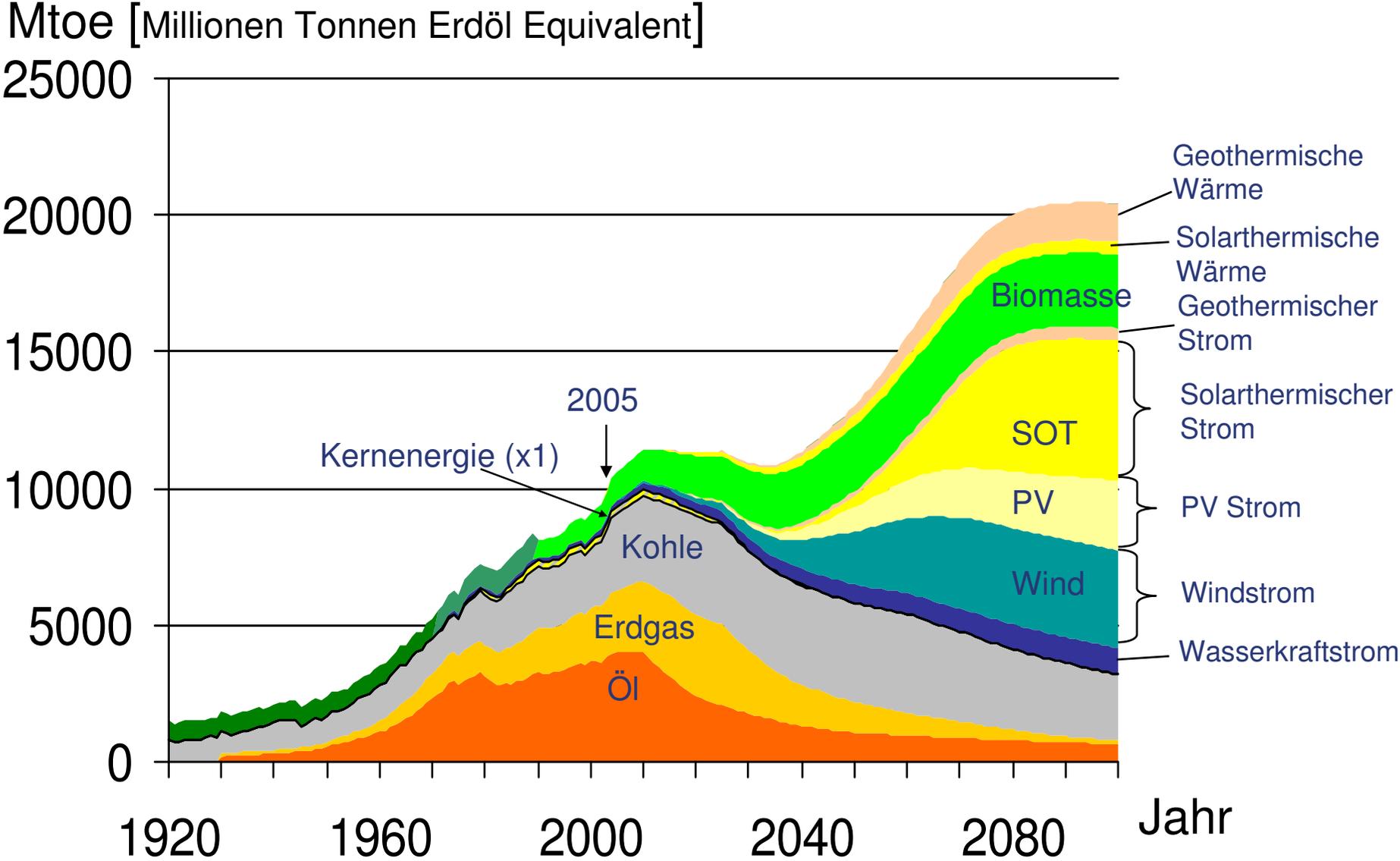


*„Wasserstoff als Speicher für fluktuierende  
Erneuerbare Primärenergien und seine  
Anwendungspotenziale“*

