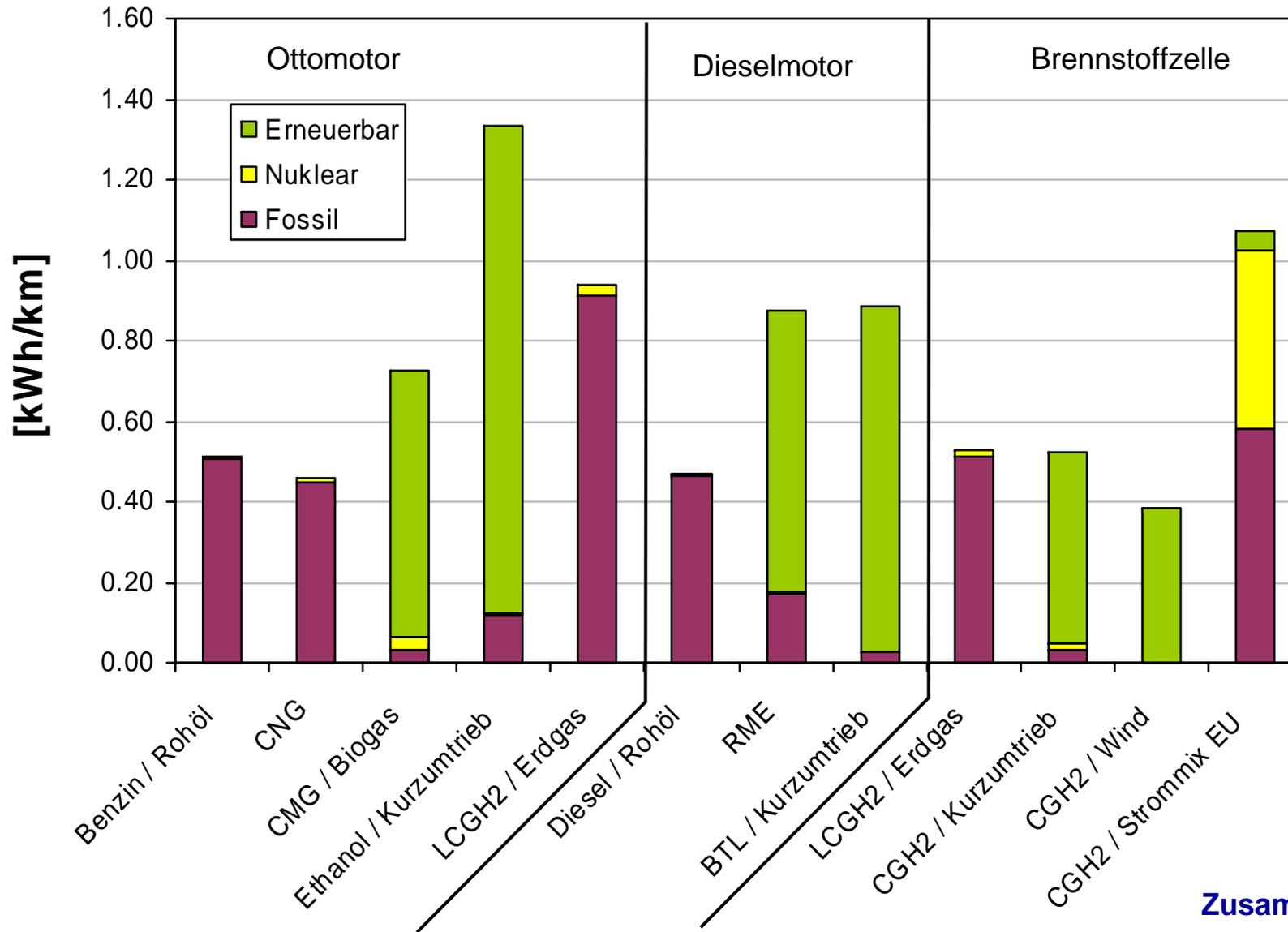
ludwig bolkow  
systemtechnik

- Energieeinsatz im Verkehr
- Modal Split – wie bewegen wir uns künftig ?
- **Kraftstoffpfade und Antriebskonzepte in Kombination**
- Was haben wir versäumt und was können wir tun um weniger anfällig zu sein ?

