

Alternative World Energy Outlook (AWE0)

**Woher kommt der Wasserstoff?**  
**Eine Analyse der globalen Energiesituation**

Jörg Schindler · Patrick Schmidt · Martin Zerta · Werner Zittel



[schmidt@lbst.de](mailto:schmidt@lbst.de) · Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH · Ottobrunn



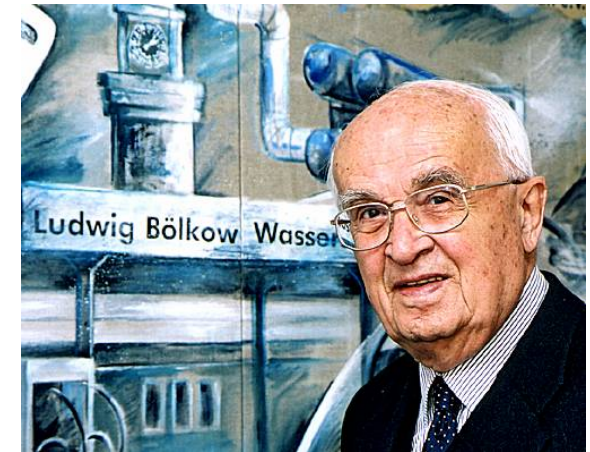
- ➔ LBST
- ➔ Alternative World Energy Outlook
  - Fossil und nuklear
  - Erneuerbar
  - Zusammenfassung
- ➔ Potenziale und Erträge
- ➔ Wasserstoff: Woher? Woher nicht?



- ➔ LBST
- ➔ Alternative World Energy Outlook
  - Fossil und nuklear
  - Erneuerbar
  - Zusammenfassung
- ➔ Potenziale und Erträge
- ➔ Wasserstoff: Woher? Woher nicht?

## Wissenschaftliche Strategie- und Technologieanalysen für nachhaltige Energie- und Transportsysteme

- ▶ Gegründet 1982
- ▶ Globale Ausrichtung und Langzeitperspektive
- ▶ Technologieausrichtung
- ▶ Wasserstoff, Brennstoffzellen, nachhaltige Energie
- ▶ Kunden: Industrie, Politik, NGOs weltweit
- ▶ Interdisziplinäres Team mit hoher Kontinuität
- ▶ Gesellschafter: TÜV SÜD (47%), Mitarbeiter der LBST (29%), Ludwig Bölkow Stiftung (12%), Herr Gerhard Jochum (12%)



Dr. Ludwig Bölkow, Gründer der LBST, † 2003



- ▶ Lebenszyklusanalysen von Energieketten
- ▶ EU-Aktivitäten im Bereich Wasserstoff-Energietechnologie  
EQHHPP, EIHP, HyNet, HyWays, AcceptH2, HFP, HarmonHy, HyApproval, HyLights
- ▶ Studien im Bereich Infrastruktur und alternative Kraftstoffe
- ▶ Machbarkeitsuntersuchungen
- ▶ Strategieberatung für die Politik
- ▶ Analyse fossile Ressourcen (seit 1995)
- ▶ Energieszenarien



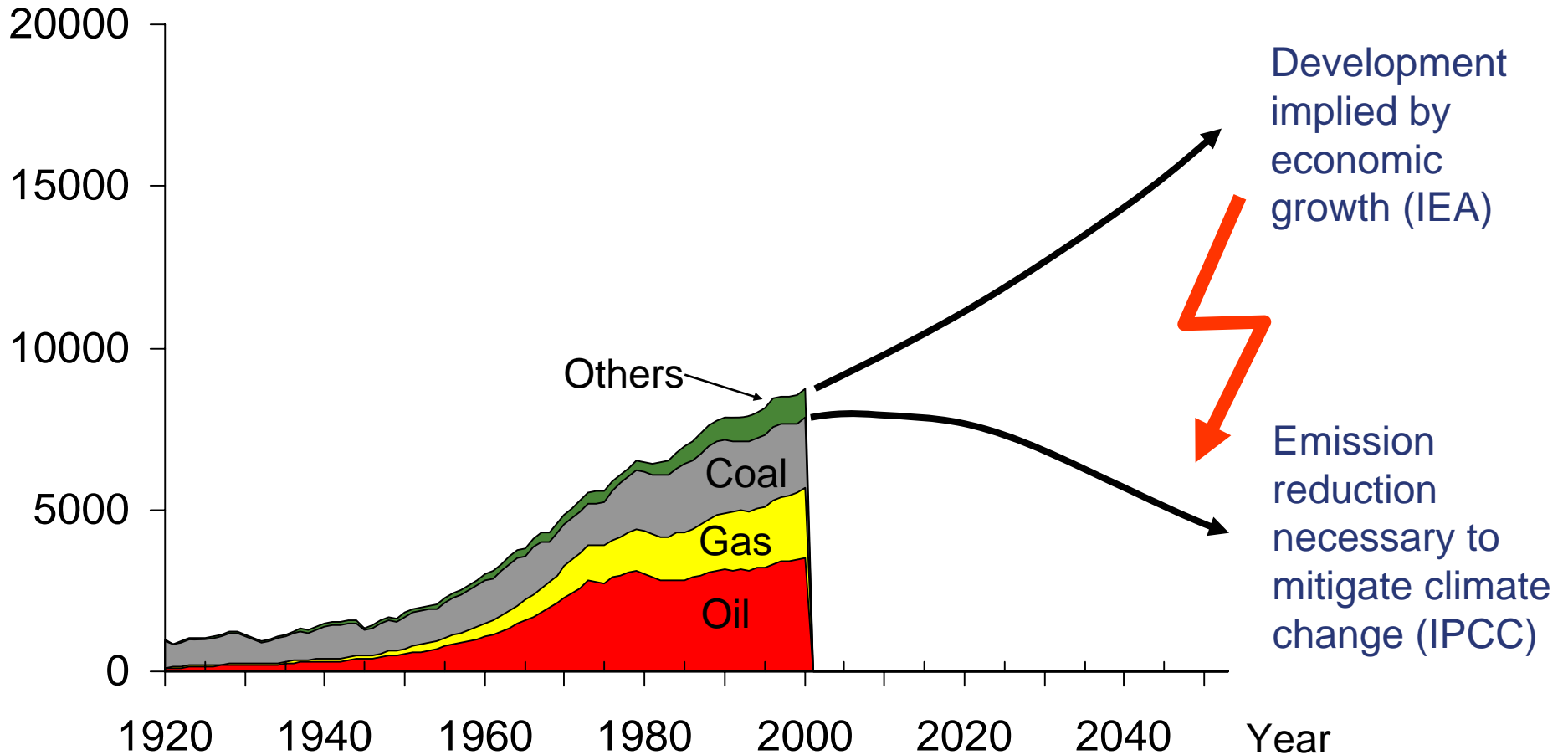
- ➔ LBST
- ➔ Alternative World Energy Outlook
  - Fossil und nuklear
  - Erneuerbar
  - Zusammenfassung
- ➔ Potenziale und Erträge
- ➔ Wasserstoff: Woher? Woher nicht?

# Unresolved Dilemma of Industrialised Society



ludwig bolkow  
systemtechnik

Total Primary Energy Supply  
[Mtoe/yr]



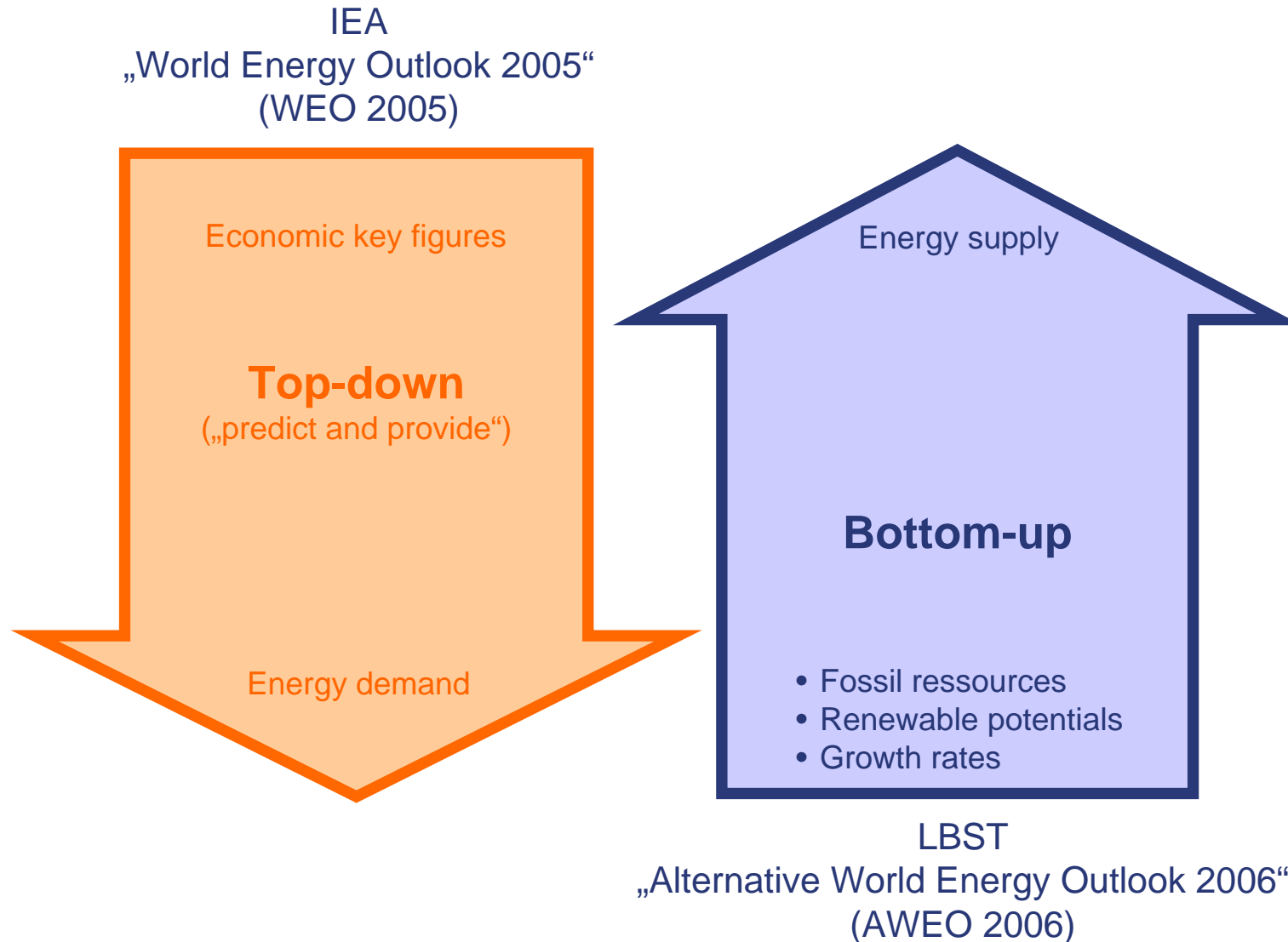
Source: BP Statistical Review of World Energy; LBST

