

---

## 9. Brennstoffzellen-Forum Hessen

Kassel, 6. Oktober 2010

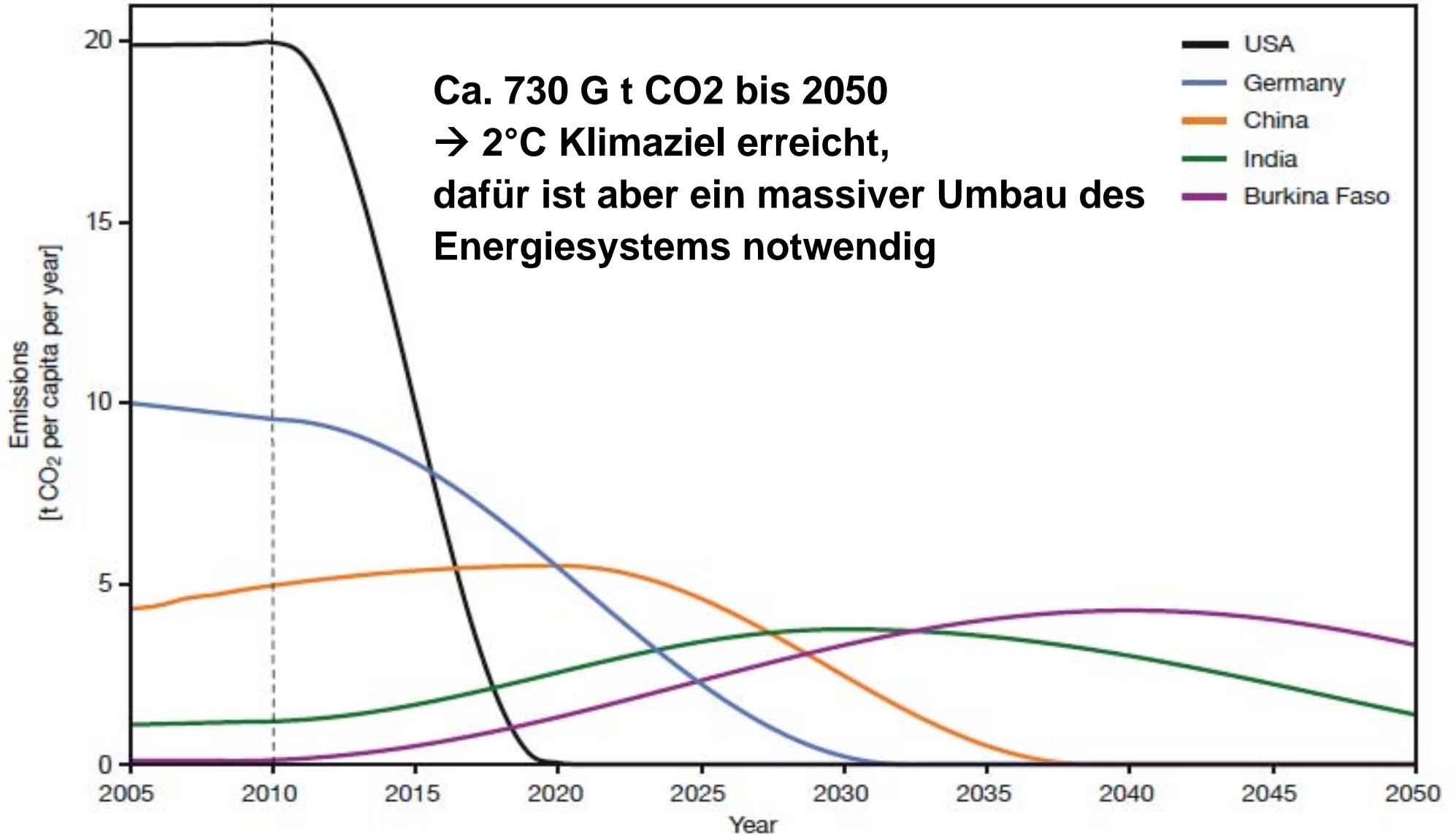


Status und Perspektiven regenerativer Energie

Dr.-Ing. Kurt Rohrig

Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik

# CO2 Emissionen pro Kopf – Beispiele für verbleibende Budgets



Quelle: WBGU, 2009



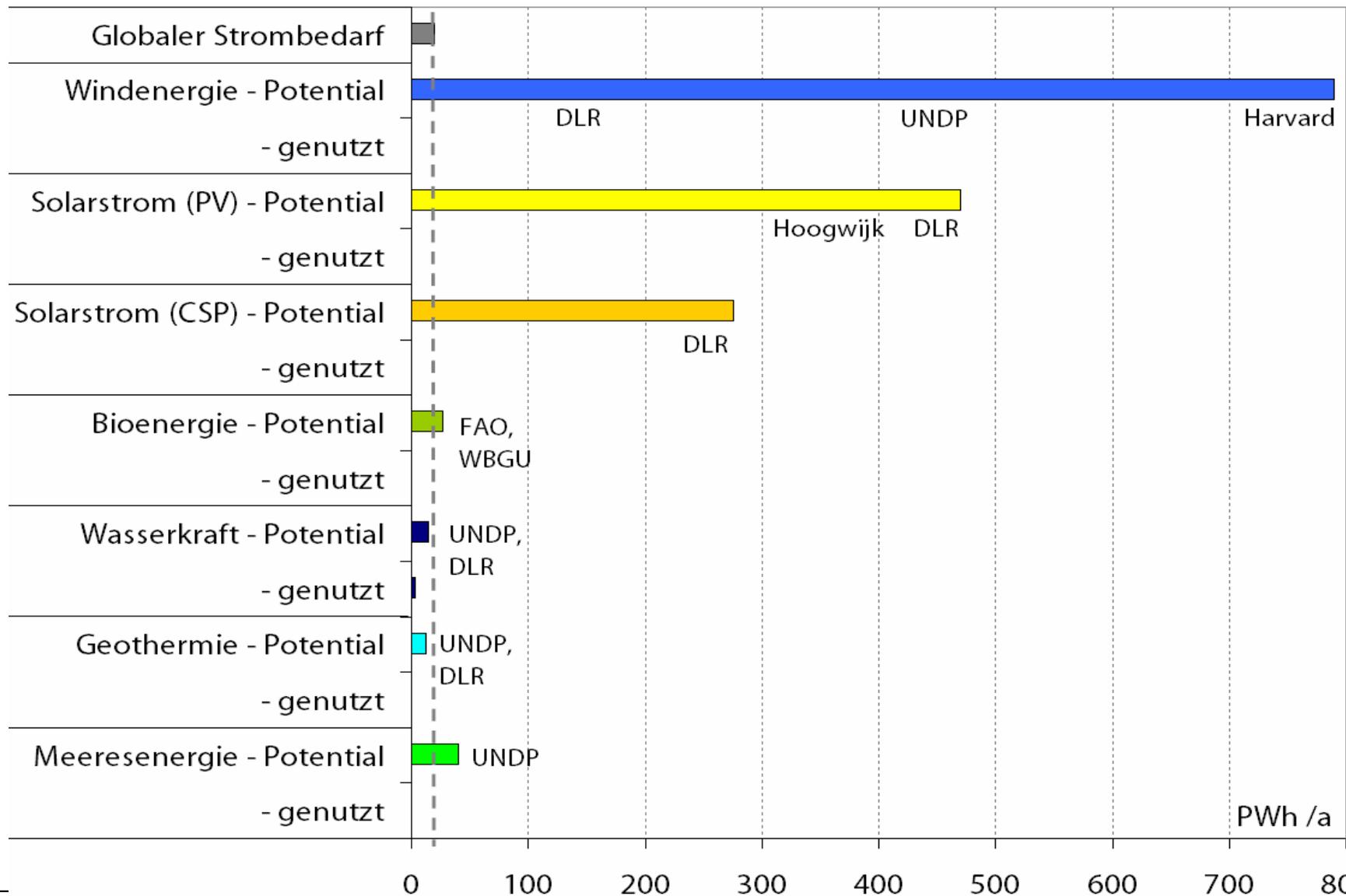
**WBGU**



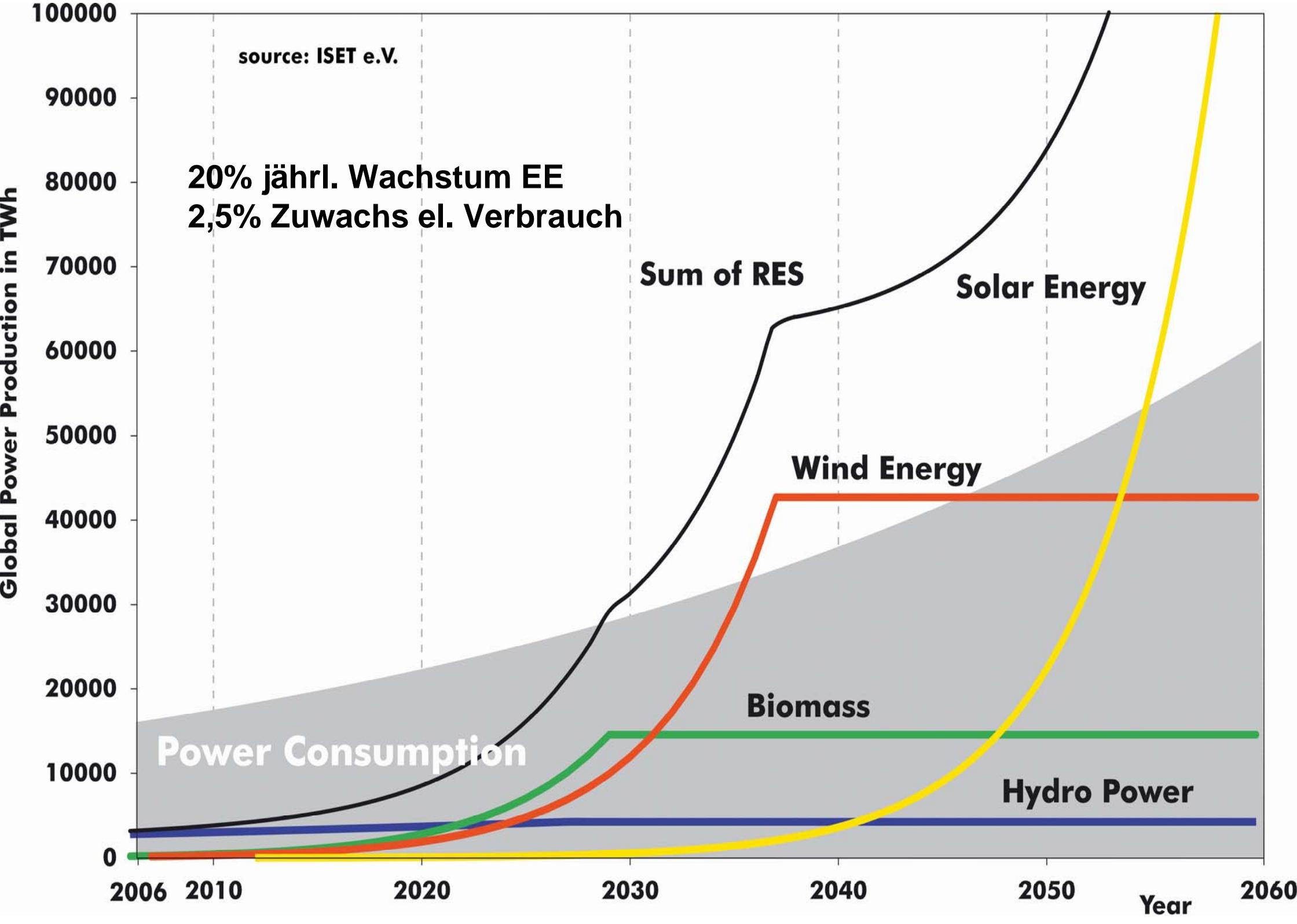
**Fraunhofer**

IWES

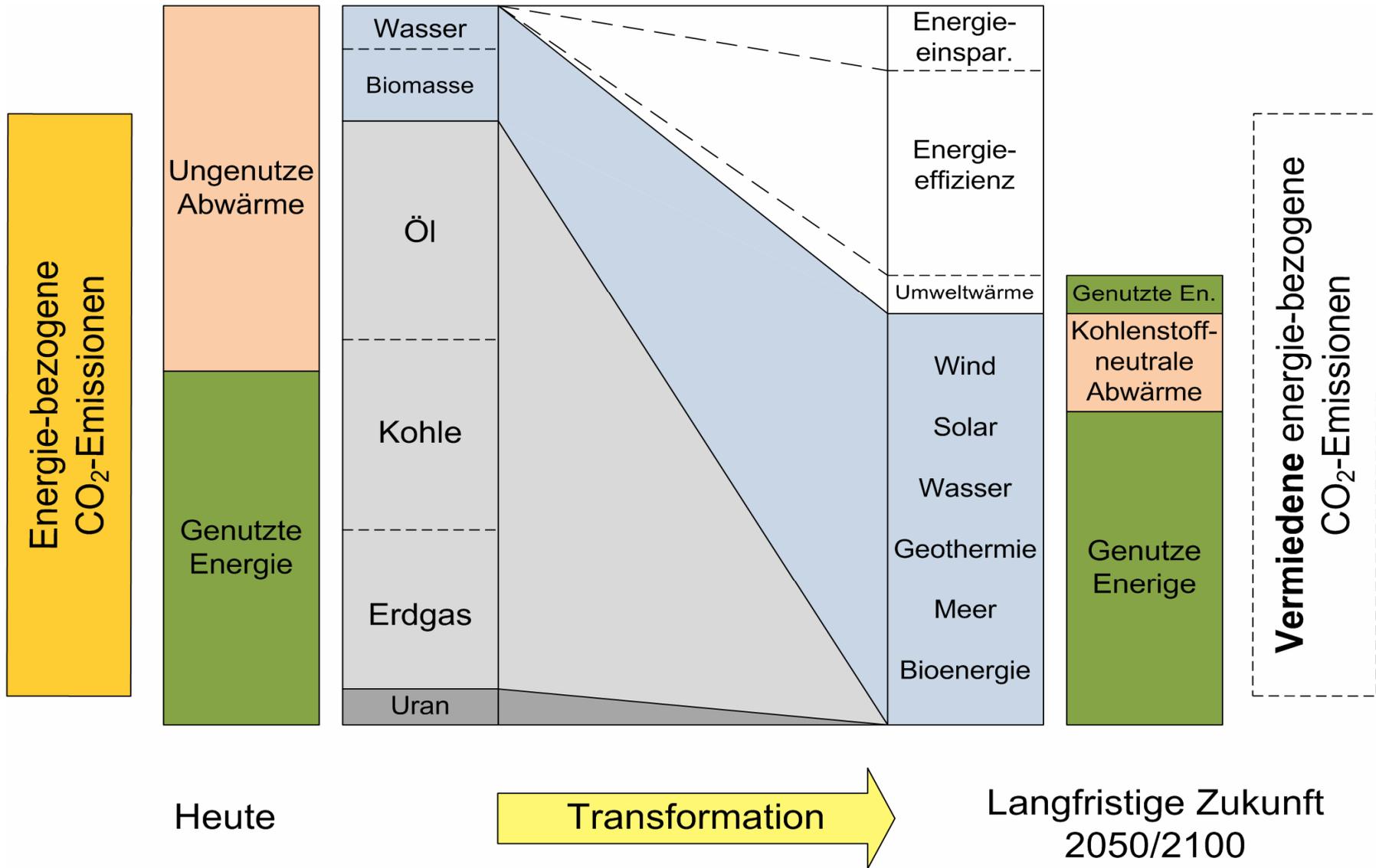
# Das technische Potential Erneuerbarer Energien weltweit



Quellen: s. Abb.