# Energieeinsatz "Well-to-Wheel" („Quelle-bis zum-Rad"), hybrid



Ludwig Bolkow  
systemtechnik



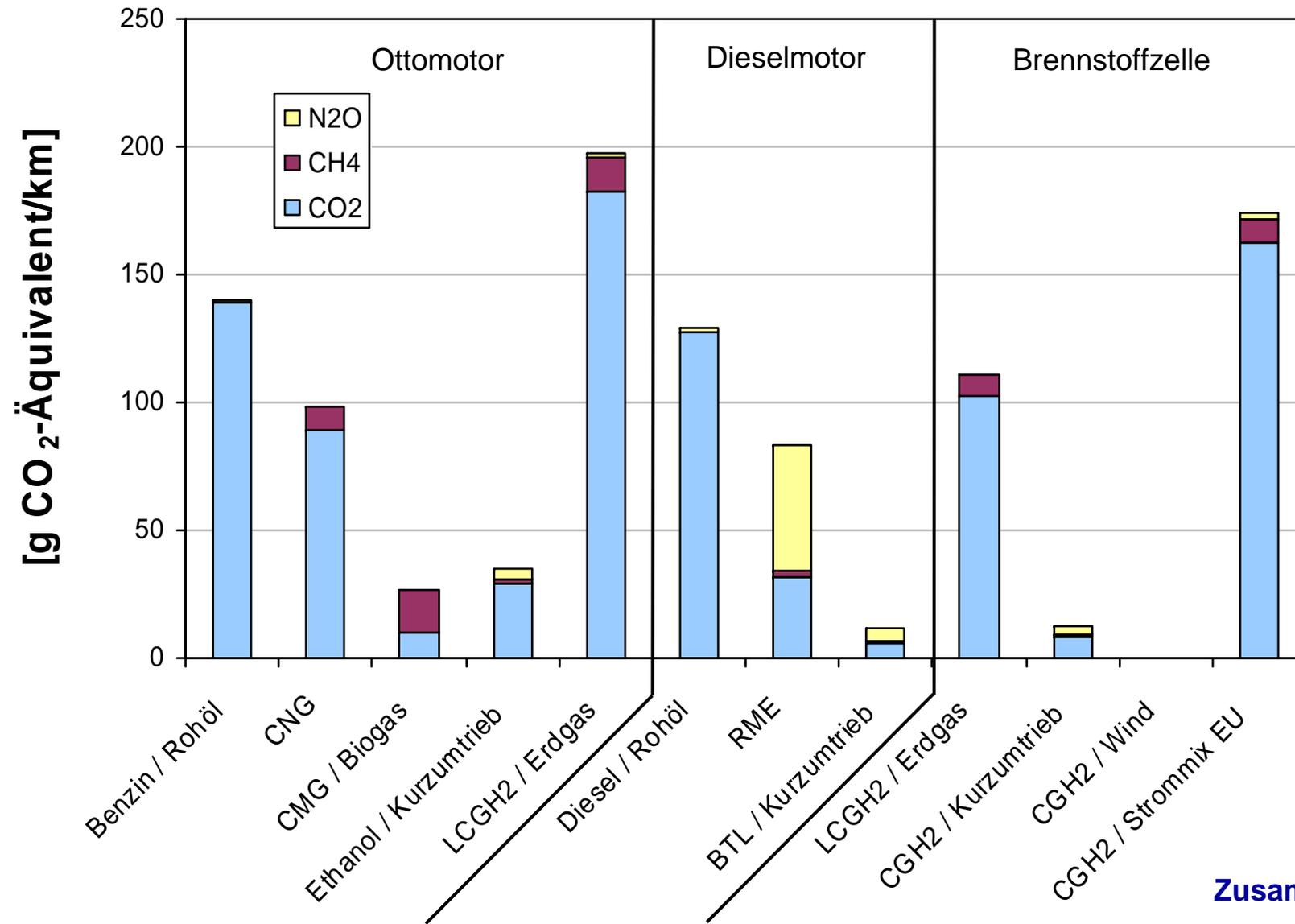
Referenzfahrzeug:  
VW Golf

Zusammenstellung: LBST

# Klimagasemissionen "Well-to-Wheel" („Quelle-bis zum-Rad"), hybrid



Ludwig Bolkow  
systemtechnik



Referenzfahrzeug:  
VW Golf

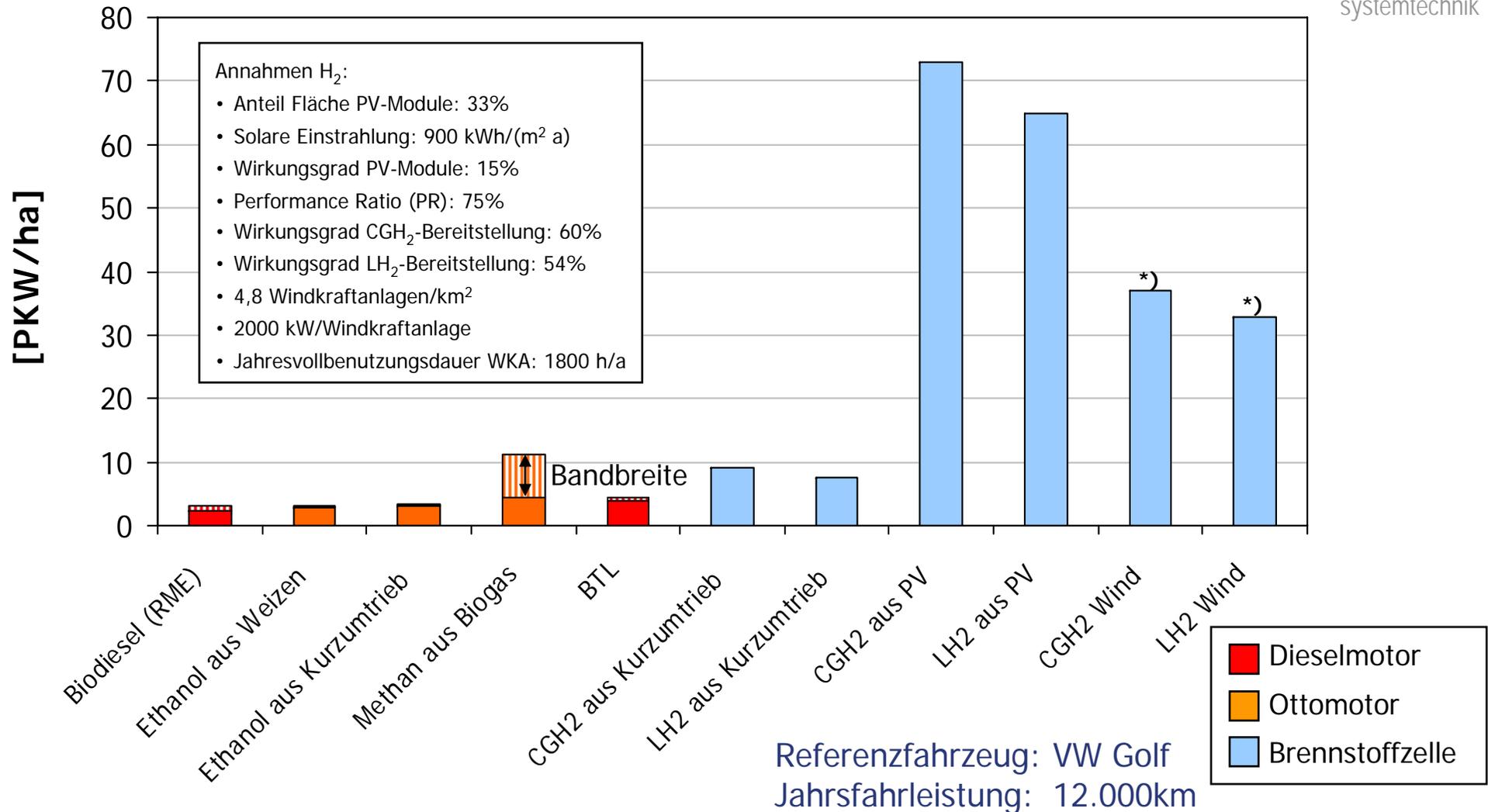
Zusammenstellung: LBST

# Flächenerträge für verschiedene erneuerbare Kraftstoffe

## Fahrzeuge pro Hektar für hybridisierte Antriebe



Ludwig Bolkow  
systemtechnik

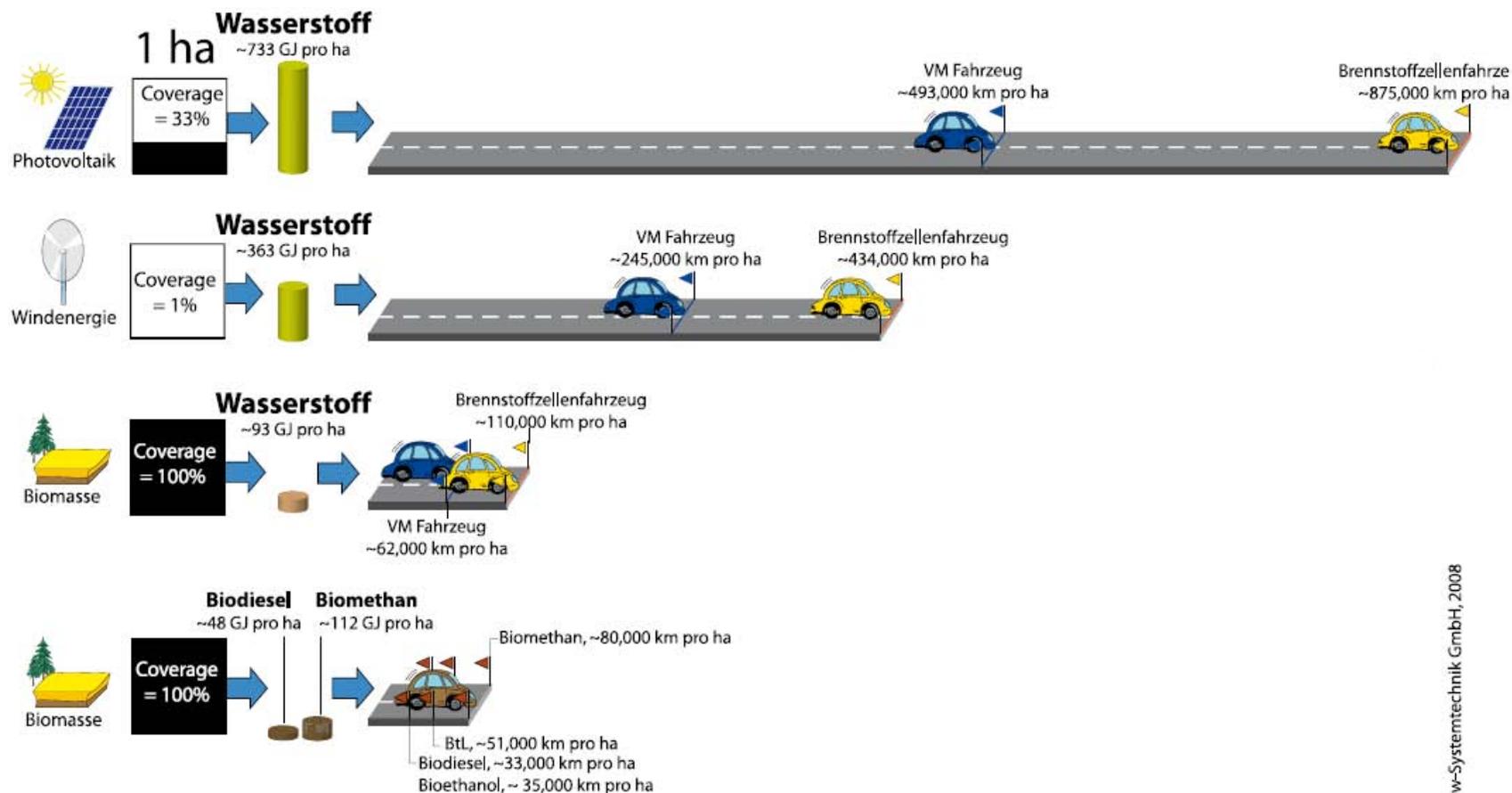




# Flächenerträge für verschiedene erneuerbare Kraftstoffe

Jahresfahrstrecke pro Hektar (hybridisierte Antrieb)

## Nutzung eines Hektar Land für Kraftstoffproduktion



Ludwig-Bolkow-Systemtechnik GmbH, 2008

Primär-energie | Belegte Landfläche | Kraftstoff-produktion pro Hektar

Quelle-zu-Rad-Wirkungsgrad (Fahrzeug-km pro ha)

ha = hectare  
ICE = internal combustion engine

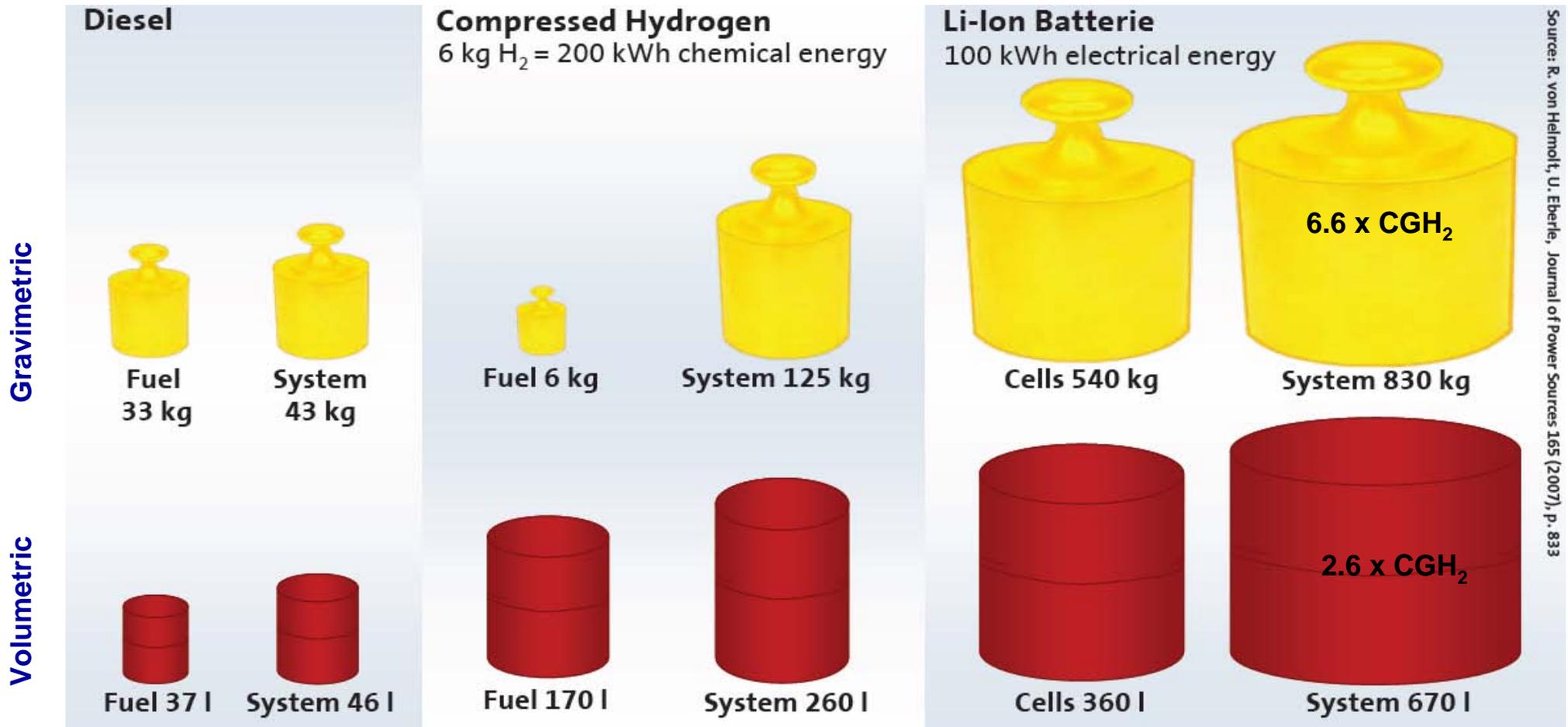
Reference vehicle: VW Golf [Concawe/EUCAR/JRC 2006], average driving performance = 12,500 km per year

# Vergleich Speicherdichten Wasserstoff und Batterie

für 500 km Reichweite



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



Source: R. von Helmholtz, U. Eberle, Journal of Power Sources 165 (2007), p. 833

Quelle: Dr. Rittmar von Helmholtz - TechGate Vienna - 13.12.2007





ludwig bolkow  
systemtechnik

- Energieeinsatz im Verkehr
- Modal Split – wie bewegen wir uns künftig ?
- Kraftstoffpfade und Antriebskonzepte in Kombination
- Was haben wir versäumt und was können wir tun um weniger anfällig zu sein ?

## ACEA Selbstverpflichtung – die verpassten 10 Jahre

---



ludwig bolkow  
systemtechnik

- Die europäische Automobilindustrie hat sich auf Druck der EU im Jahre 1998 auf eine Selbstverpflichtung zur Effizienz-steigerung/CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion des europäischen Fahrzeugparks im Angebot im Jahre 2008 geeinigt: 140 gCO<sub>2</sub>/km → Emissionsvorgabe der EU in 1998: 120 gCO<sub>2</sub>/km in 2012
- Die europäische Automobilindustrie hat dieses Ziel verfehlt und sich gemeinsam nicht auf eine Lastenverteilung geeinigt – darunter leidet jetzt insbesondere die deutsche Automobilindustrie, die schwere und leistungsstarke Fahrzeuge herstellt. Sie leidet insbesondere deswegen, weil nun auf Länder oder gar Hersteller gerechnete Durchschnittsverbräuche angewendet werden und nicht europaweit gemittelte wie ursprünglich von der EU vorgesehen.
- Die EU klagt jetzt genau das ein, was sie 1998 angekündigt hat.
- Außerdem hat die Bundesregierung versprochen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen drastisch zu senken – und dies muss sie auch im Verkehrssektor umsetzen
- Auch in den USA wird die deutsche Industrie besonders unter dem verschärften CAFE-Standard (Verbrauchslimits je Fahrzeugklasse) ab 2011 leiden – und zwar aus genau denselben Gründen.

## Absehbare Trends und Implikationen

---



ludwig bolkow  
systemtechnik

- Der Straßen-, Luft- und Schiffsverkehr hängt fast ausschließlich vom Erdöl ab
- Die Biomasse hat nicht das Potenzial, den Verkehr auch nur annähernd am Laufen zu halten
- Die Elektrifizierung des Antriebs kommt aus unterschiedlichen Gründen – schlussendlich auch weil langfristig vor allem Strom als Energie bereitgestellt werden wird (wenn die fossilen und biogenen Flüssigkraftstoff nicht mehr ausreichend verfügbar sind)
- Rohstoffe - also auch Konstruktionsmaterialien - sind künftig nicht mehr so umfangreich verfügbar wie in der Vergangenheit
- Öl ist zum Verbrennen viel zu schade und wird in der Herstellung von Plastik und Pharmazeutika künftig weiterhin dringend benötigt

## Die Begrenztheit von Biomasse

---



ludwig bolkow  
systemtechnik

Die Umwandlung der gesamten festen Biomasse in Europa zu BtL (Biomass-to-Liquids = aus vergaster Biomasse mit Fischer-Tropsch-Synthese hergestellter Flüssigkraftstoff, z.B. Diesel) ergibt ein Potenzial von **3 EJ** an BtL-Kraftstoff („Sunfuel“) jährlich.

In einer realistischen Betrachtung ist jedoch der konkurrierende Biomasseinsatz für den stationären Sektor (zur Strom- und Wärmeerzeugung) zu berücksichtigen.

### ***Zum Vergleich:***

im Jahr 2004 betrug der Kraftstoffbedarf für den Transportsektor in Europa **15,3 EJ**  
(Straße: 12,7 EJ, Luftfahrt: 2,1 EJ, Binnenschifffahrt: 0,2 EJ)

→ Biomasse könnte also nicht einmal ein Viertel des Straßenverkehrs versorgen !!