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

# Methodology: Scenario building by IEA and LBST



ludwig bolkow  
systemtechnik





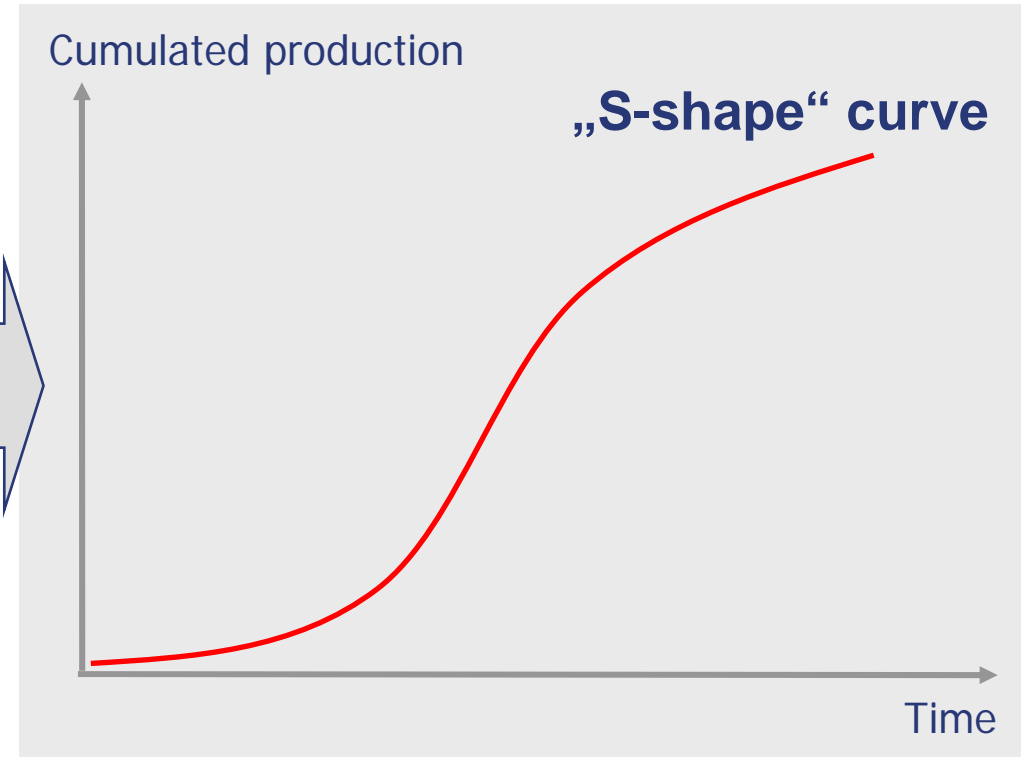
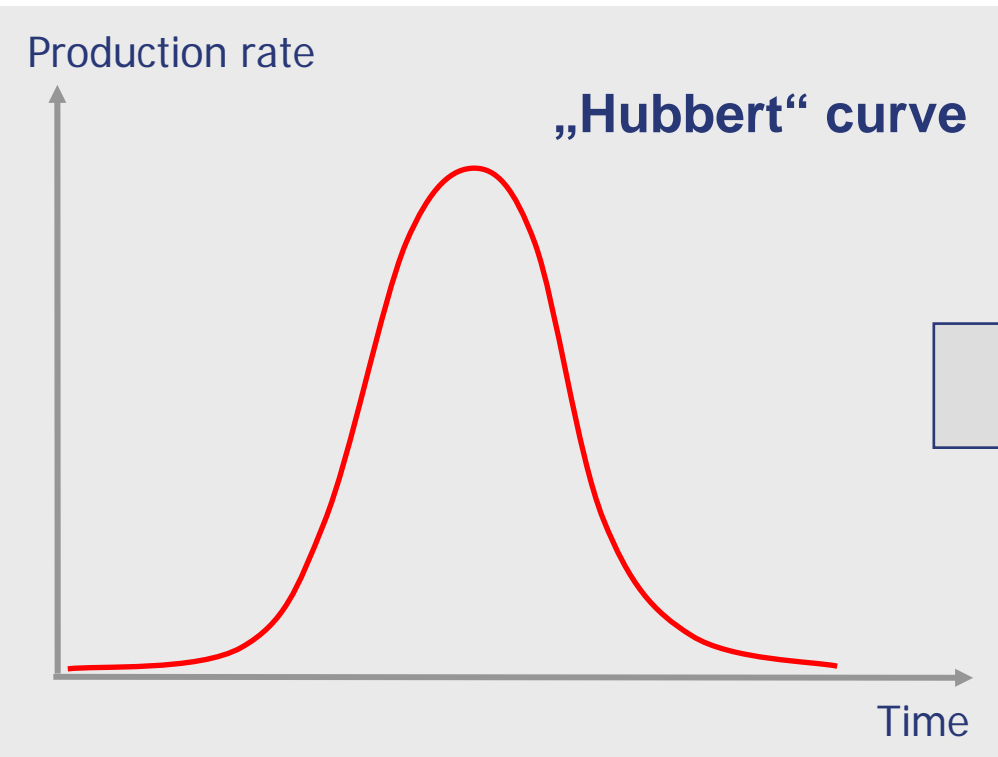
- ➔ LBST
- ➔ Alternative World Energy Outlook
  - Fossil und nuklear
  - Erneuerbar
  - Zusammenfassung
- ➔ Potenziale und Erträge
- ➔ Wasserstoff: Woher? Woher nicht?

