



## Peak Oil – und was nun?



Dr. Werner Zittel

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH · Ottobrunn

Zittel@LBST.de



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



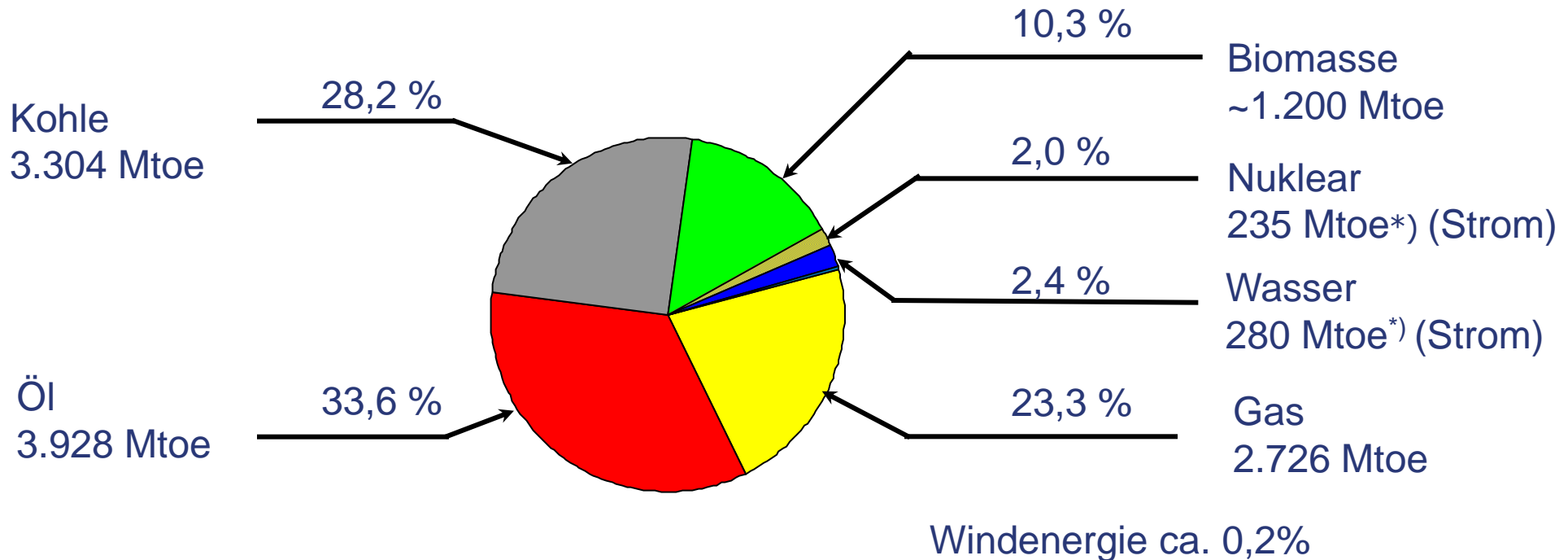
ludwig bolkow  
systemtechnik

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

# Weltenergieverbrauch 2008



ludwig bolkow  
systemtechnik



\*) bei Umrechnung in Primärenergie erhöht sich der Beitrag von Kernenergie auf 620 Mtoe und von Wasserkraft auf 717 Mtoe

1 Mtoe = 1 Mio. Tonnen Öläquivalent

Quelle: BP Statistical Review of World Energy 2009  
Renewables: WEO 2006



- „Trouble lies ahead“

Karl Hiller, BGR 1998

- „Wir erleben jetzt eine globale Energiekrise. Ich weiß, das haben Sie schon einmal gehört, aber diesmal ist es ernst“

(“We are now facing a global energy crisis. I know you’ve heard this before, but this time it’s for real.”)

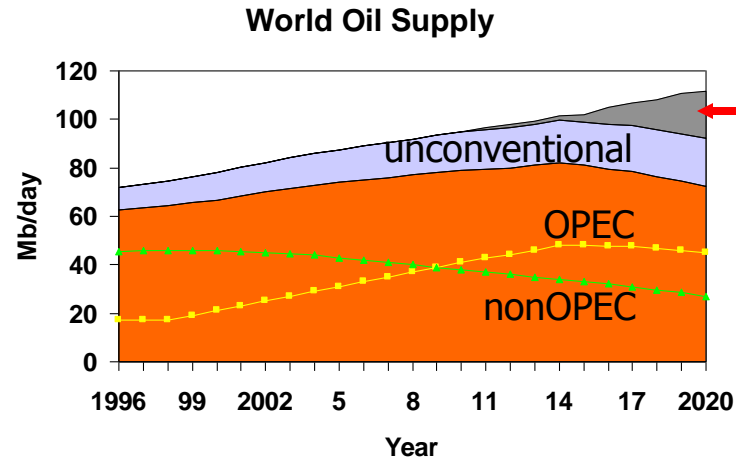
Hiroyuki Yoshino, Präsident von Honda Dezember 1998

# Widersprüchliche Aussagen der IEA im World Energy Outlook (WEO)



ludwig bolkow  
systemtechnik

- WEO 1998: Die Lücke zwischen Bedarf und Förderung wird als „Balancing item“ bezeichnet



**Balancing Item**  
„not yet identified  
supply“

- WEO 2000: Die Lücke zwischen Bedarf und Förderung wird durch eine stark steigende Förderung der OPEC geschlossen
- WEO 2006: „The threat to the world’s energy security is real and growing“
- WEO 2007: „The world faces a fossil energy future to 2030“
- IEA 2008: “ We should leave the oil before the oil leaves us“ (Fatih Birol, Chief Economist IEA)



ludwig bolkow  
systemtechnik

---

## World Energy Outlook 2008

- For all the uncertainties highlighted in this report, we can be certain that the energy world will look a lot different in 2030 than it does today.

## World Energy Outlook 2009

- The scale and breadth of the energy challenge is enormous – far greater than many people realise.

Source: International Energy Agency 2008, 2009

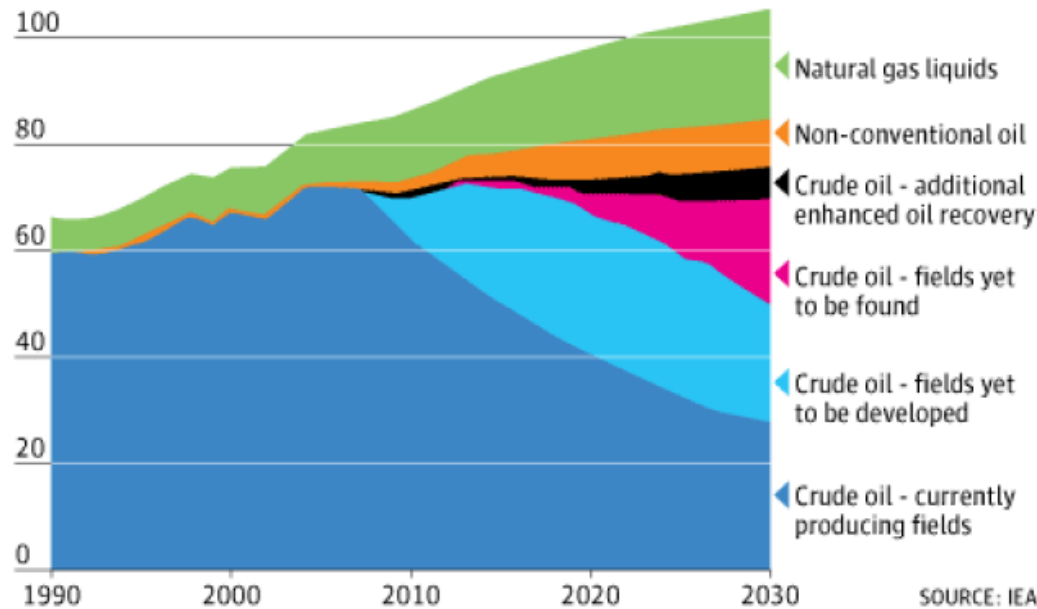


# Key oil figures were distorted by US pressure, says whistleblower

**Exclusive:** Watchdog's estimates of reserves inflated says top official

## Oil production forecast

IEA forecast of global all-oil production, million barrels per day



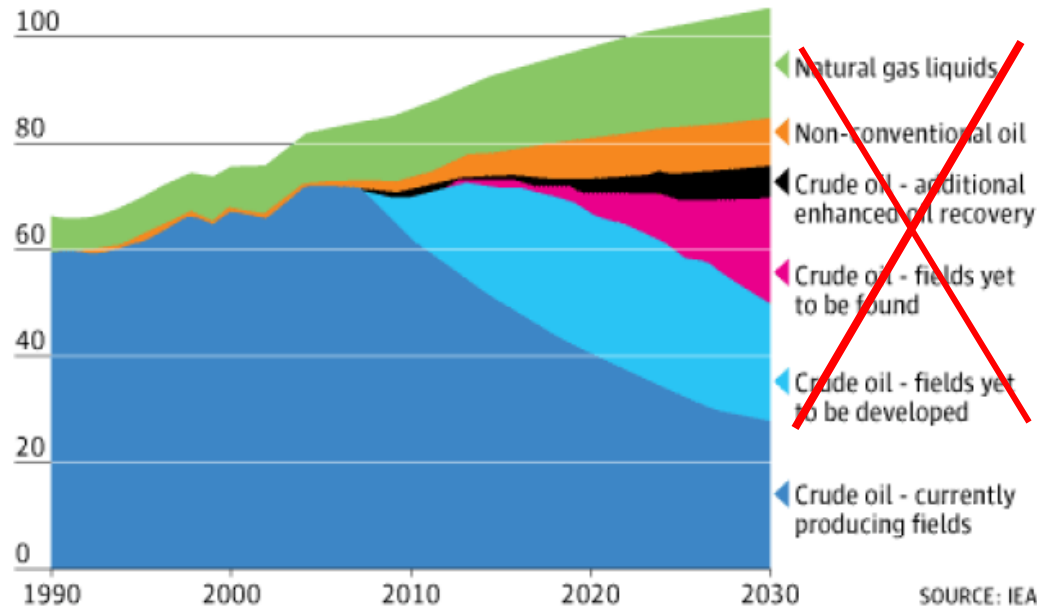
[guardian.co.uk](http://guardian.co.uk)

# Key oil figures were distorted by US pressure, says whistleblower

**Exclusive:** Watchdog's estimates of reserves inflated says top official

## Oil production forecast

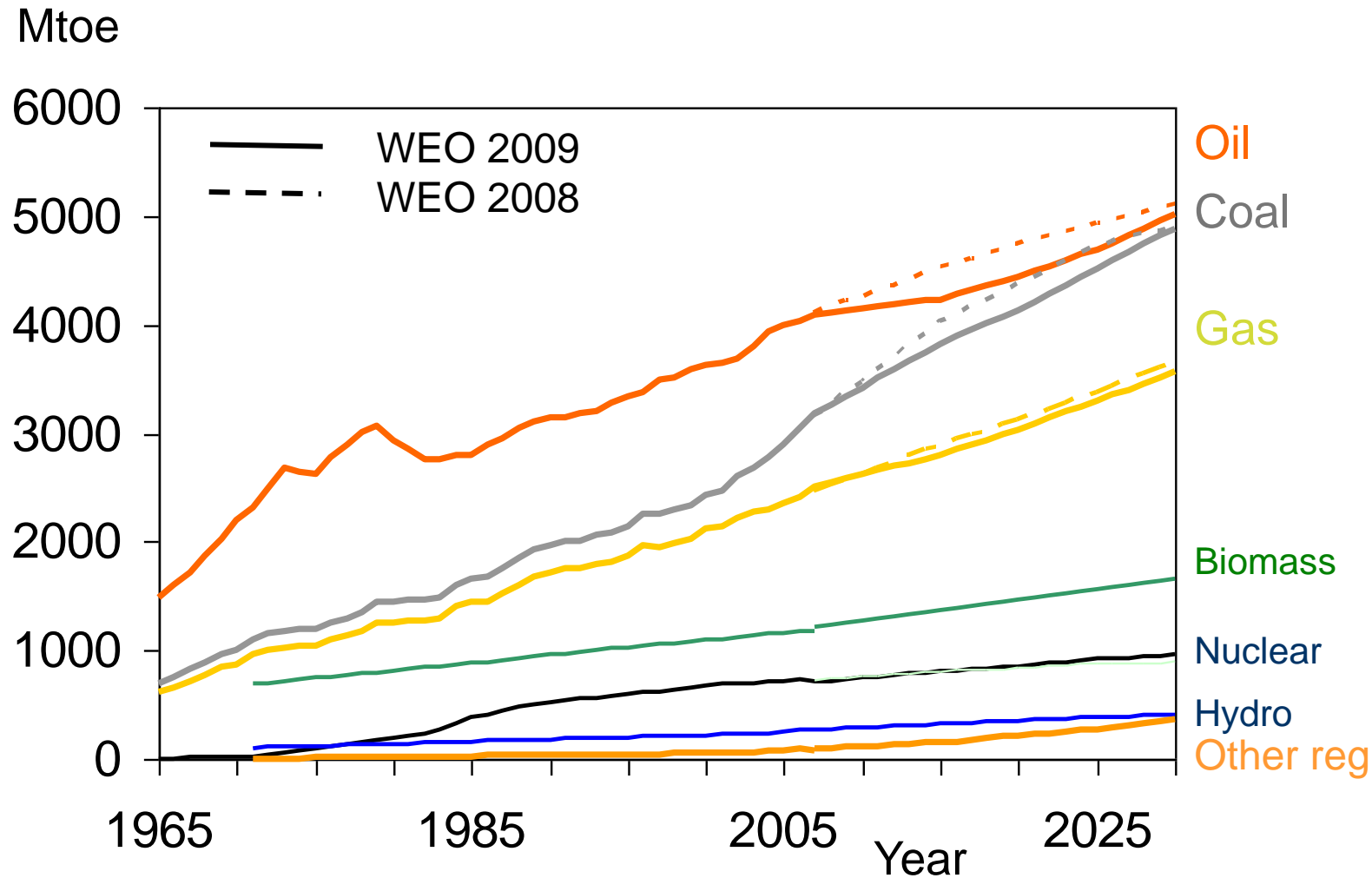
IEA forecast of global all-oil production, million barrels per day



# Reference Scenario - World Energy Outlook (WEO) 2009 and 2008



ludwig bolkow  
systemtechnik

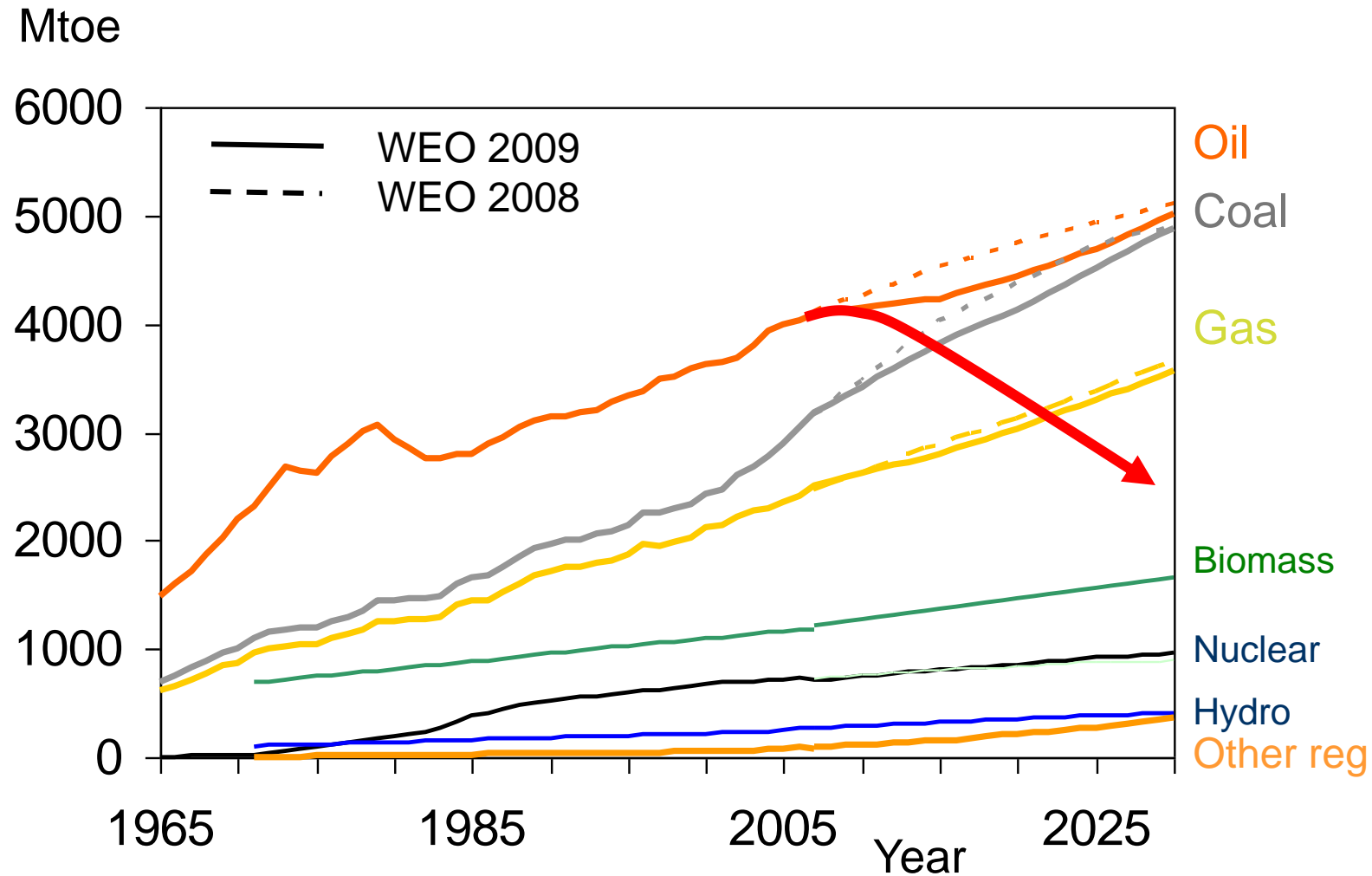


Source: Historical data - BP Statistical Review of World Energy  
Outlook - International Energy Agency 2009

# Reference Scenario - World Energy Outlook (WEO) 2009 and 2008



ludwig bolkow  
systemtechnik



Source: Historical data - BP Statistical Review of World Energy Outlook - International Energy Agency 2009



- 
- Energieversorgung heute
  - **Treibende Kräfte für einen Wandel**
    - limitierte Senken (Treibhauseffekt)
    - limitierte Quellen (Ressourcen)
    - Innovative Energietechnologien  
(Regenerative Energien, Effizienz)
  - Fünf Thesen zur künftigen  
Energieversorgung

# Unaufgelöster Widerspruch der Industriegesellschaft bezüglich einer klimaneutralen Energiepolitik



ludwig bolkow  
systemtechnik

Mtoe/a (Mio Tonnen Öläquivalent/Jahr)

20000

15000

10000

5000

0

1920

1940

1960

1980

2000

2020

2040

Jahr

Sonst.