Wofür wir Erdöl unter anderem auch künftig noch benötigen



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

Oil Was Used To Manufacture Every  
Item In This Photograph



Sara Leen/National Geographic Image Collection

Quelle: Matthew Simmons, 2006

## Prioritäten zur Reduktion der Abhängigkeiten

---



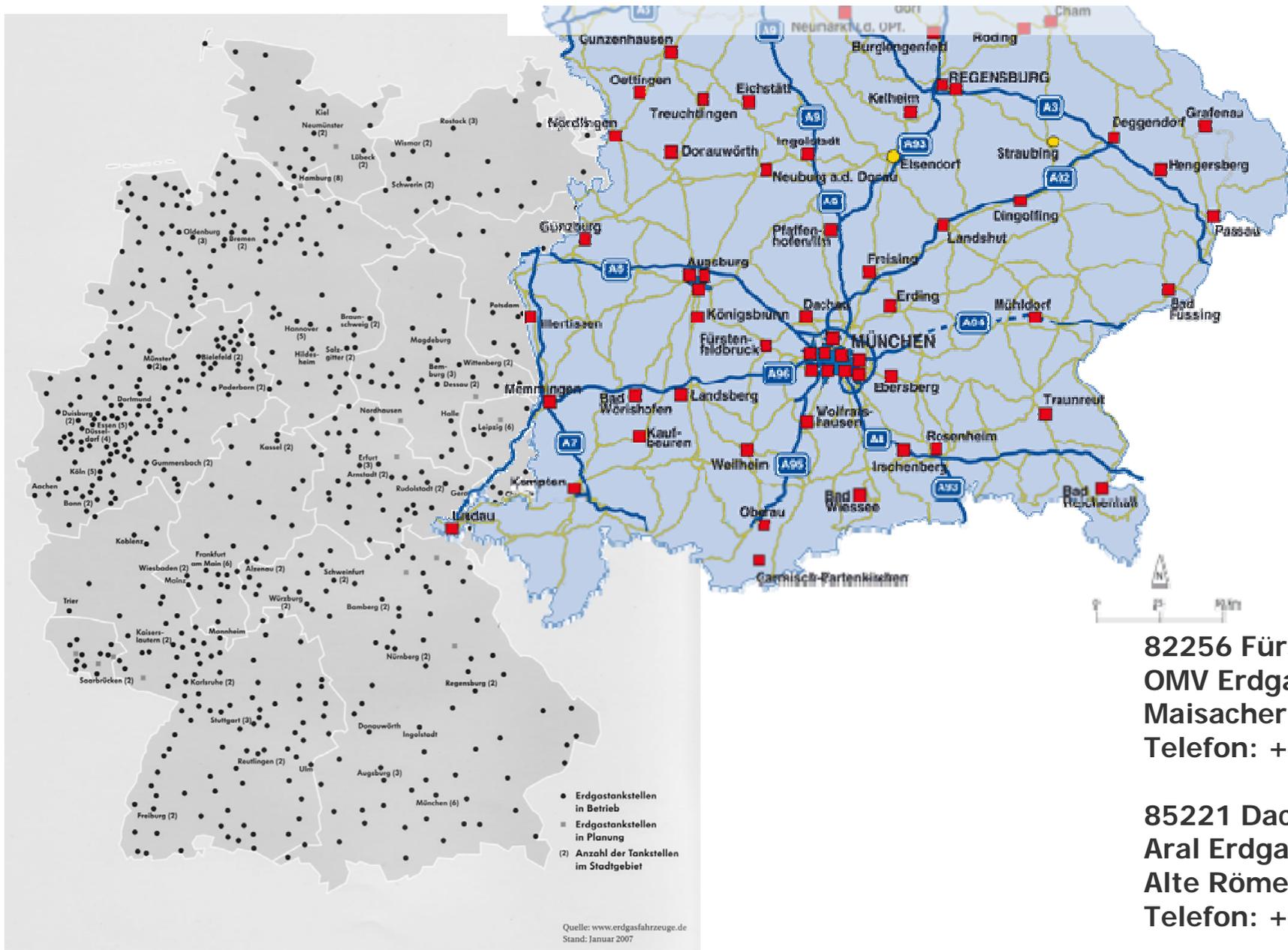
ludwig bolkow  
systemtechnik

- Siedlungsstruktur ändern – näher zur Arbeit wohnen  
[langfristiges Ziel]
- Änderung des Modal Split wo möglich (Fußgänger/  
Fahrrad/ ÖPNV/ PKW// Teleworking/ Naherholung)  
[kurzfristig umsetzbar]
- Kleinere, leichtere und effizientere Autos fahren (oder  
Autos mit aus erneuerbaren Energien erzeugten Strom oder  
Wasserstoff betreiben)  
[kurz- bis mittelfristig umsetzbar]
- Es wird keine Drittwagen, evtl. auch keinen Zweitwagen  
mehr geben (aus Rohstoffverknappungsgründen)  
[mittel- bis langfristige Konsequenz]

# Erdgastankstellen in Deutschland und Südbayern



ludwig bölkow  
systemtechnik



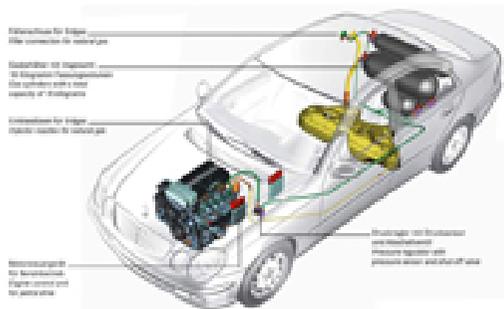
82256 Fürstenfeldbruck  
OMV Erdgastankstelle  
Maisacher Straße 31  
Telefon: +49 81 41-45 39

85221 Dachau  
Aral Erdgastankstelle  
Alte Römerstraße 50  
Telefon: +49 81 31-33 33 52

# Erdgasfahrzeuge (CNG)



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



Quellen: Daimler, Fiat, Opel, PSA, VW

# Benzinhybride auf dem Markt (Auswahl)



Toyota Prius II



Lexus RX400 h



Honda Insight IMA



Honda Civic IMA



GMC Yukon Hybrid



Chevrolet Tahoe Hybrid



Ford Mariner Hybrid



Audi Duo 1997-1998



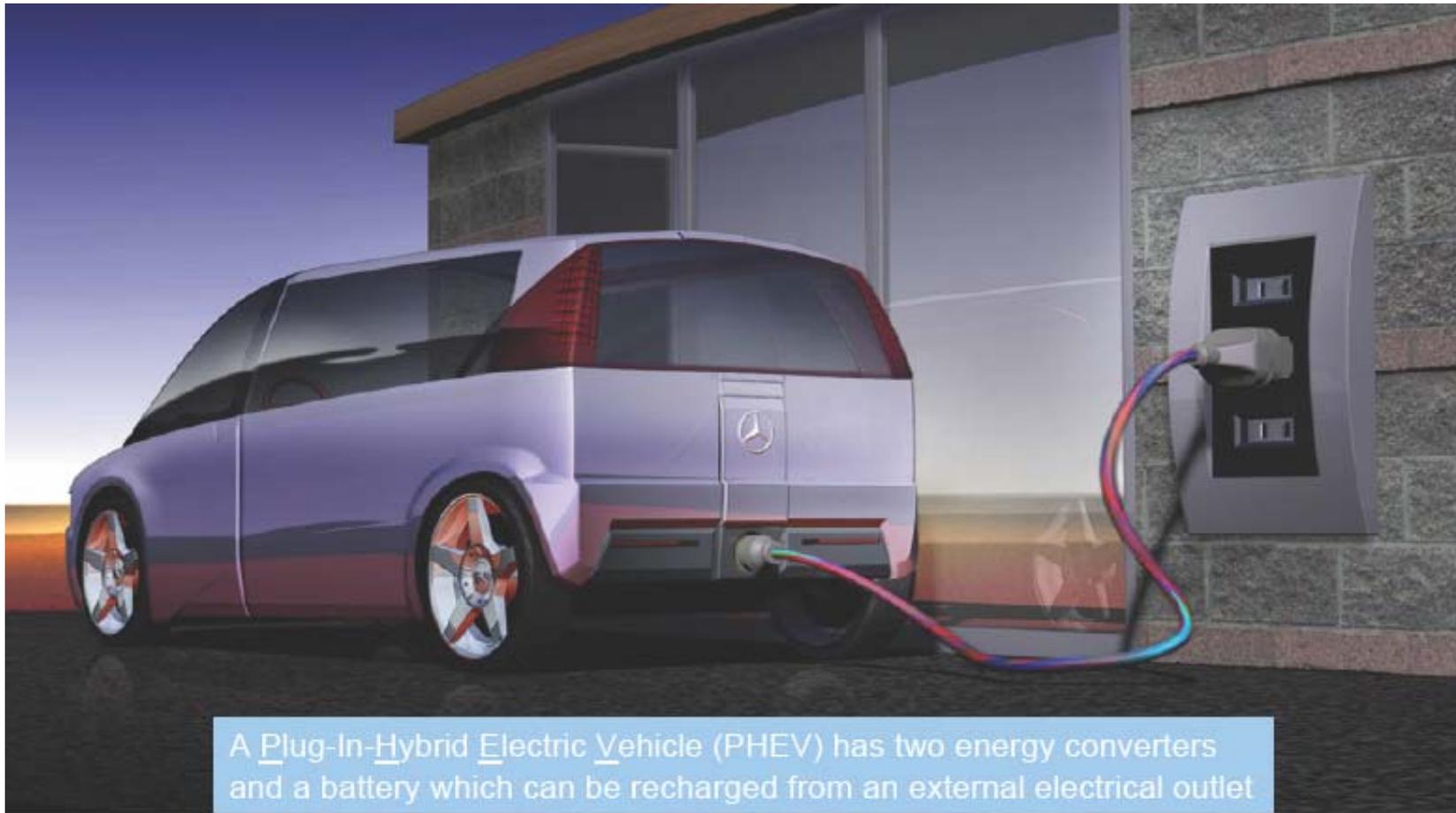
HHF Hybrid Concept Car

Quelle: <http://www.hybrid-autos.info/>

# Daimler Plug-In Hybrids



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



A Plug-In-Hybrid Electric Vehicle (PHEV) has two energy converters and a battery which can be recharged from an external electrical outlet

Quelle:  
Motor & Umwelt2007  
September 6th –7th, 2007, Graz, Austria

DAIMLERCHRYSLER

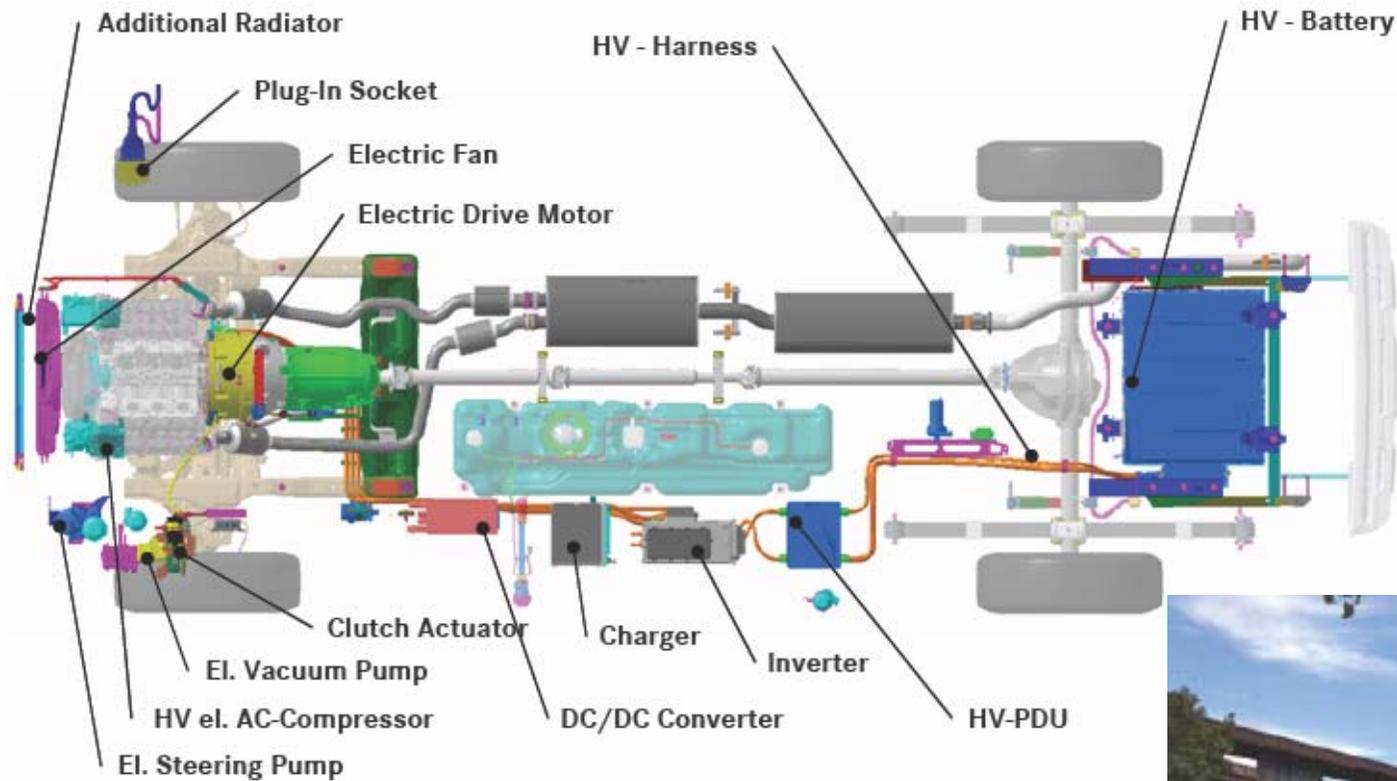
# Daimler Plug-In Hybrid Sprinter



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

## Hybrid Components Positioning

### PHEV Sprinter



Quelle:  
Motor & Umwelt2007  
September 6th -7th, 2007, Graz, Austria



# Verbrennungsmotorische Plug-In Hybrids



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



**Toyota Prius PHEV**  
[Serieneinführung]



**Opel Flextreme**  
[Forschung – Serie ab 2010]



**Volvo ReCharge**  
[Forschung]

Quellen: GM/Opel, Toyota, Volvo

# Batteriefahrzeuge

---



ludwig bölkow  
systemtechnik



TH!NK



Tesla Roadster



Mitsubishi i-EV  
[Flottentest bei TEPCO]