# Primary Energy Supply: Conventional (Extractive) Energies

Idealised production pattern



ludwig bolkow  
systemtechnik



# Primary Energy Supply: Conventional (Extractive) Energies

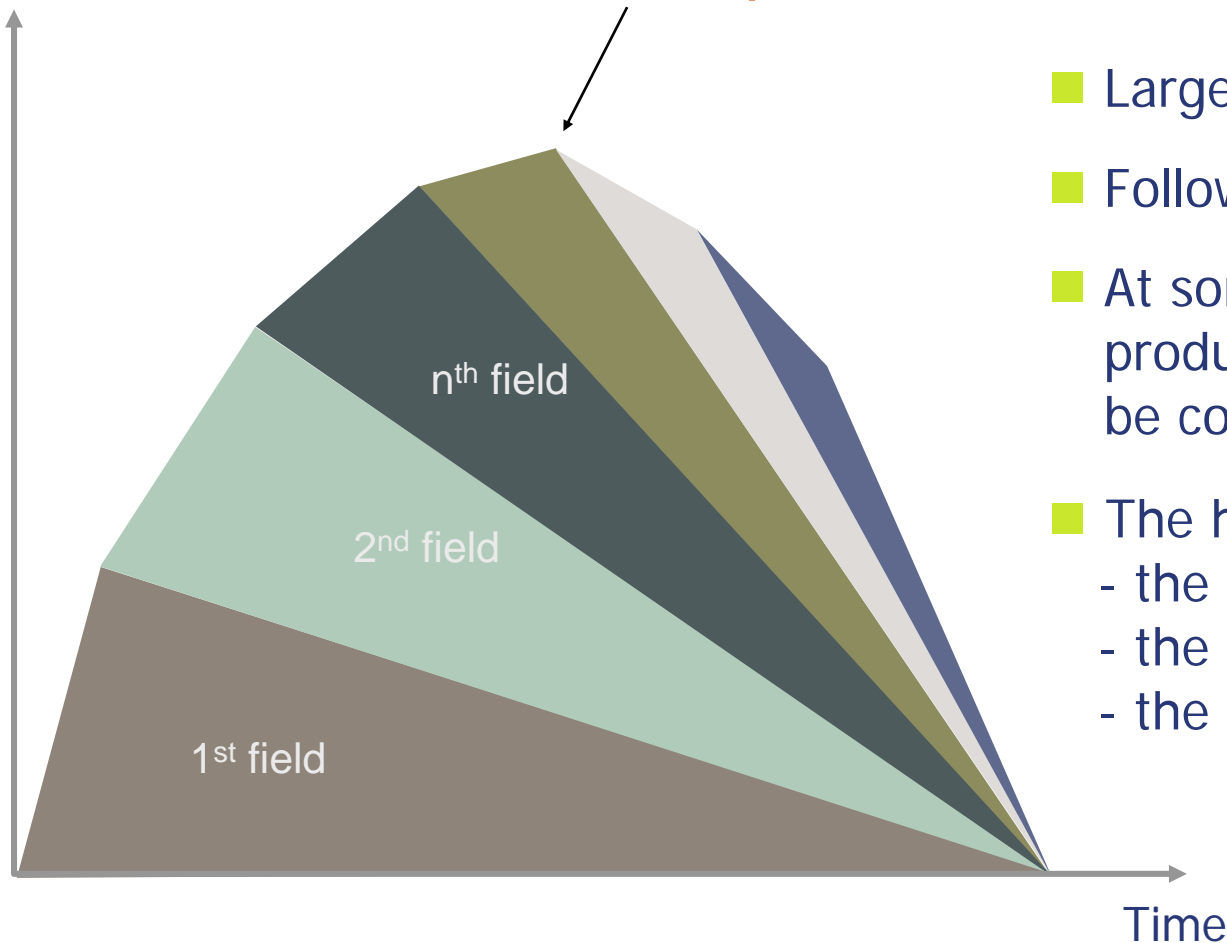


ludwig bolkow  
systemtechnik

## Development of regional oil production

Oil production

**Production peak**



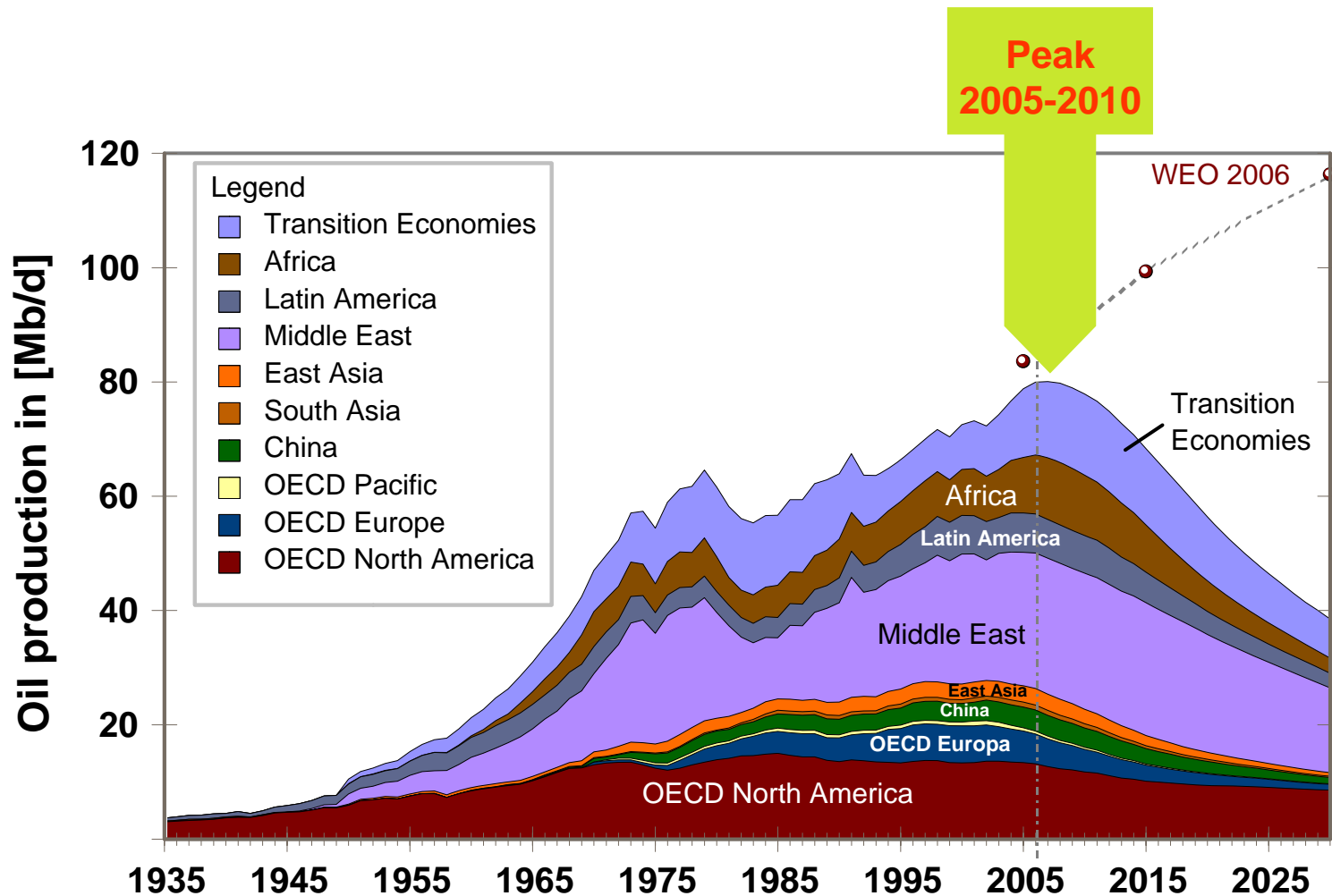
- Largest fields exploited first
- Followed by smaller fields
- At some point in time decline in production of large fields cannot be compensated
- The higher initial extraction rate
  - the earlier decline starts
  - the longer its decline phase
  - the lower overall yield



# Primary Energy Supply: World Oil Production



ludwig bölkow  
systemtechnik



Scenario assumption: decline rate after peak of 2.7%/yr

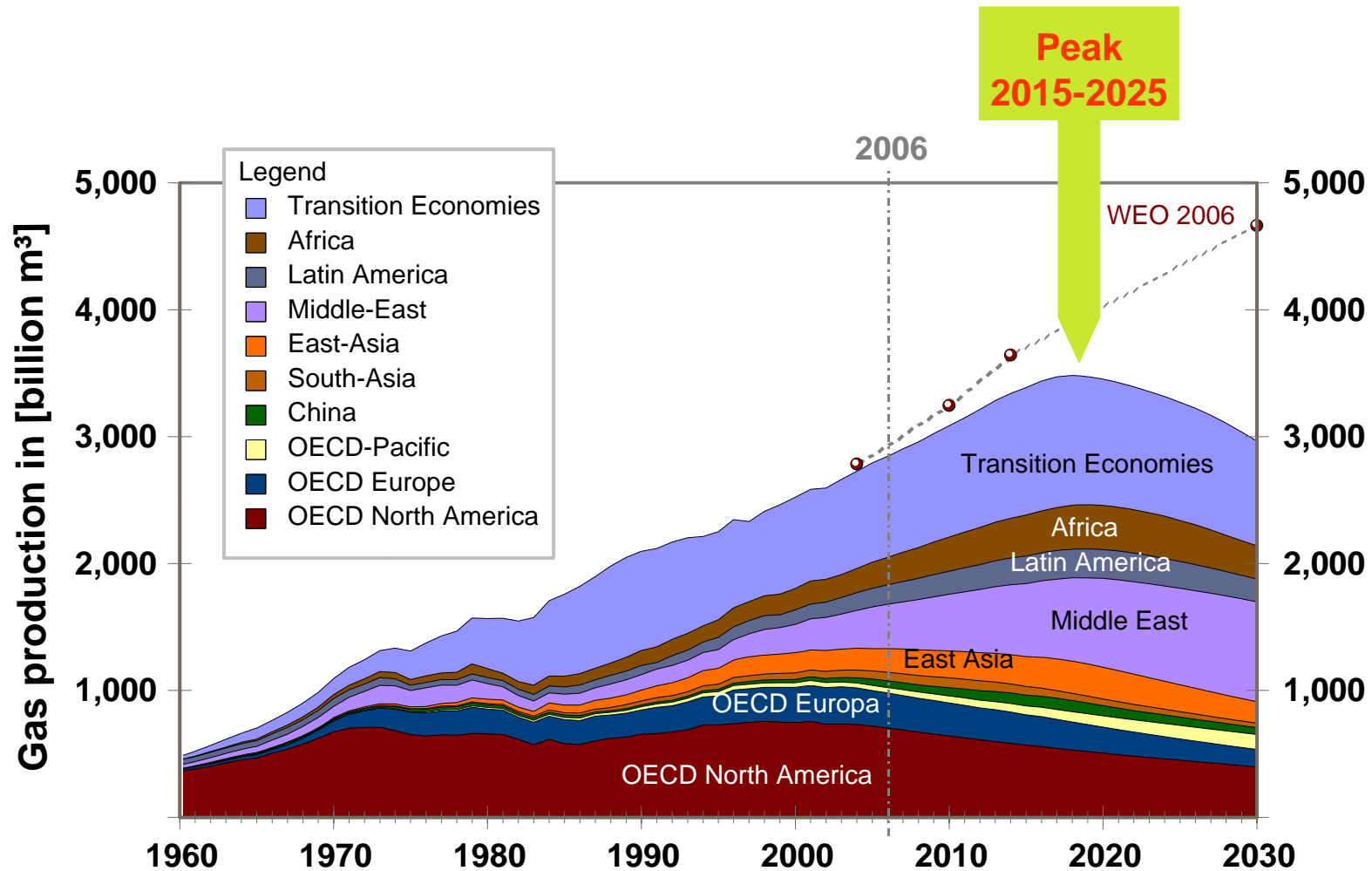
Actual experience: decline rates of 10%/yr and beyond (e.g. Alaska, Mexico, Norway, Oman, UK)