***Dr. Johannes Töpler,***

Deutscher Wasserstoff- und  
Brennstoffzellenverband, DWV

# Ein mögliches Weltenergieszenario

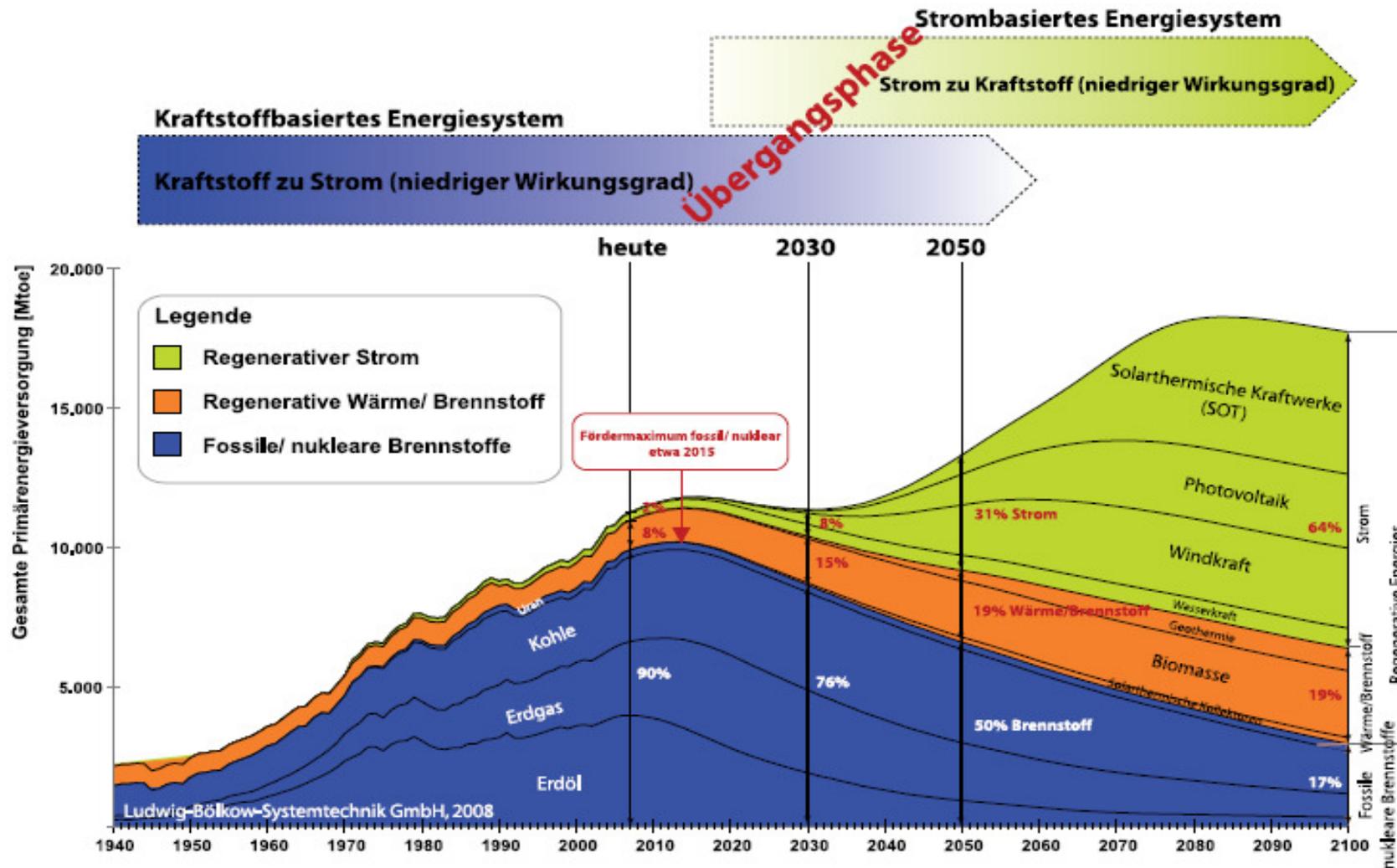


Quelle: LBST Alternative World Energy Outlook 2005

***„Wir sollten das Öl verlassen,  
bevor es uns verlässt“***