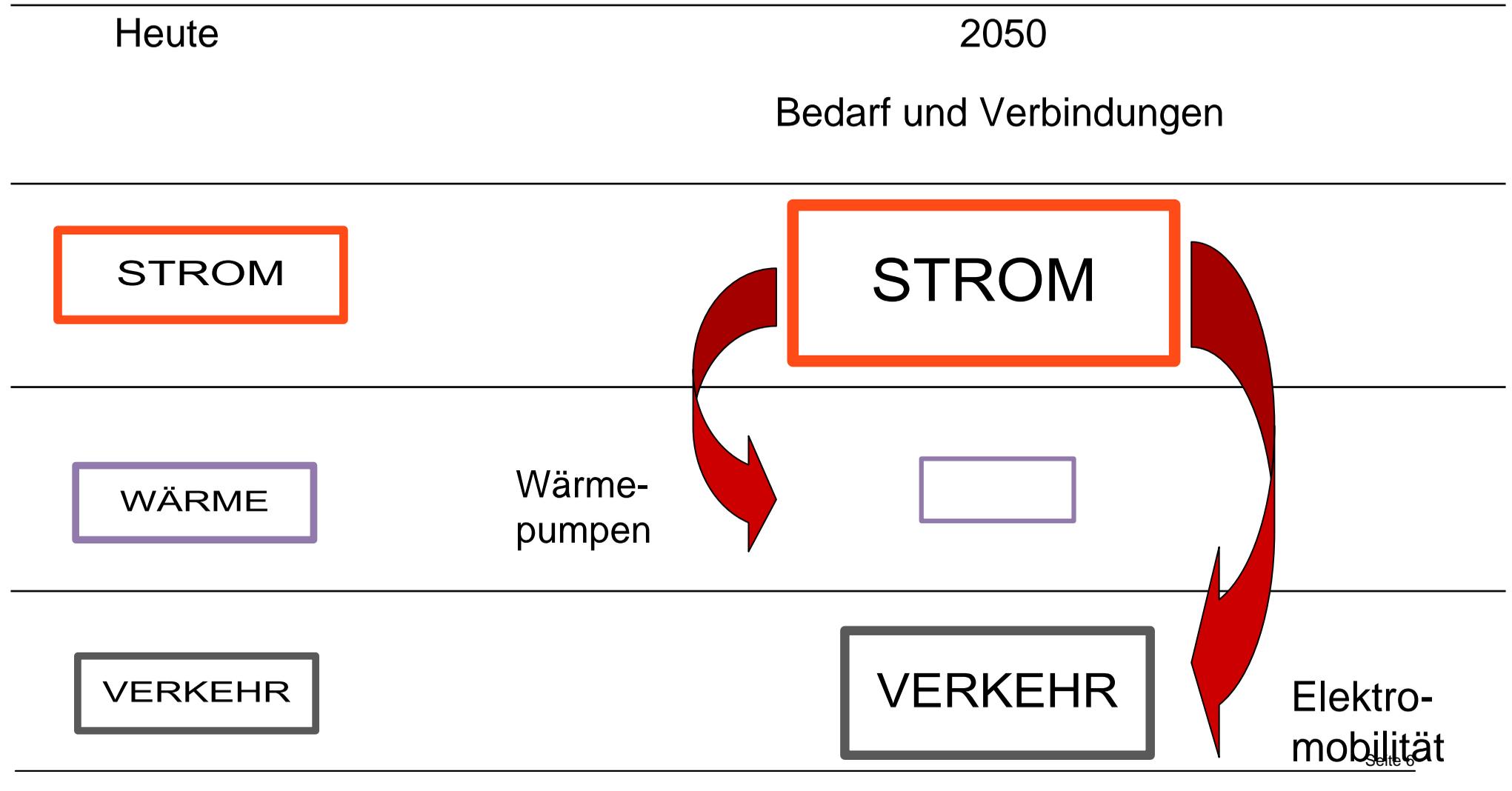


# Transformation des Energieversorgungssystems

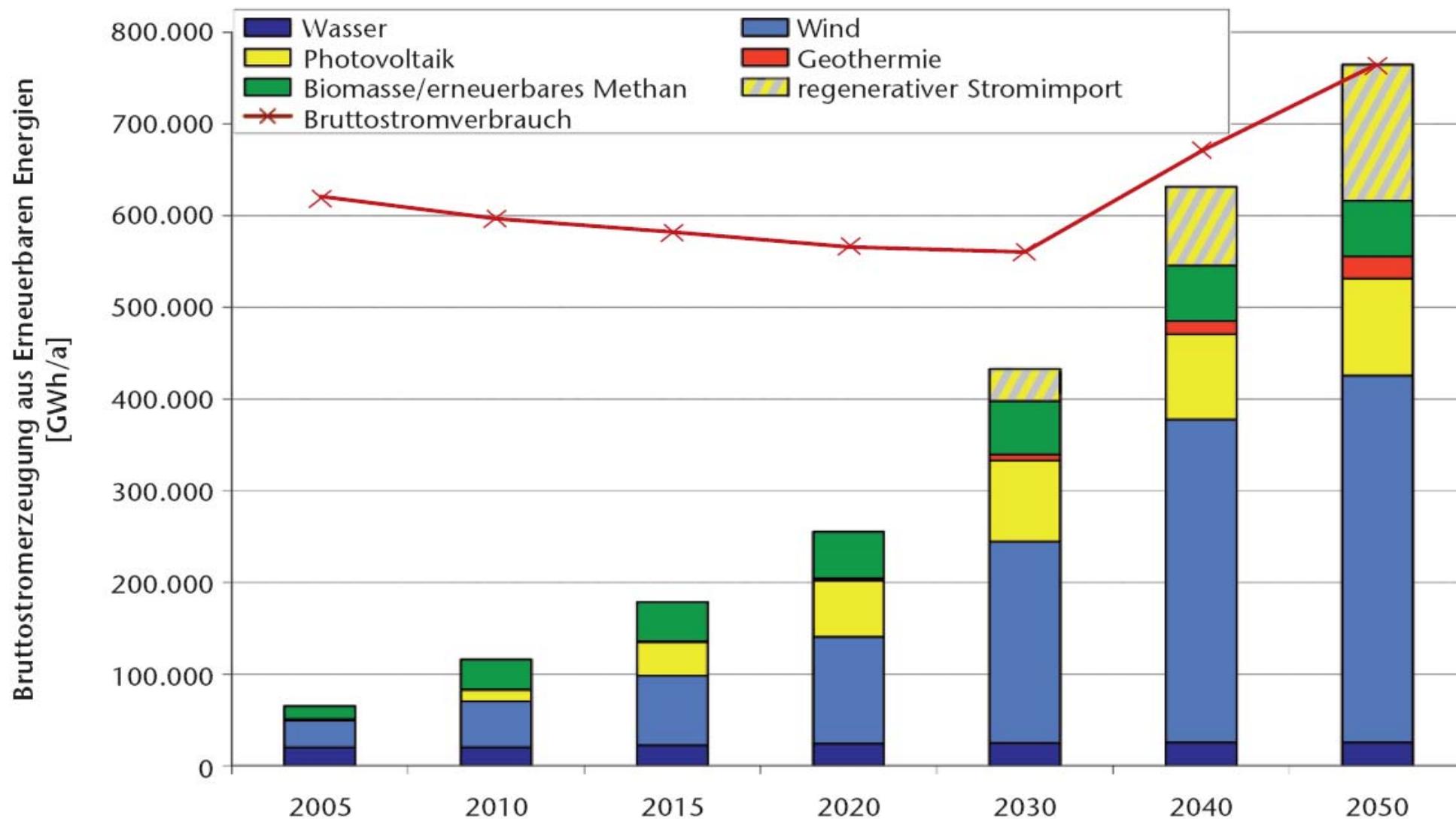


Seite 5

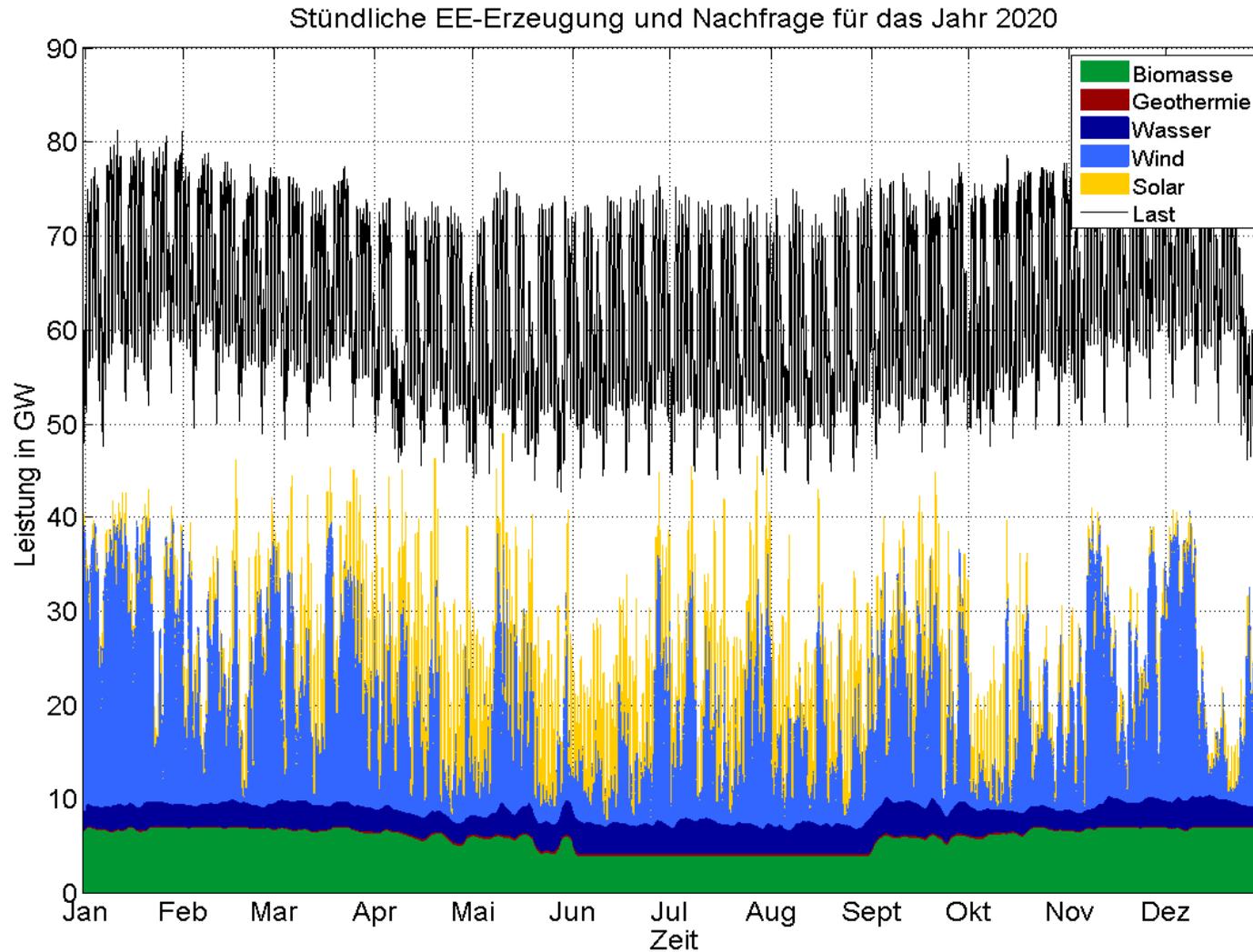
# Transformation des Energieversorgungssystems



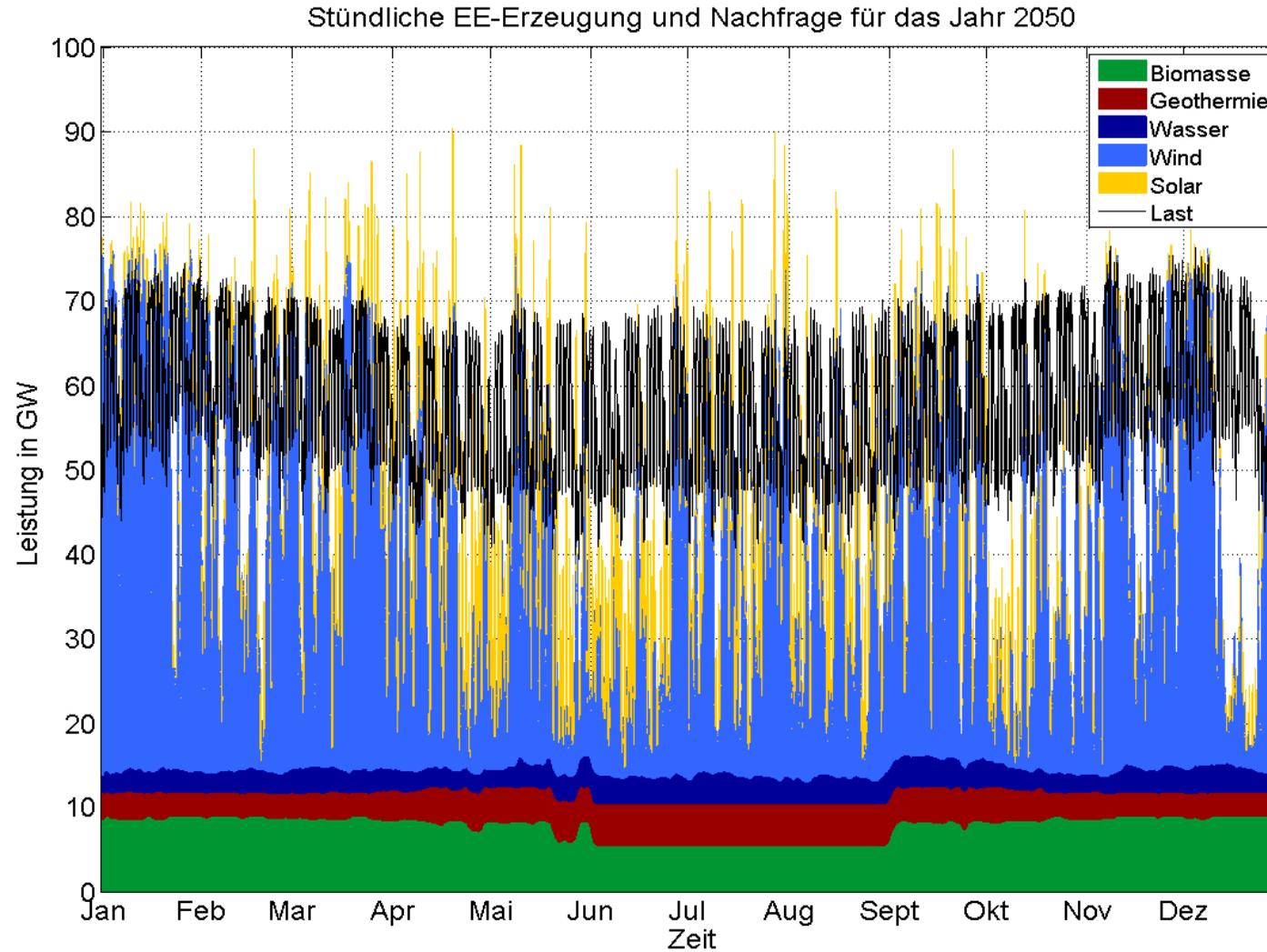