# Primary Energy Supply: World Natural Gas Production



ludwig bolkow  
systemtechnik



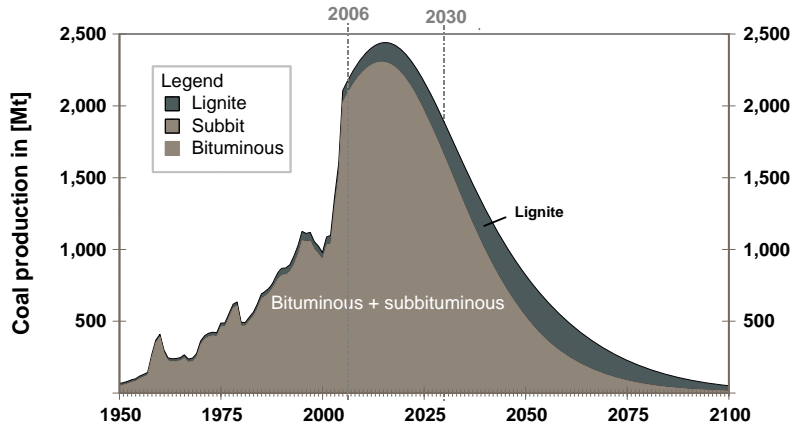


# Primary Energy Supply: Coal Production by Region

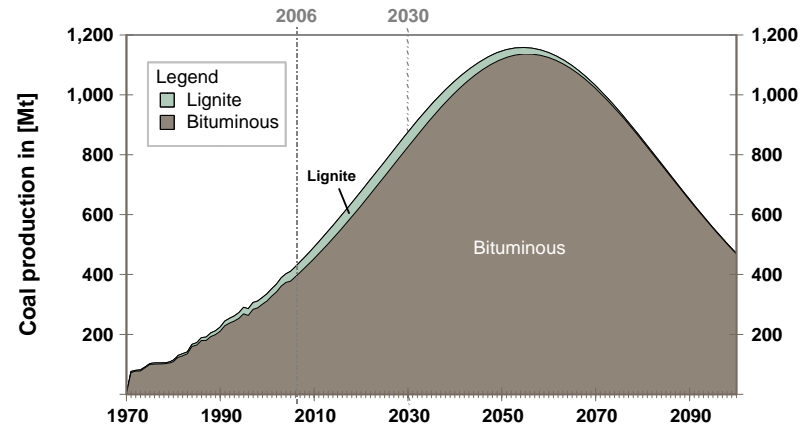


ludwig bölkow  
systemtechnik

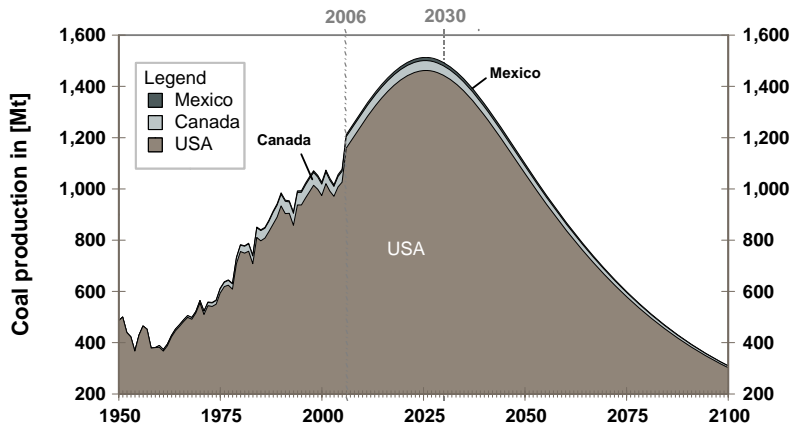
## China: 2010-2015?



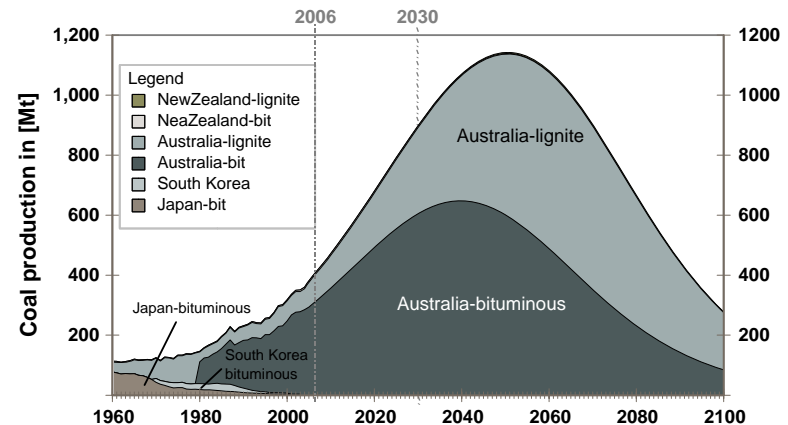
## South Asia (India): 2060?



## OECD North America: 2025?



## OECD Pacific: 2040-2060?

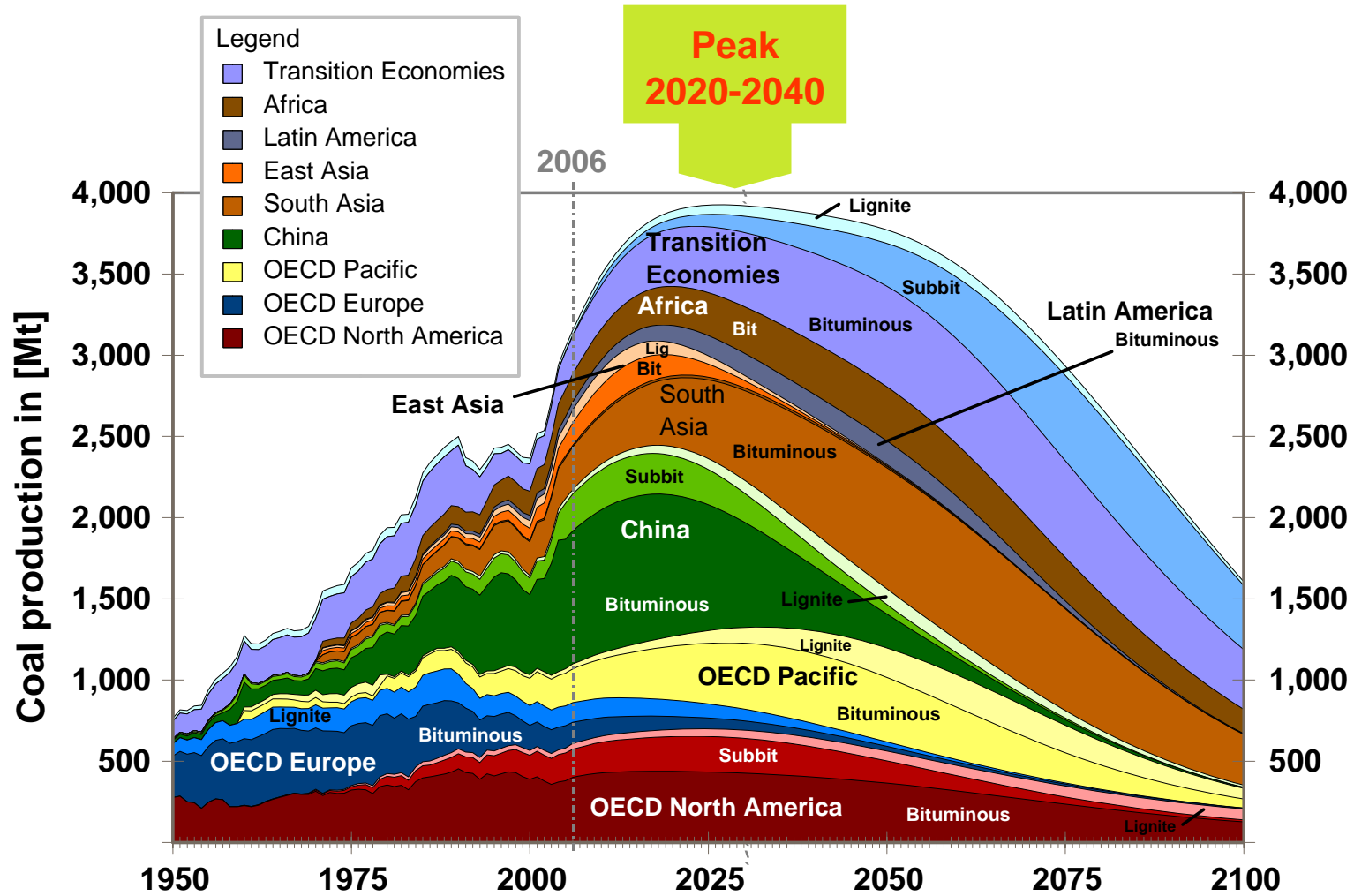




# Primary Energy Supply: World Coal Production



ludwig bolkow  
systemtechnik



For details on coal resource/reserve analyses, see EWG Report No. 1/ 2007 „Coal“:  
[http://www.lbst.de/publications/studies\\_\\_e/2007EWG-coal\\_\\_e.html](http://www.lbst.de/publications/studies__e/2007EWG-coal__e.html)