Subaru R1e  
[Flottentest bei TEPCO]

Quellen: Mitsubishi, Subaru, Tesla, Th!nk

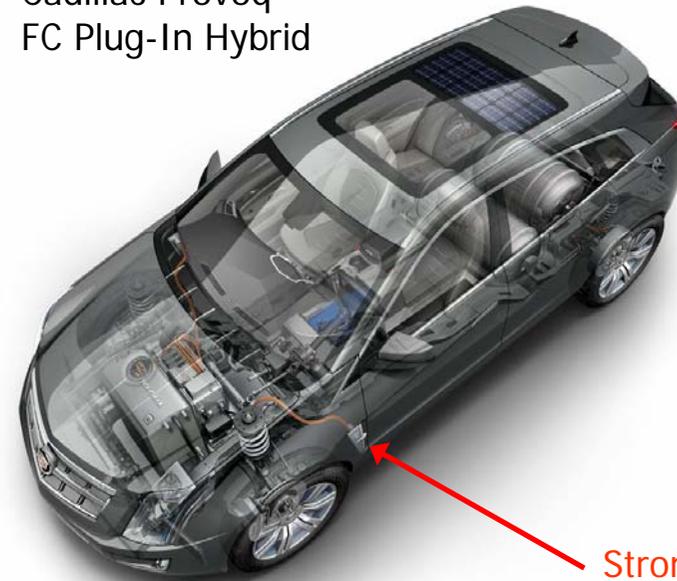
# Fuel Cell Plug-In Hybrids



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



Cadillac Provoq  
FC Plug-In Hybrid



Stromanschluss

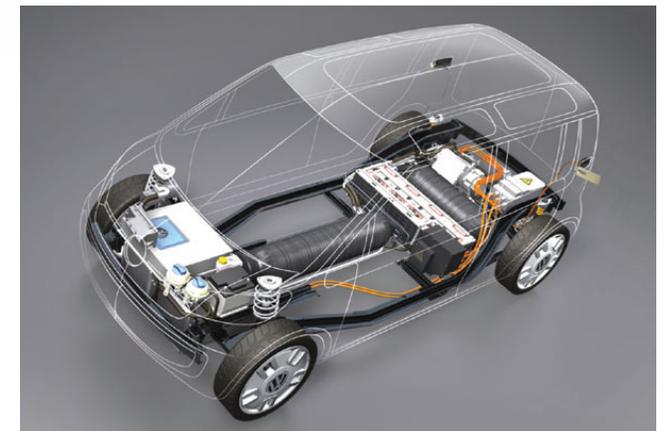


Chevrolet Volt FC Plug-In Hybrid  
[ab ca. 2011/12 in kleinen Stückzahlen  
mit BZ - aber unter anderem Namen (z.B.  
Cadillac Provoq), ab 2010 als Flextrame  
mit Verbrennungsmotor in Serie]

Quellen: GM Opel, Volkswagen



Volkswagen Space-up Blue FC Plug-In Hybrid



# Brennstoffzellen Hybrids



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



Daimler F-Cell B-Klasse  
[einige hundert bis 2010, danach jährlich mehr,  
ab 2014/15 bis zu rund 100.000 jährlich]



GM/Opel Equinox  
[Auslieferung von 110 Einheiten bis Ende 2008,  
davon 10 Fahrzeuge nach Berlin]



Honda FCX Clarity  
[bis zu hundert jährlich ab 2008 in USA und  
Japan, serienfertigungsfähiges Fahrzeug]



Ford Focus  
[mehrere zig Fahrzeuge in der Felderprobung  
Ford Edge und AirStream als Prototypen  
präsentiert]

Quellen: Daimler, Ford, Honda, GM/Opel



ludwig bolkow  
systemtechnik

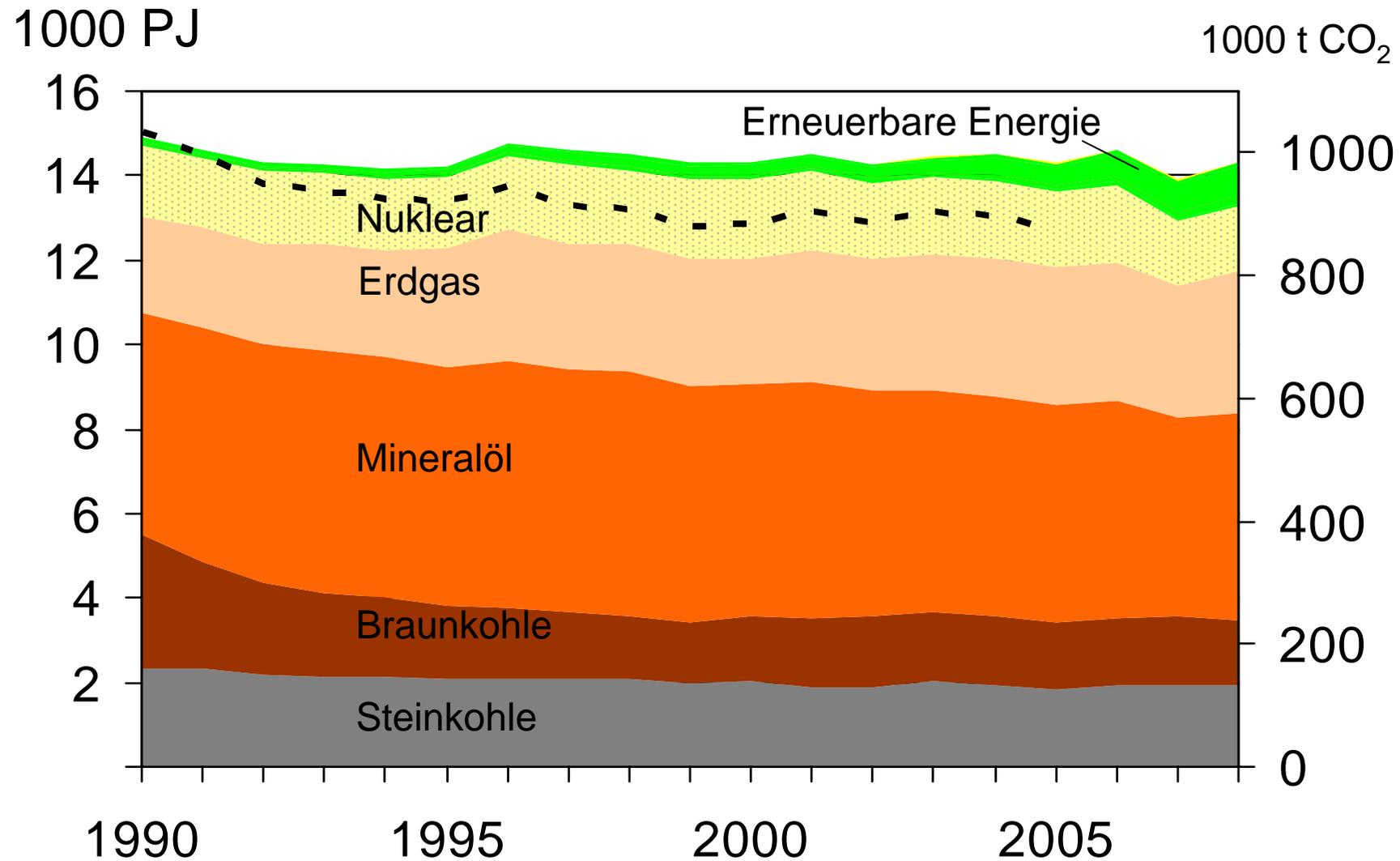
## Teil 2

- Energieverbrauch in der Deutschland
- Was kann die Region tun
- Was kann der einzelne tun

# Primärenergieverbrauch Deutschland



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

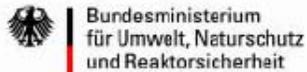


Quelle: AG Energiebilanzen, Mai 2008; Daten für 2008 aus 1. Quartal hochgerechnet