Kohle

Gas

Öl

Business-as-usual:  
notwendig für  
Wachstum

Emissionsreduktion:  
notwendig für  
Klimaschutz



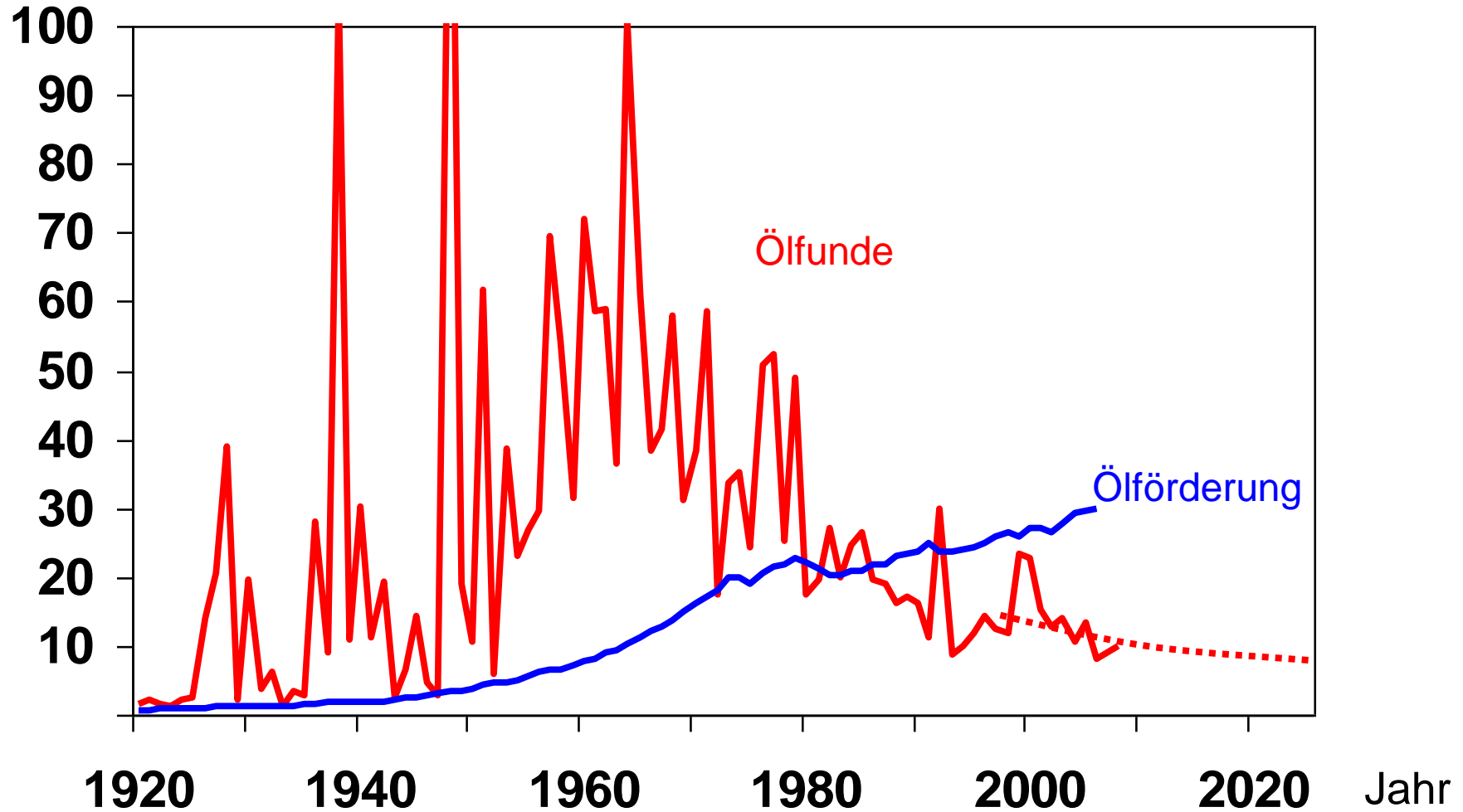
- 
- Energieversorgung heute
  - Treibende Kräfte für einen Wandel
    - limitierte Senken (Treibhauseffekt)
    - **limitierte Quellen (Öl, Kohle, Gas, Uran)**
    - innovative Energietechnologien  
(Regenerative Energien, Effizienz)
  - Fünf Thesen zur künftigen Energieversorgung
  - Innovations-Push/-Pull

# Ölfunde und Ölförderung (1920-2005)



ludwig bolkow  
systemtechnik

Mrd Barrel/a



Quelle: IHS Energy/ASPO

## Warum wachsen die Reserven mit der Zeit?

Schätzung des Explorateurs:

so groß wie vertretbar

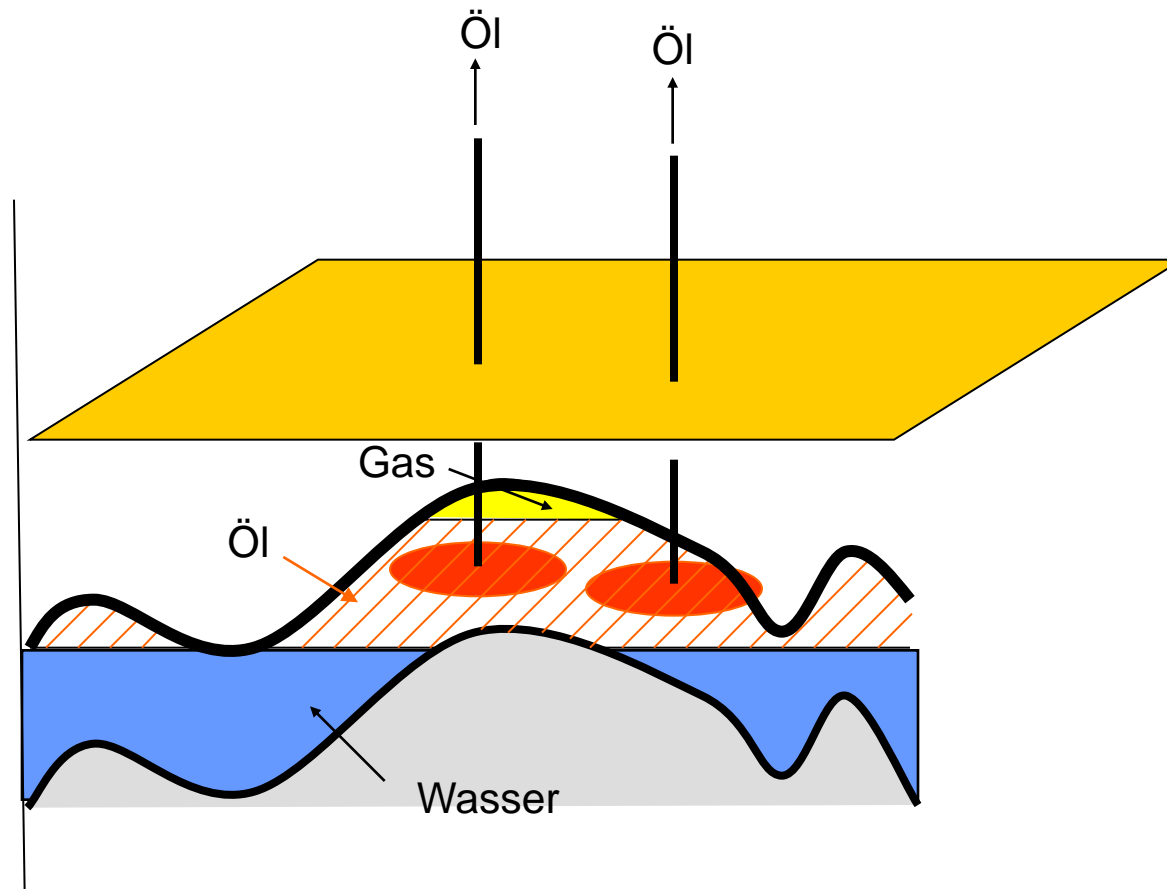
Schätzung des Ökonomen:

so vorsichtig wie vertretbar

Angabe in Jahresberichten:

Was sicher mit getätigten Bohrungen förderbar ist

=> Zunahme der Fördersonden lässt Reserven wachsen

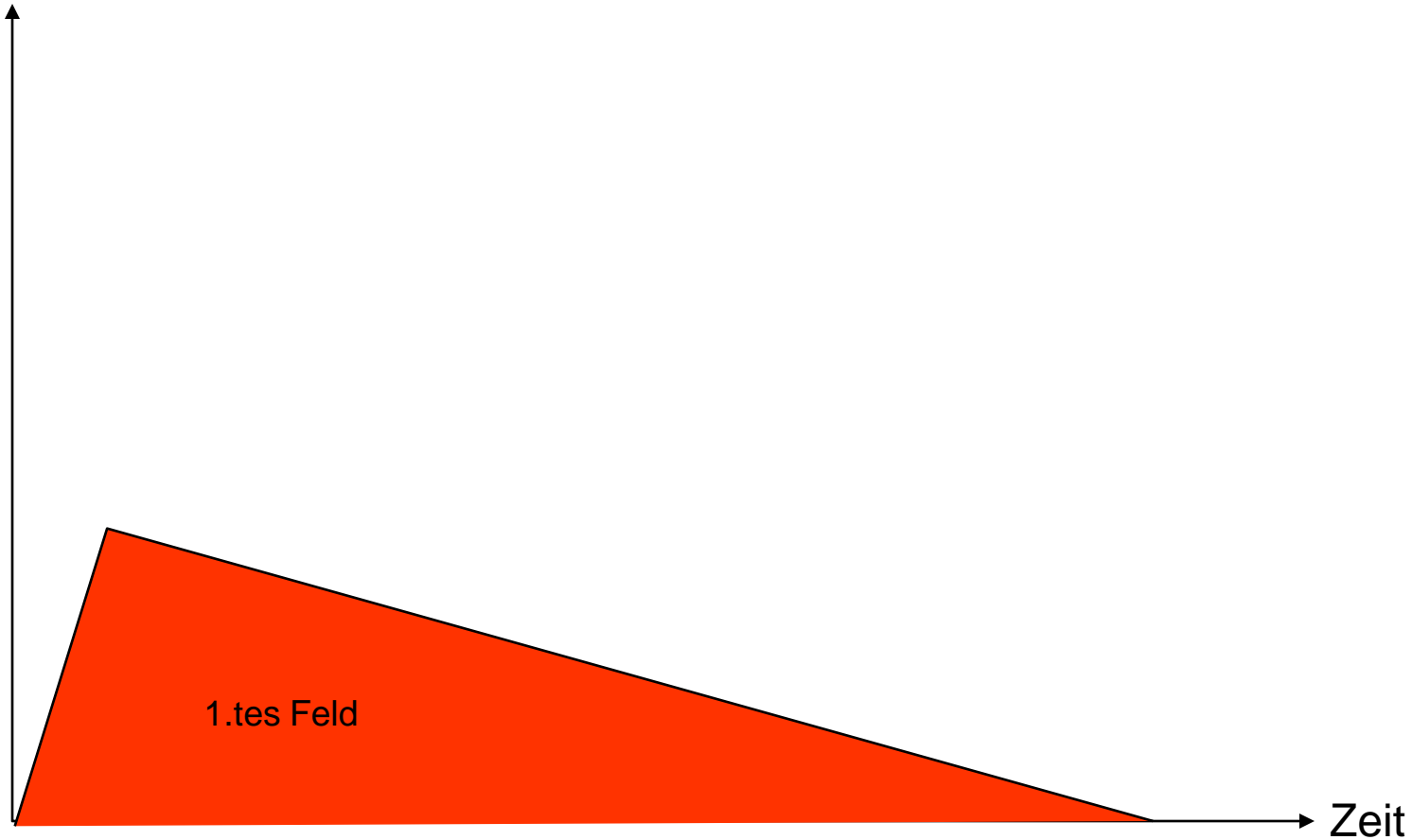


ludwig bolkow  
systemtechnik

# Entwicklung der Ölförderung: Typisches Förderprofil eines Ölfeldes

---

Ölförderung

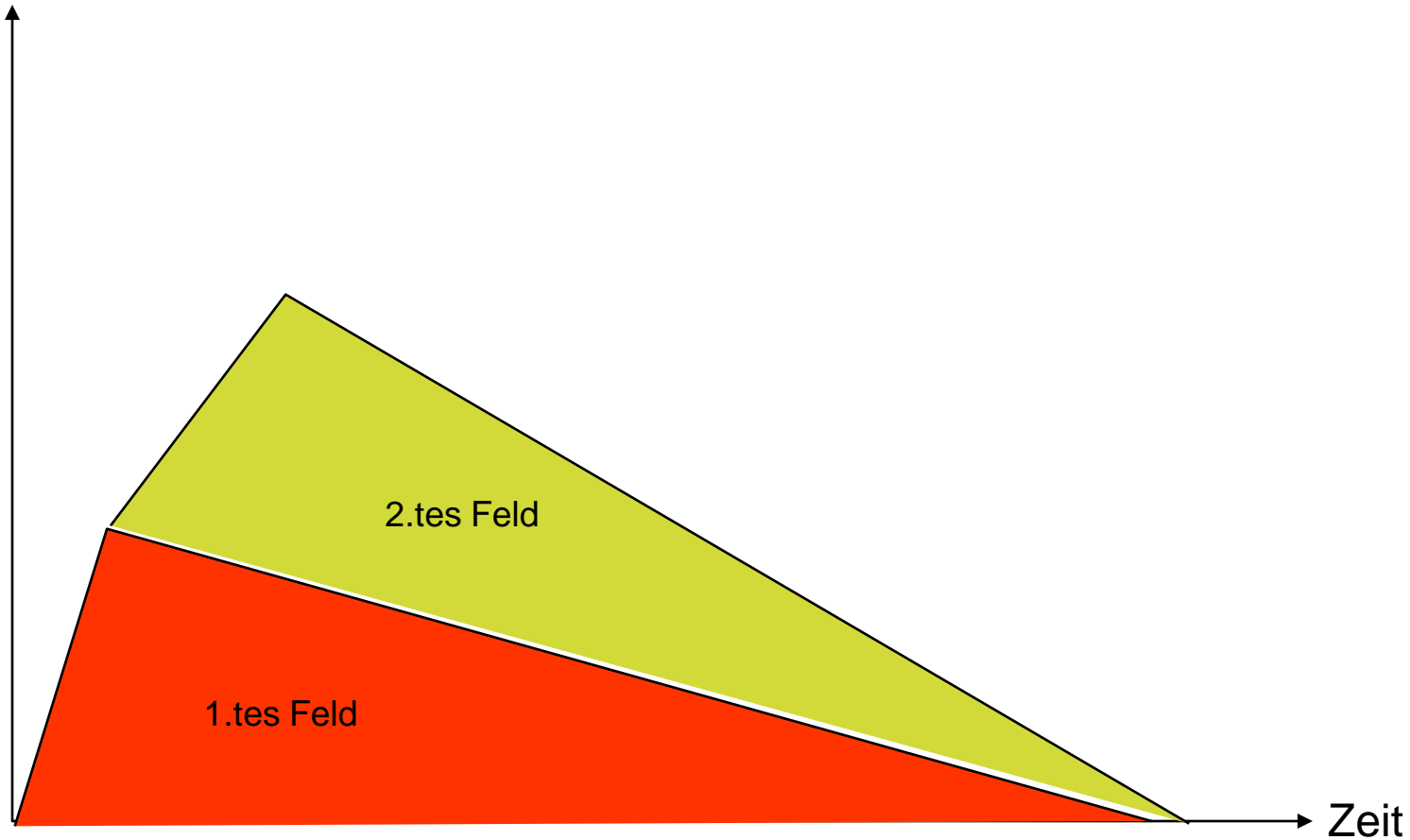


ludwig bolkow  
systemtechnik

# Entwicklung der Ölförderung: Ausweitung der Förderung

---

Ölförderung



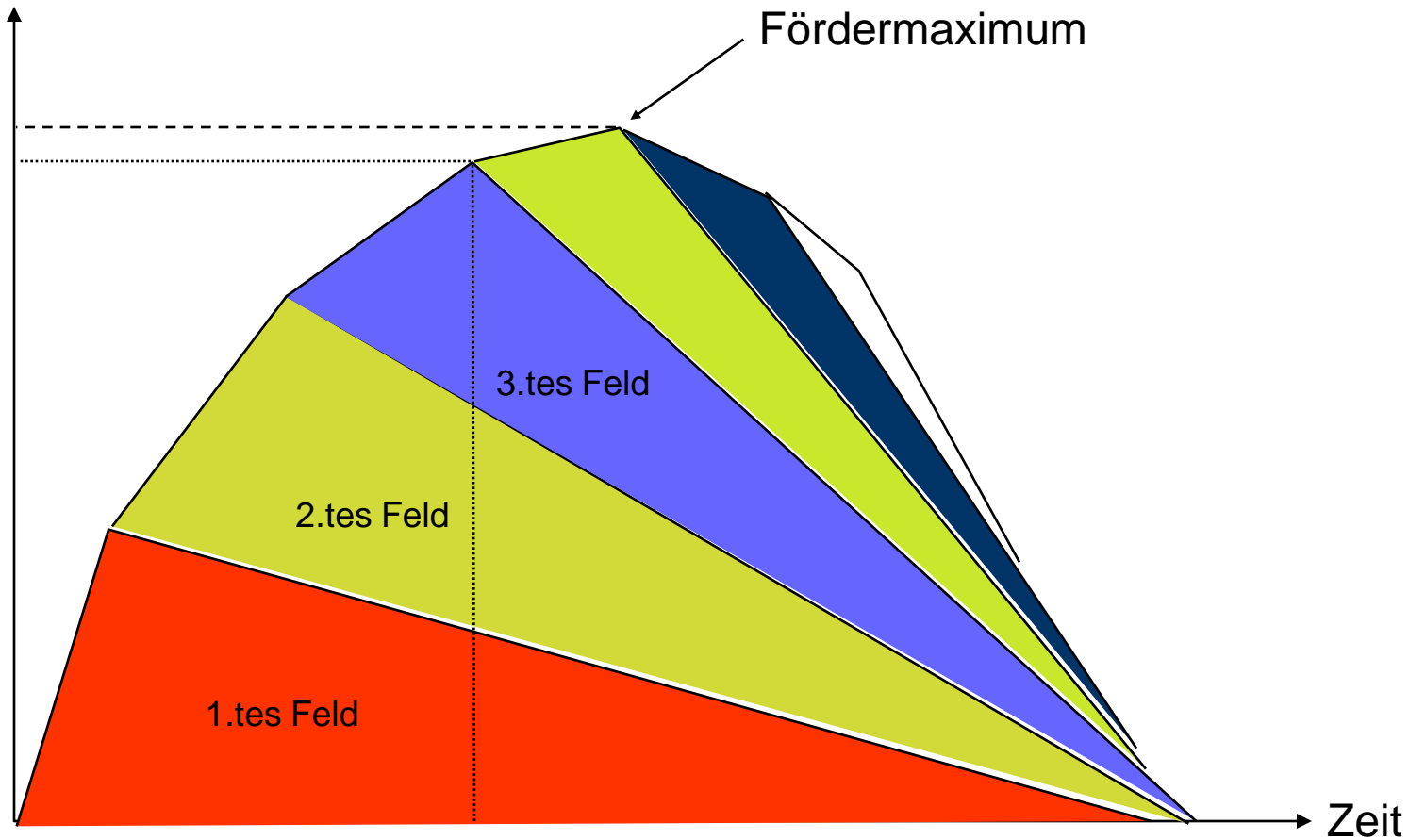
ludwig bolkow  
systemtechnik

# Entwicklung der Ölförderung: Regionales Fördermaximum

Ölförderung



ludwig bolkow  
systemtechnik

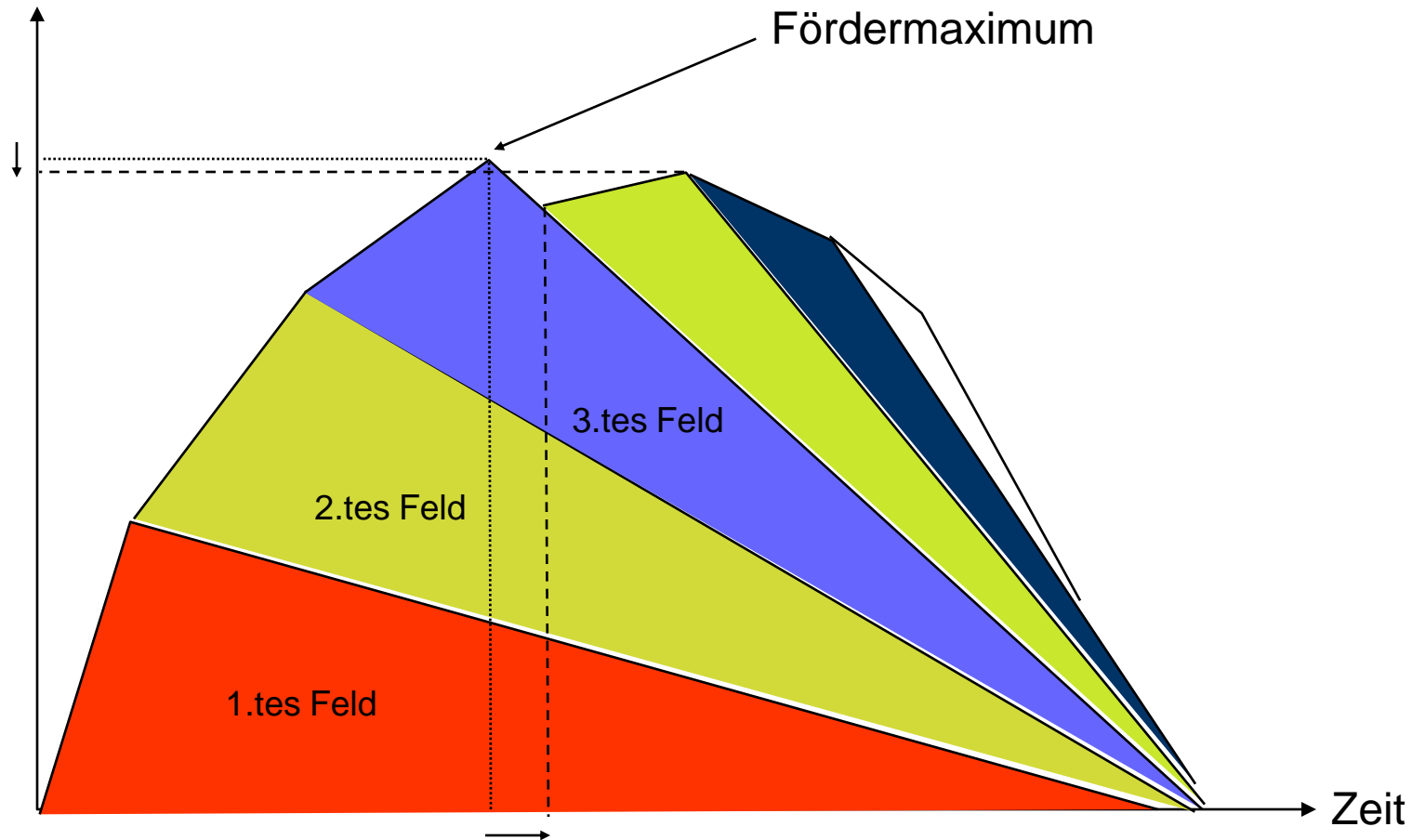


# Entwicklung der Ölförderung: Verzögerung bei neuen Feldern



ludwig bolkow  
systemtechnik

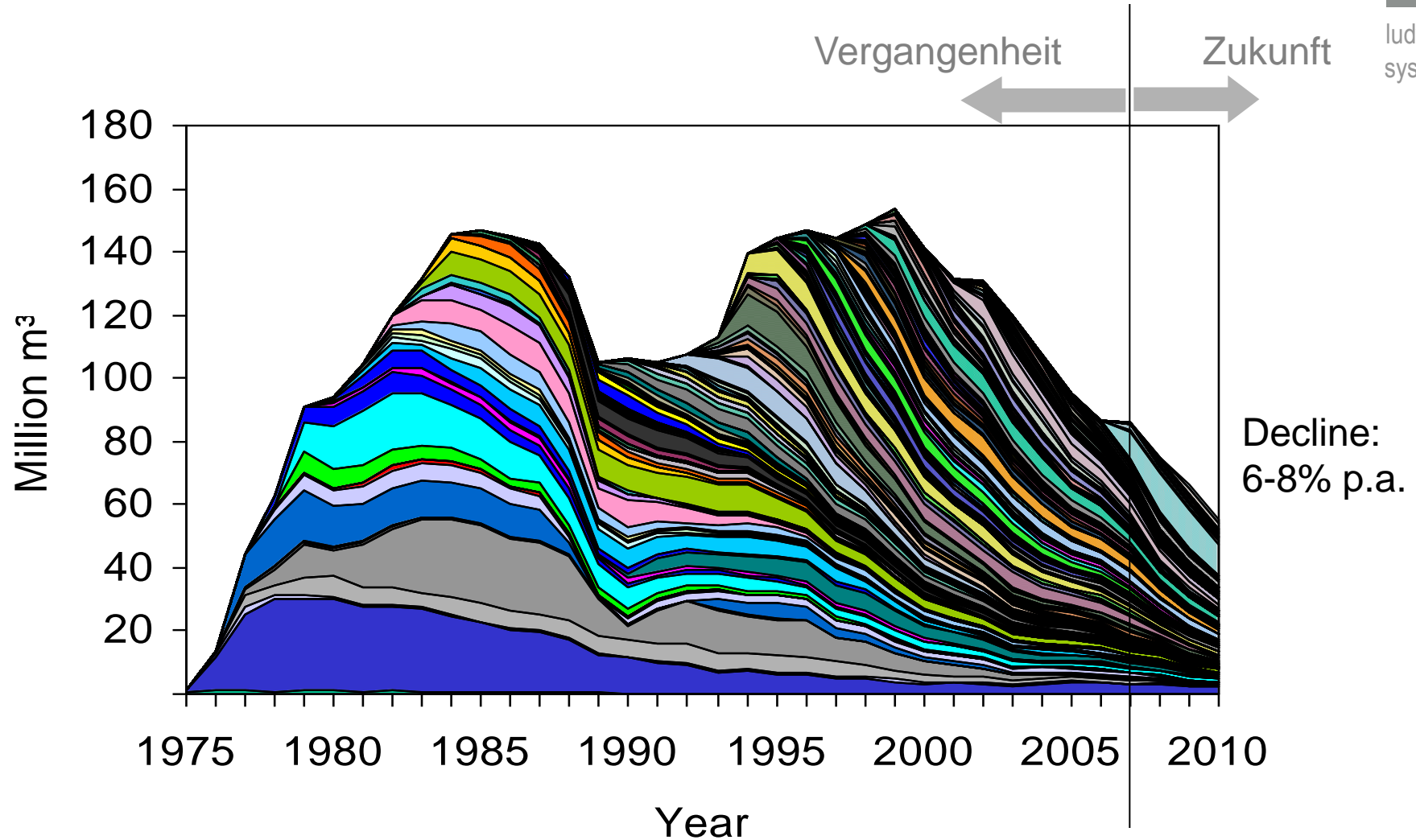
Ölförderung



# UK - Rohölproduktion aller bis Ende 2007 angeschlossenen Felder



ludwig bolkow  
systemtechnik



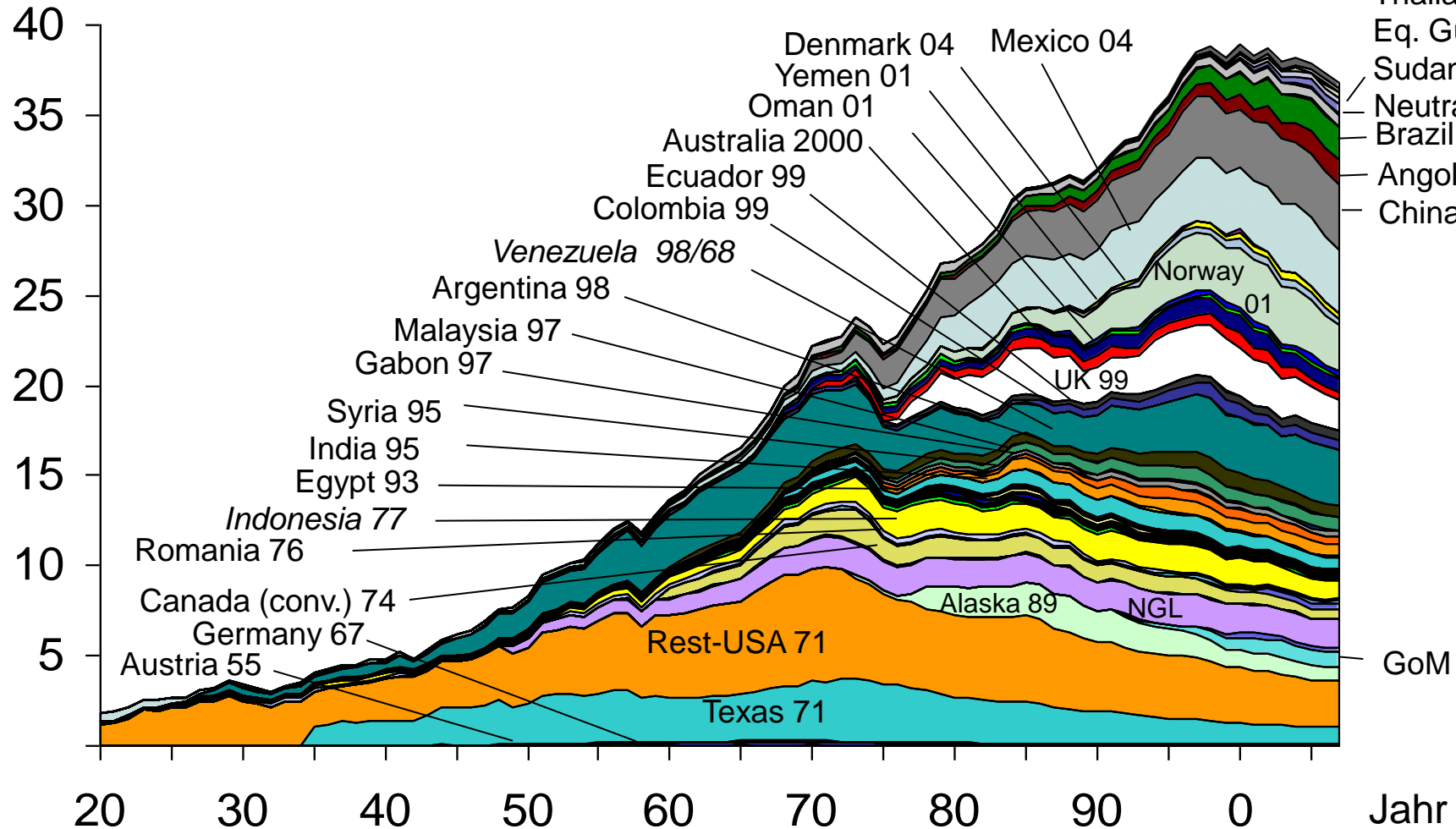
# Die Ölförderung ausserhalb Russland und der OPEC\*)