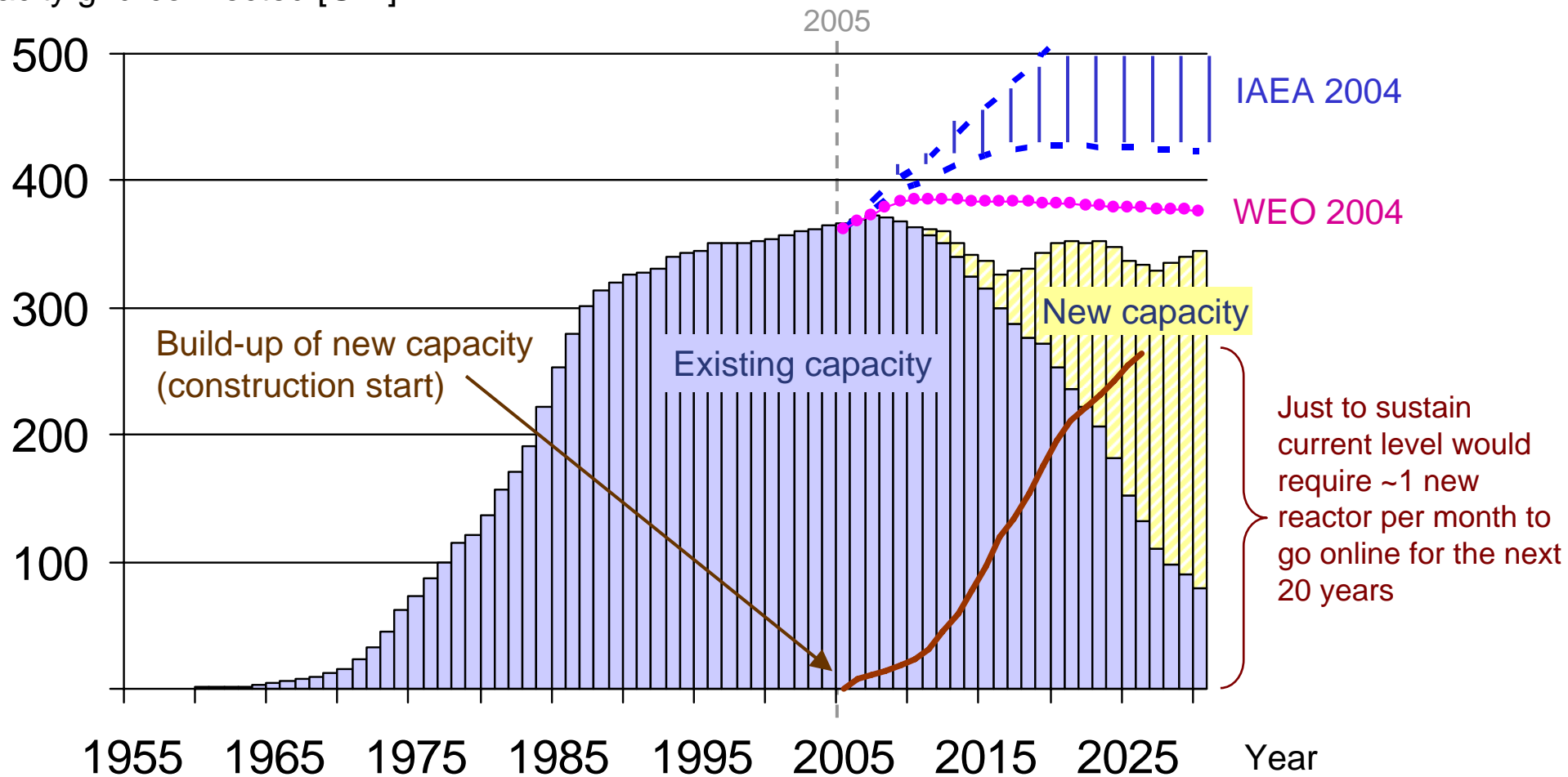


# Primary Energy Supply: World Nuclear Power Capacities



ludwig bolkow  
systemtechnik

Capacity grid-connected [GW]



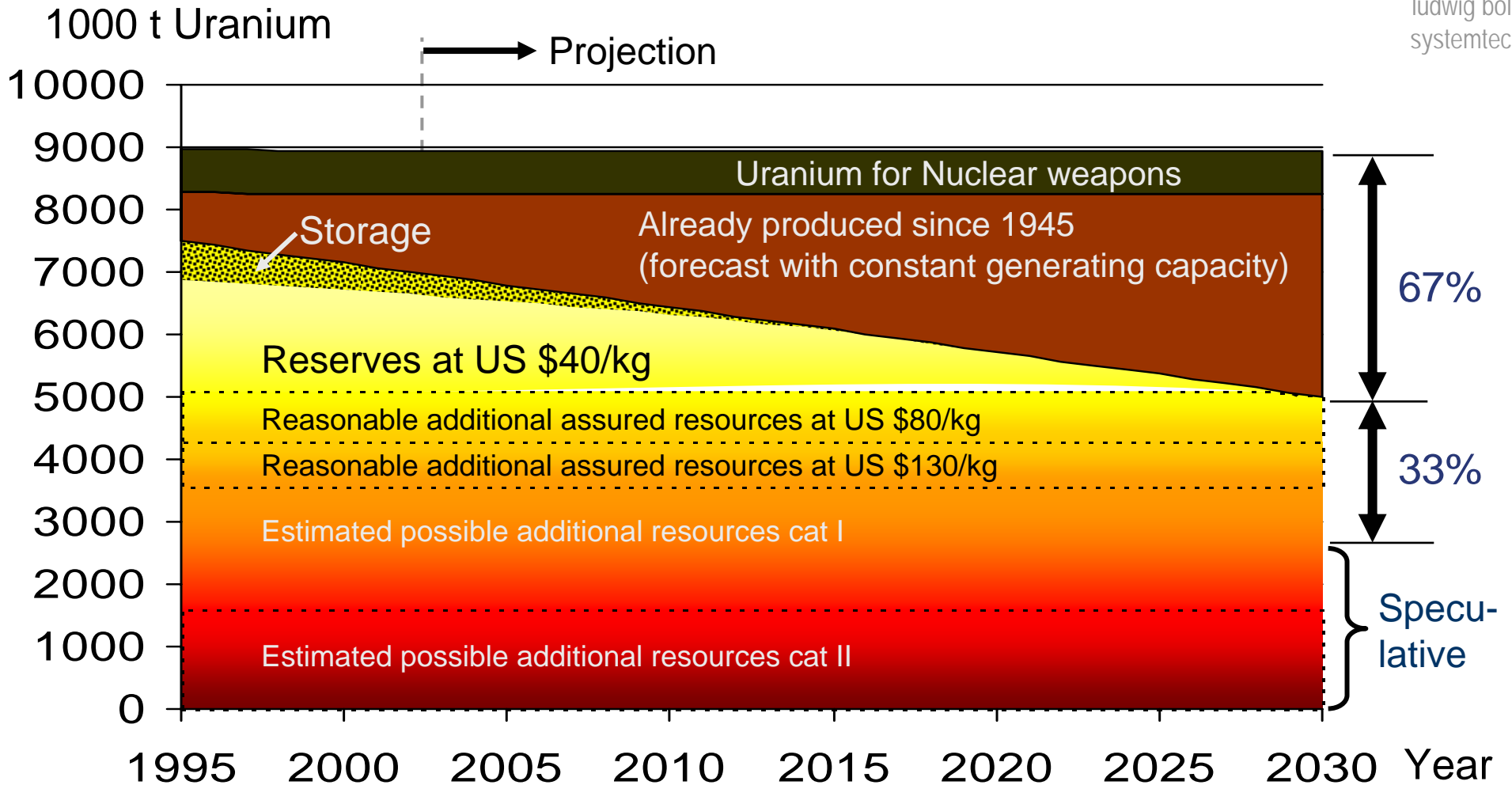
For details on nuclear resource/reserve analyses, see EWG Report No. 1/2006 „Uranium“:  
[http://www.lbst.de/publications/studies\\_\\_e/2006EWG-uranium\\_\\_e.html](http://www.lbst.de/publications/studies__e/2006EWG-uranium__e.html)



# Primary Energy Supply: World Uranium Reserves/Resources



ludwig bolkow  
systemtechnik



**Data source: BGR 2003**

For details on nuclear resource/reserve analyses, see EWG Report No. 1/2006 „Uranium“:  
[http://www.lbst.de/publications/studies\\_\\_e/2006EWG-uranium\\_\\_e.html](http://www.lbst.de/publications/studies__e/2006EWG-uranium__e.html)