# Das FVEE Szenario für 100% EE Deutschland: Stromerzeugung



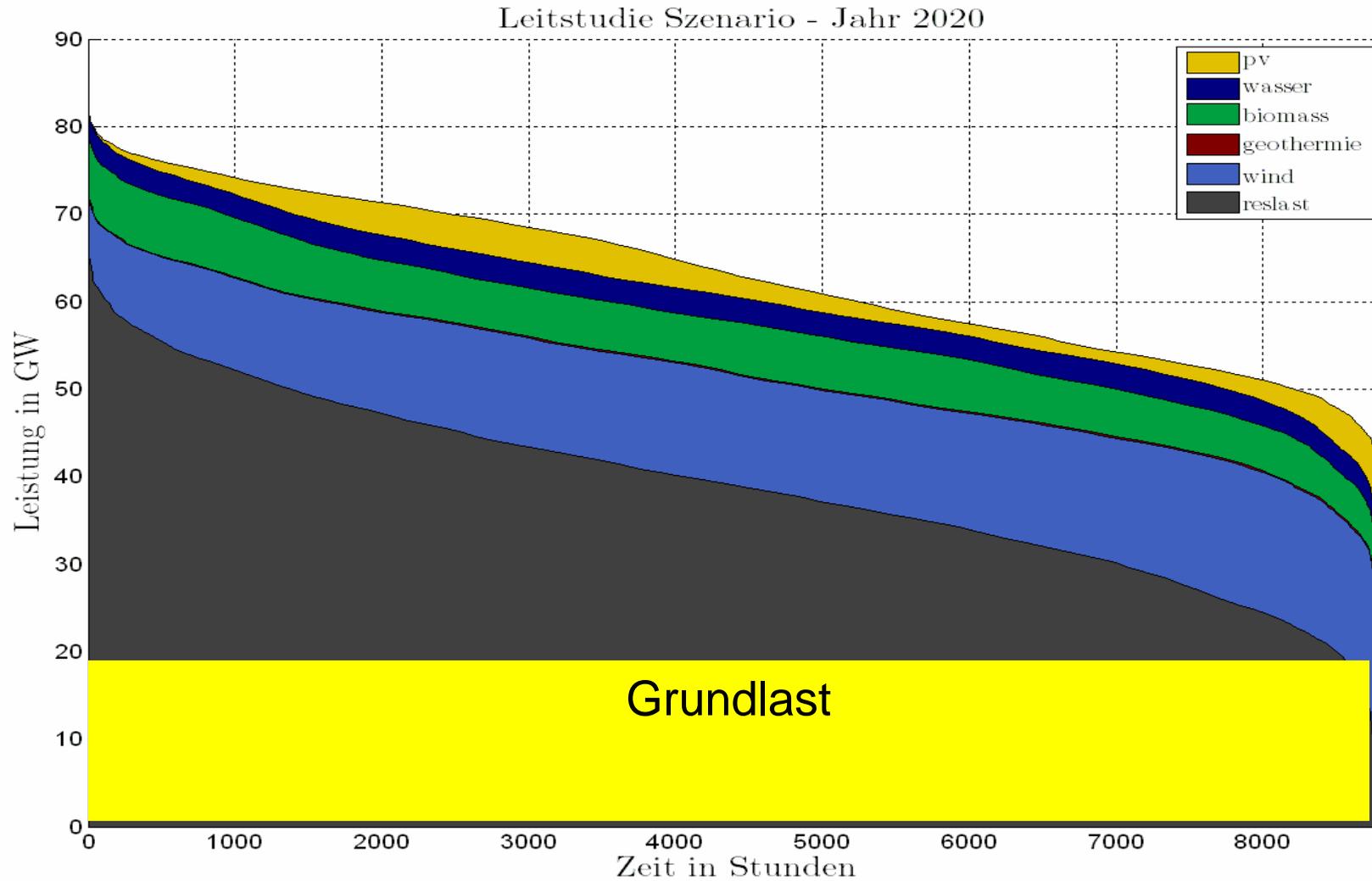
# Leitstudie 2009 national ohne zusätzliche Verbraucher – 2020 (meteorologisches Basisjahr 2007)