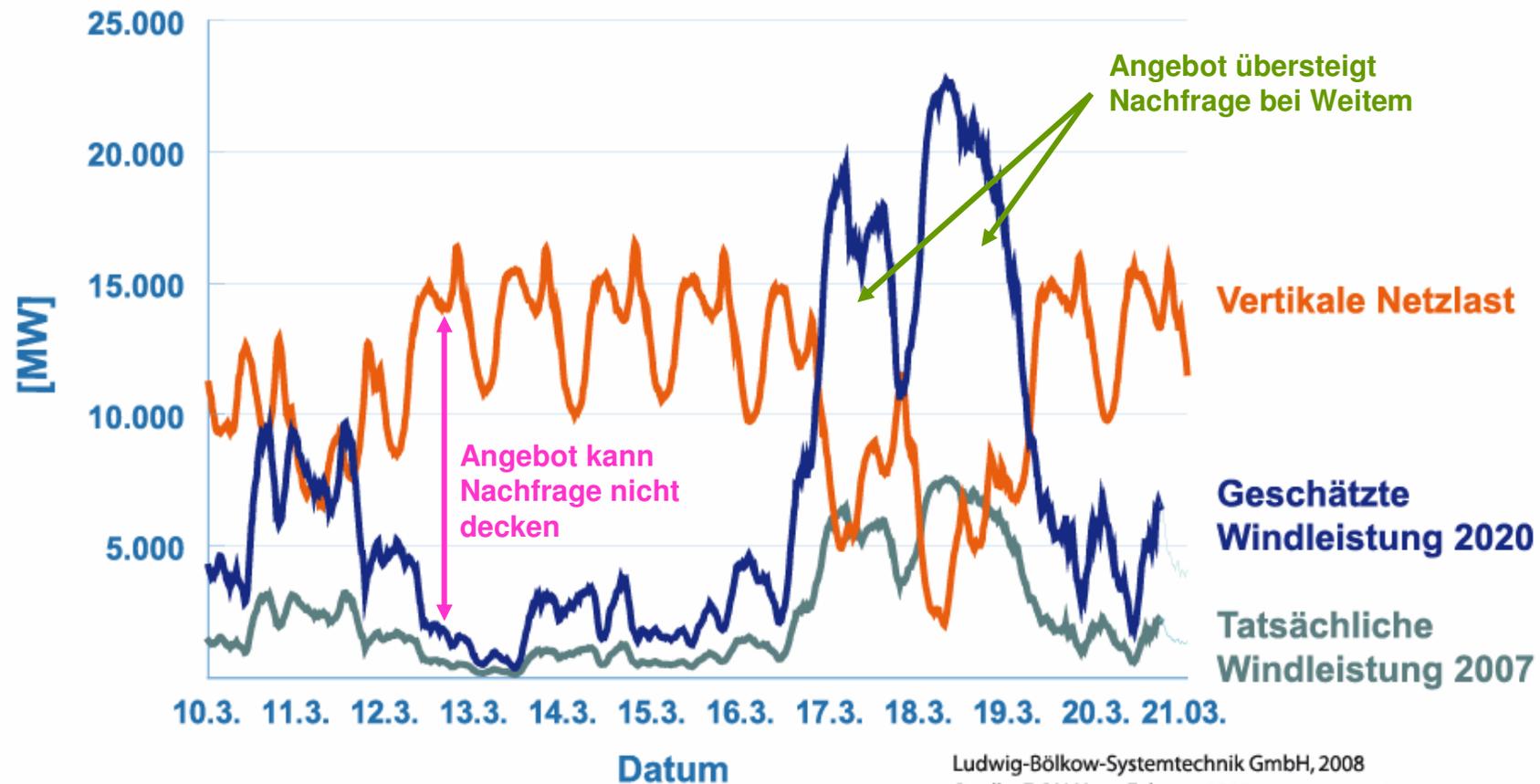
*(Fatih Birol, Chef-Ökonom der Internationalen  
Energie-Agentur, IEA, 8. April 2008)*

## Zukünftige Versorgung mit Primärenergien



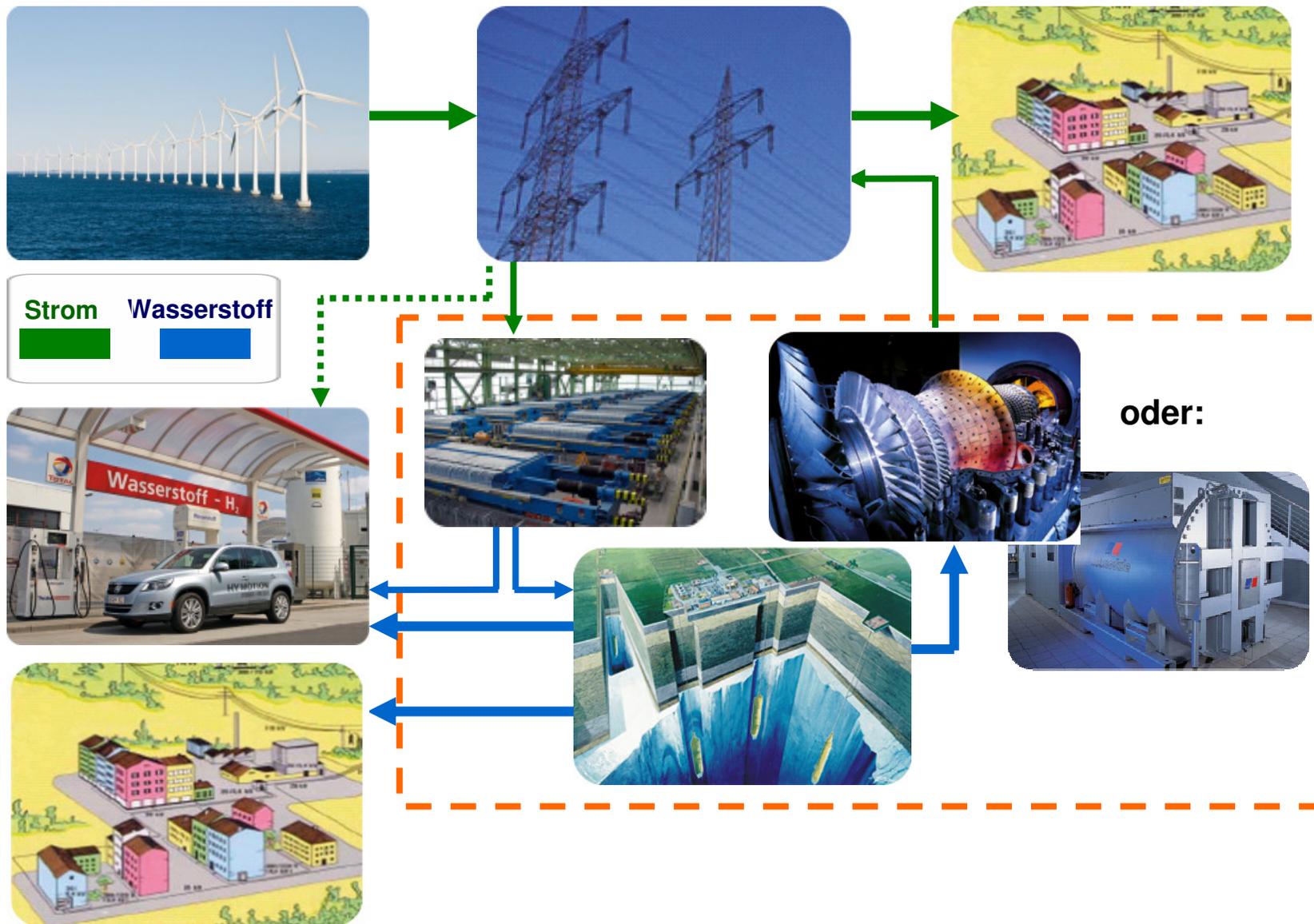
# Fluktuierende regenerative Stromerzeugung