# Innovative Energiewandlungstechnologien (Regenerative Energien)

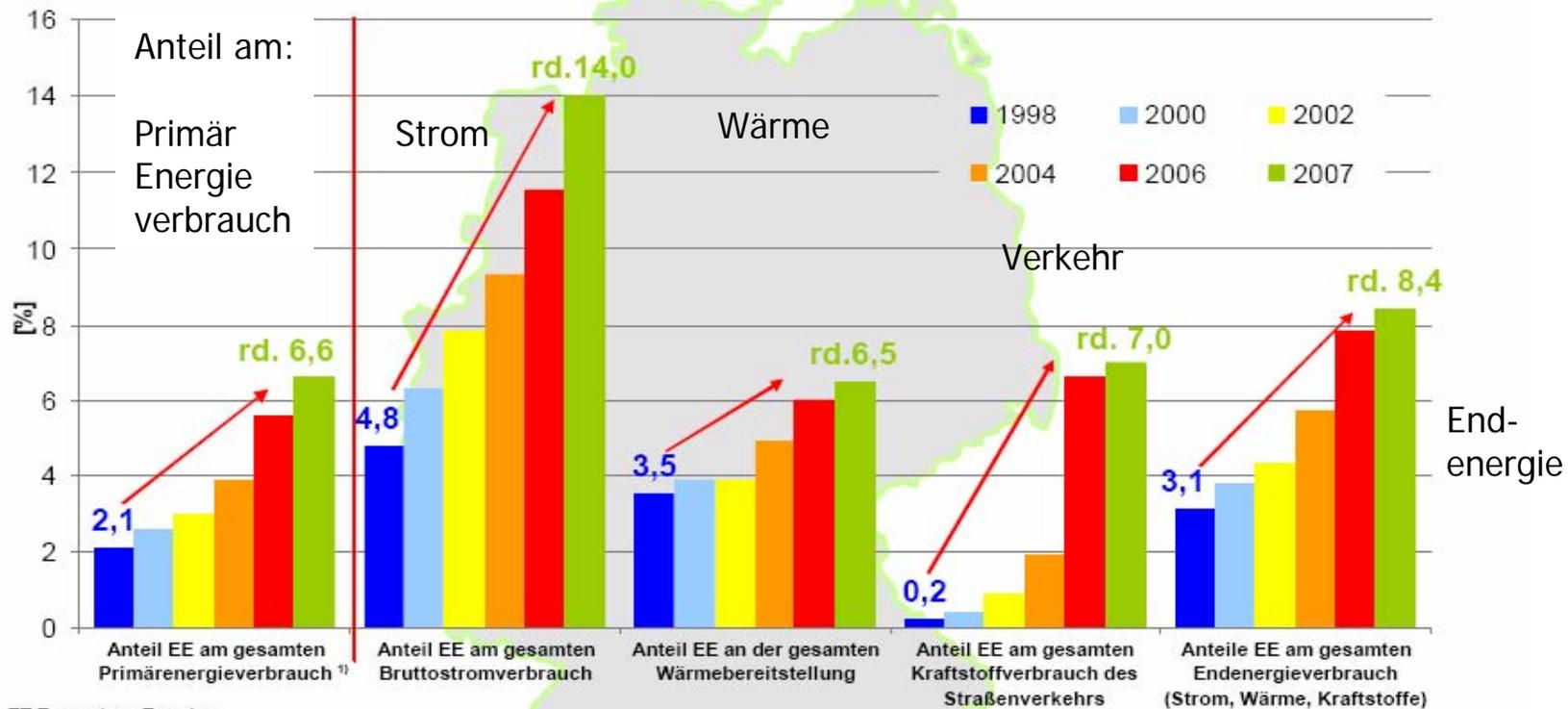


Ludwig Bolkow  
systemtechnik



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

## Beitrag der erneuerbaren Energien in Deutschland zur Energieversorgung 1998 - 2007



EE Erneuerbare Energien

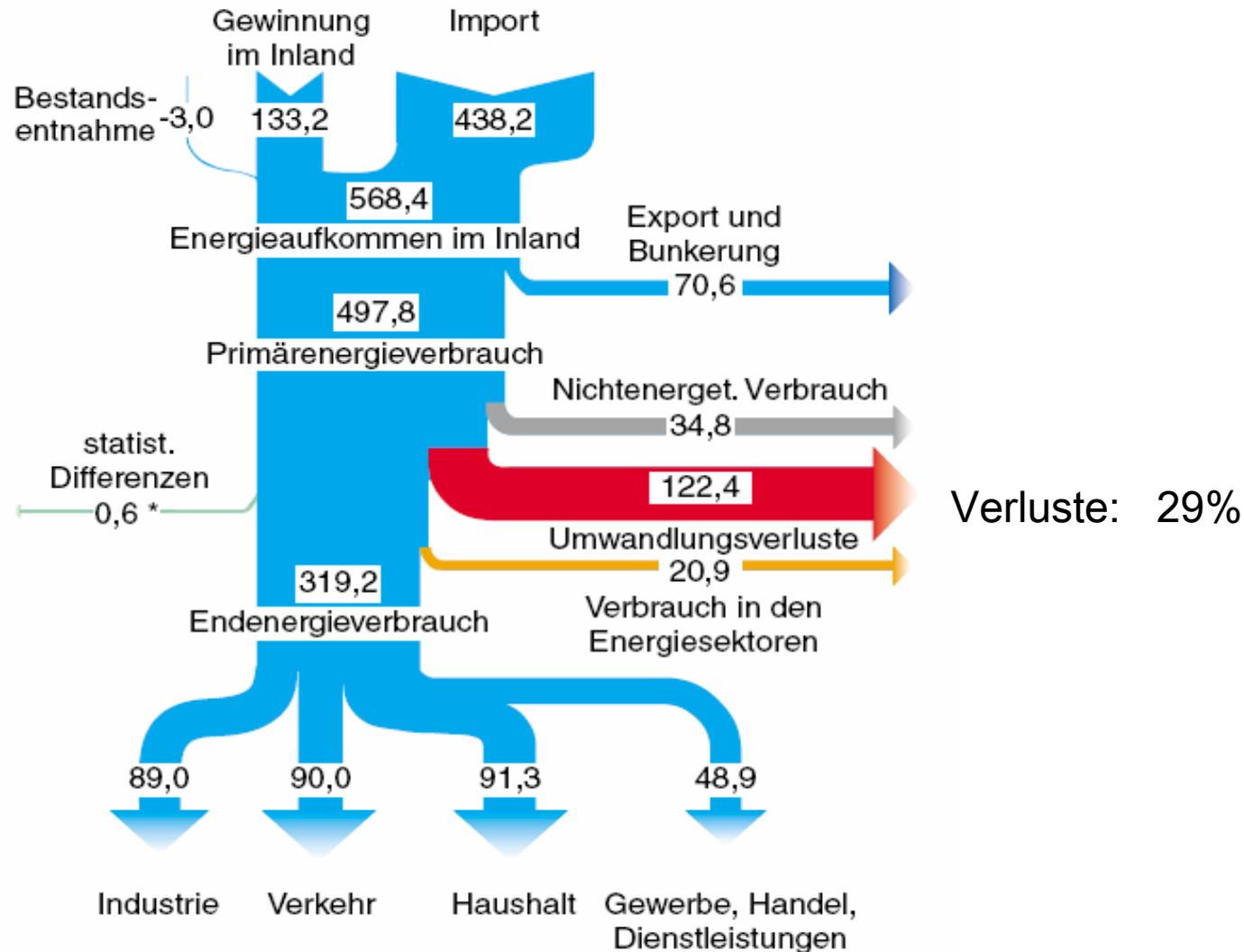
<sup>1)</sup> Anteil PEV berechnet nach (der offiziellen) Wirkungsgradmethode; Berechnung nach Substitutionsmethode führt zu einem rd. 2 % höheren Anteil der EE

Quelle: BMU nach Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik (AGEE-Stat); Angaben vorläufig