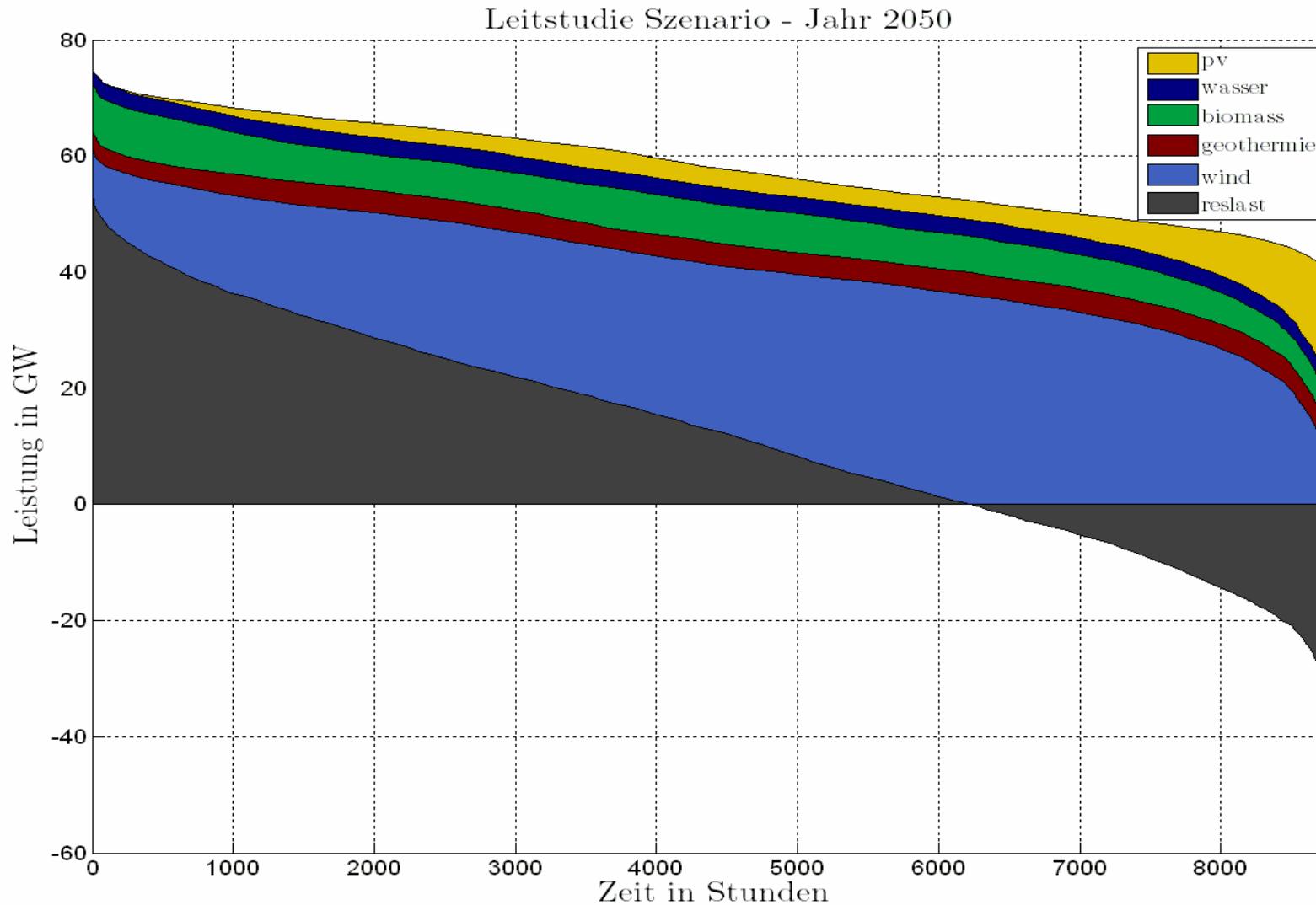
# Leitstudie 2009 national ohne zusätzliche Verbraucher – 2050 (meteorologisches Basisjahr 2007)



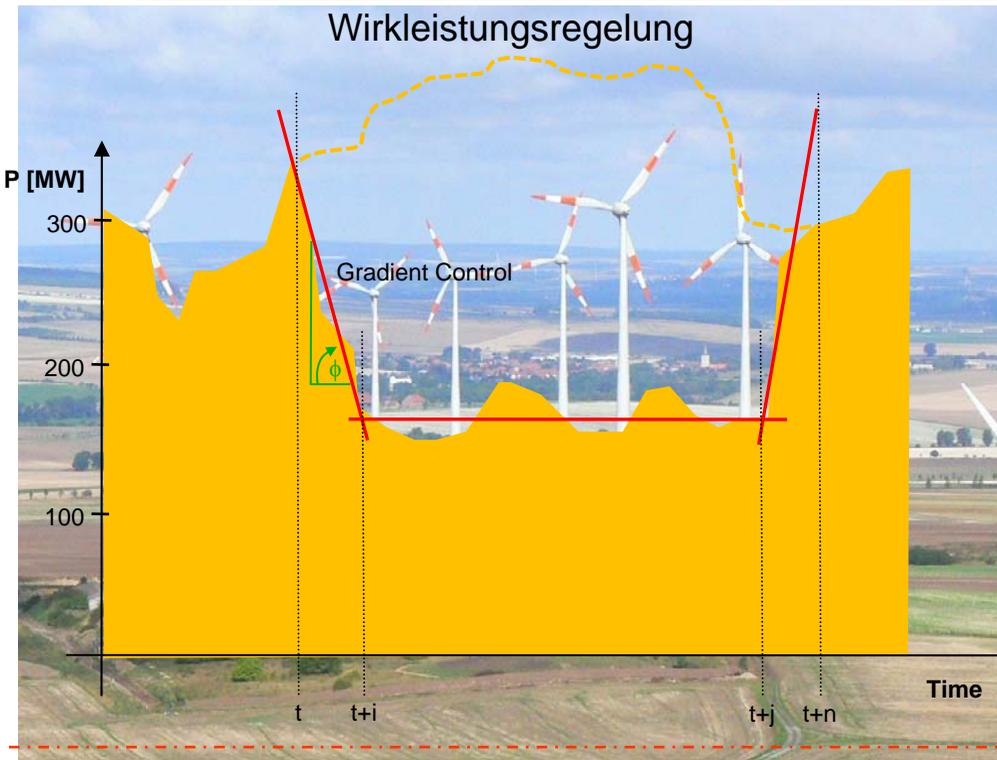
# Leitstudie 2009 national ohne zusätzliche Verbraucher – 2020 (meteorologisches Basisjahr 2007)



# Leitstudie 2009 national ohne zusätzliche Verbraucher – 2050 (meteorologisches Basisjahr 2007)

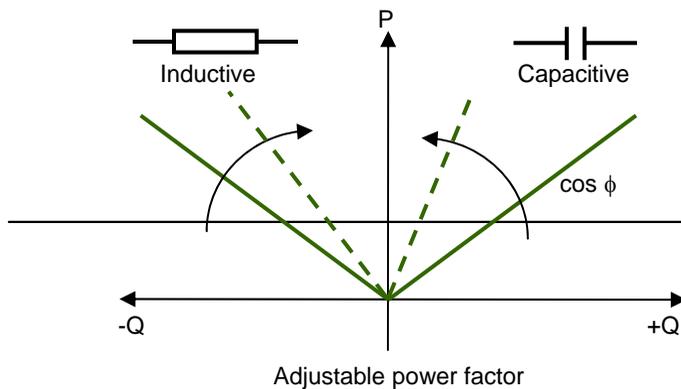


# Aktiver Beitrag zur Systemstabilität - Systemdienstleistungen



- Frequenzregelung
- Windleistungsreserve
- Engpassmanagement
- Leistungsbegrenzung
- Gradientenminimierung