## Vertikale Netzlast und Windenergie-Einspeisung in das E.ON Übertragungsnetz

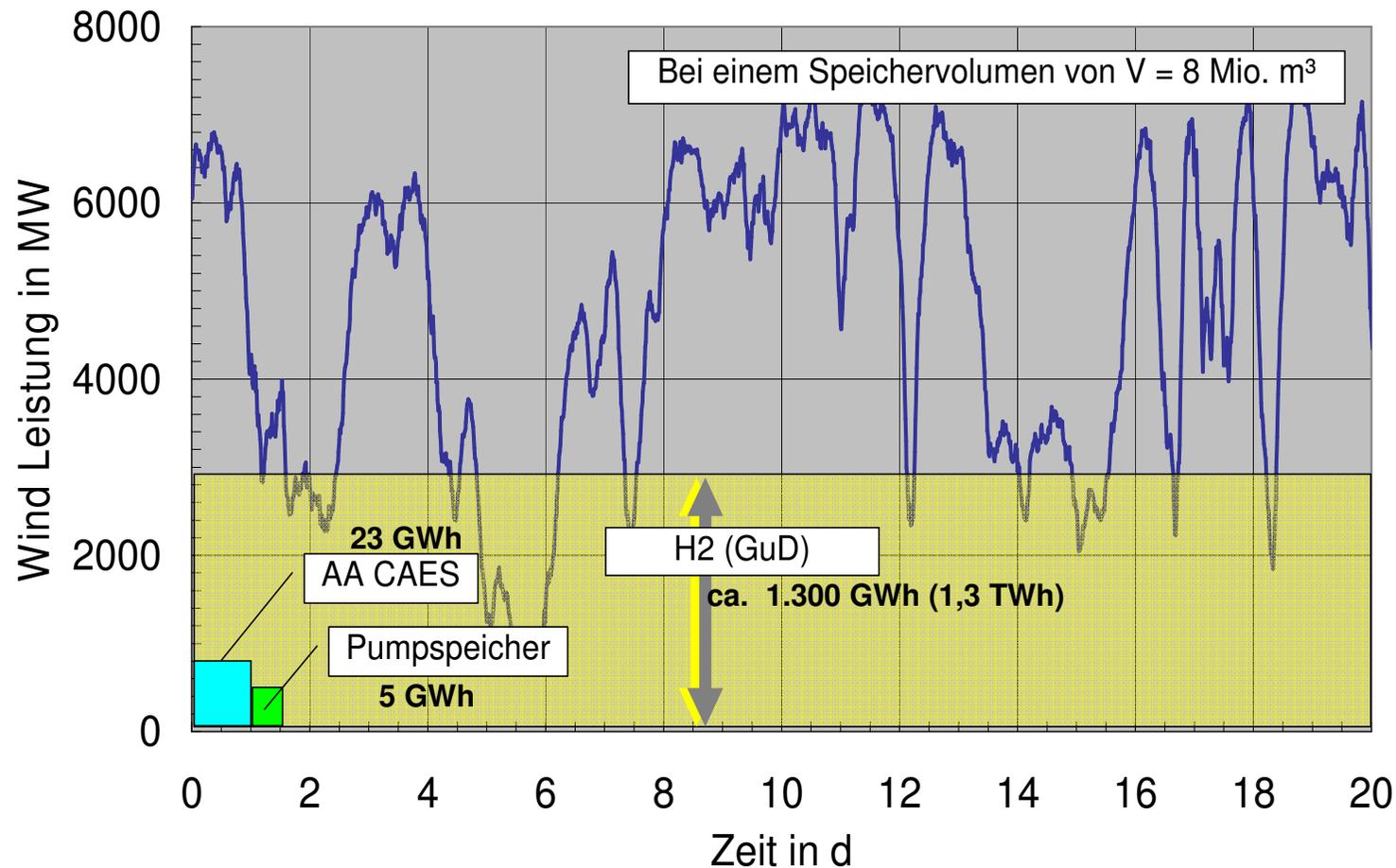


Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, 2008  
Quelle: E.ON Netz, Februar 2008, [www.eon-netz.com](http://www.eon-netz.com)