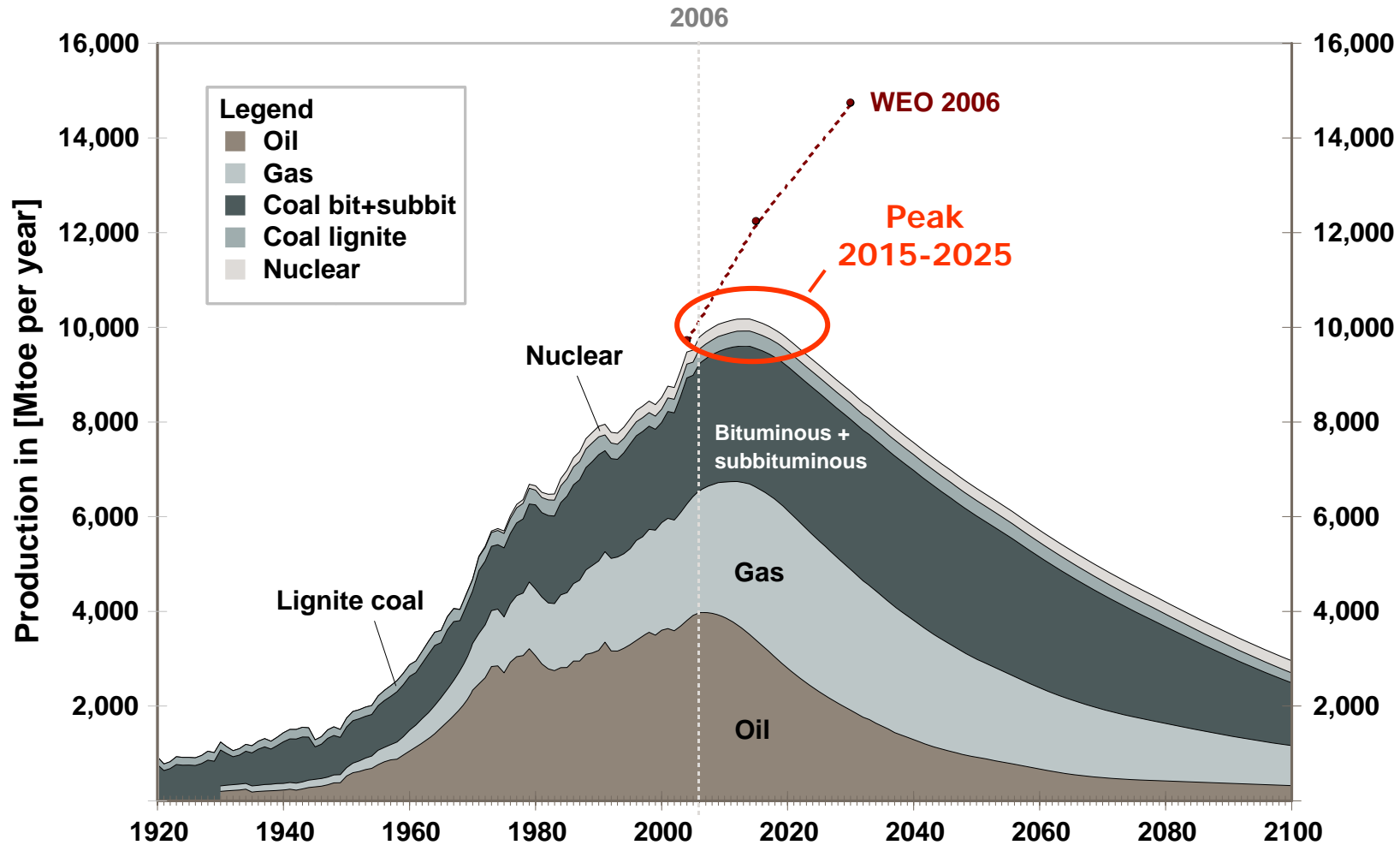
[www.lbst.de](http://www.lbst.de)

# Primary Energy Supply: Contributions from Fossil and Nuclear Fuels



ludwig bolkow  
systemtechnik

## Summary





- ➔ LBST
- ➔ Alternative World Energy Outlook
  - Fossil und nuklear
  - Erneuerbar
  - Zusammenfassung
- ➔ Potenziale und Erträge
- ➔ Wasserstoff: Woher? Woher nicht?

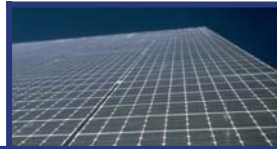
# Primary Energy Supply: Contributions from Renewable Energies