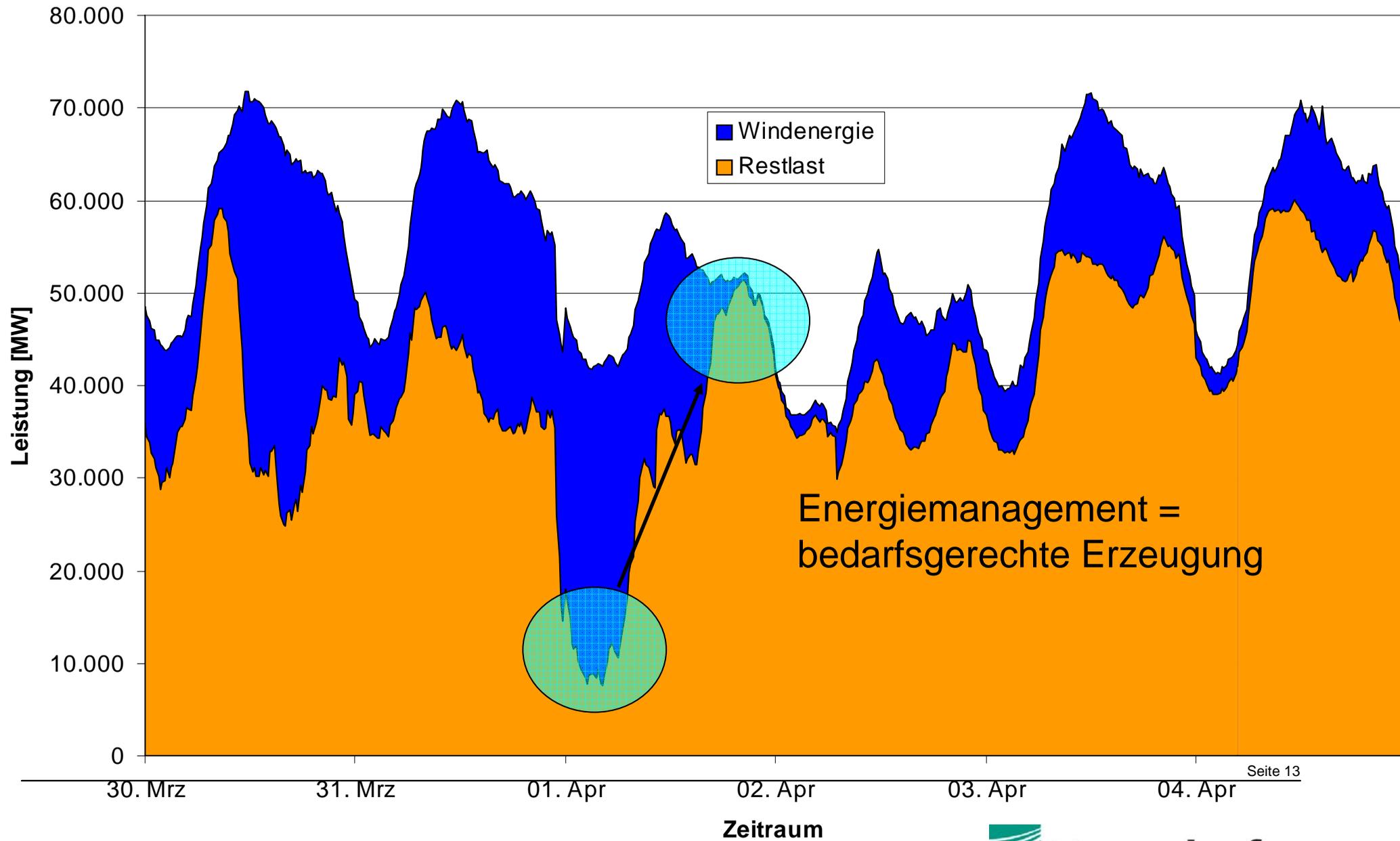
## Blindleistungsregelung



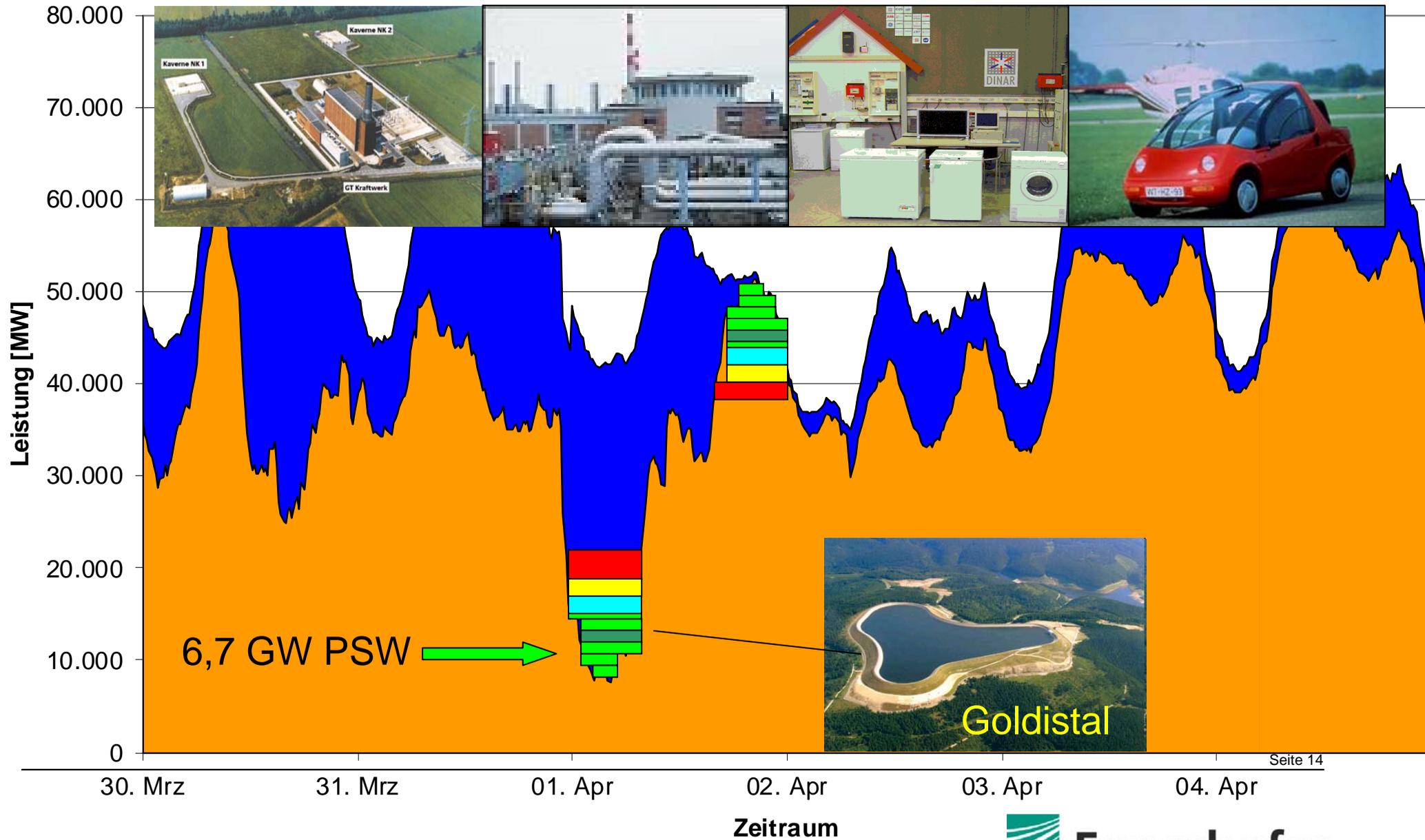
- Blindleistungsvorhersage
- Blindleistungsregelung
- Leistungsfaktor
- Spannungsregelung



# Integration in das elektrische Energiesystem



# Integration in das elektrische Energiesystem



# Das Regenerative Kombikraftwerk

**Das Regenerative Kombikraftwerk**  
Zu jeder Zeit und bei jedem Wetter eine verlässliche Stromversorgung allein mit Erneuerbaren Energien.

- 11 Windenergieanlagen
- 20 Solaranlagen
- 4 Biogasanlagen
- 1 Pumpspeicherkraftwerk

Genauere Prognosen des Stromangebots durch verlässliche Wettervorhersagen

Nutzung von Speichern (Pumpspeicherkraftwerk)

Genauere Prognosen des Strombedarfs

Ausgleich von Schwankungen

Zentrale Steuerung dezentraler Anlagen

Fahrzeuge als Verbraucher und Speicher

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

Informationskampagne für Erneuerbare Energien  
[www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

Das Regenerative Kombikraftwerk deckt im Maßstab 1 zu 10.000 den Strombedarf in Deutschland. Dies entspricht dem Strombedarf von 12.000 Haushalten, also einer Stadt wie Schwäbisch Hall.

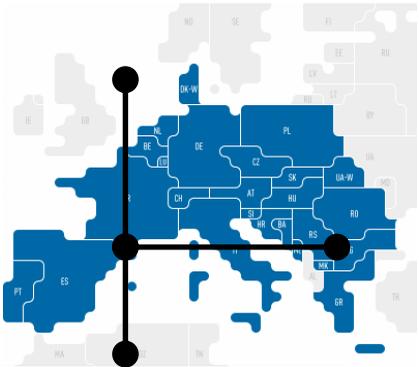
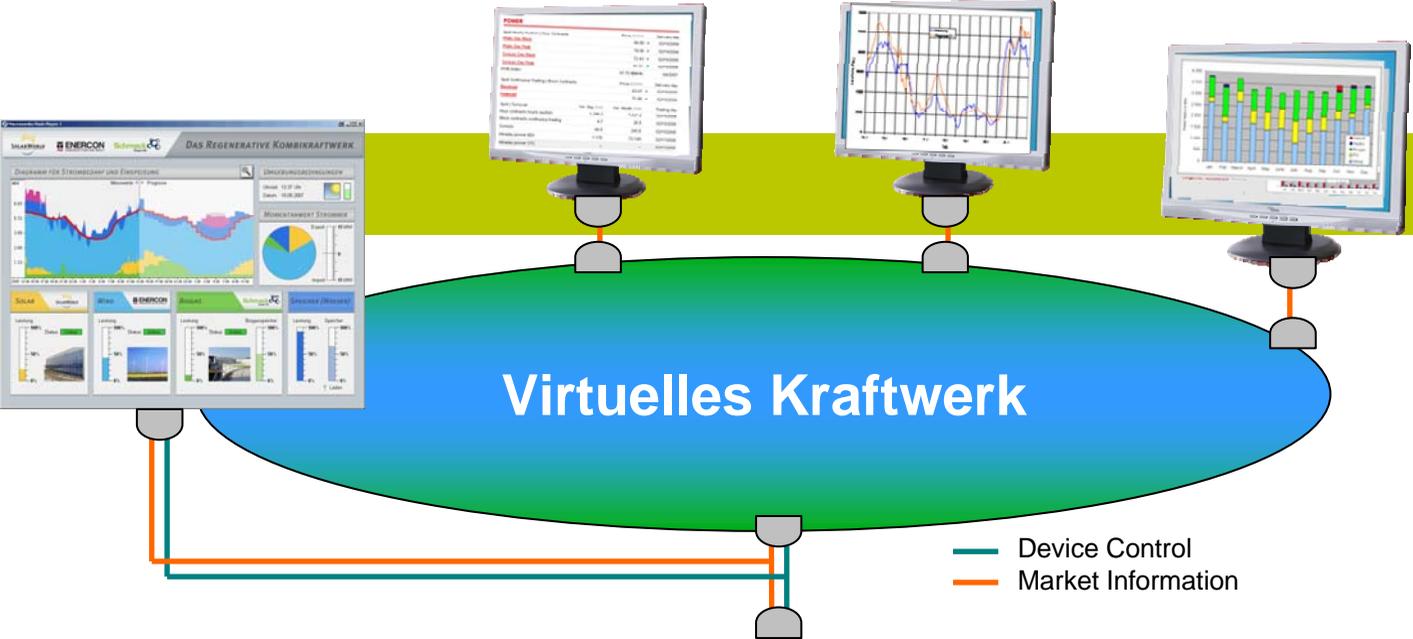
Wind	Solar	Biogas	Hydro	Import/Export
12,6 MW	5,5 MW	4,0 MW	1,0 MW	1,0 MW