# Klimawandel und Energie



# Vergleich von Netto-Speicherkapazitäten



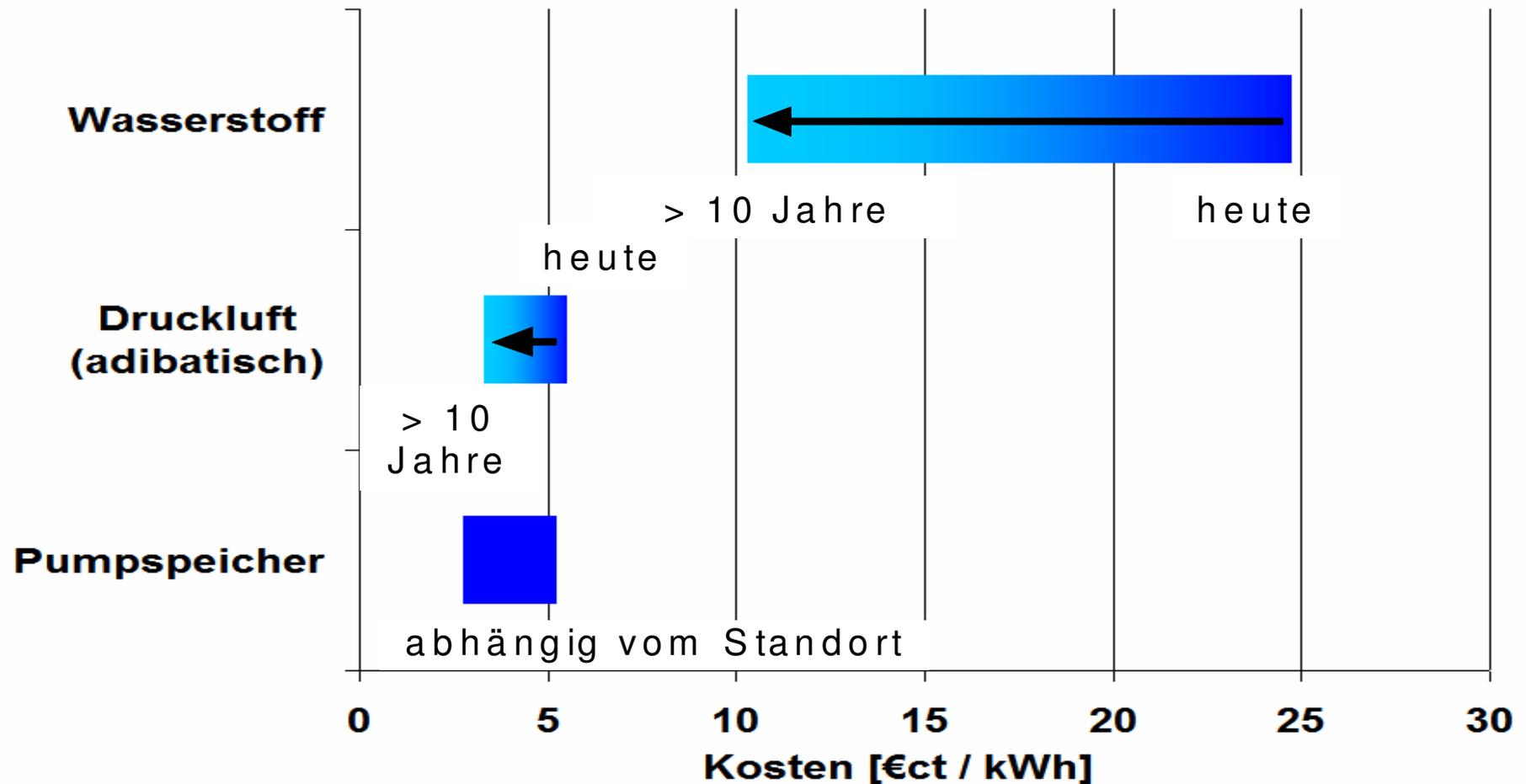
8 Mio.  $\text{m}^3$  entsprechen dem Volumen des größten deutschen Erdgaskavernenspeichers  
Zum Vergleich: Pumpspeicher Goldisthal hat ein Speichervolumen von 12 Mio.  $\text{m}^3$