\*) inkl. Indonesien und Venezuela



ludwig bolkow  
systemtechnik

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

---

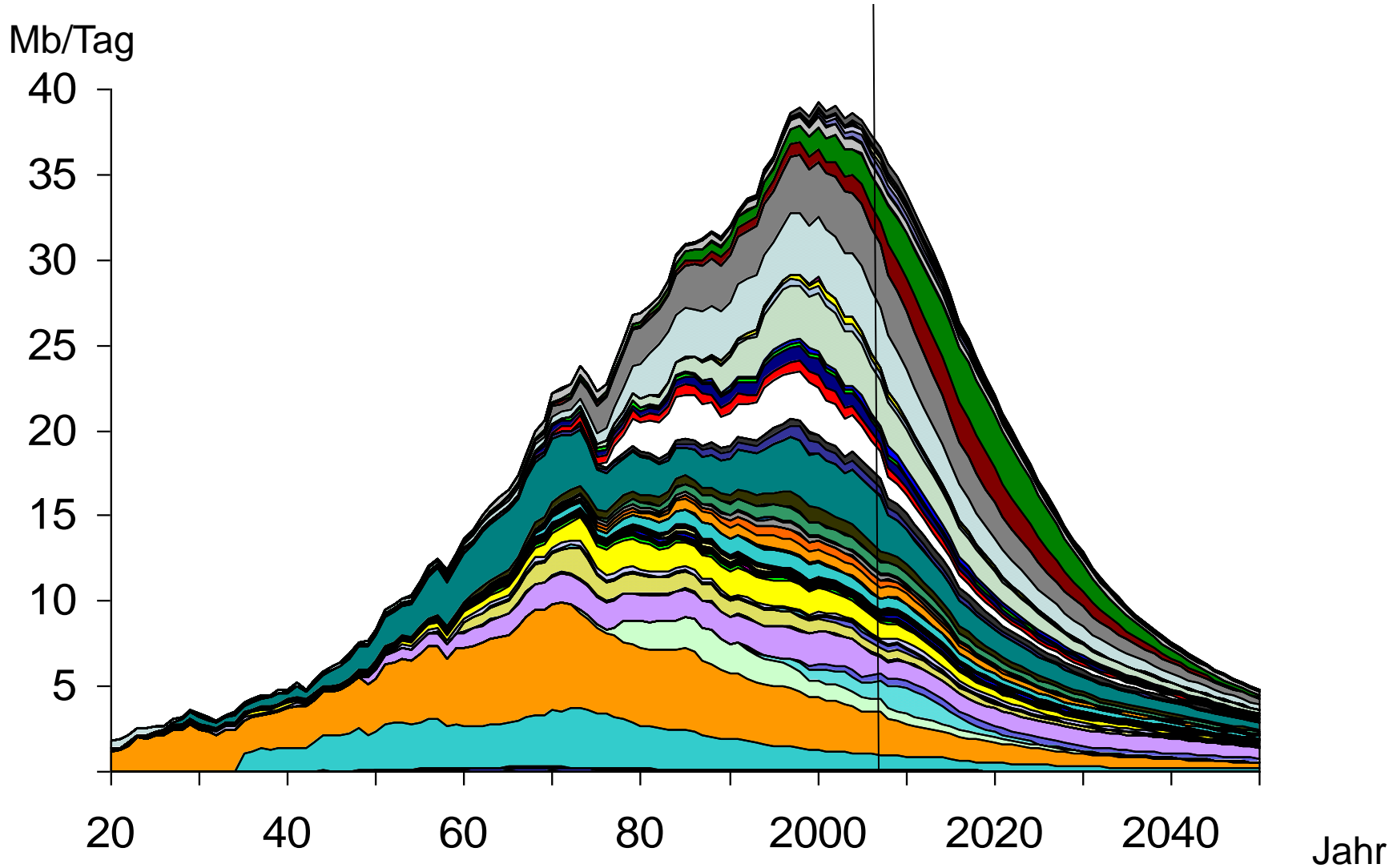


# Die Ölförderung außerhalb Russland und der OPEC\*)

\*) inkl. Indonesien und Venezuela



ludwig bolkow  
systemtechnik

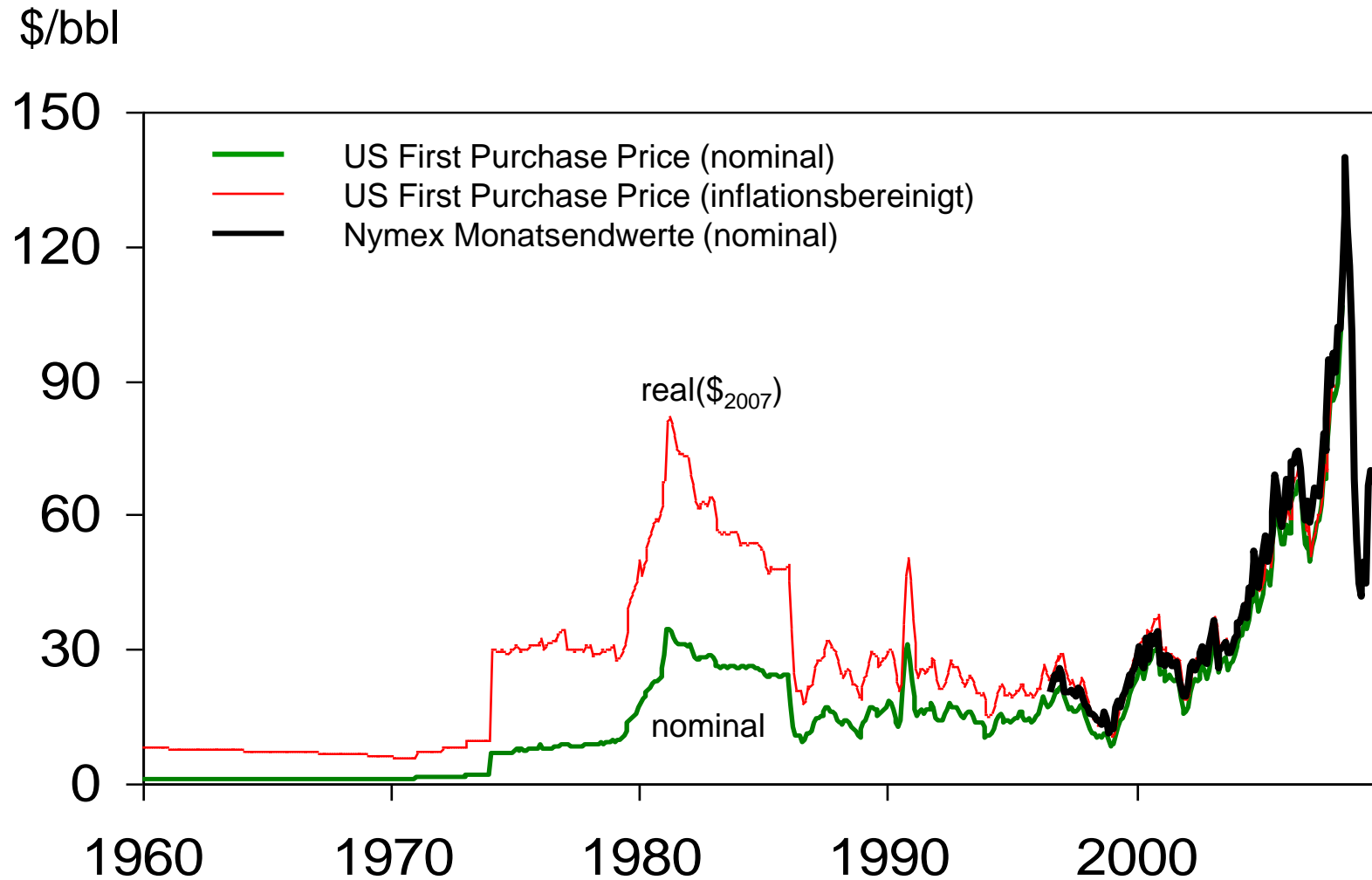


Datenquelle: IHS 2006; PEMEX, Petrobras; NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, January 2008  
Forecast: LBST estimate, 18 January 2008

# Entwicklung des Rohölpreises bis Oktober 2009



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 näherungsweise Umrechnung in reale Preise erfolgte durch die LBST anhand von jährlichen US-Inflationsraten aus <http://inflationdata.com>

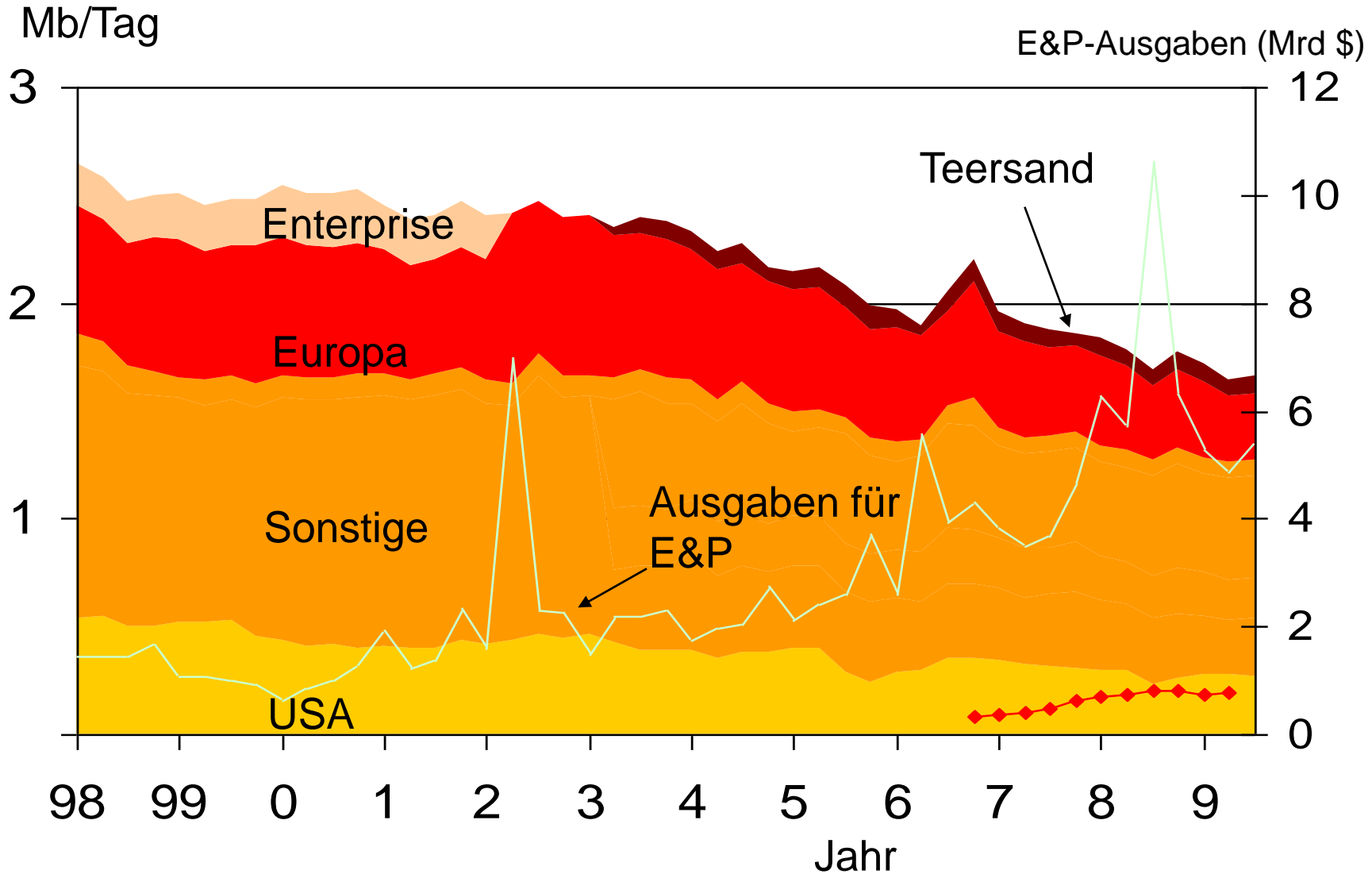
Die Nymex Monatsendwerte wurden

[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

# Shell: Ölförderung und Ausgaben für Exploration und Förderung



ludwig bolkow  
systemtechnik



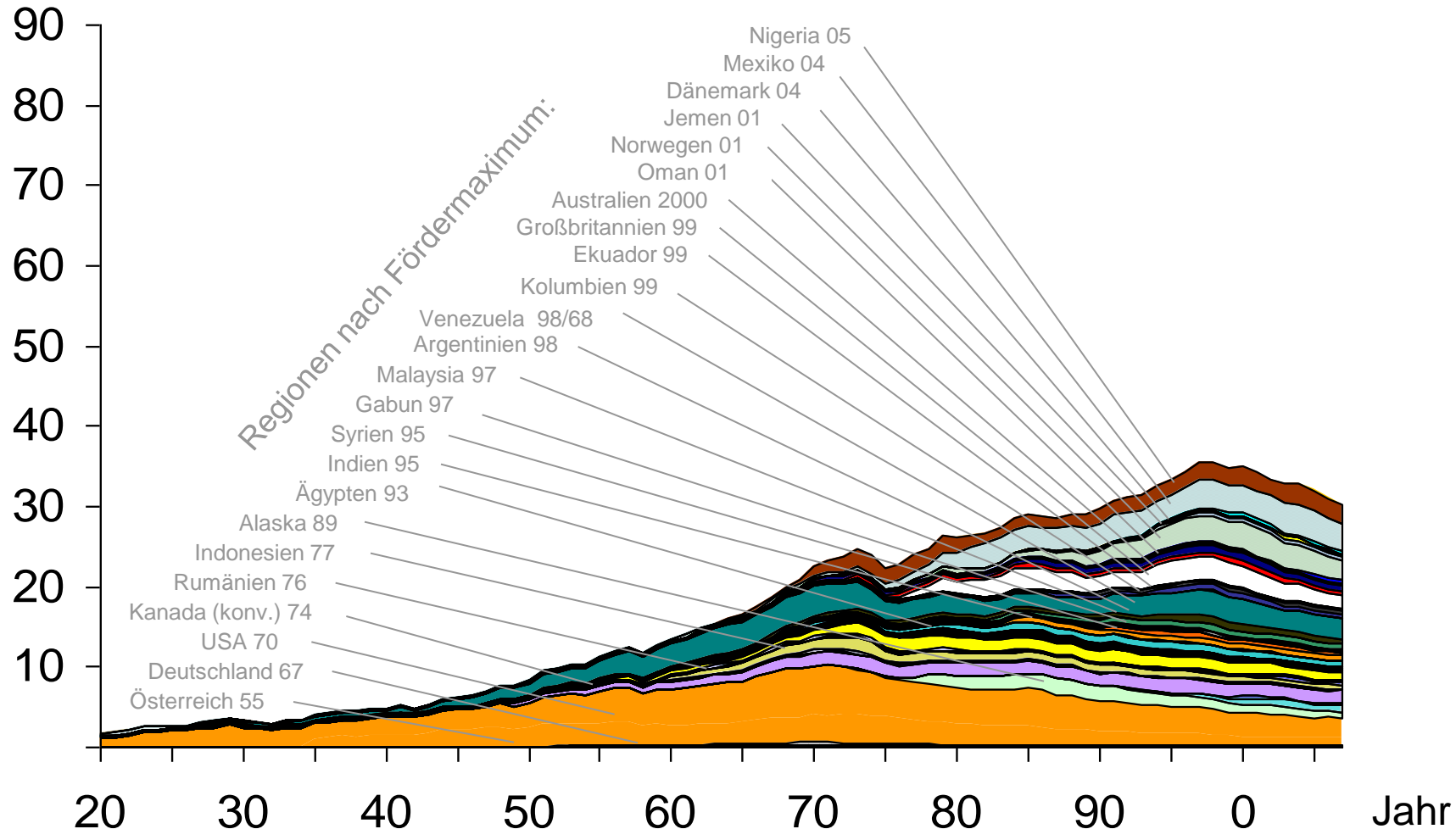
Quelle: Quartalsberichte, Shell, November 2009