Deckung der Lastkurve Deutschlands 1/10000 zu jedem Zeitpunkt

Steuerung realer Anlagen

# Regenerative Modell-Region Harz



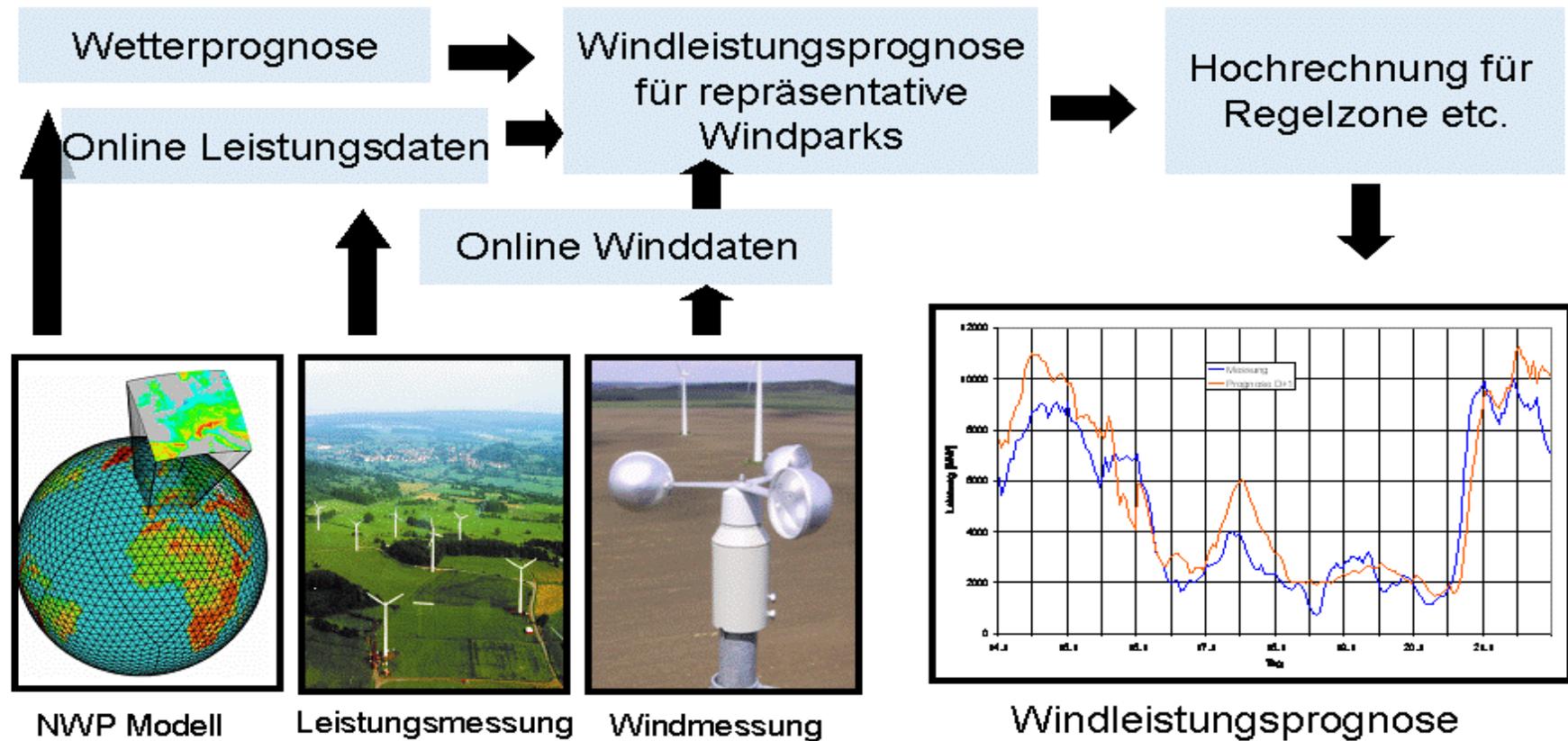
**Erzeugung**

**Steuerbare Lasten**

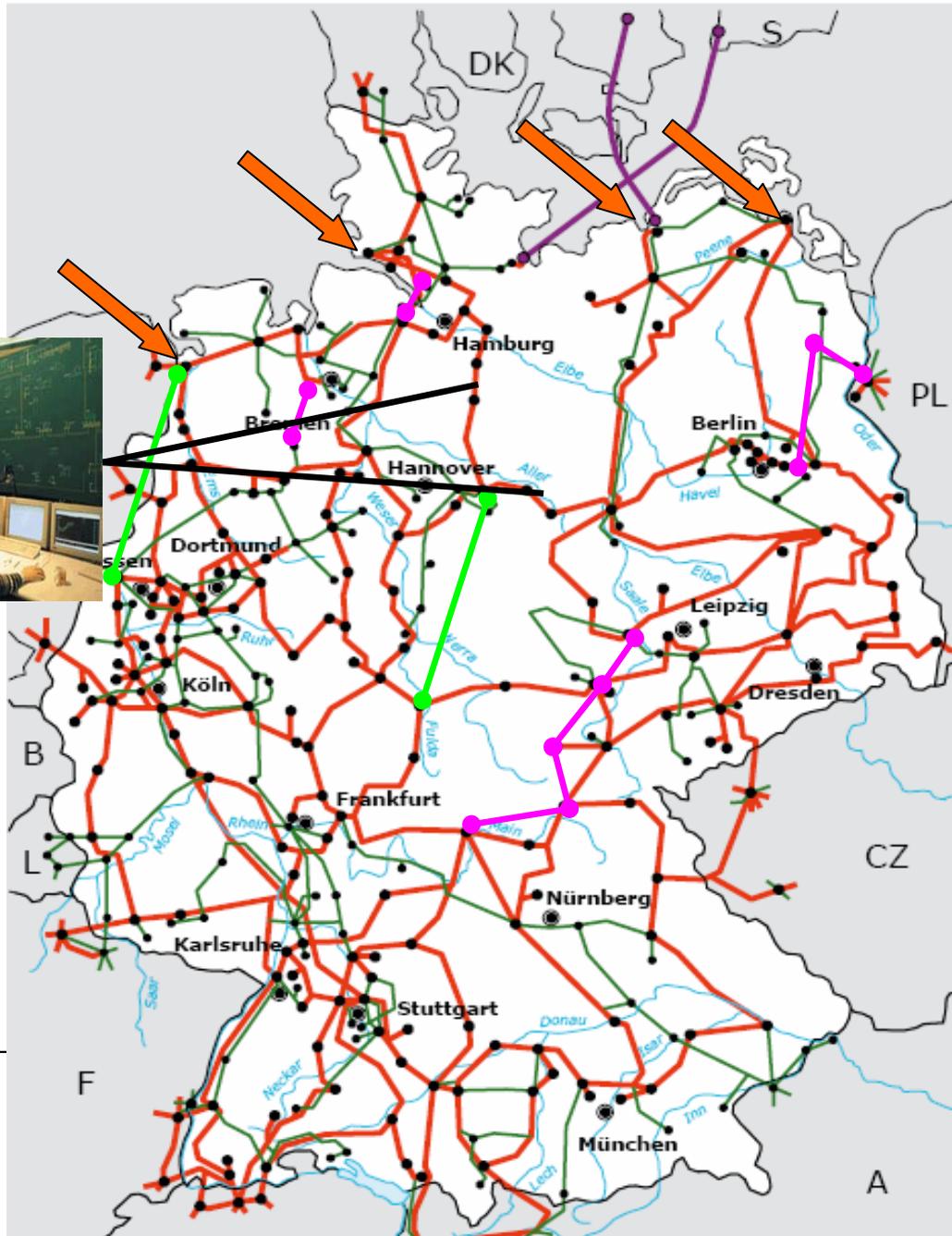
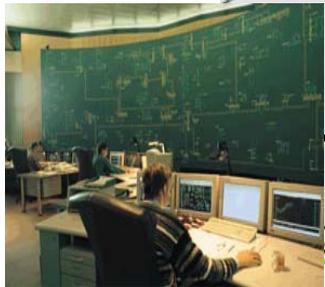
**Speicher**



# Windleistungsprognose



# Windenergie bedingt Netzausbau



**Stromnetz nicht für Transport ausgelegt**

**Erzeugung in Nähe der Lastzentren**

**Übertragung großer Energiemengen von Nord nach Süd erfordert**

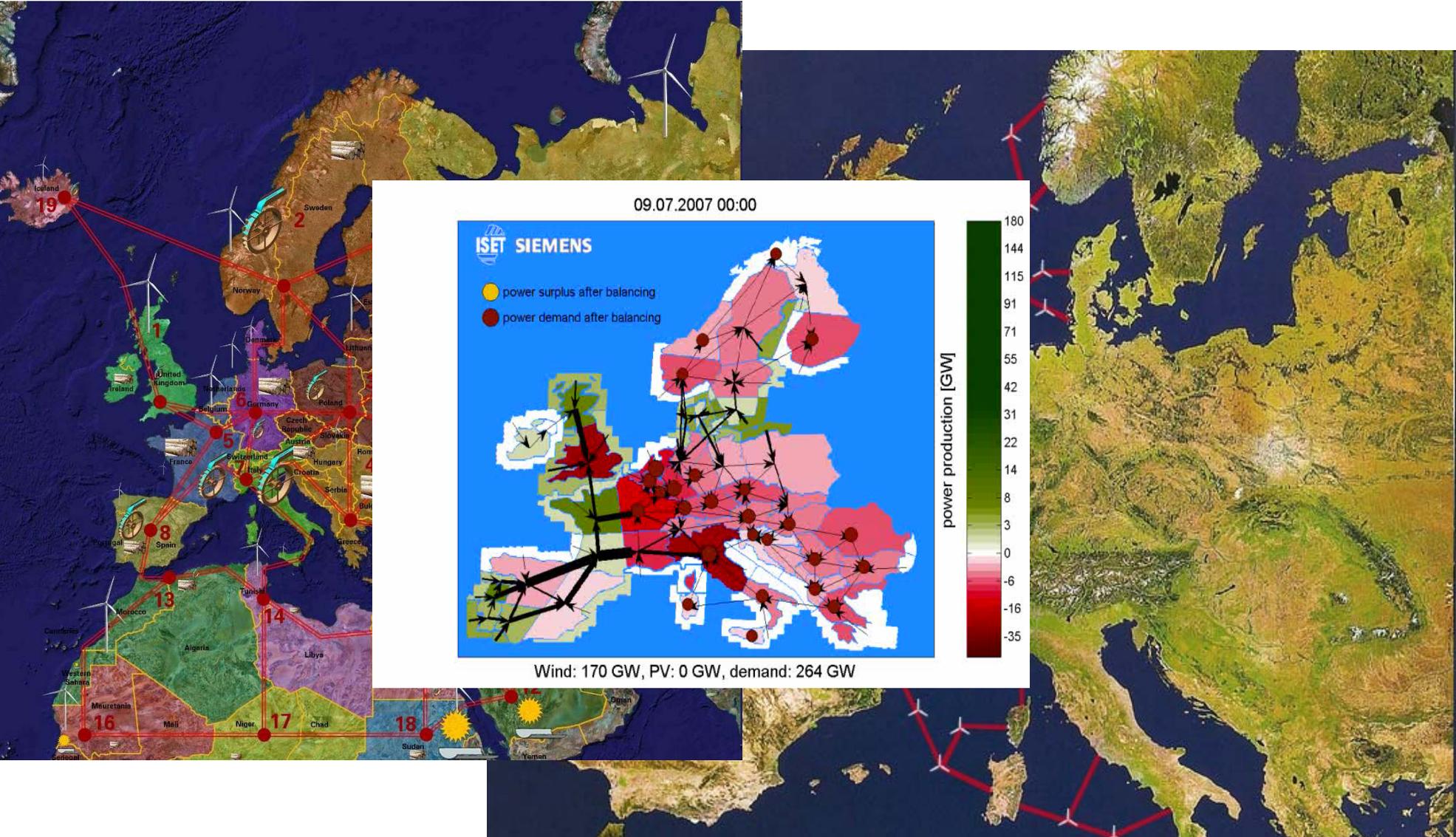
**Bessere Ausnutzung vorhandener Kapazitäten**