ludwig bolkow  
systemtechnik

## Growth rates and methodology

**Photovoltaic (PV)**



**+ 24 % per year**

**Solar thermal power plants (SOT)**



**+ 30 % per year**

**Solar collectors (heat)**



**+ 11 % per year**

**Biomass**



**+ 2.3 % per year**

**Wind power**



**+ 16 % per year**

**Hydropower**

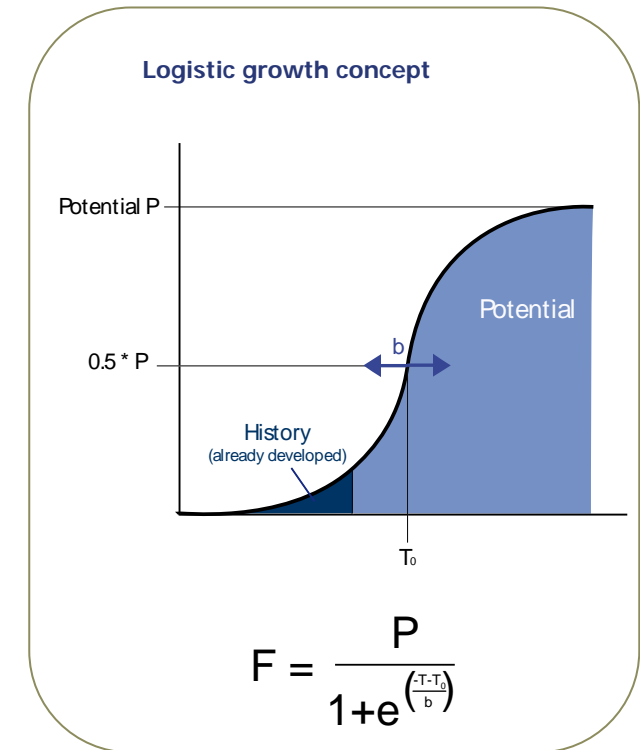


**+ 2.3 % per year**

**Geothermal**



**+ 11 % per year**



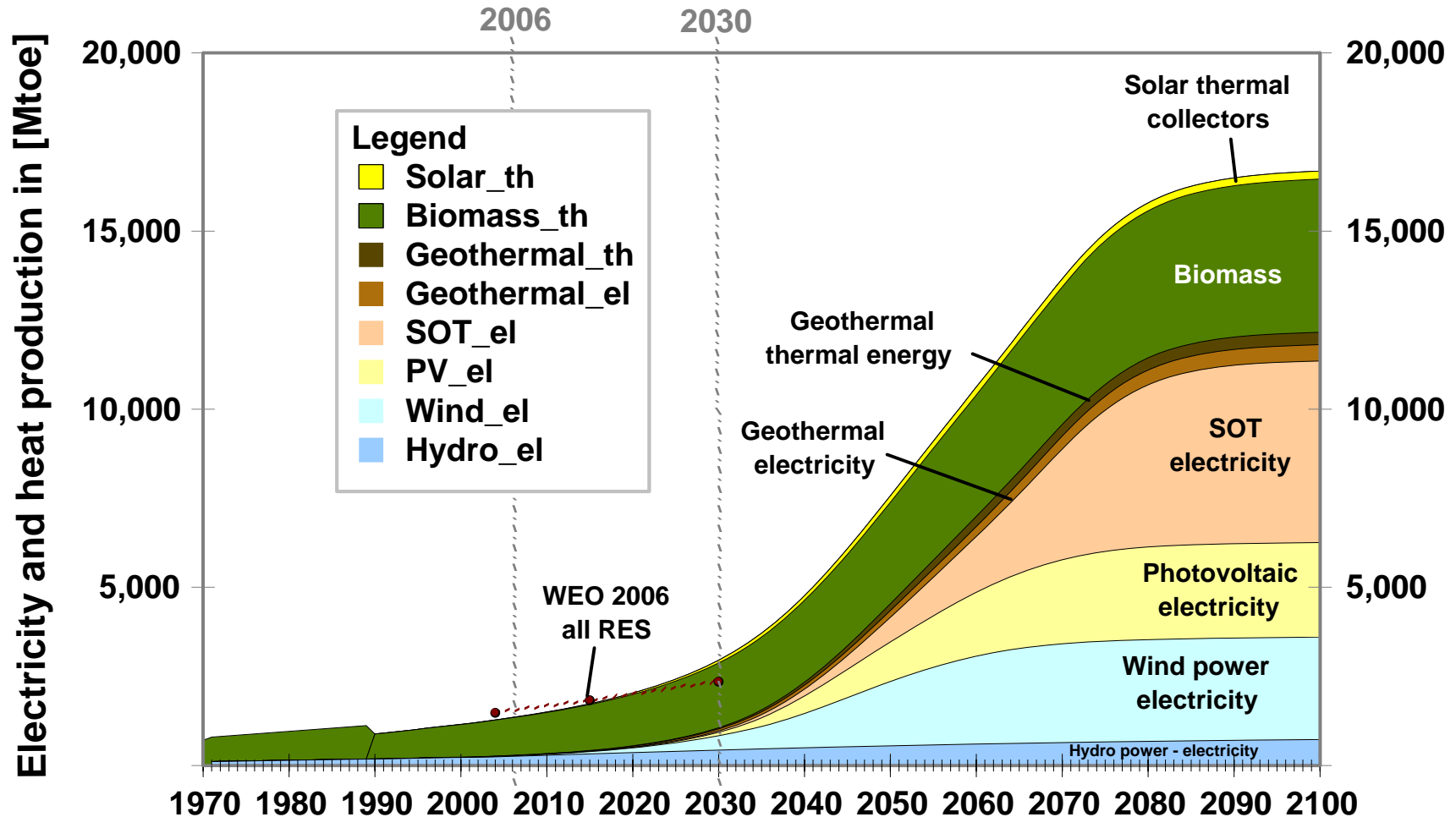
Average global growth rates

# Primary Energy Supply: Contributions from Renewable Energies



ludwig bolkow  
systemtechnik

## Summary





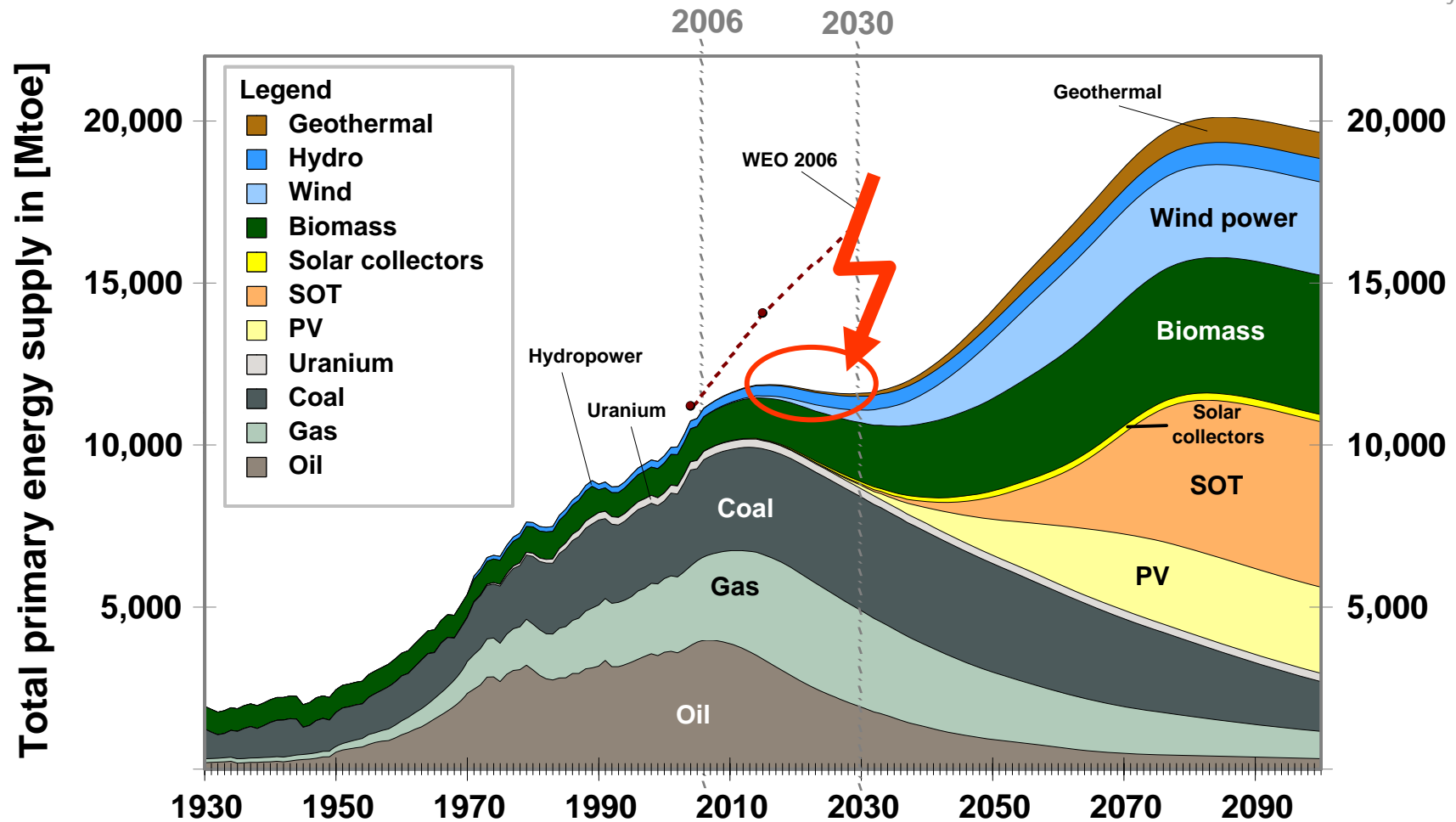
- ➔ LBST
- ➔ Alternative World Energy Outlook
  - Fossil und nuklear
  - Erneuerbar
  - Zusammenfassung
- ➔ Potenziale und Erträge
- ➔ Wasserstoff: Woher? Woher nicht?

# Primary Energy Supply: Summary Conventional and Renewable Energies



ludwig bolkow  
systemtechnik

## LBST Alternative World Energy Outlook 2006





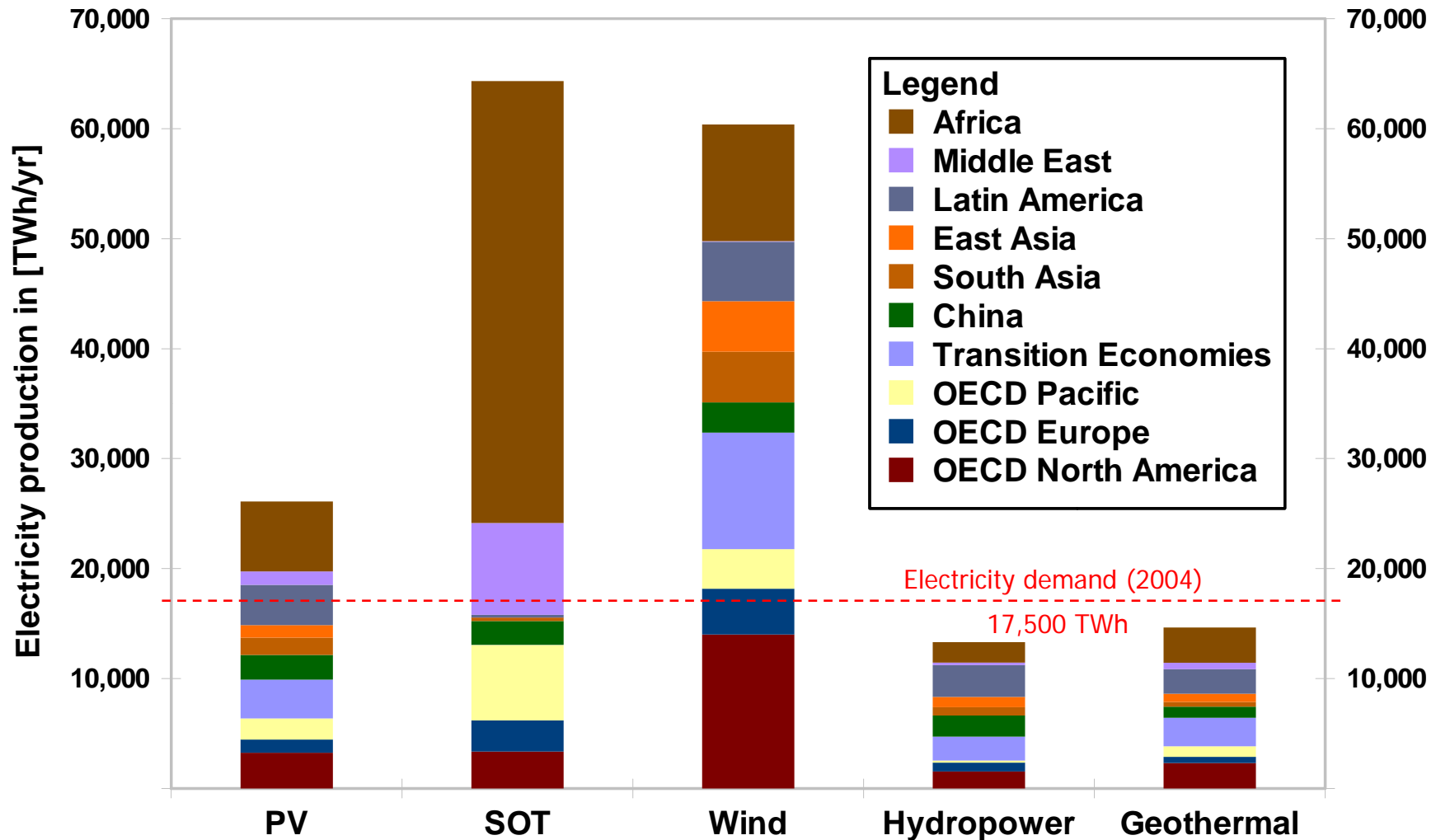
- ➔ LBST
- ➔ Alternative World Energy Outlook
  - Fossil und nuklear
  - Erneuerbar
  - Zusammenfassung
- ➔ Potenziale und Erträge
- ➔ Wasserstoff: Woher? Woher nicht?