# Vereinfachte Energiebilanz Deutschland 2006



Ludwig Bolkow  
systemtechnik

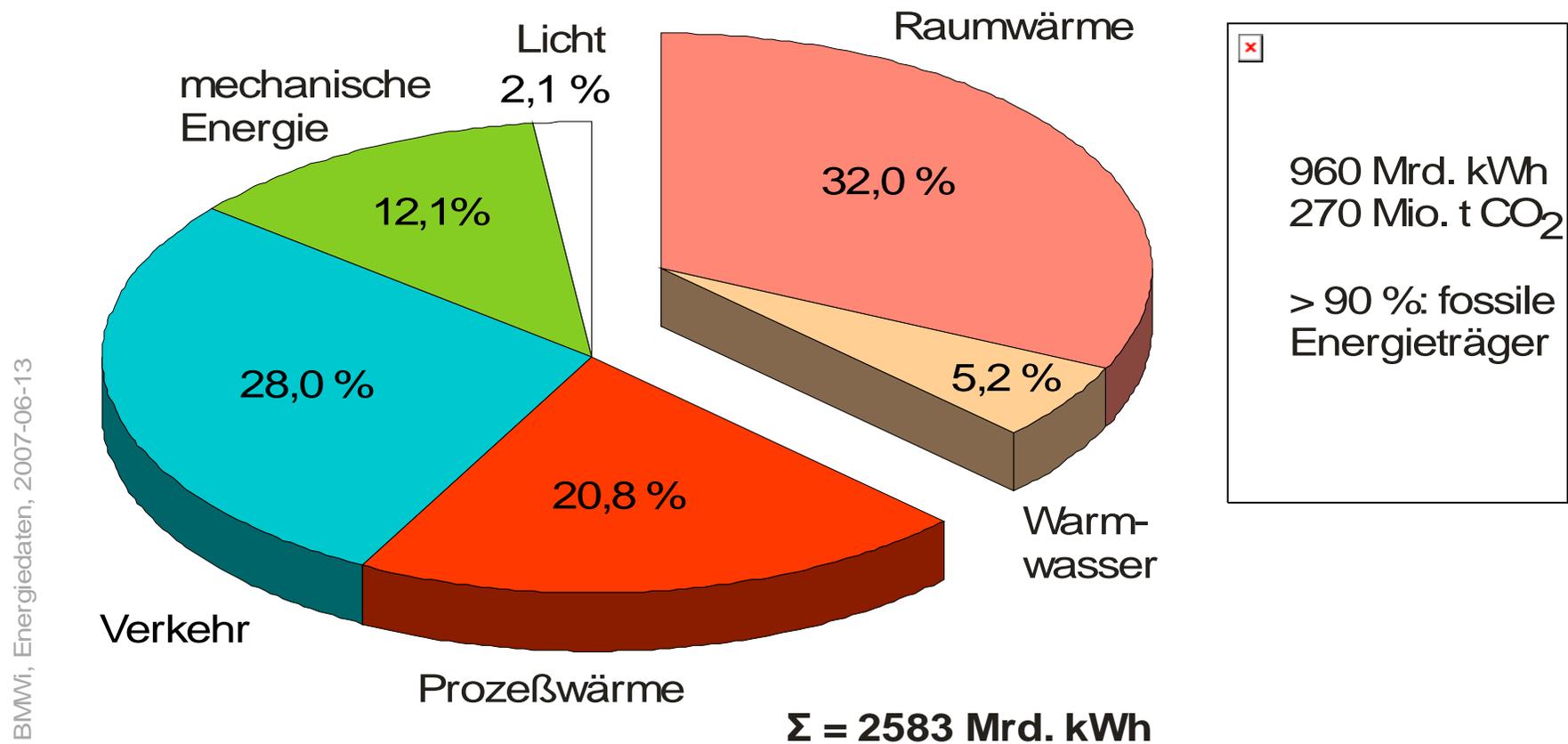


# Endenergieverbrauch

D, 2005



ludwig bolkow  
systemtechnik



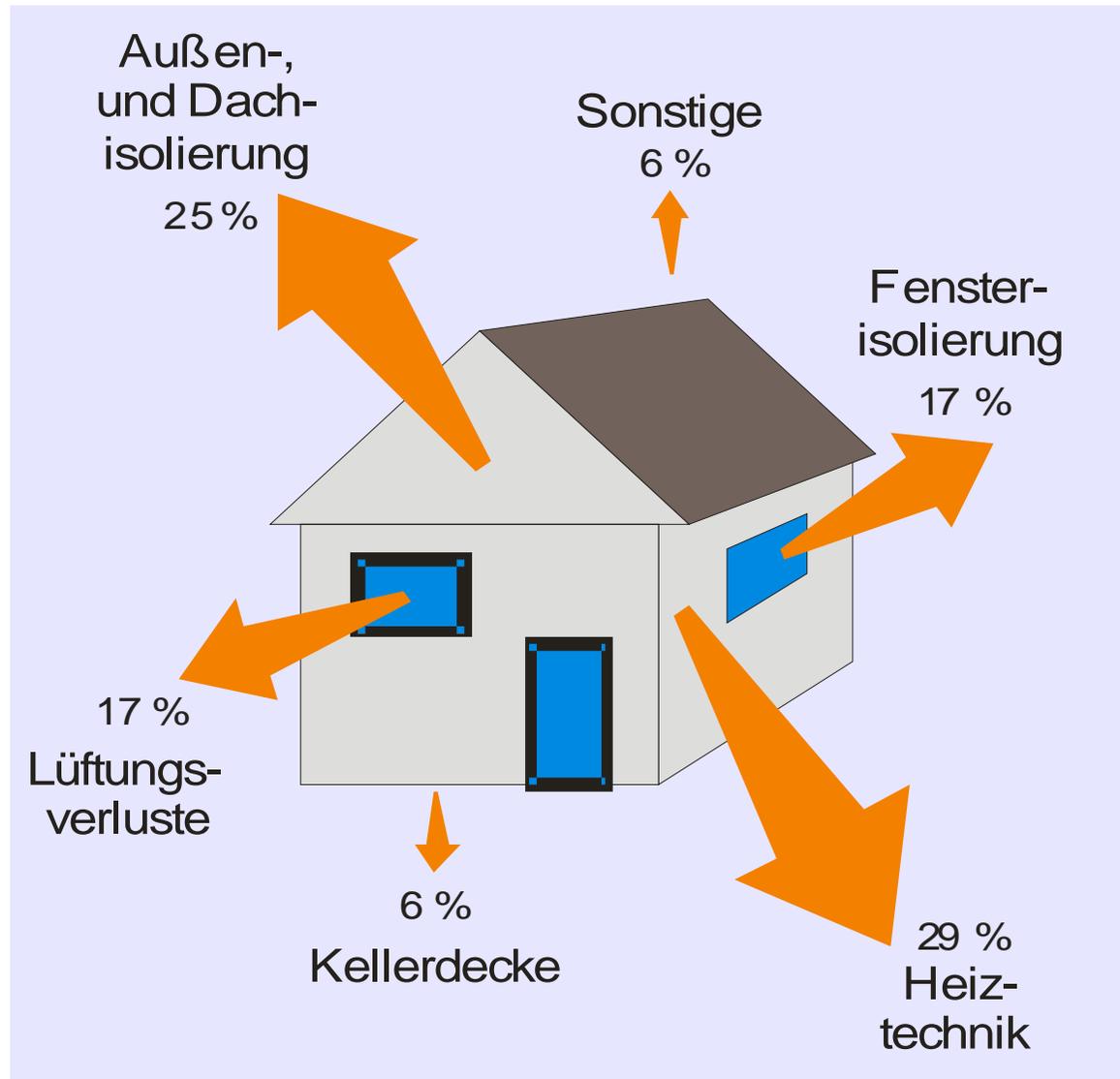
Quelle: DKV

# Wärmeverluste eines Gebäudes

„Wärme“ strömt zur „Kälte“



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



Quelle: DKV

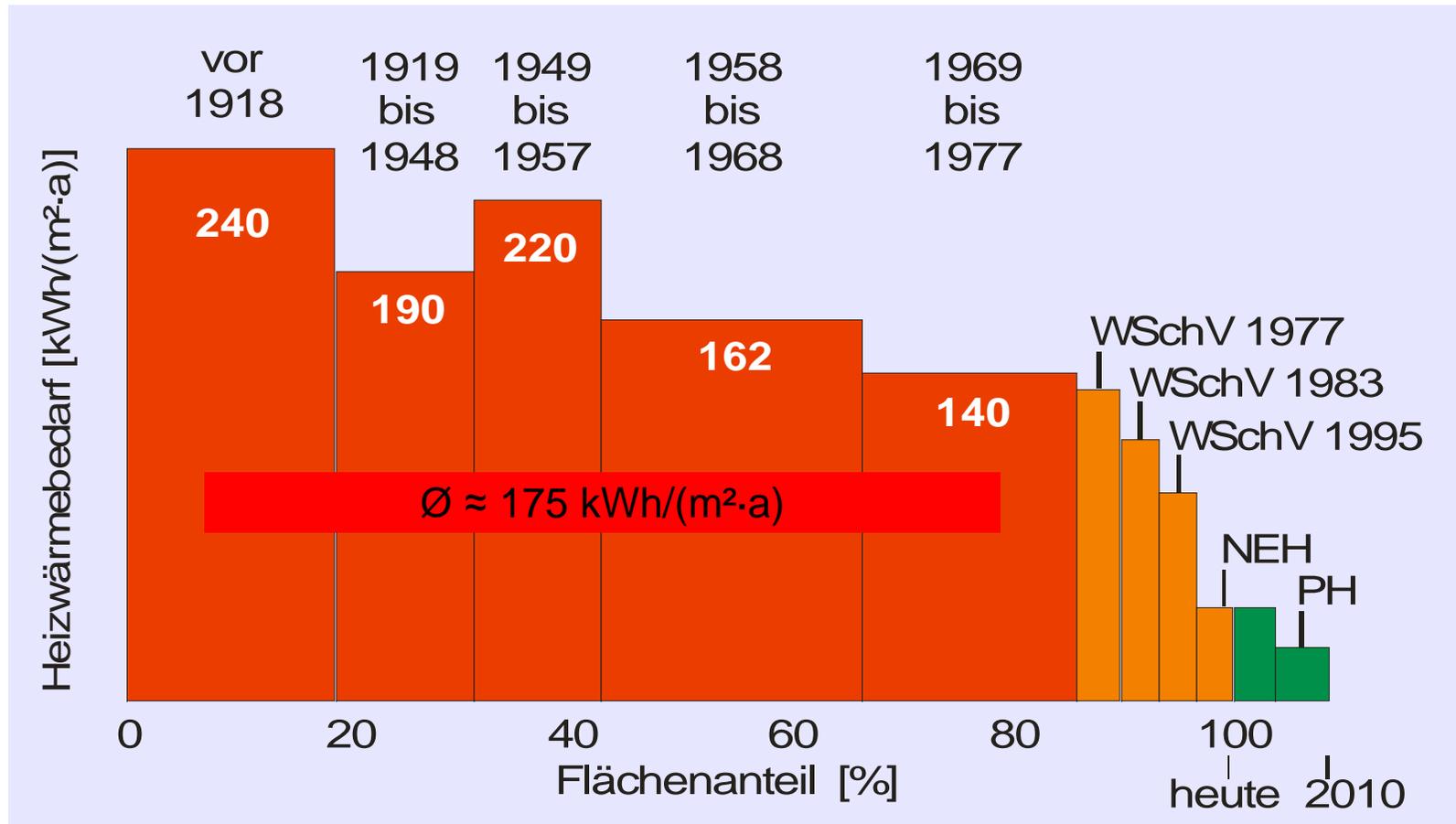
# Wärmebedarf von Wohngebäuden

39,1 Mio. Haushalte – 85 % sanierungsfähig



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

GRE, zitiert nach DKV-Tagung 2006, IZW, Dr. Jakobs



Quelle: DKV

# Was kann die Region tun?

---



ludwig bolkow  
systemtechnik

## Aufbau eines Informationszentrums

(z.B. Energieagentur Dachau-Land oder Pfaffenhofen)

### Zweck:

- Erstellung von Potenzialbilanzen
- Information über sinnvolle Maßnahmen
- Information zur Finanzierung von Maßnahmen
- Information über einschlägige Firmen/Handwerker
- Aktive Initiierung von Demonstrationsvorhaben
- Beratung der Kommune

### Zielgruppe:

- Gewerbe / Kleingewerbe
- Einzelpersonen
- kommunale Politik

### Finanzierung:

Einschlägige Firmen/Betriebe/Handwerker, Kommune, Förderung

### Beispiele:

- 50/50 Projekt Münchner Schulen und Kita-stätten
- Finanzierung von Solaranlagen für Neubauten über Abgabe bei Grunderschließungsgebühren
- Regionale Verkehrswegeplanung auf Annahmen überprüfen
- Regionale Bauplanung/Flächennutzungsplan (z.B.

Einkaufszentrum) auf „Ölabhängigkeit“ der Kunden überprüfen

- Pläne erstellen für Priorität der Öl/Benzinnutzung  
(z.B. Feuerwehr, Polizei, Öff. Verkehr)

## Was kann der Einzelne tun? Beispiele

---



ludwig bolkow  
systemtechnik

### Gewerbe/Lebensmittelbranche:

Neue drehzahlgeregelte Pumpen und digitale Steuerung  
lassen bei Lebensmittelkühlung bis 50% Strom reduzieren (Amortisation ~2 Jahre)

Kombination von Kälte / Wärmeerzeugung bis 80% Stromeinsparung

### Privathaushalte:

EEE (Einsparen, Effizienz steigern, Erneuerbare)

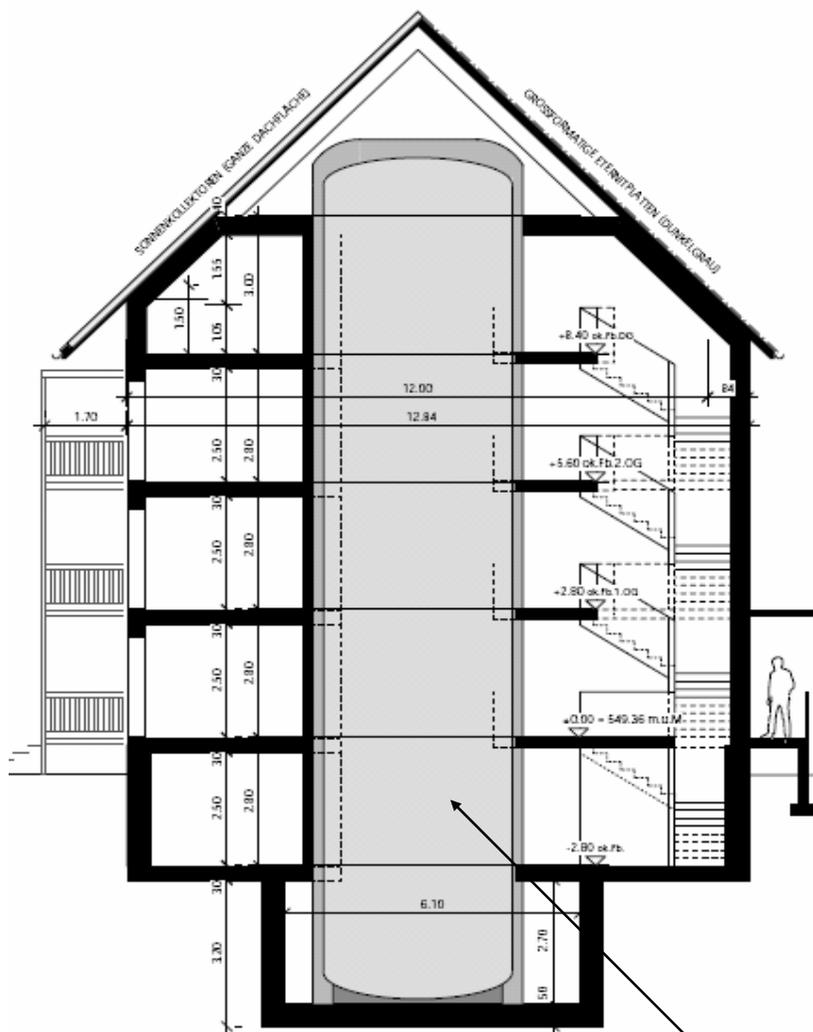
- Bei Neuinvestition auf energieeffiziente Produkte achten
- Wärmedämmung einbauen – z.B. immer wenn eine Renovierung des Daches oder der Fassade ansteht
- Heizungspumpe überprüfen (hydraul. Abgleich, Drehzahlregelung)

# Größtes Solar beheiztes Haus Europas ohne Zusatzheizung (Schweiz) (Wohnfläche 1344 m<sup>2</sup>)



Ludwig Hölzler  
Architektur

### Querschnitt



Quelle: [www.jenni.ch](http://www.jenni.ch)

### Solarkollektoren (276 m<sup>2</sup>)



### Isolation (20 cm)

### Warmwasserspeicher im Treppenhaus (200.500 liter)

# Niedertemperatur-Wärmequellen 1



ludwig bolkow  
systemtechnik

Vereinigung der deutschen Zentralheizungswirtschaft e.V., 2/2006



Erdkolektor



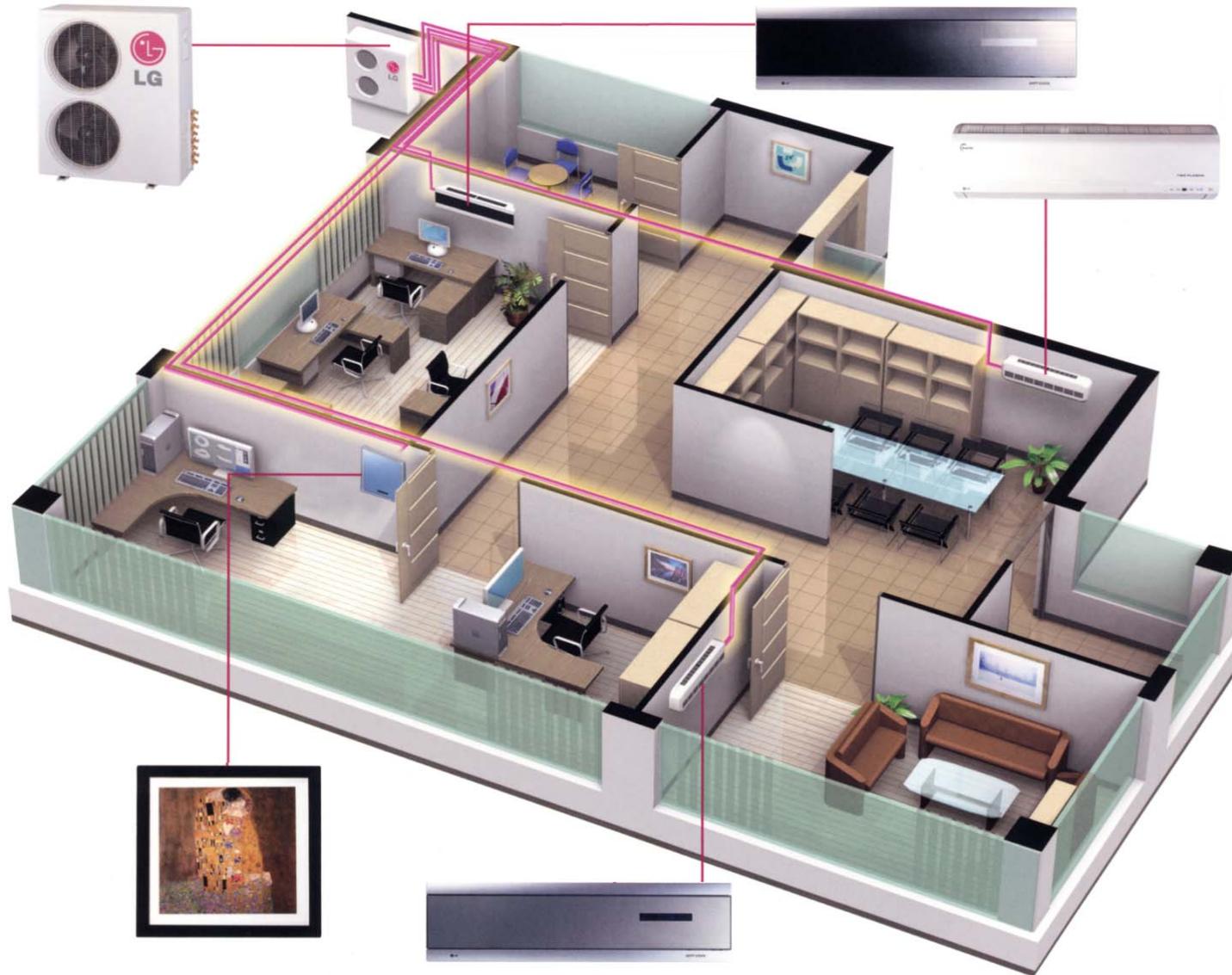
Erdsonde

# Luft/Luft-Multisplit-Anlage

(eine Außeneinheit + mehr Inneneinheiten)