- Netzüberwachung
- Leiterseilmonitoring

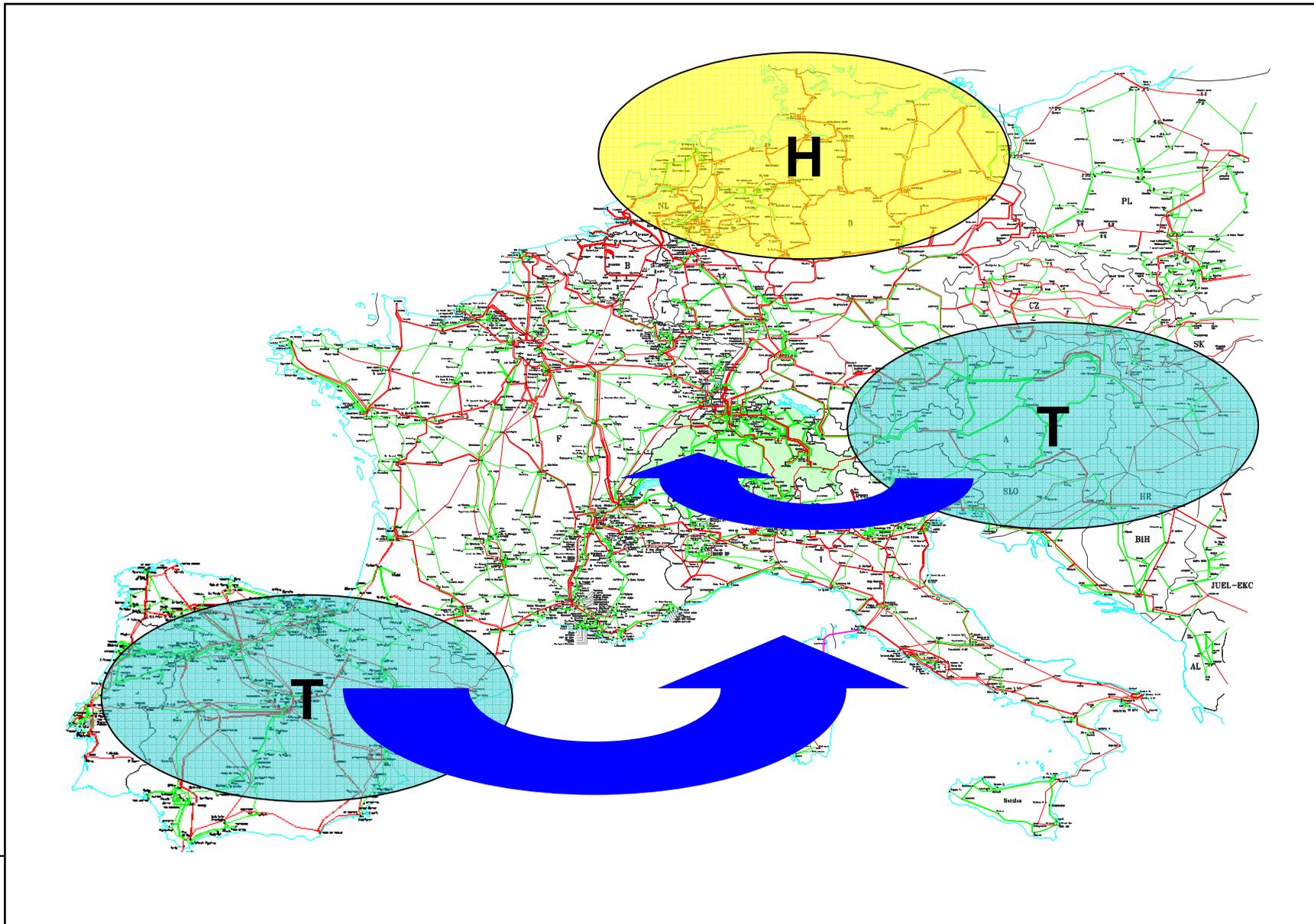
**Netzausbau**

-  bis 2010
-  bis 2015

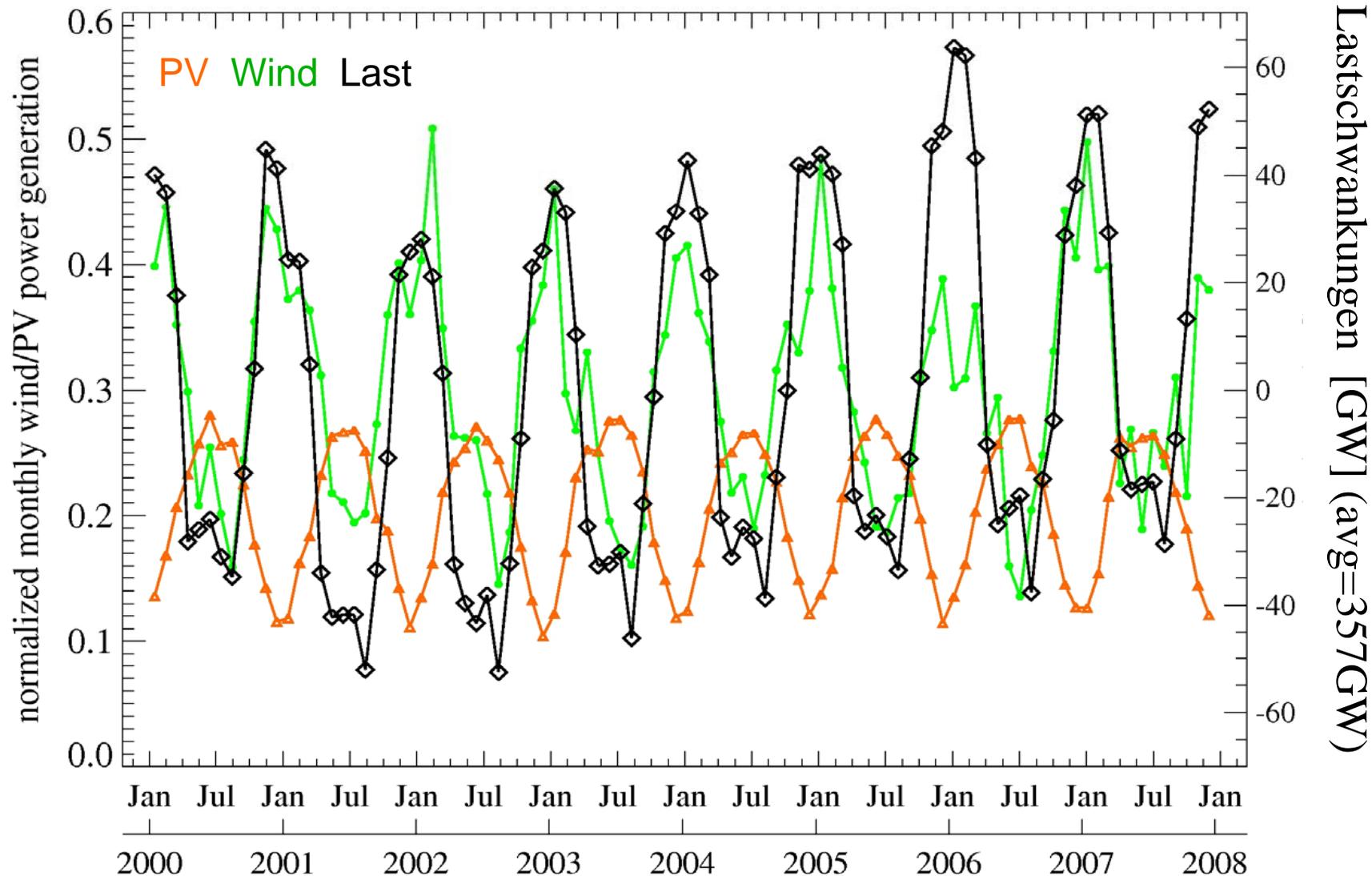
# Speicher- und Transportkapazitäten bei einer Vollversorgung durch EE



# Großräumiger Ausgleich durch Stromtransport über weite Strecken

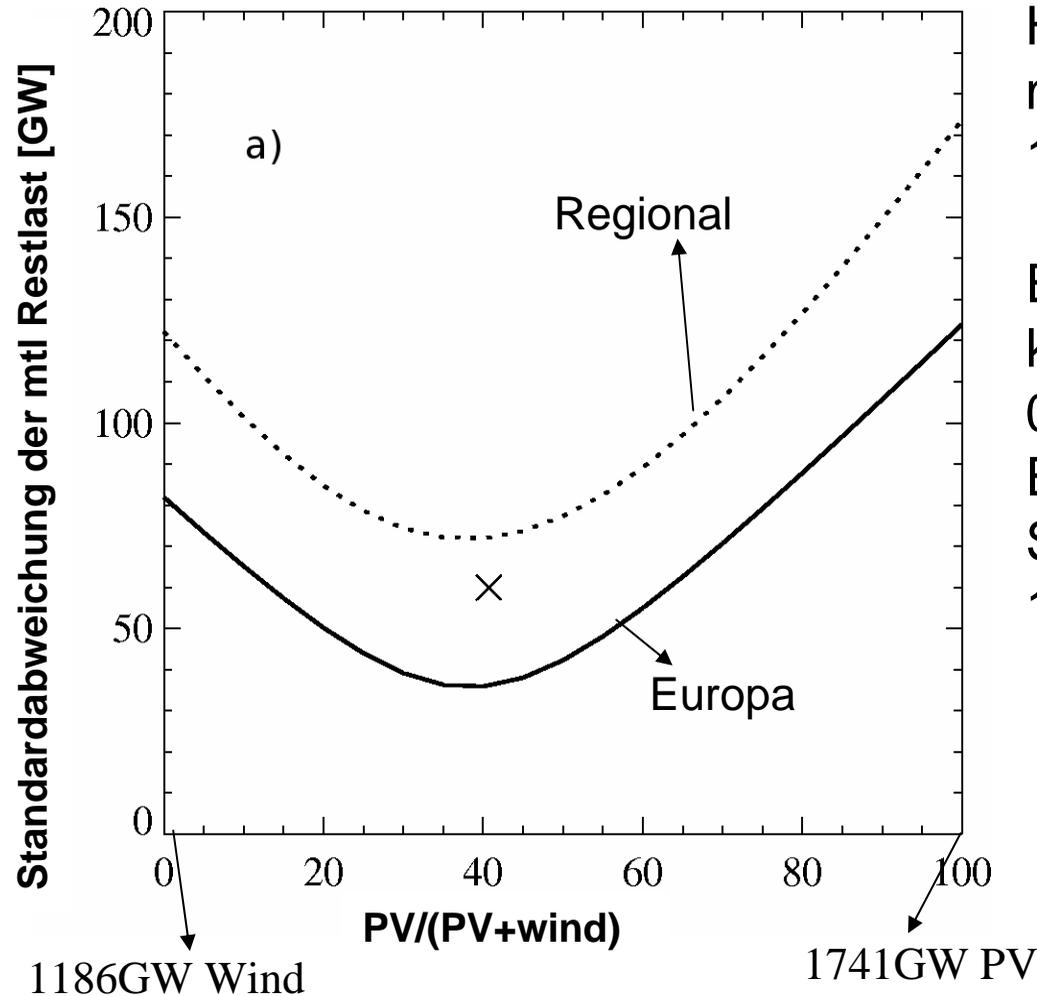


# Monatliche Wind- und PV-Erzeugung, Lastverlauf



Was ist das optimale Verhältnis zwischen Wind und PV  
Jede Abweichung erfordert Maßnahmen (Speicher, Transport, konv. Erzeugung)

# Optimales Verhältnis zwischen PV und Windenergie



Höchste erforderliche  
mittlere Transportkapazität:  
15 GW (in D) – Max. >>>

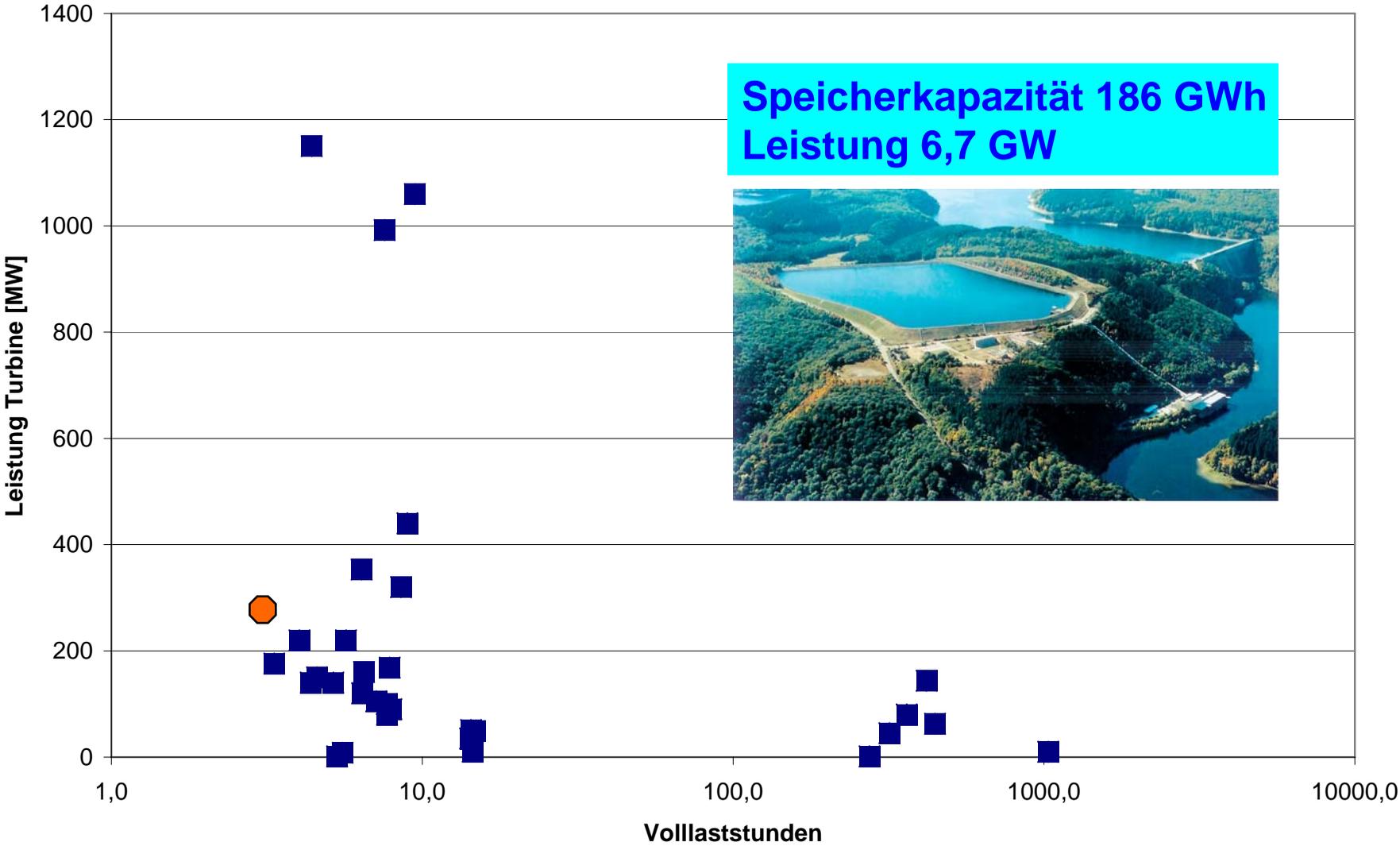
Erforderliche Speicher-  
kapazität:  
0,5% - 8% des mittleren  
Europäischen  
Stromverbrauchs pro Jahr  
16-260 TWh/a