# Alternative Stromspeicher

		Pumpspeicher	Druckluftspeicher	Wasserstoff
Speicherhöhe	[m]	100	-	-
Speicherdruck	[bar]	-	80	80
Speichertemperatur	[°C]	20	20	20
$\eta_{\text{Erzeugung}}$	[%]	-	?	75
$\eta_{\text{Einspeicherung}}$	[%]	90	85	85
$\eta_{\text{Ausspeicherung}}$	[%]	90	85	85
$\eta_{\text{Verstromung}}$	[%]	-	?	50
Heizwert	[kWh/Nm <sup>3</sup> ]	-	?	2,8
Mech. Speicherdichte	[kWh/m <sup>3</sup> ]	0,22	1,59	1,82
Chem. Speicherdichte	[kWh/m <sup>3</sup> ]	0,00	0,00	69,72
<b>Gesamt Speicherdichte</b>	<b>[kWh/m<sup>3</sup>]</b>	<b>0,22</b>	<b>1,59</b>	<b>71,54</b>
$\eta_{\text{Zyklus}}$	[%]	81	?	27
Nachhaltigkeit	[☺/☹/☹]	☺/☹	☺/☹	☺

# Speicherkosten bei zentraler „Stundenspeicherung“

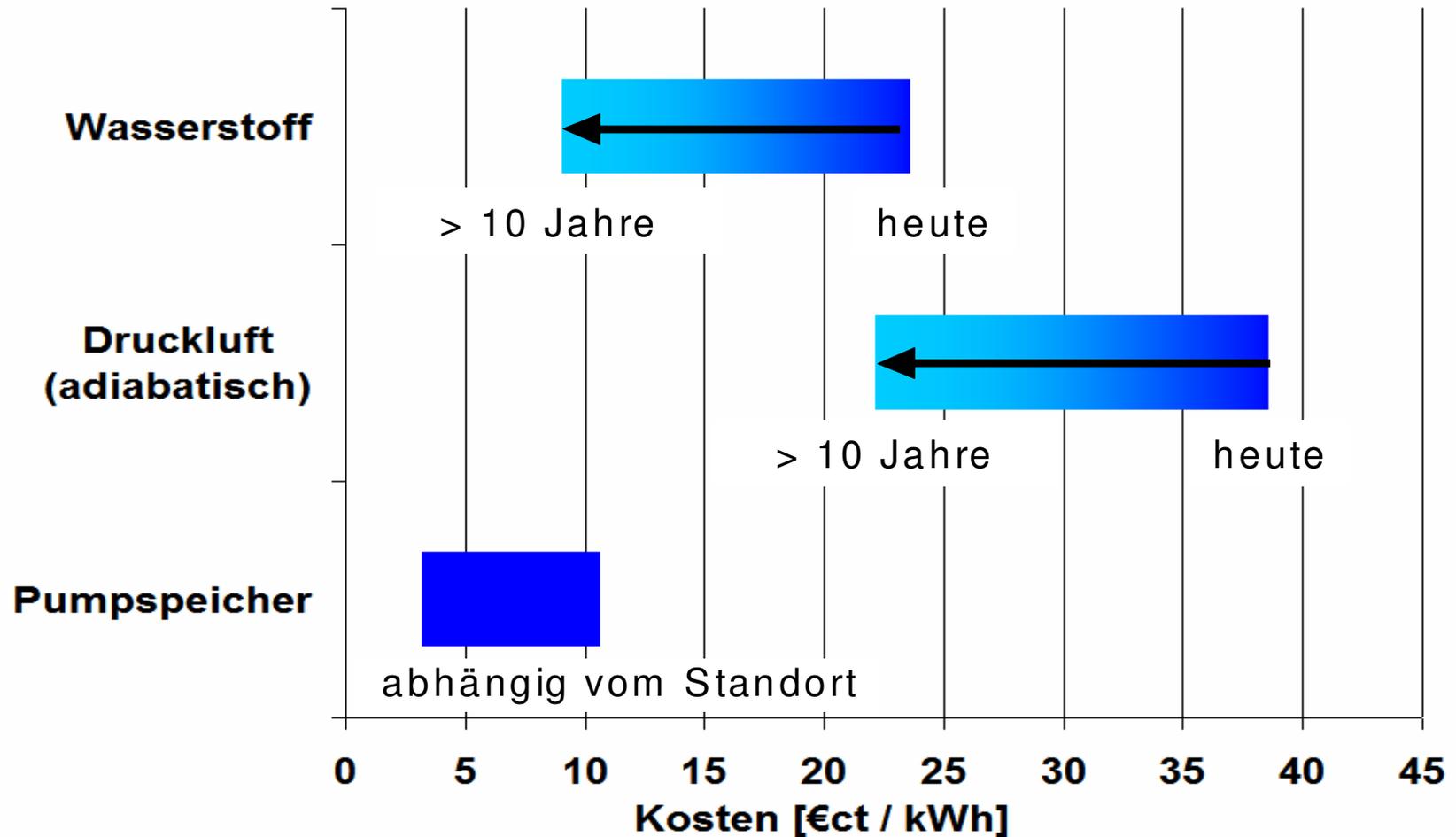
1 GW für 8 Stunden (8 GWh), 1 Zyklus pro Tag, Zugriffszeit < 15 min.