ludwig bolkow  
systemtechnik



Prospekt Fa. LG, 2007

Quelle: DKV



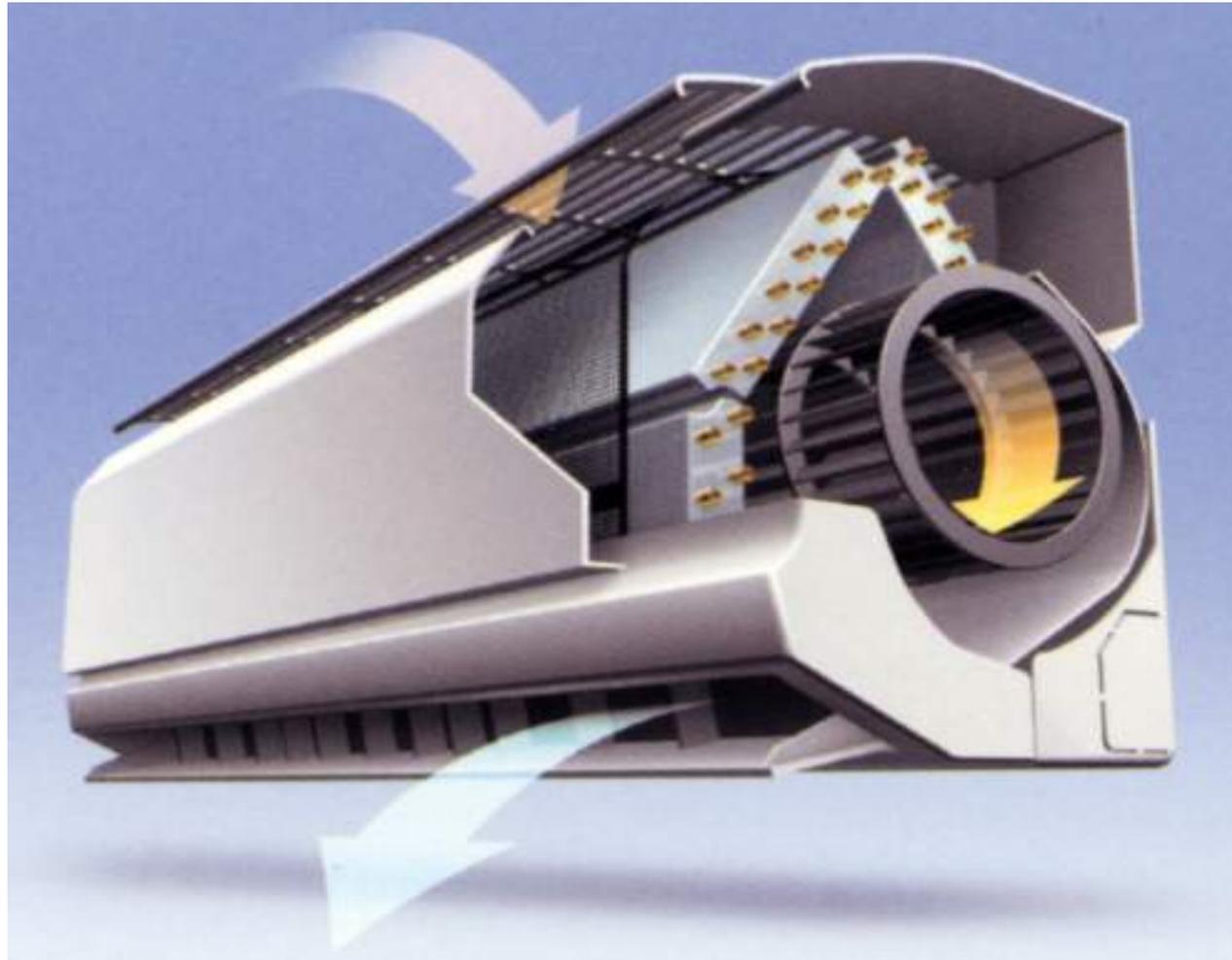
# Multisplit-Innengerät (LG)