# Verfügbare Speichertechnologien

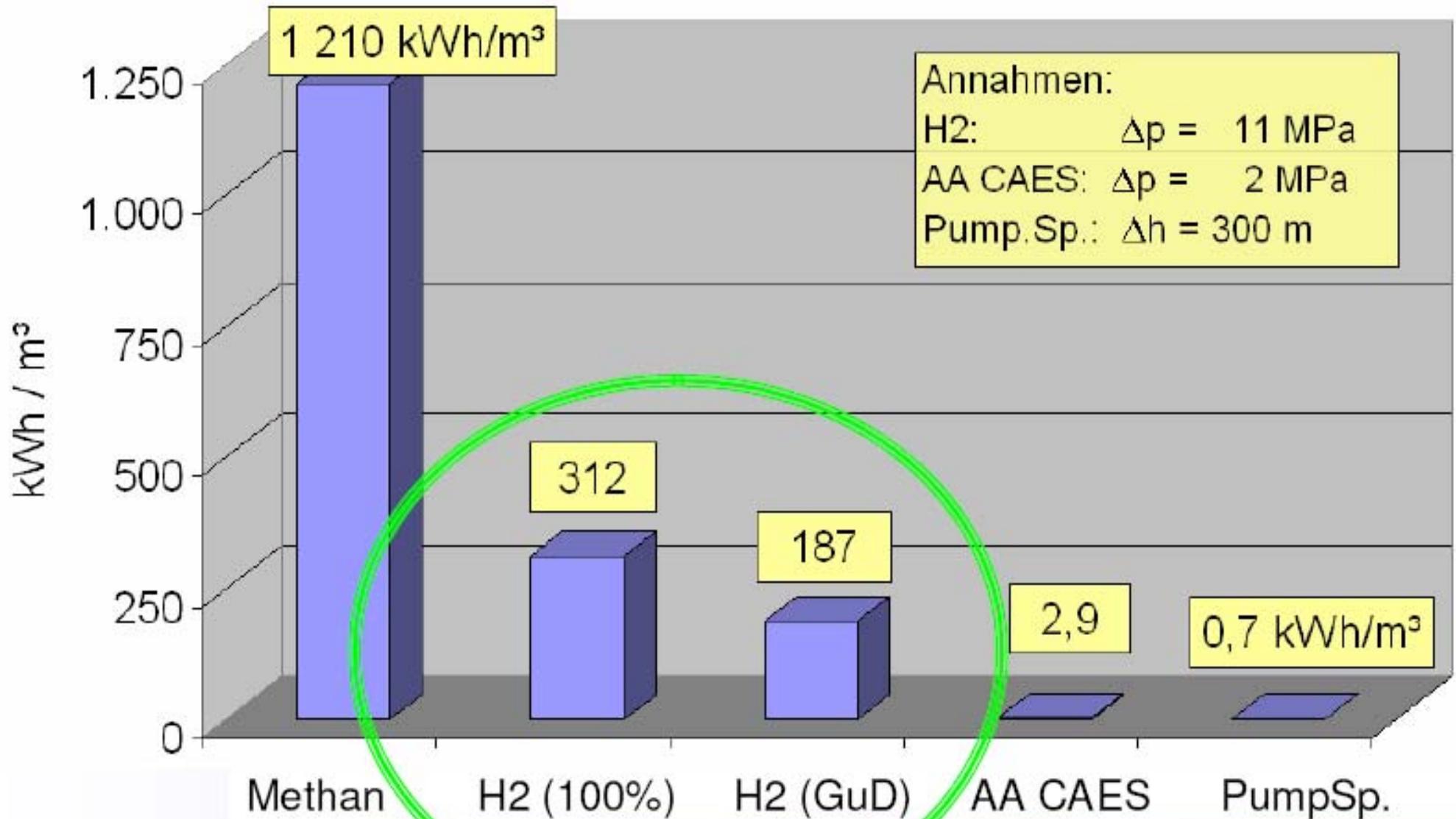
---

Einsatz	Technologie	Beispiel
Kurzzeit < 10 h	Elektrochemische Speicher	3 kW PV-Dach 20 kWh Li
Brückentechnologie zur Langzeit- Speicherung	Druckluft	400 MW Windpark 600 MWh Kavernen- speicher
Langzeit < 1-100 d	Wasser Wasserstoff EE-Methan	100 TWh

# Pumpspeicherwerke in Deutschland



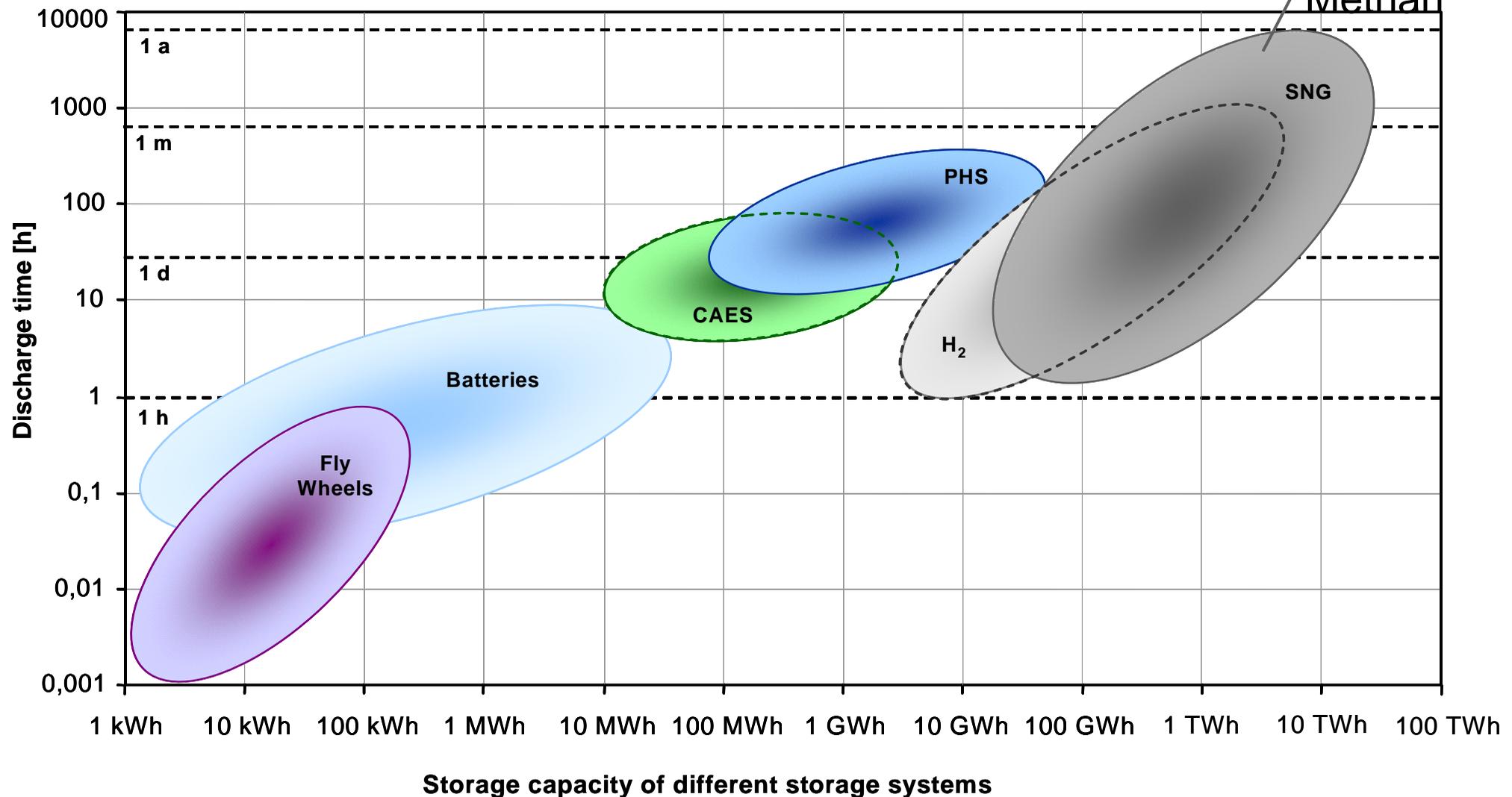
# Kann Wasserstoff-Speicherung weiter helfen? Energie-Speicherdichte pro Volumen in kWh / m<sup>3</sup>



# Speicherkapazitäten und Reichweiten von Speichern

EE-

Methan



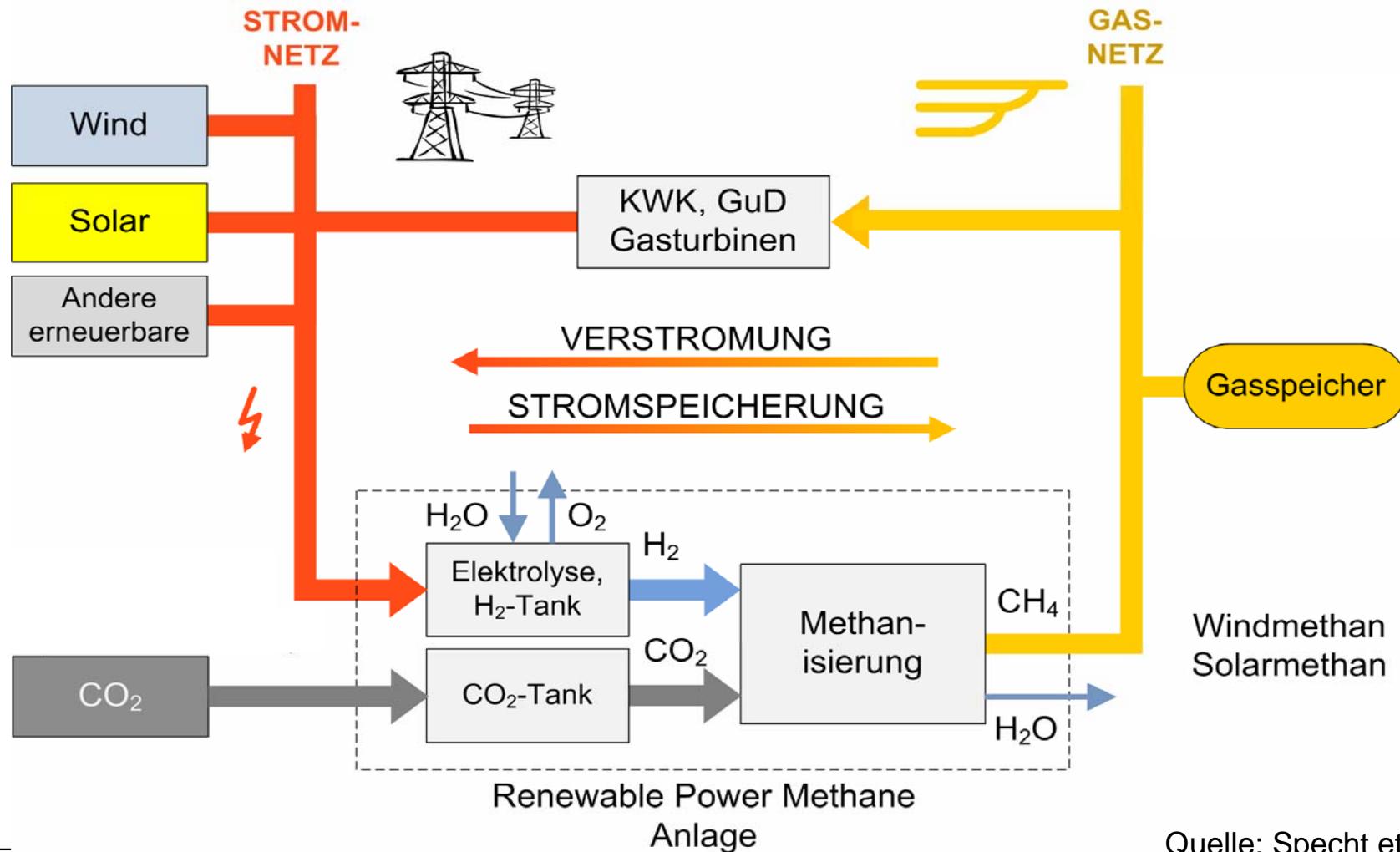
Seite 26

→ der größte vorhandene nationale "Speichersee" ist das Erdgasnetz

Quelle: Specht et al, 2010

# Renewable Power (to) Methane – Renewables-to-SNG

Stromspeicherung durch Kopplung von Strom- und Gasnetz



Quelle: Specht et al, 2009  
Stern, 2009

## **Zusammenfassung**

---

**Eine Vollversorgung mit erneuerbaren Energien ist  
technisch möglich  
erfordert massiven Einsatz von IKT  
ökonomisch vorteilhaft auf lange Sicht  
ökologisch / klimatechnisch notwendig**

## **Herausforderungen**

**Umbau der Energieversorgungsstrukturen  
Hoher Investitionsaufwand zu Beginn  
Technologie- und Wissenstransfer  
“Transformation” des Bewusstseins**

## **Entscheidend**

**politischer Wille & Bewusstseinswandel**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

kurt.rohrig@iwes.fraunhofer.de

www.fraunhofer.de

www.iwes.fraunhofer.de

+49 561 7294 328