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



ludwig bolkow  
systemtechnik

Mb/Tag



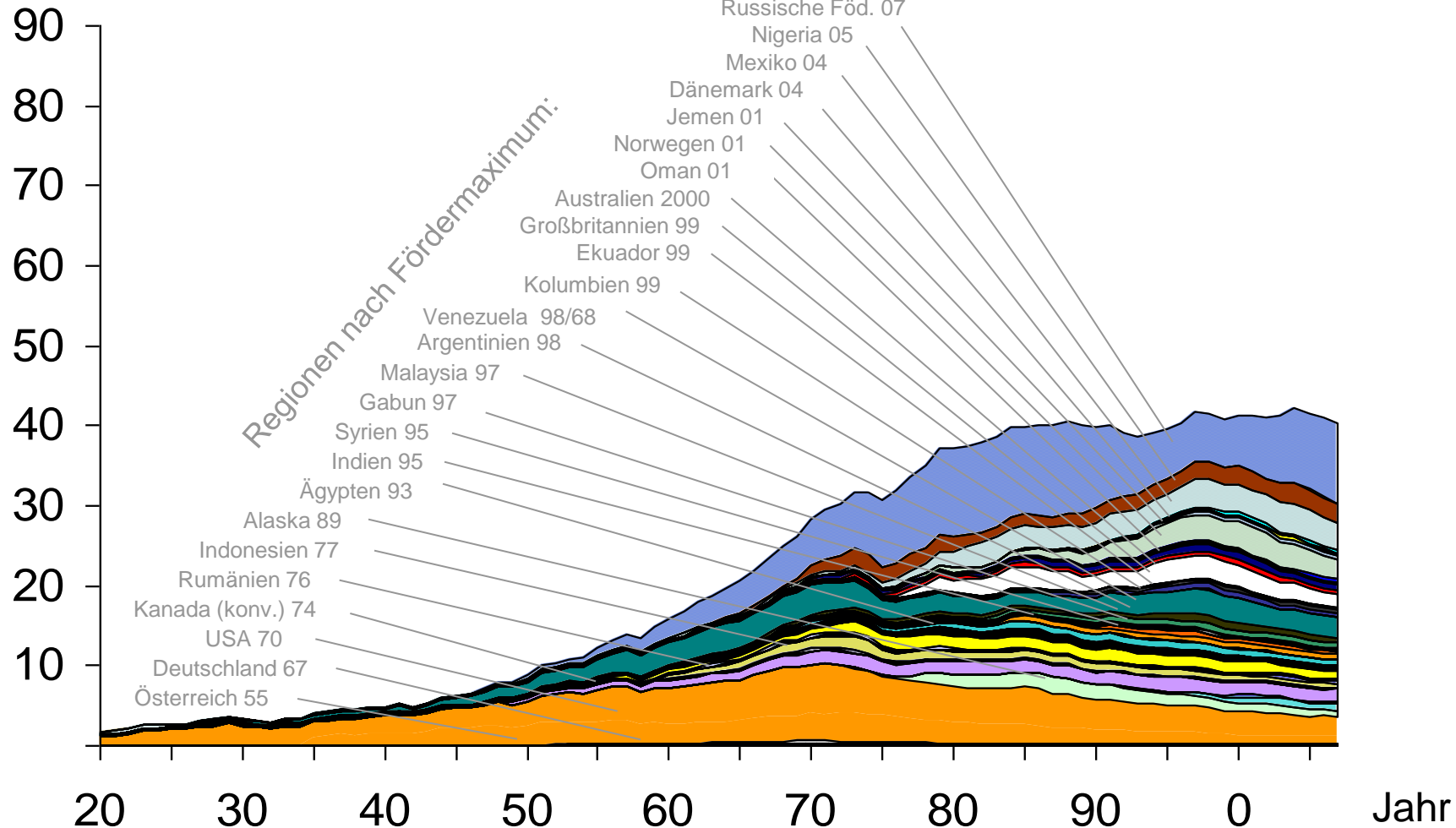
Datenquelle: historische Daten IHS-Energy 2006; soweit verfügbar, wurden Daten von Firmen und nationalen Institutionen benutzt (z.B. PEMEX, Petrobras ; Abare, NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, Saudi Aramco, OPEC), Mai 2008  
Analyse und Daten für 2007 : soweit möglich auf obigen Quellen basierend,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

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



ludwig bolkow  
systemtechnik

Mb/Tag



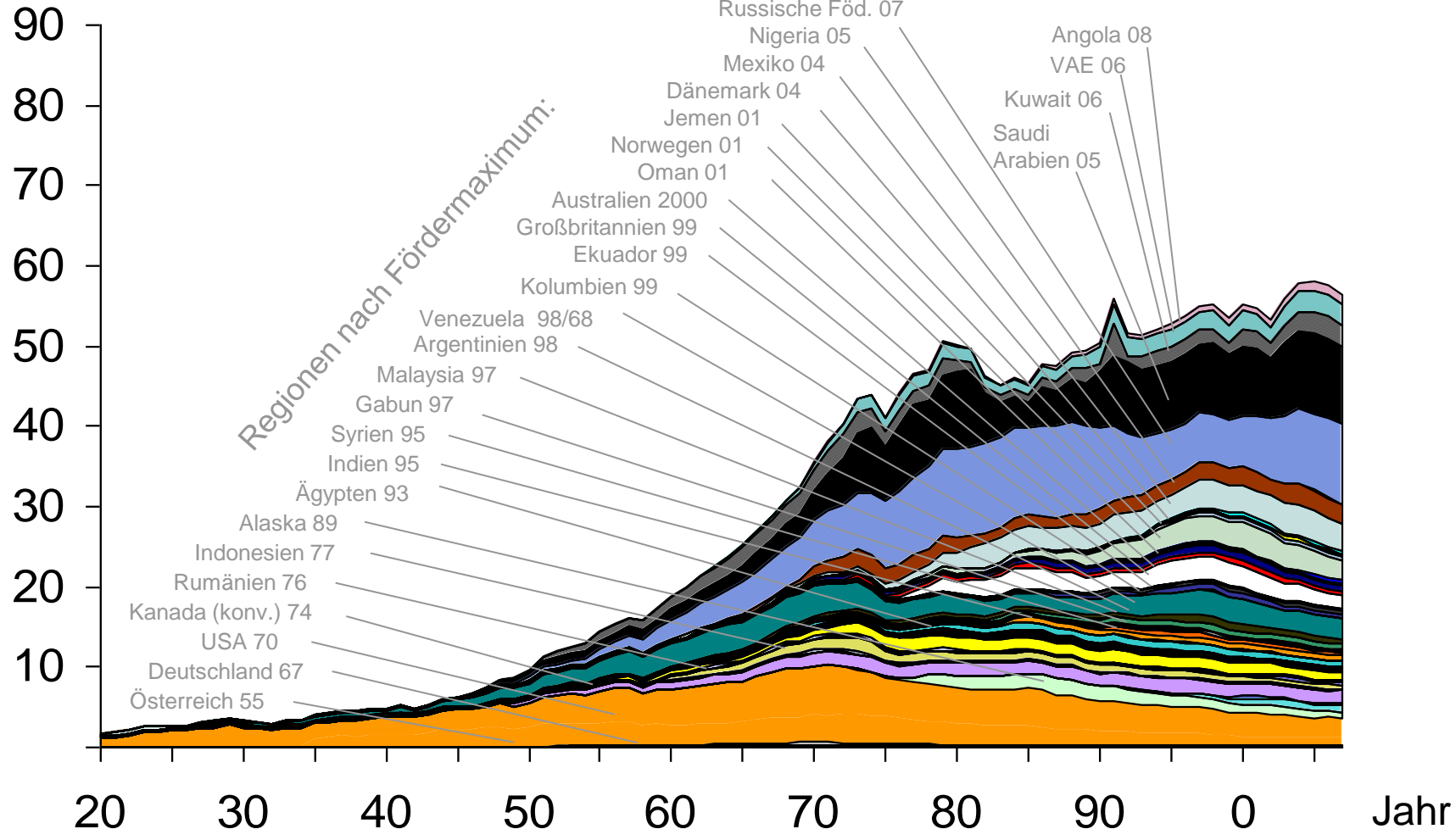
Datenquelle: historische Daten IHS-Energy 2006; soweit verfügbar, wurden Daten von Firmen und nationalen Institutionen benutzt (z.B. PEMEX, Petrobras ; Abare, NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, Saudi Aramco, OPEC), Mai 2008  
Analyse und Daten für 2007 : soweit möglich auf obigen Quellen basierend,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

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



ludwig bolkow  
systemtechnik

Mb/Tag



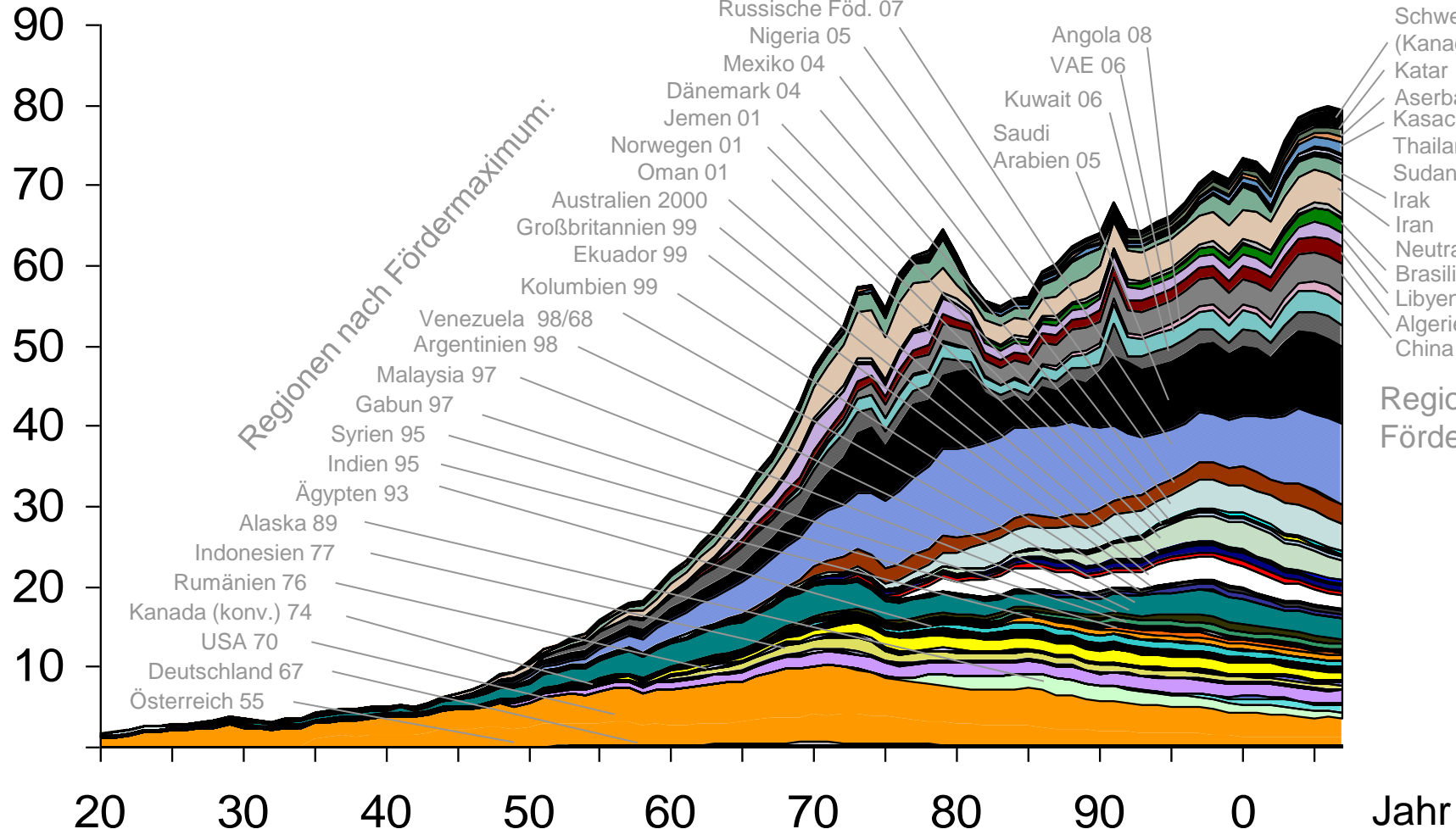
Datenquelle: historische Daten IHS-Energy 2006; soweit verfügbar, wurden Daten von Firmen und nationalen Institutionen benutzt (z.B. PEMEX, Petrobras ; Abare, NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, Saudi Aramco, OPEC), Mai 2008  
Analyse und Daten für 2007 : soweit möglich auf obigen Quellen basierend,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

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



ludwig bolkow  
systemtechnik

Mb/Tag

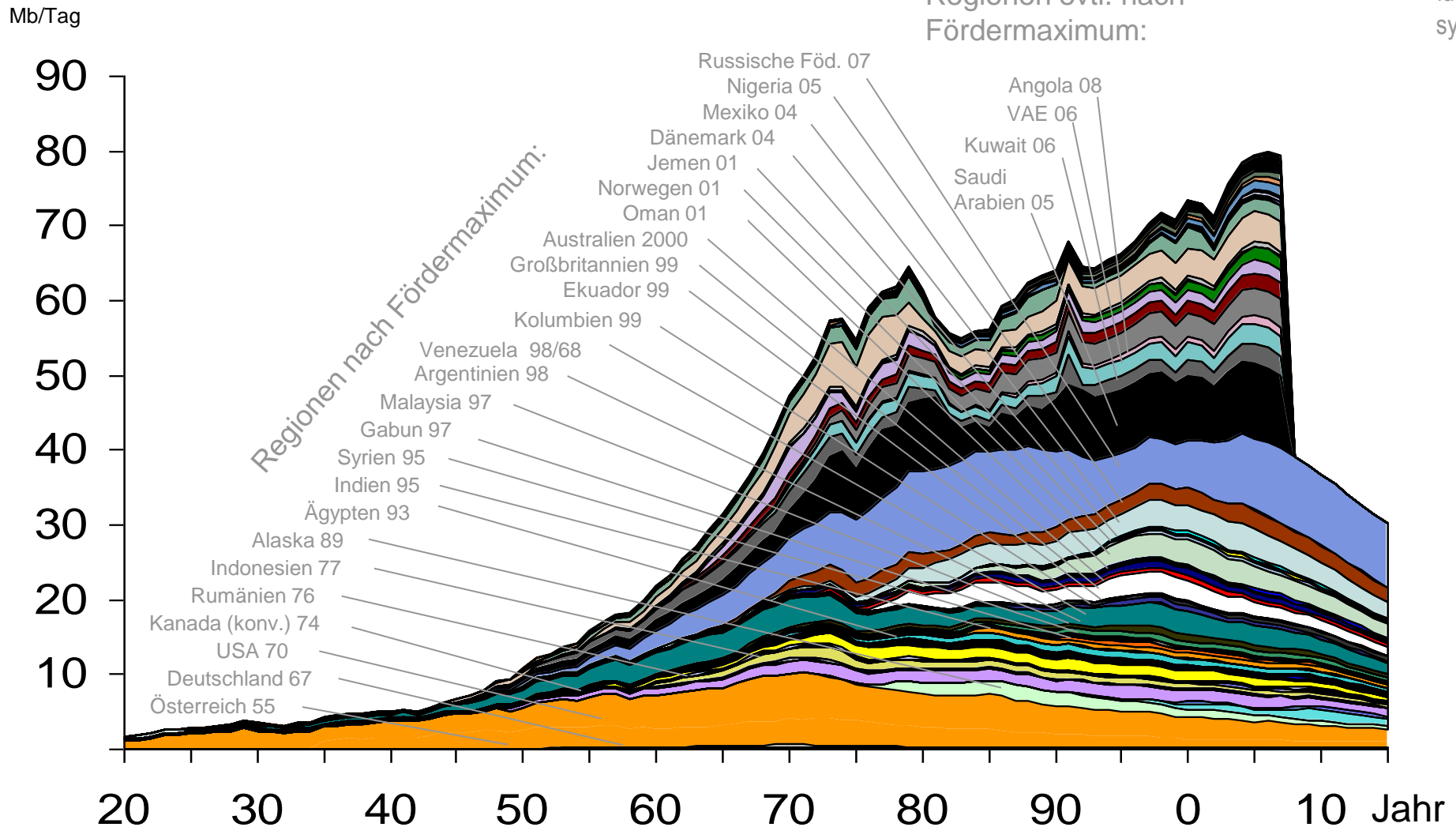


Datenquelle: historische Daten IHS-Energy 2006; soweit verfügbar, wurden Daten von Firmen und nationalen Institutionen benutzt (z.B. PEMEX, Petrobras ; Abare, NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, Saudi Aramco, OPEC), Mai 2008  
Analyse und Daten für 2007 : soweit möglich auf obigen Quellen basierend,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