# Technical Potential: Electricity Production

## World by region



ludwig bolkow  
systemtechnik

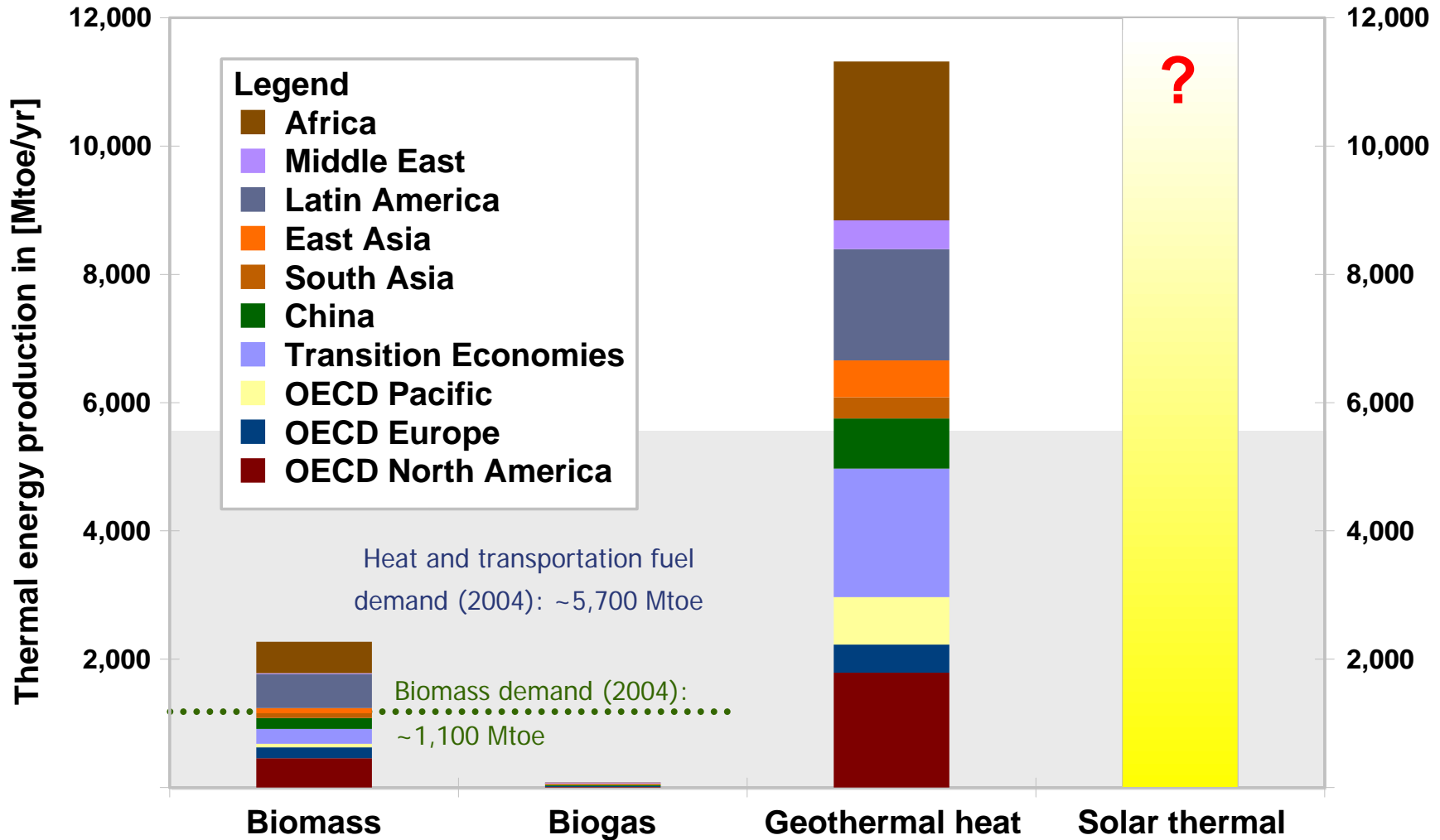


# Technical Potential: Heat Production

## World by region



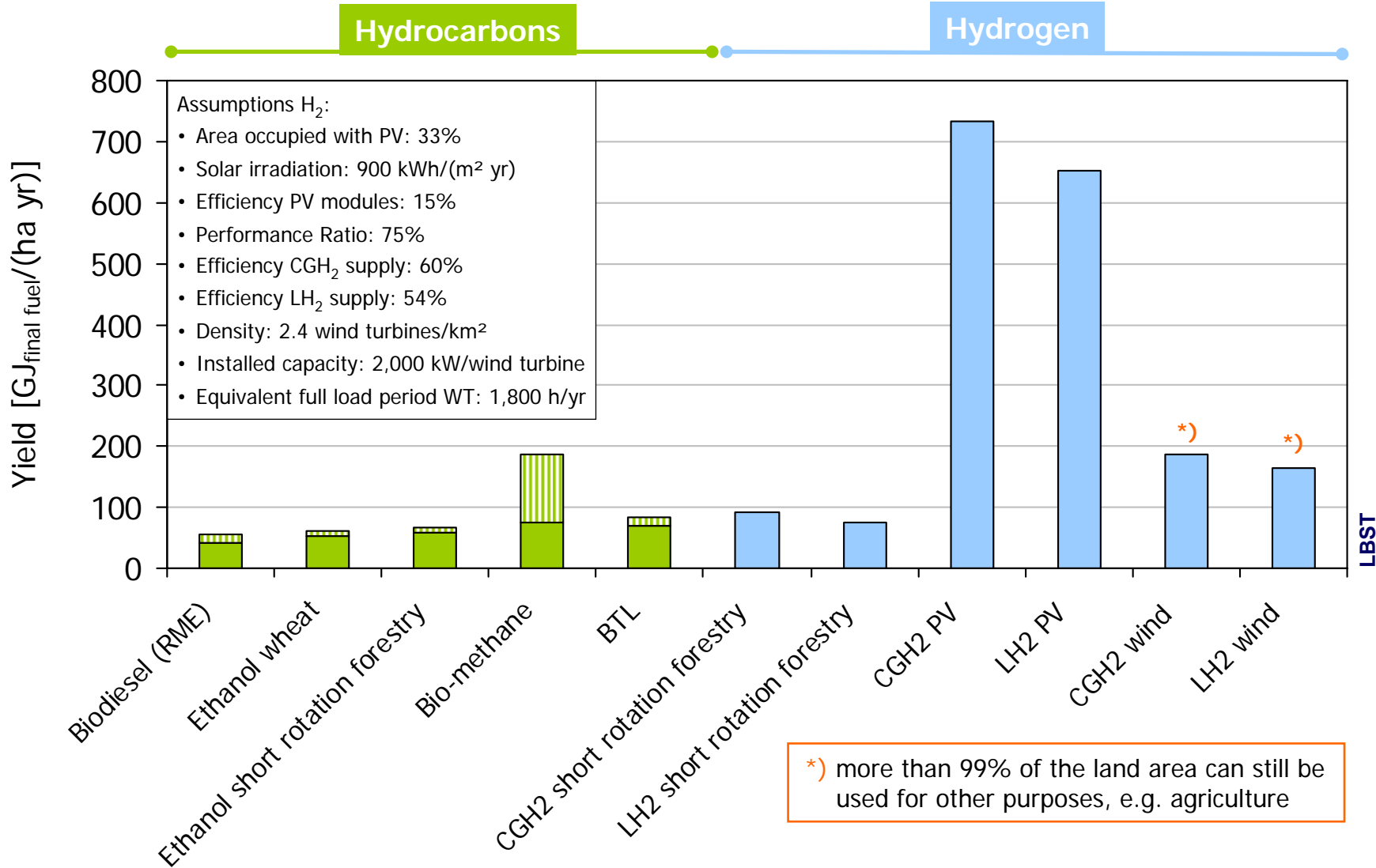
ludwig bolkow  
systemtechnik



# Yield per ha and year for different transportation fuels



ludwig bolkow  
systemtechnik





- ➔ LBST
- ➔ Alternative World Energy Outlook
  - Fossil und nuklear
  - Erneuerbar
  - Zusammenfassung
- ➔ Potenziale und Erträge
- ➔ Wasserstoff: Woher? Woher nicht?

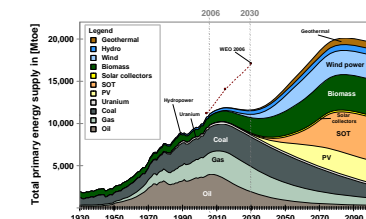
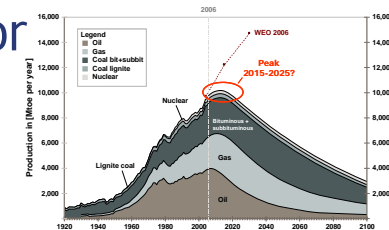
# Wasserstoff woher? Woher nicht?



ludwig bolkow  
systemtechnik

## Leitplanken einer zukünftigen Energieversorgung

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





## LBST.de

### SERVICE WEBSITES

- ▶ [HyWeb.de](http://HyWeb.de)
- ▶ [H2mobility.org](http://H2mobility.org)
- ▶ [H2stations.org](http://H2stations.org)
- ▶ [EnergyShortage.com](http://EnergyShortage.com)
- ▶ [H2data.de](http://H2data.de)

### PROJECT WEBSITES

- ▶ [HFPEurope.org](http://HFPEurope.org)
- ▶ [HyLights.org](http://HyLights.org)
- ▶ [HyWays.de](http://HyWays.de)
- ▶ [HyNet.info](http://HyNet.info)
- ▶ [AcceptH2.com](http://AcceptH2.com)
- ▶ [HyApproval.org](http://HyApproval.org)
- ▶ [EIHP.org](http://EIHP.org)
- ▶ ...

Alternative World Energy Outlook (AWE0)

Woher kommt der Wasserstoff?

Eine Analyse der globalen Energiesituation

**Vielen Dank.**

Patrick Schmidt · Jörg Schindler · Martin Zerta · Werner Zittel



[schmidt@lbst.de](mailto:schmidt@lbst.de) · Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH · Ottobrunn