Reine Speicherkosten; die Kosten für den Einkauf der abzugebenden Energie sind jeweils noch zu addieren.

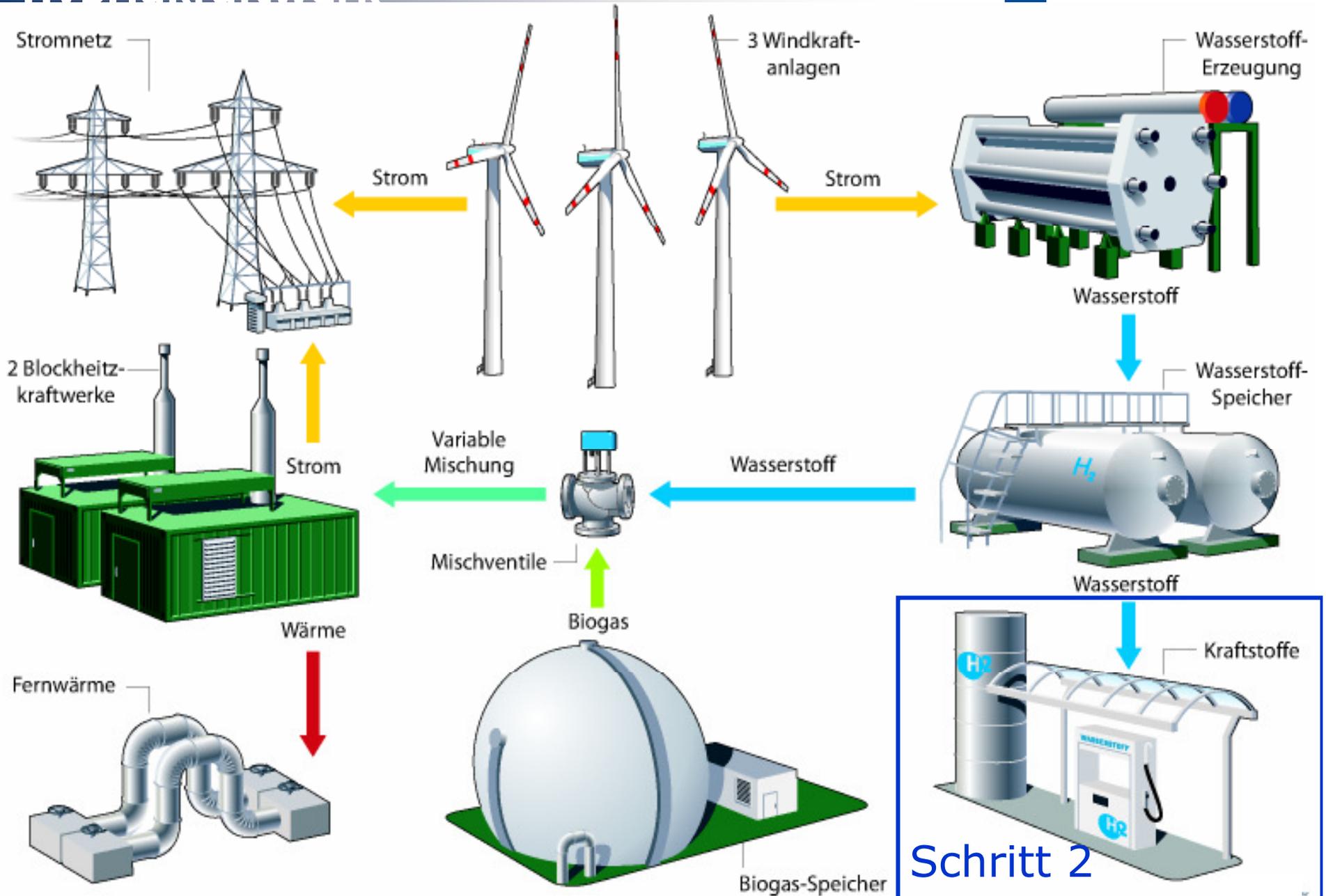
# Speicherkosten bei „Wochenspeicherung“