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



ludwig bolkow  
systemtechnik

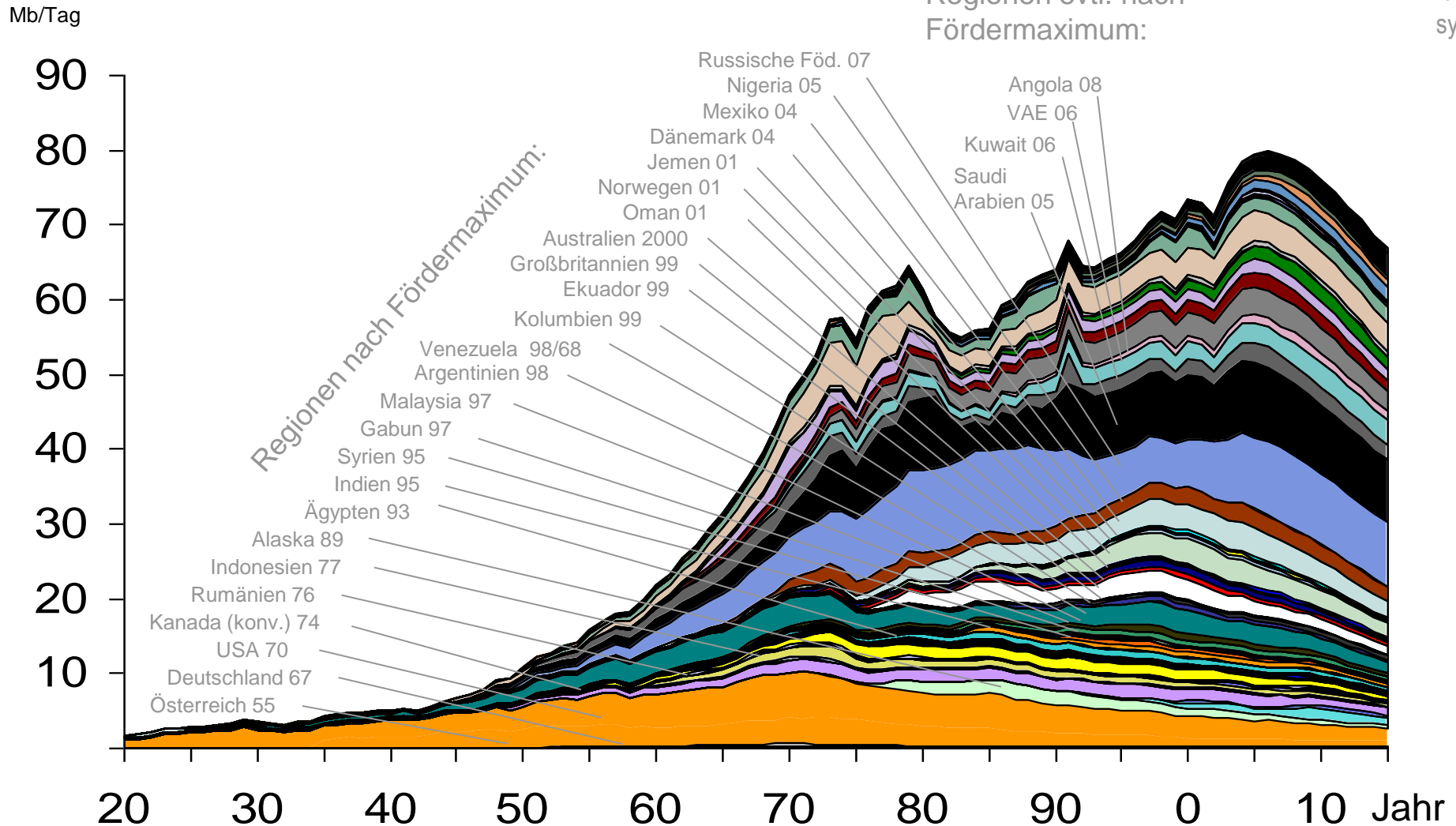


Datenquelle: historische Daten IHS-Energy 2006; soweit verfügbar, wurden Daten von Firmen und nationalen Institutionen benutzt (z.B. PEMEX, Petrobras ; Abare, NPD, DTI, ENS(Dk), NEB, RRC, US-EIA, Saudi Aramco, OPEC), Mai 2008  
Analyse und Daten für 2007 : soweit möglich auf obigen Quellen basierend,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

# 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

# Kanadische Teersande - Die Zukunft der Ölförderung?



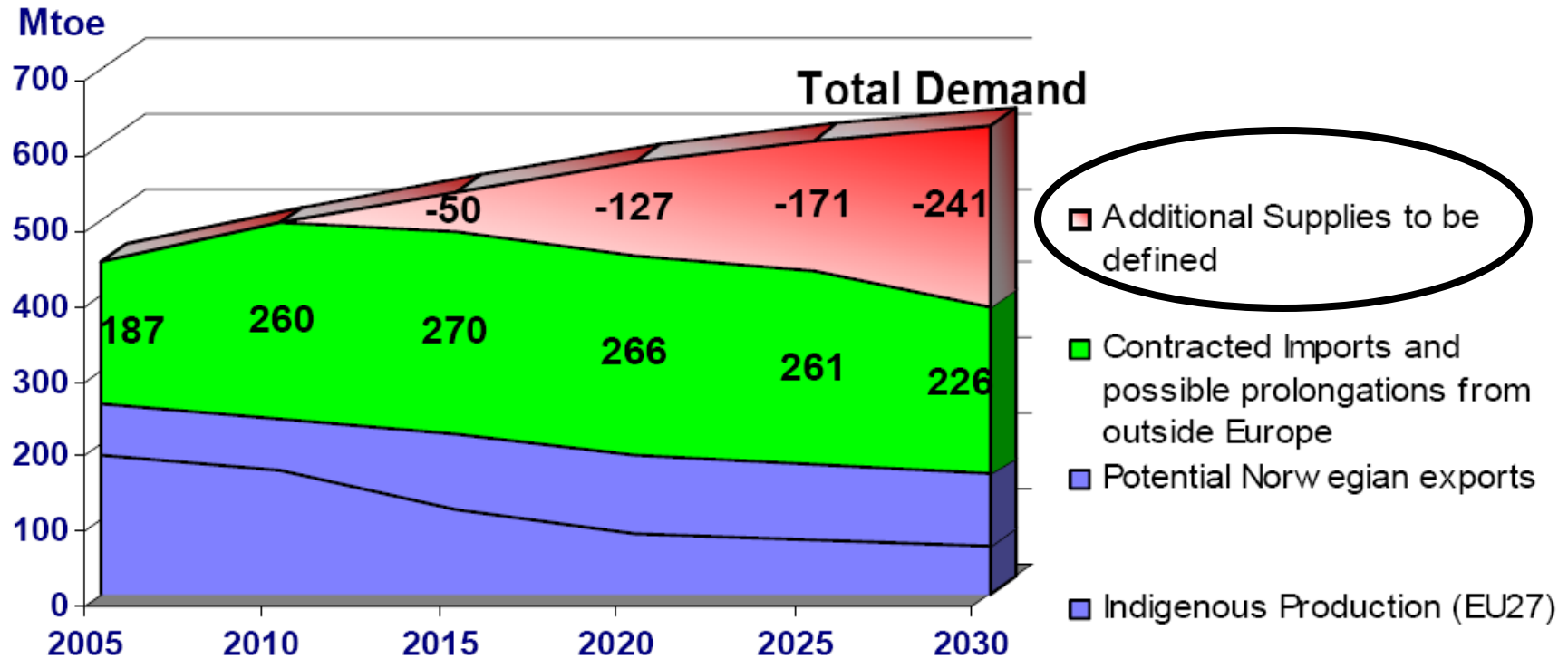


- 
- Energieversorgung heute
  - Treibende Kräfte für einen Wandel
    - limitierte Senken (Treibhauseffekt)
    - **limitierte Quellen** (Öl, Kohle, **Gas**, Uran)
    - innovative Energietechnologien  
(Regenerative Energien, Effizienz)
  - Fünf Thesen zur künftigen  
Energieversorgung