---



ludwig bolkow  
systemtechnik

Prospekt Fa. LG, 2007



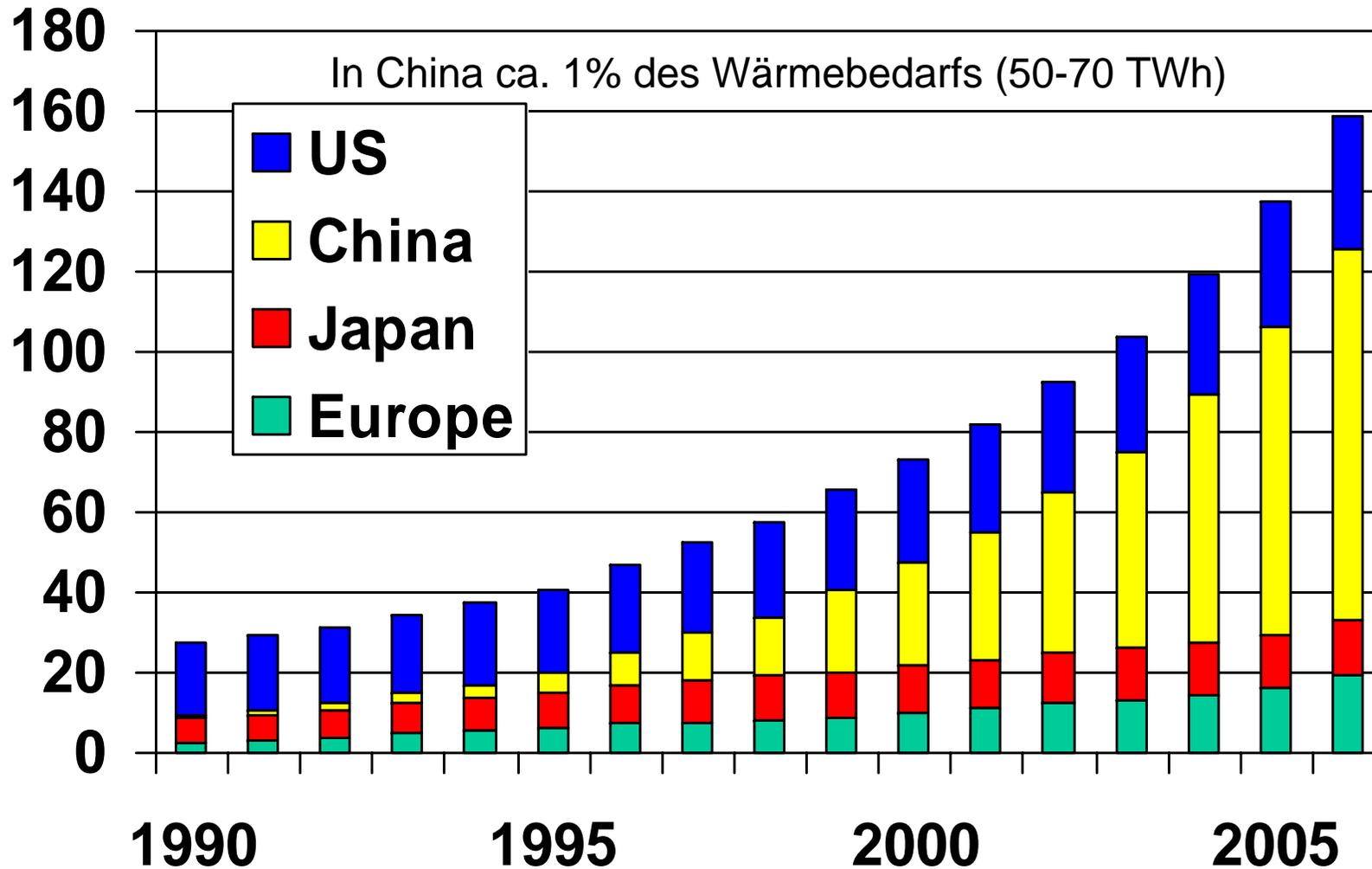
Quelle: DKV

# Weltweit installierte Solarkollektorfläche



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

Mio m<sup>2</sup>



Quelle: Datenbasis LBST 2007

# Weltgrößter Markt für Solaranlagen – China

---



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



## *Kunming - thousands of individual systems*

AEE INTEC Institut für Nachhaltige Technologien

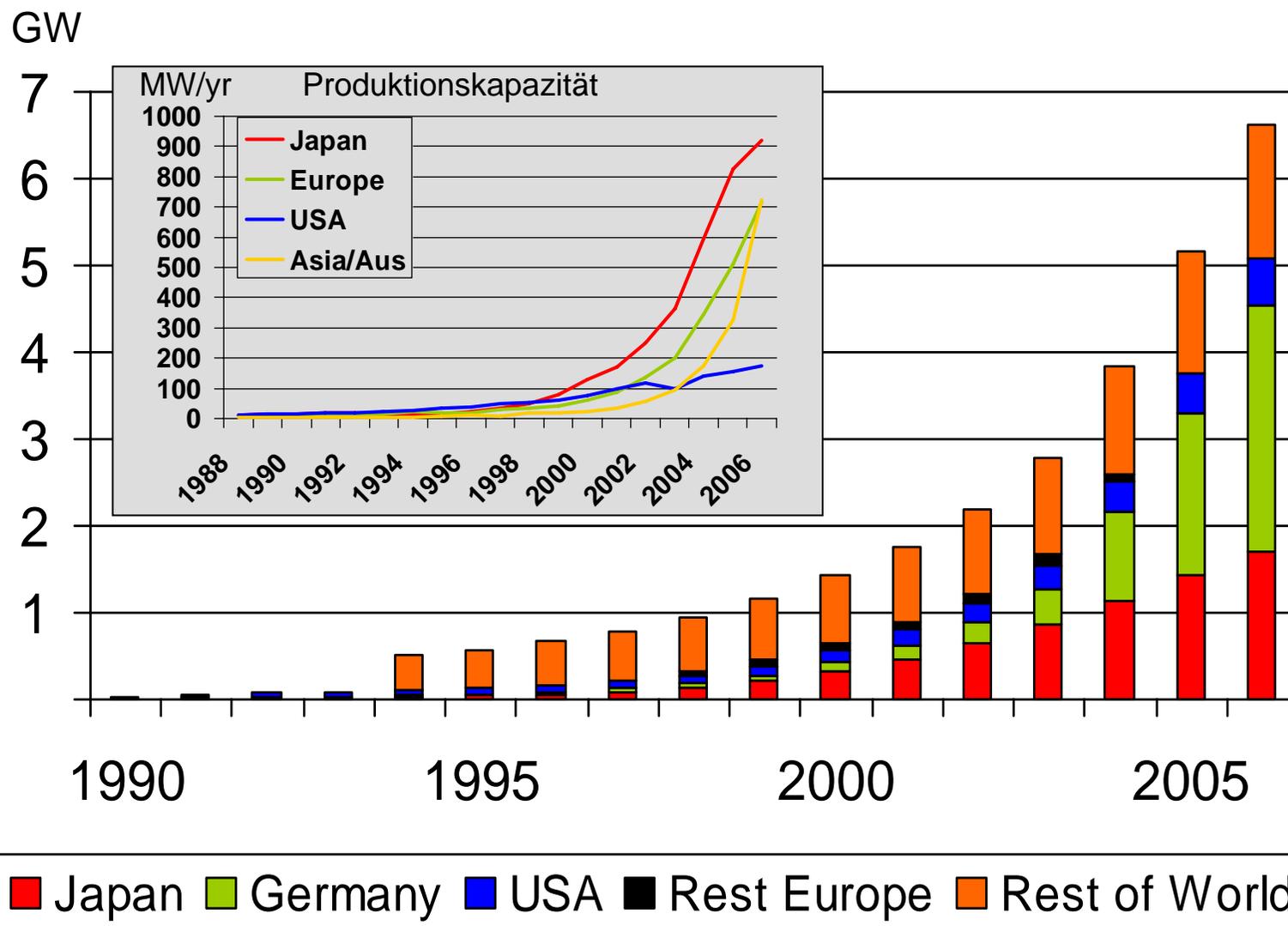


Quelle: Auer, AEE INTEC 2001

# Installierte PV Leistung – Welt



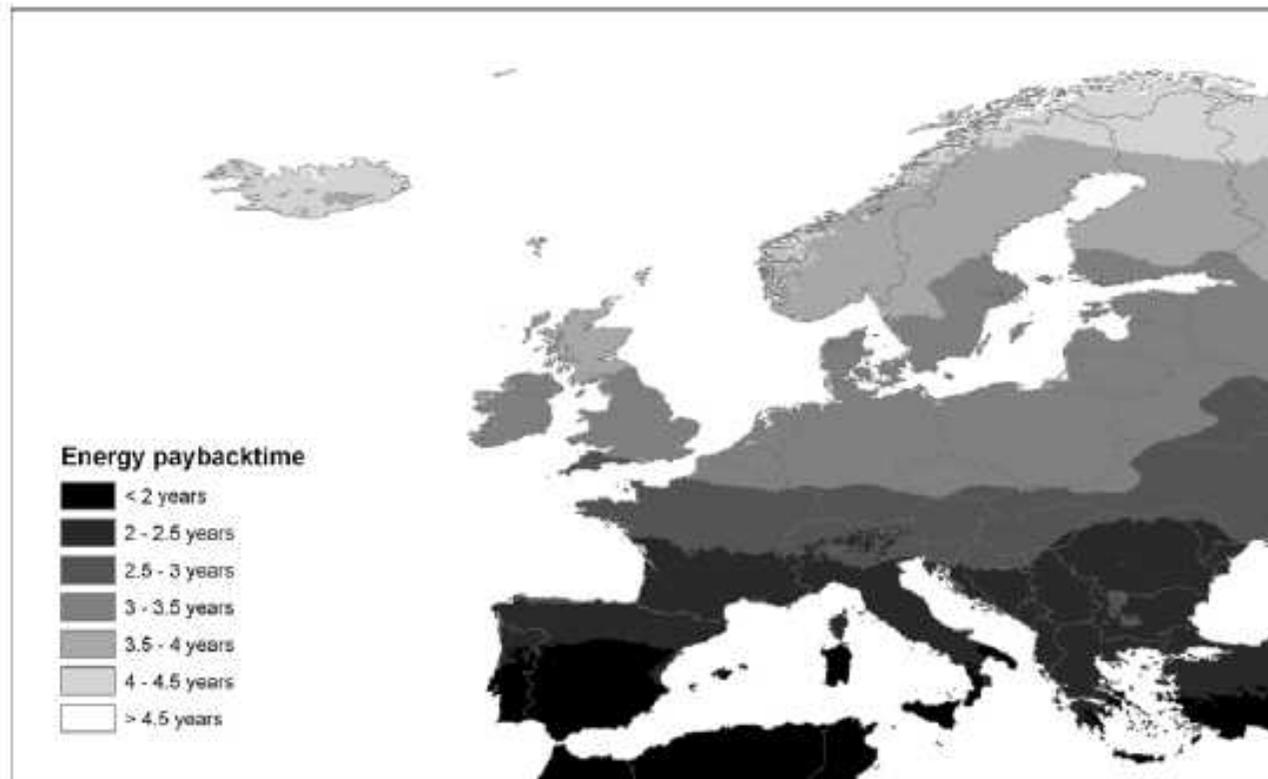
Ludwig Bolkow  
systemtechnik



Quelle: EPIA, Photon, 2007



## Energy pay-back time by region



Swiss Centre  
For Life Cycle  
Inventories

A joint initiative of the  
ETH domain and Swiss  
Federal Offices

**ETH**

**EPFL**

**PSI**

**EMPA**

**ART**

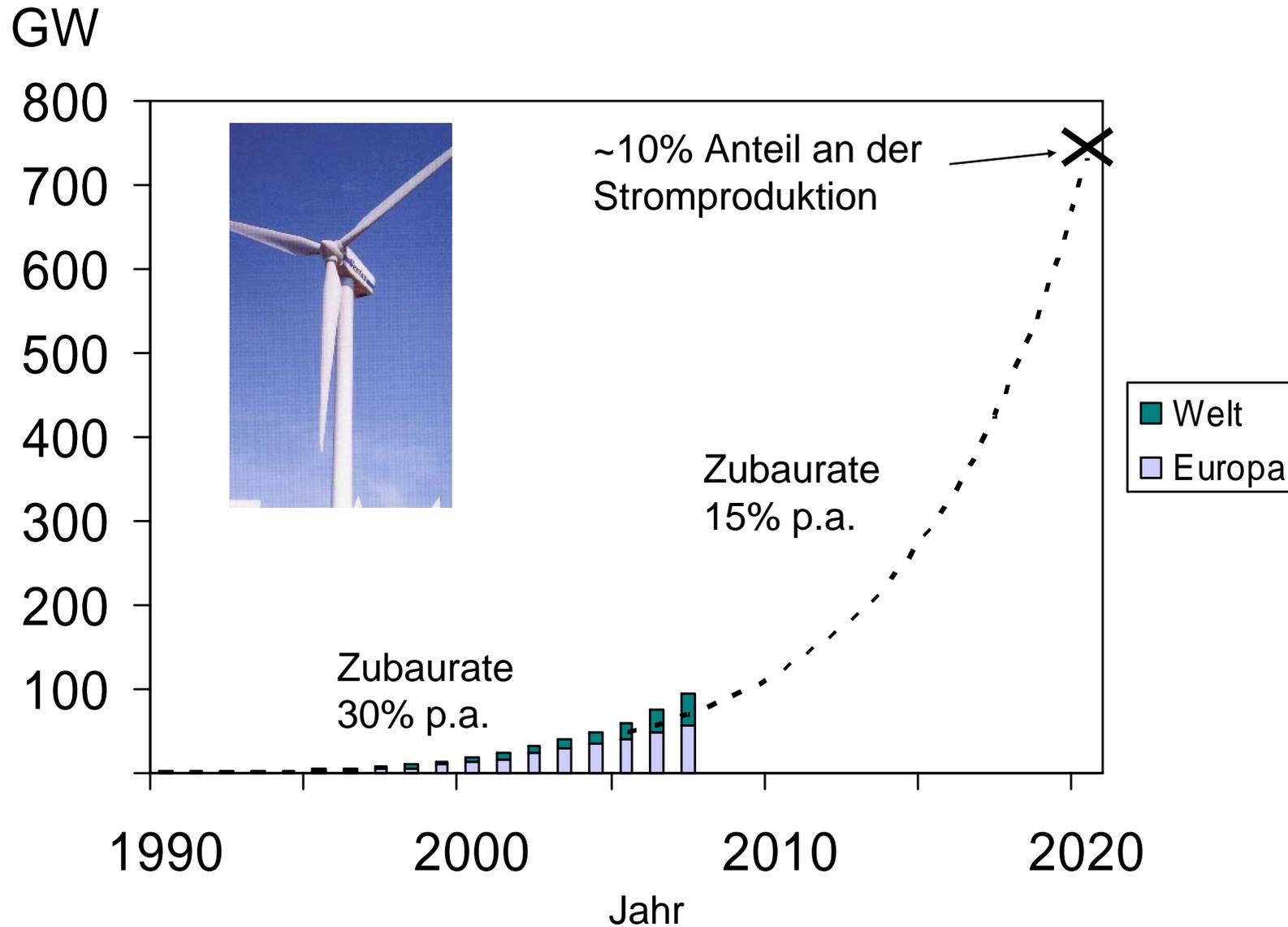
slanted-roof multicrystalline panels operated in Europe in relation to the UCTE electricity mix



# Installierte Windenergieleistung - Welt



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



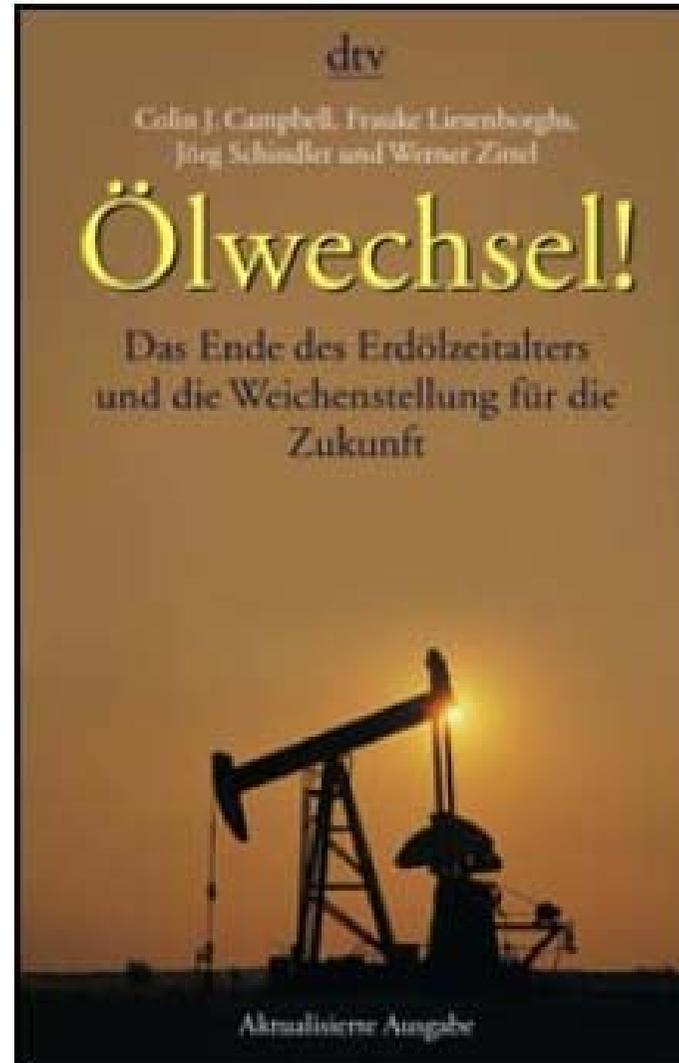
Quelle: BMU 2007; WindForce 10, 2004

## Das Buch zum Thema Öl

---



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik



Autoren:

Colin J. Campbell  
Frauke Liesenborghs  
Jörg Schindler  
Werner Zittel

## Quellen und Web-Links

---



ludwig bolkow  
systemtechnik

### **LBST:**

<http://www.lbst.de>

<http://www.h2stations.org>

<http://www.h2mobility.org>

### **Energy Watch Group:**

#### *Oil Report:*

<http://www.energywatchgroup.org/Oil-report.32+M5d637b1e38d.0.html>

[http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG\\_Oilreport\\_10-2007.pdf](http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Oilreport_10-2007.pdf) [full report]

[http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG\\_Oilreport\\_Summary\\_10-2007.pdf](http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Oilreport_Summary_10-2007.pdf) [executive summary]

[http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG\\_Press\\_Oilreport\\_22-10-2007.pdf](http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Press_Oilreport_22-10-2007.pdf) [press release]

#### *Uranium Report:*

[http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG\\_Uraniumreport\\_12-2006.pdf](http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG_Uraniumreport_12-2006.pdf)

#### *Coal Report:*

[http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG-Coalreport\\_10\\_07\\_2007.pdf](http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG-Coalreport_10_07_2007.pdf)

### **DWV:**

*"Woher kommt die Energie für die Wasserstoffherzeugung — Status und Alternativen"*

[http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/studies\\_\\_d/2006/DWV\\_Woher-H2\\_NOV2006.pdf](http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/studies__d/2006/DWV_Woher-H2_NOV2006.pdf)

<http://www.dwv-info.de/publikationen/2006/woher.pdf>

### **EHA:**

*EHA H2 Production Brochure April, 2007*

[http://www.h2euro.org/Publications/studies/EHA\\_H2Production\\_brochure\\_eng\\_0407.pdf](http://www.h2euro.org/Publications/studies/EHA_H2Production_brochure_eng_0407.pdf)

*Hydrogen and Fuel Cells as Strong Partners of Renewable Energy Systems*

[http://www.h2euro.org/Publications/studies/EHA\\_Study\\_H2RE\\_EN.pdf](http://www.h2euro.org/Publications/studies/EHA_Study_H2RE_EN.pdf)

## Quellen und Web-Links (2)

---



Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

### **EC-JRC IPTS:**

*"Potential of hydrogen as a fuel for transport in the long term (2020 to 2030)"*

[http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/studies\\_\\_e/2004ipts\\_\\_e.html](http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/studies__e/2004ipts__e.html)

### **Quelle-zum-Rad-Analysen (Well-to-Wheel Analyses):**

*EUCAR, CONCAWE, JRC – Well to Wheel Reports*

*Well to Wheel Reports 2007, 2006, 2005 and 2003*

[http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/studies\\_\\_e/2005eucar\\_\\_e.html](http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/studies__e/2005eucar__e.html)

<http://ies.jrc.cec.eu.int/wtw.html>

*Well-to-Wheel Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions of Advanced Fuel/Vehicle Systems – A European Study*

[http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/studies\\_\\_e/2002gmwtw\\_\\_e.html](http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/studies__e/2002gmwtw__e.html)

*Einordnung und Vergleich biogener Kraftstoffe – „Well-to-Wheel“-Betrachtungen*

[http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/articles2006/Schindler-Weindorf\\_LBST\\_Bio-Kraftstoffe-WtW\\_TA-TuP\\_April2006\\_scwe06a.pdf](http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/articles2006/Schindler-Weindorf_LBST_Bio-Kraftstoffe-WtW_TA-TuP_April2006_scwe06a.pdf)

*Vergleich verschiedener Antriebskonzepte im Individualverkehr im Hinblick auf Energie- und Kraftstoffeinsparung*

[http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/studies\\_\\_d/2002\\_antriebe\\_\\_d.html](http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/studies__d/2002_antriebe__d.html)

*Comparison of different propulsion systems in private transport in terms of energy saving and reduction of greenhouse gases*

[http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/studies\\_\\_e/2004propuls\\_\\_e.html](http://192.168.1.217/www/lbst.de/publications/studies__e/2004propuls__e.html)