# Die künftige Gasförderung aus Sicht der europäischen Gaswirtschaft



ludwig bolkow  
systemtechnik

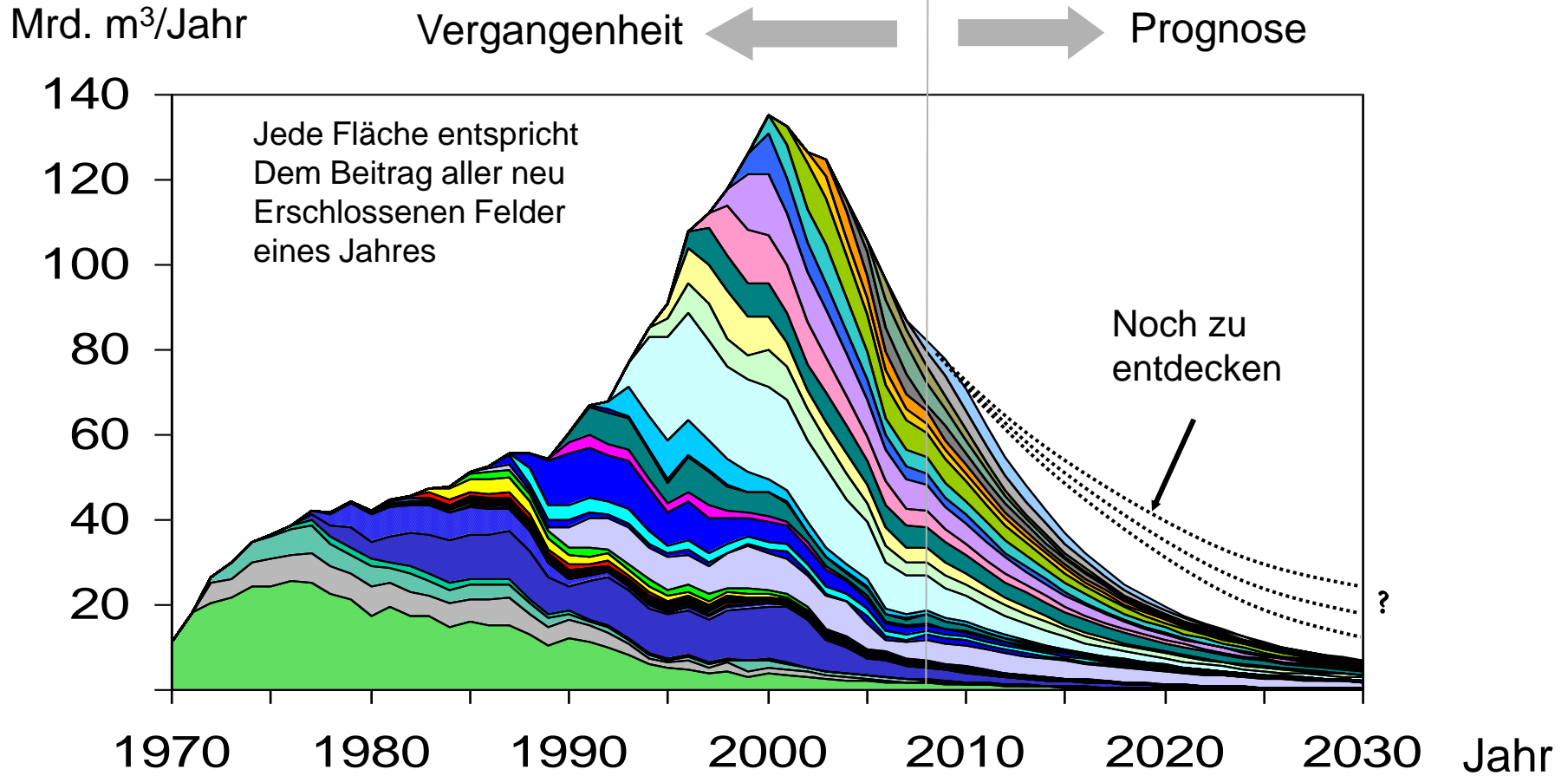


Quelle: Eurogas 2008

# Die Gasförderung in Großbritannien: Seit 2001 Förderrückgang



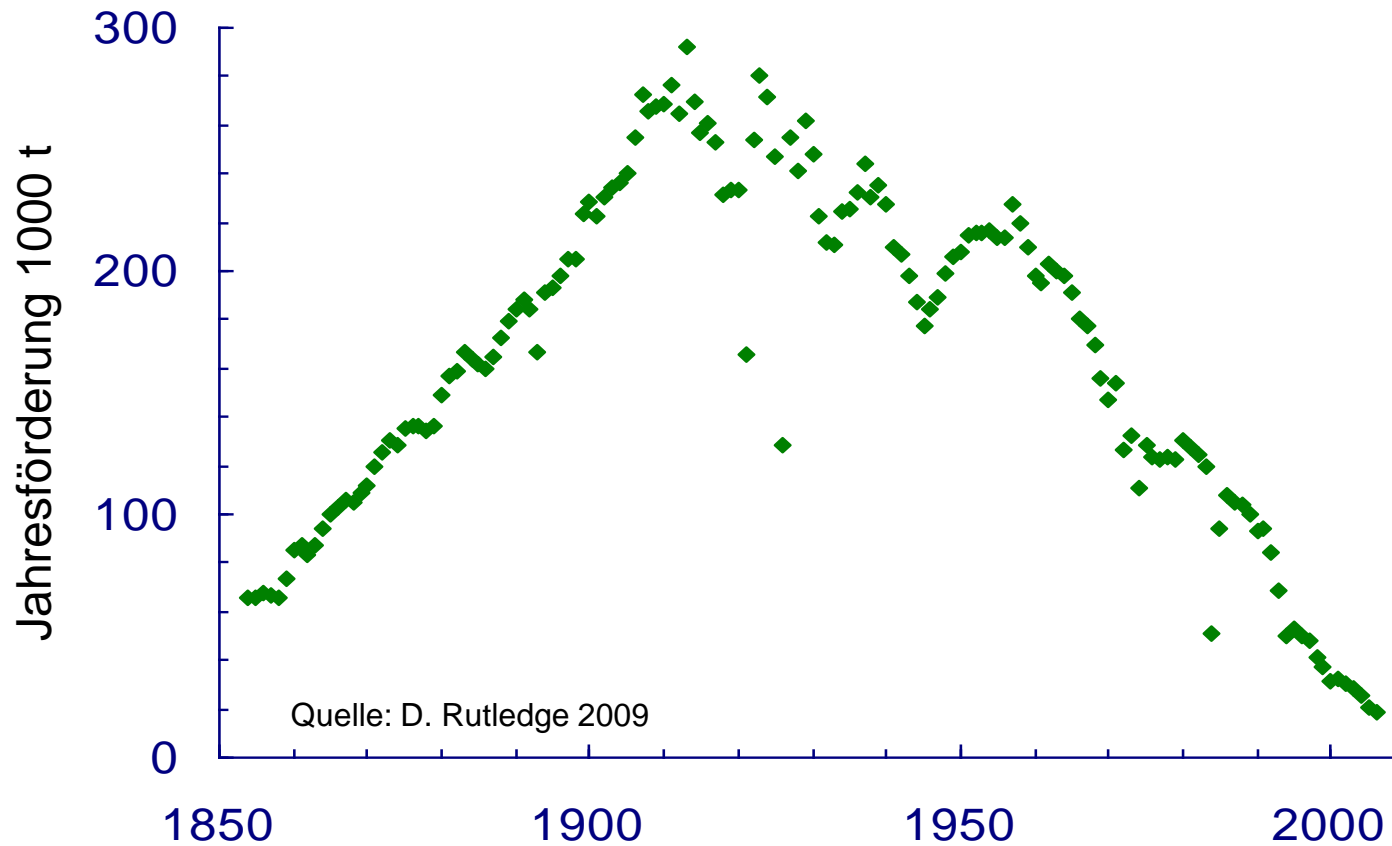
ludwig bolkow  
systemtechnik



Historische Daten: DTI, Februar 2009, Extrapolation: LBST



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



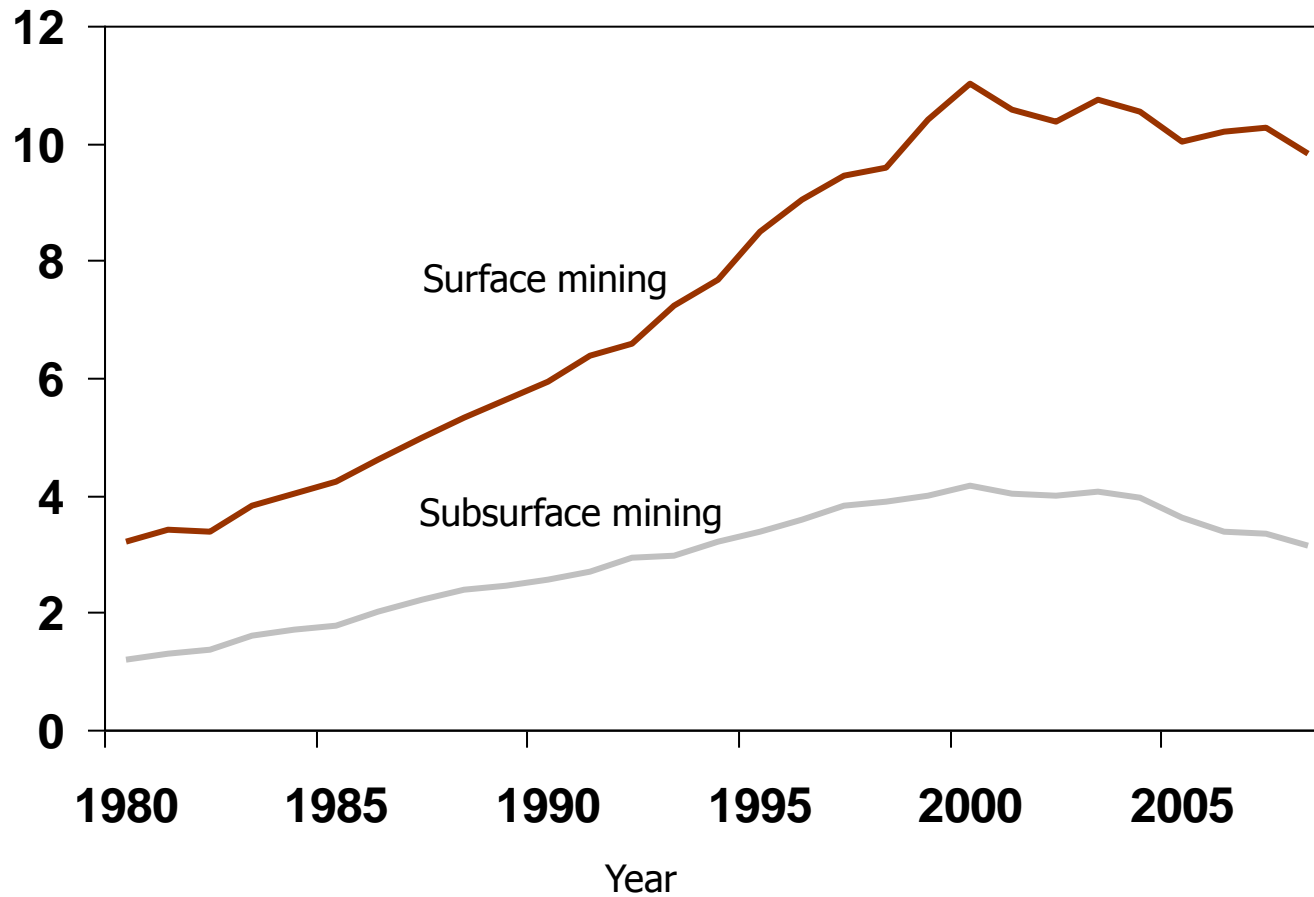
- Daten von US National Bureau of Economic Research (1854-1876), Durham Coal Mining Museum (1877-1956), und British Department of Trade and Industry (1957-2006)

# Produktivität in der US Kohleindustrie



ludwig bolkow  
systemtechnik

Short tons/miner/hr

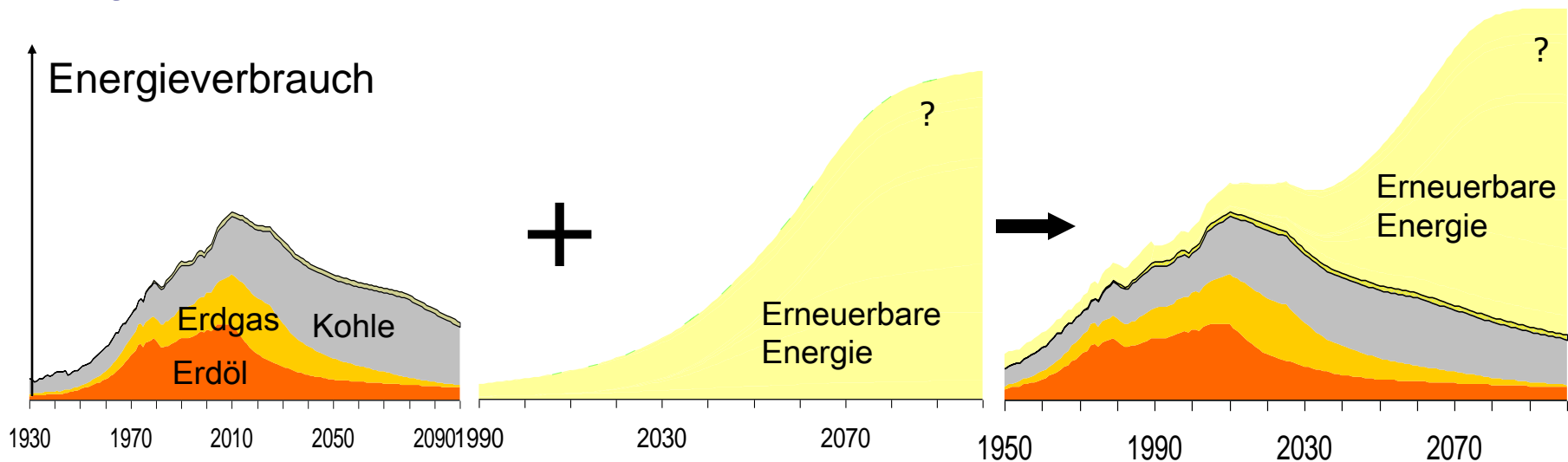




- 
- Energieversorgung heute
  - Treibende Kräfte für einen Wandel
    - limitierte Senken (Treibhauseffekt)
    - limitierte Quellen (Öl, Kohle, Gas, Uran)
    - Innovative Energietechnologien  
(Regenerative Energien, Effizienz)
  - **Fünf Thesen zur künftigen  
Energieversorgung**

## These 1: „Aussetzen“ ist keine Lösung

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



Quelle: AWEO 2006, LBST

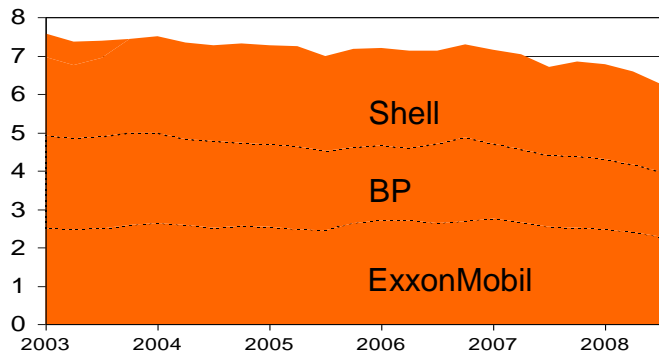
- nach der Neujustierung des „Energiekompasses“ wird jede Investition in „richtige“ Technologie gehen
- Energieeffizienz wird wichtig

# Die Umstrukturierung der Wirtschaft hat bereits begonnen



III/08  
Ludwig Bolkow  
Systemtechnik

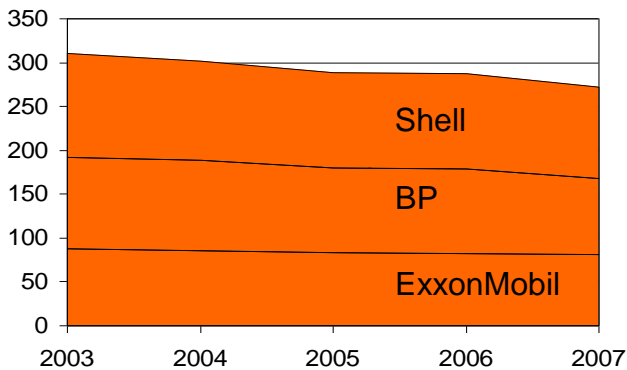
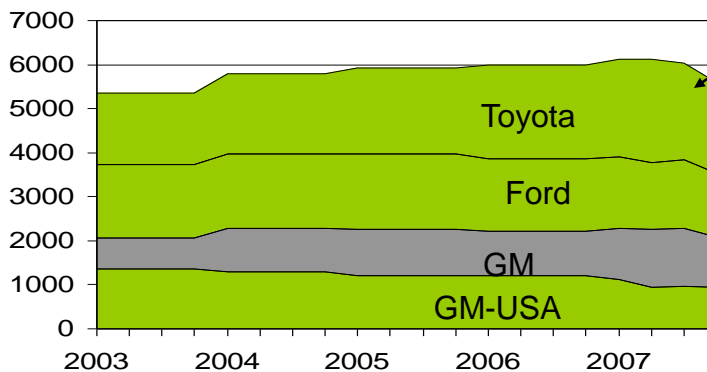
### Mineralölwirtschaft



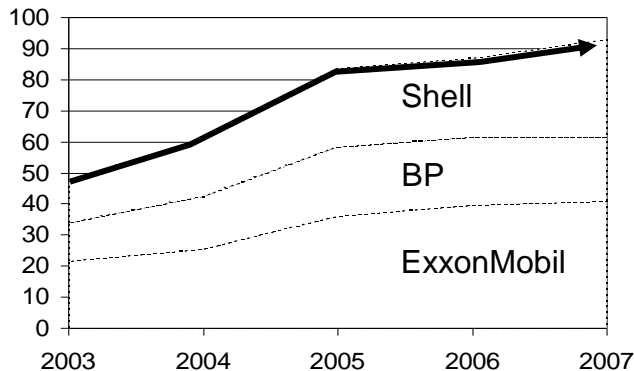
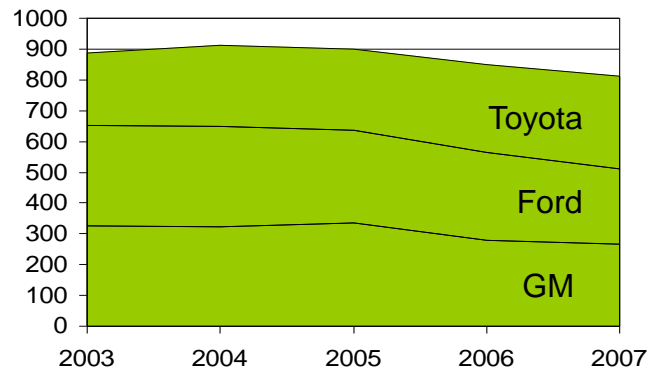
Produktion

← (Mb/Tag)  
(1000 Fz  
Pro Quartal) →

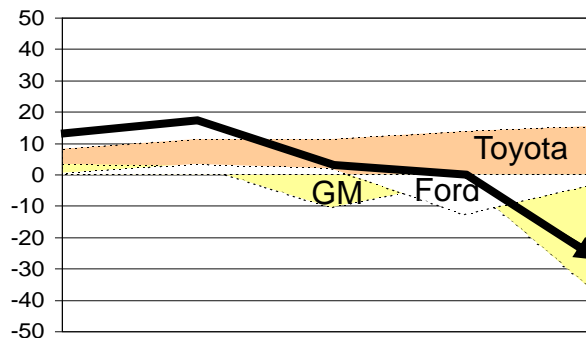
### Autofirmen



Mitarbeiter  
(1000)

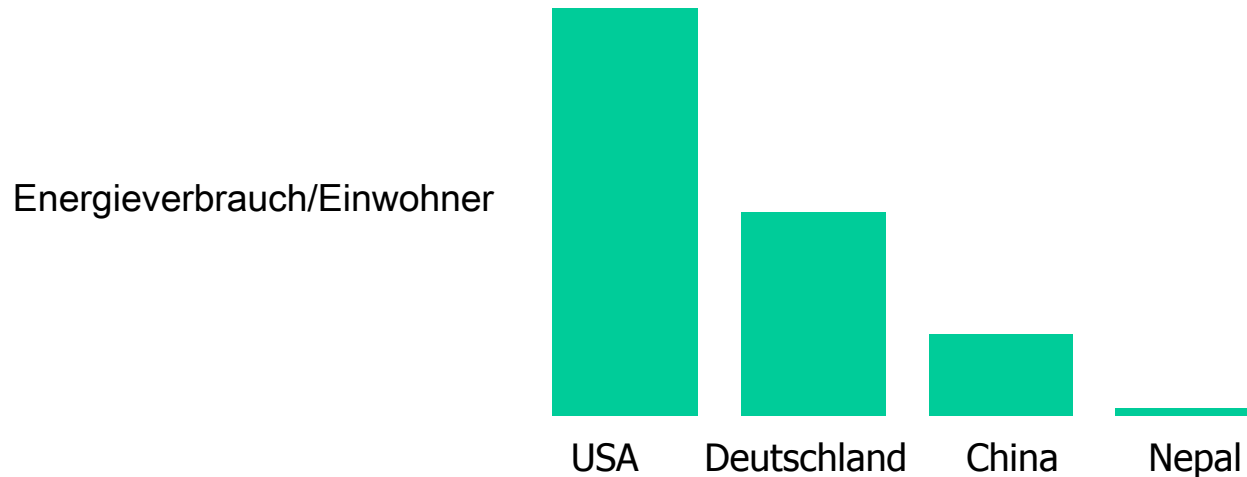


Gewinne  
(Mrd \$)



### These 2: Wir müssen „runter“ vom Energieverbrauch

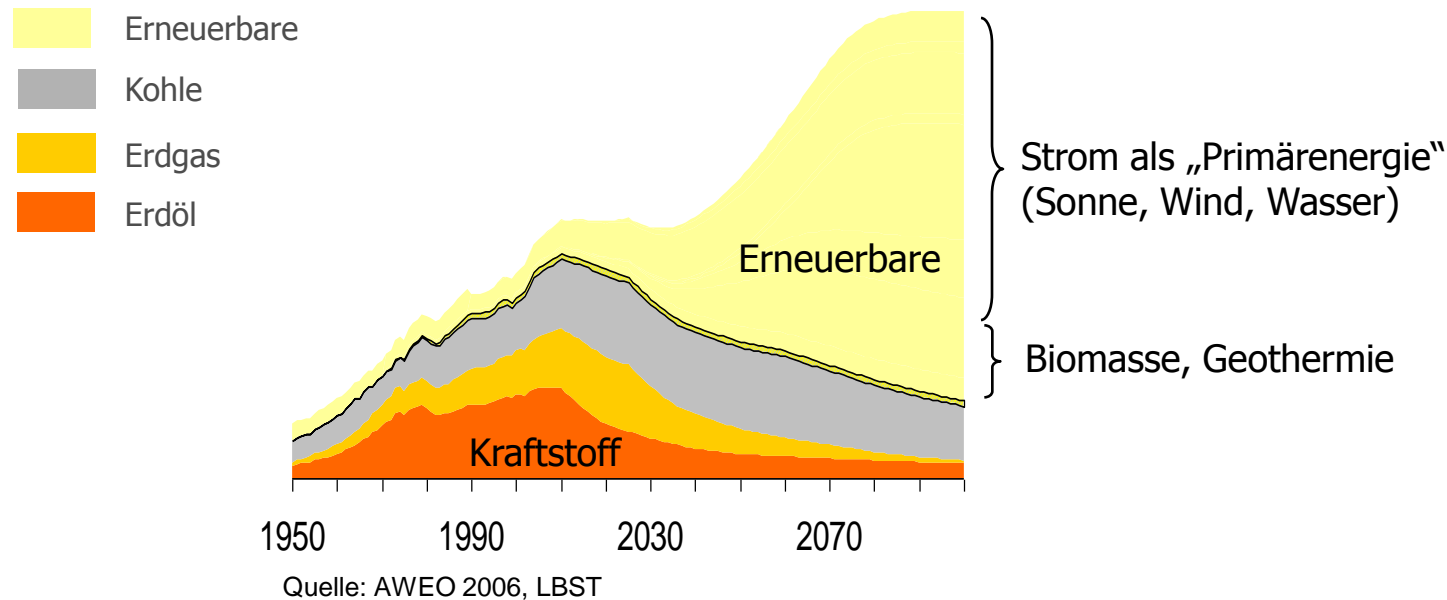
Der energieintensive Lebensstil der Bewohner der Industrienationen ist nicht auf alle Menschen übertragbar



Quelle: LBST 2007

⇒ 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



Regenerativer Strom hat andere Eigenschaften als fossile Energieträger:

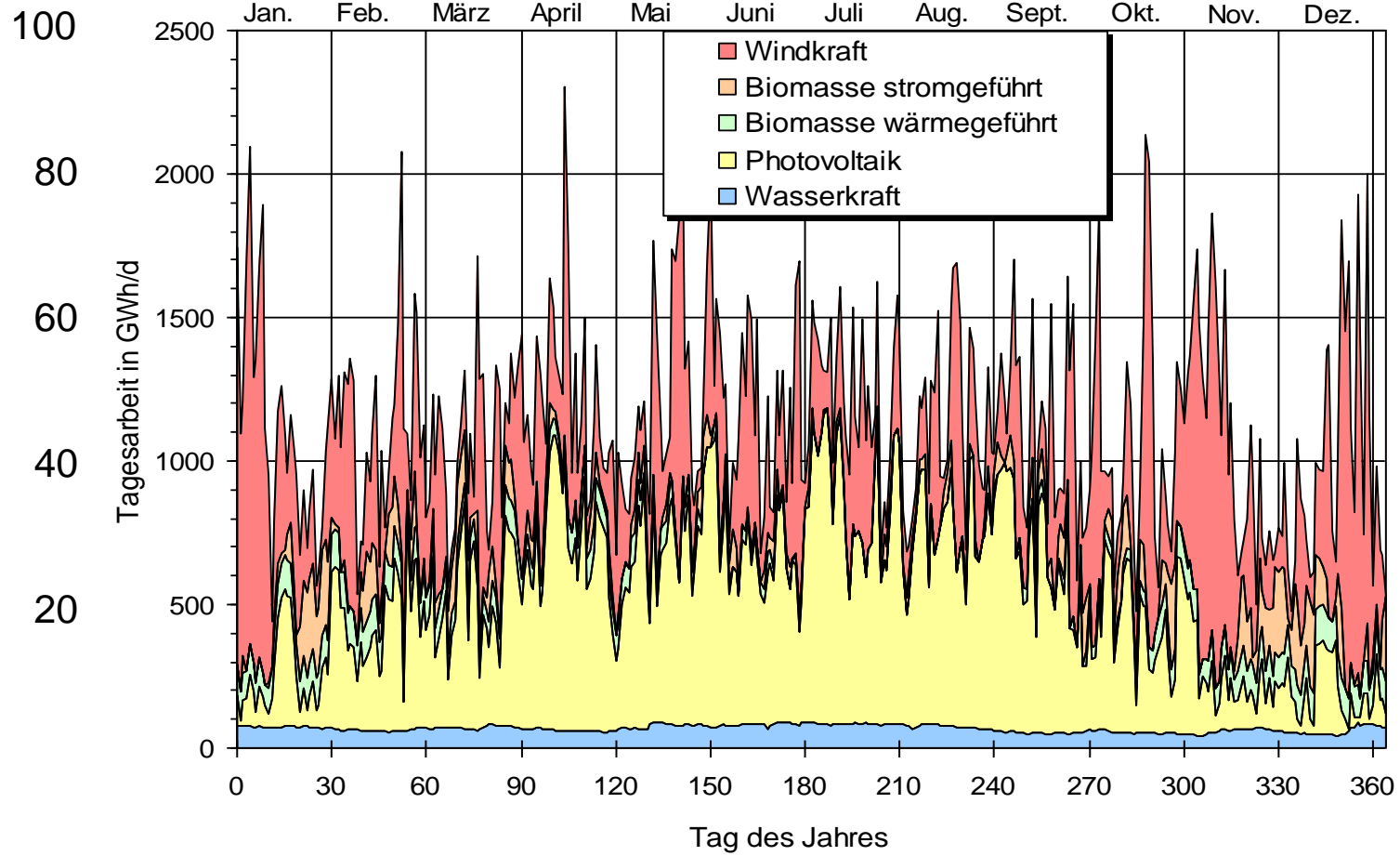
- schwerer speicherbar
- starrere Kopplung zwischen Erzeugung und Verbrauch

# Deutschland-Szenario: 100% regenerative Stromerzeugung



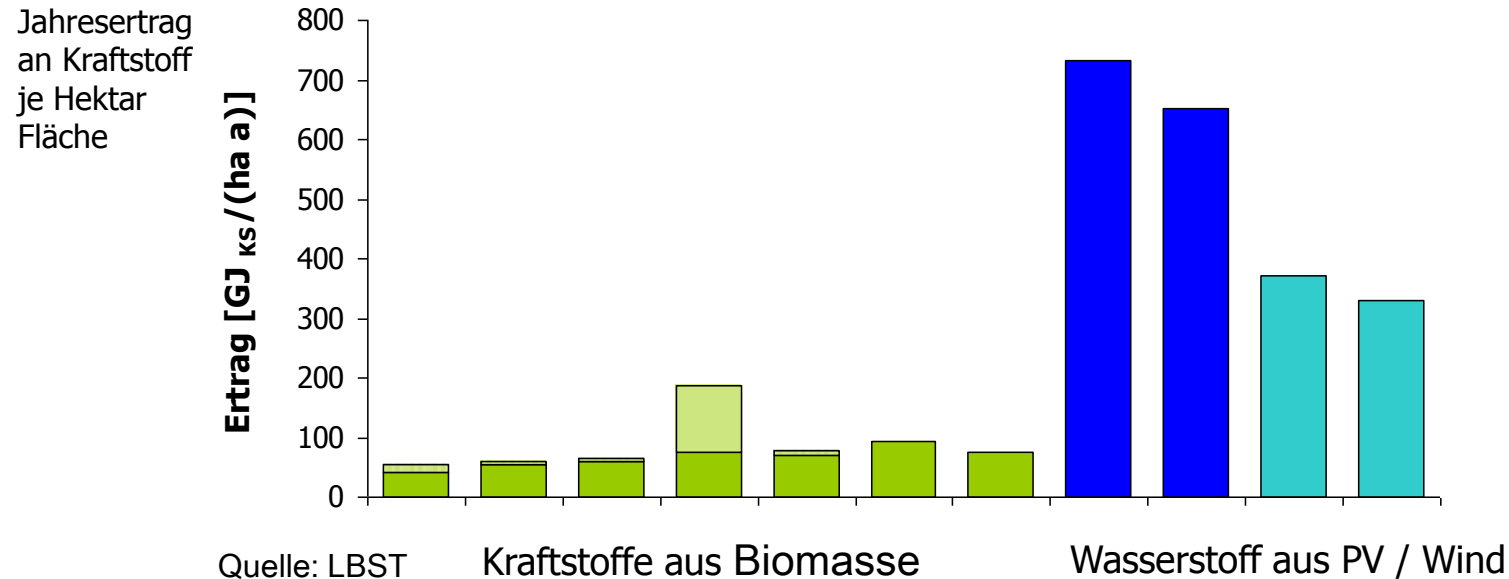
ludwig bolkow  
systemtechnik

GW



V. Quaschnig, 2000

### These 4: Biomasse ist keine Lösung für den Verkehr - Das Potenzial der Biomasse ist begrenzt



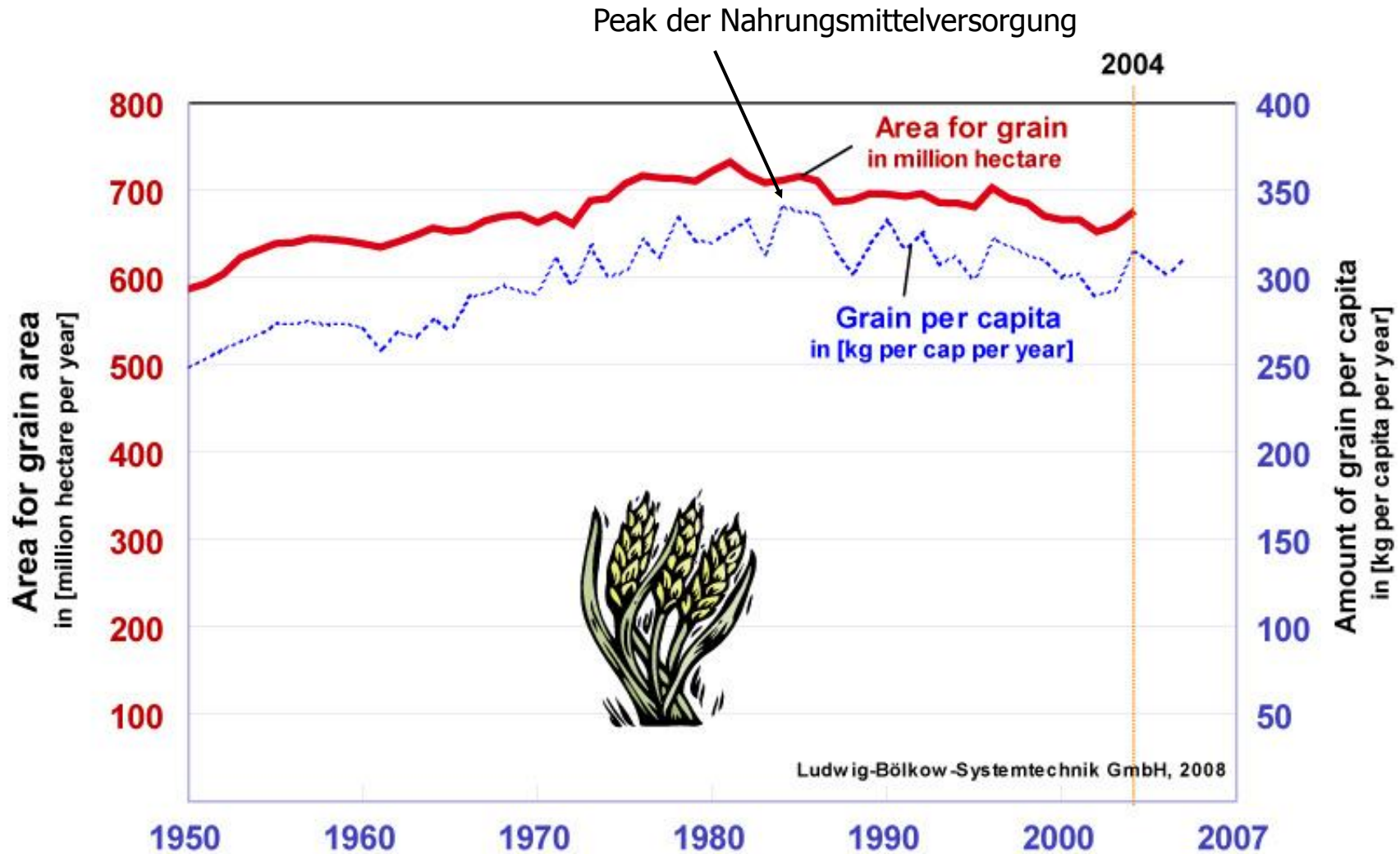
- Nutzungskonkurrenz (Nahrung, Baumaterial, unterschiedliche energetische Nutzung)
- Klimaveränderung (Reduktion landwirtschaftliche Nutzflächen)
- Wasserbedarf (Mensch, Nahrungsmittel, Industrie, Energiepflanzen)
- Düngemiteleinsetz ist Energie- und Ressourcen-intensiv (Phosphorkreislauf)

=> vor allem im effizienten stationären Einsatz (Wärme; Strom-/Wärmekopplung)  
kaum im verlustträchtigen mobilen Bereich  
[evtl.regional/lokal bedeutsam, aber nicht global (z.B. Brasilien, Indonesien)]

# Weltweite Getreideanbaufläche und pro-Kopf Verbrauch



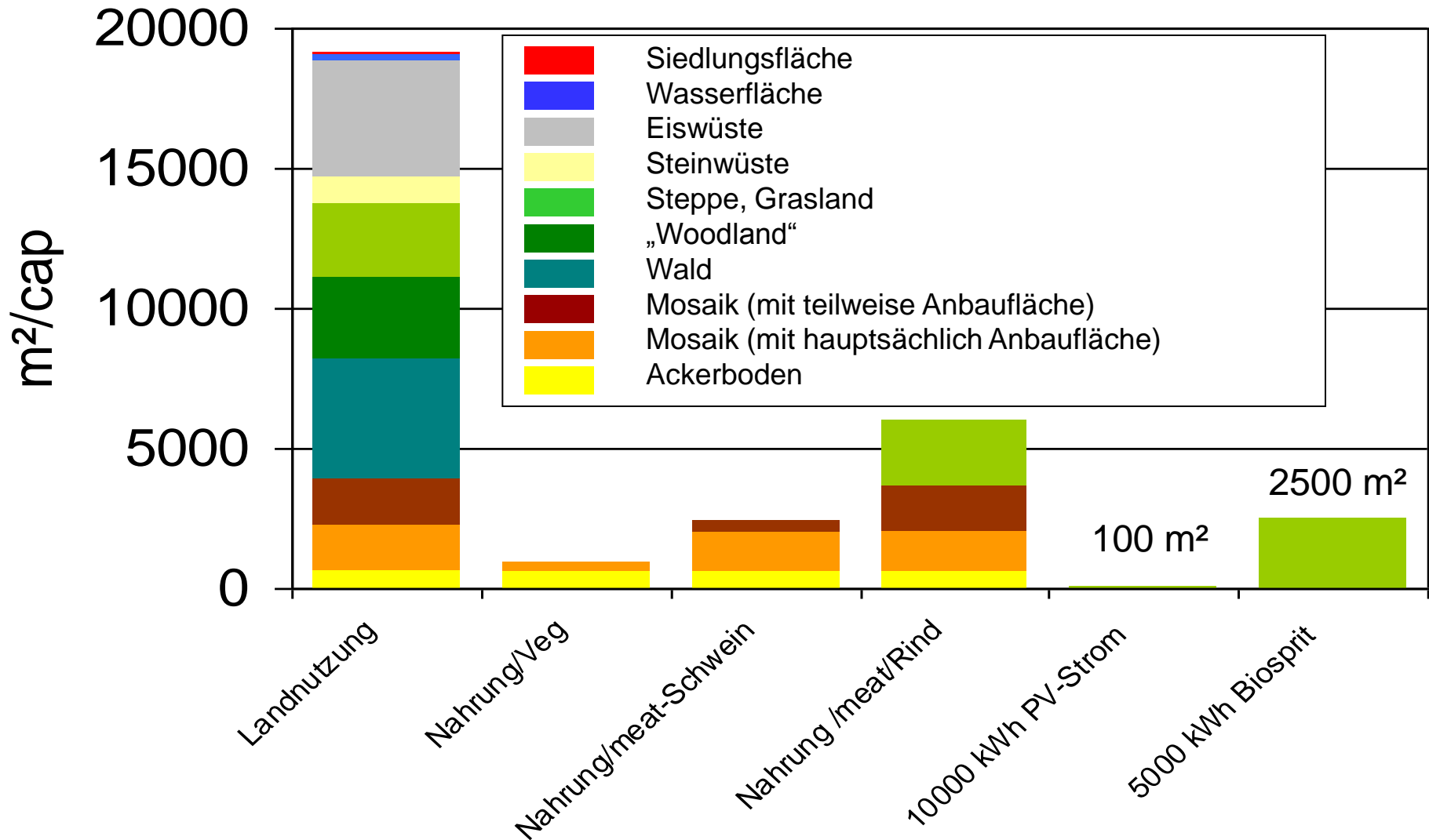
ludwig bolkow  
systemtechnik



# Welt: Landflächennutzung und Bedarf für Ernährung/Energieerzeugung



ludwig bolkow  
systemtechnik





- Strukturbruch (BAU ist keine Option):

Herausforderung: Energie wird weniger und teurer

Veränderung wirtschaftlicher Strukturen:

Transition in eine postfossile Welt

Chance für neue Geschäfte

Nachhaltige Innovationen werden wichtig

- Regionale Verschiebung der Gewichte

Ölexportierende Regionen

Ölimportierende Regionen

- Weitere Randbedingungen

Klimaveränderung / Trinkwasserproblematik

Wachsende Bevölkerung

Ernährung / Agrarpotenzial

Krise des Finanzsystems

Geopolitische Verschiebungen (BRIC)

- Die Weltölförderung ist am Fördermaximum (zunächst Öl, bald Kohle, Gas)
  - Kein anderer fossiler oder nuklearer Energieträger wird das ausgleichen können
- ⇒ Das Fördermaximum wird einen Strukturbruch einleiten
  - ⇒ Die heutigen (Wirtschafts-)strukturen sind an die Randbedingung billige Energie angepasst
  - ⇒ Steigende Energiepreise werden neue Marktbedingungen schaffen

**Wir müssen  
zu einem nachhaltigen Lebensstil finden!!!**



ludwig bolkow  
systemtechnik

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Dr. Werner Zittel · Ludwig-Bolkow-Systemtechnik GmbH · Daimlerstr. 15 · 85521 München-Ottobrunn  
Zittel@LBST.de