500 MW für 200 Stunden (100 GWh), 2 Zyklen pro Monat



Reine Speicherkosten; die Kosten für den Einkauf der abzugebenden Energie sind jeweils noch zu addieren.

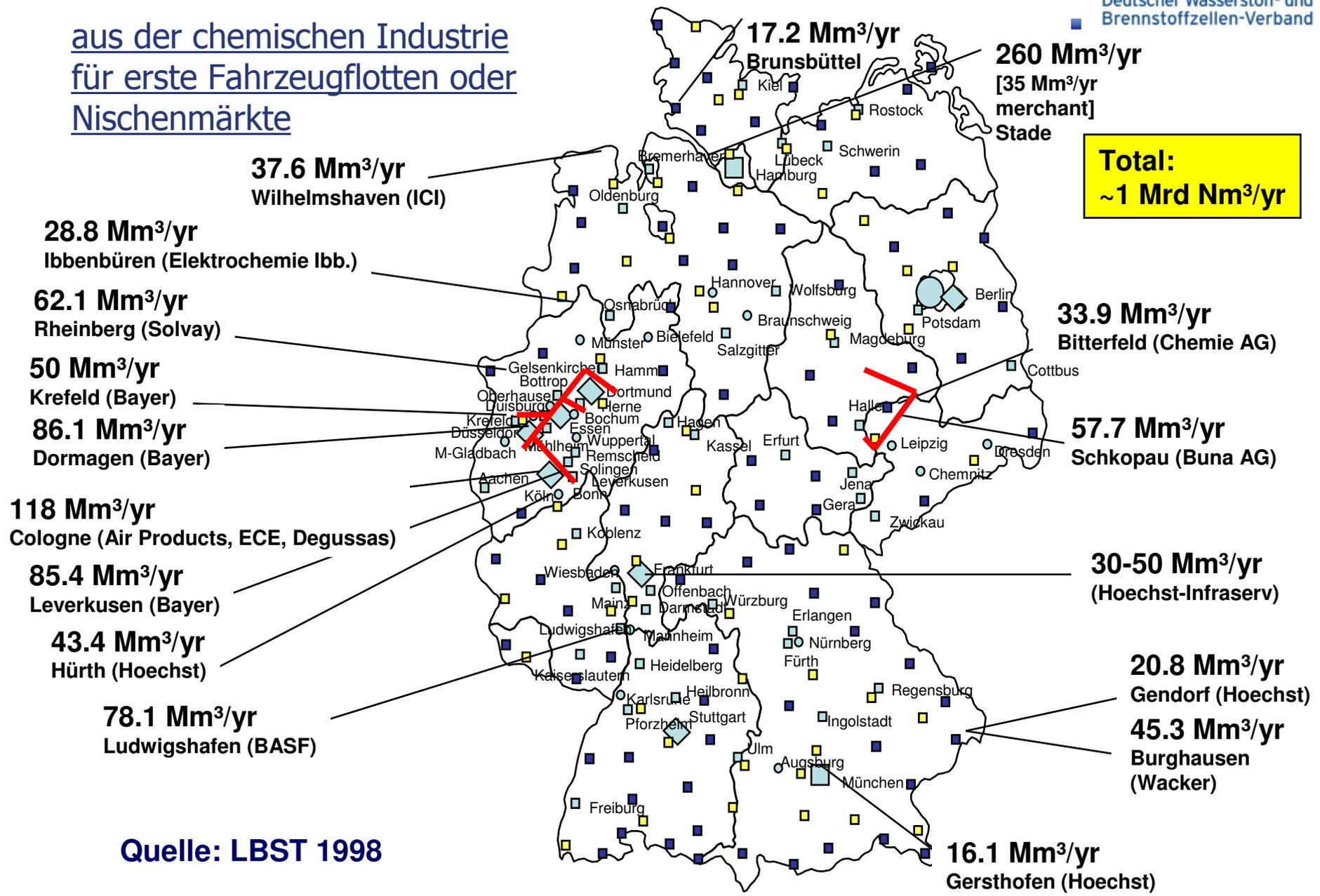
# Funktionsprinzip Hybridkraftwerk



# Nebenprodukt- Wasserstoff in Deutschland



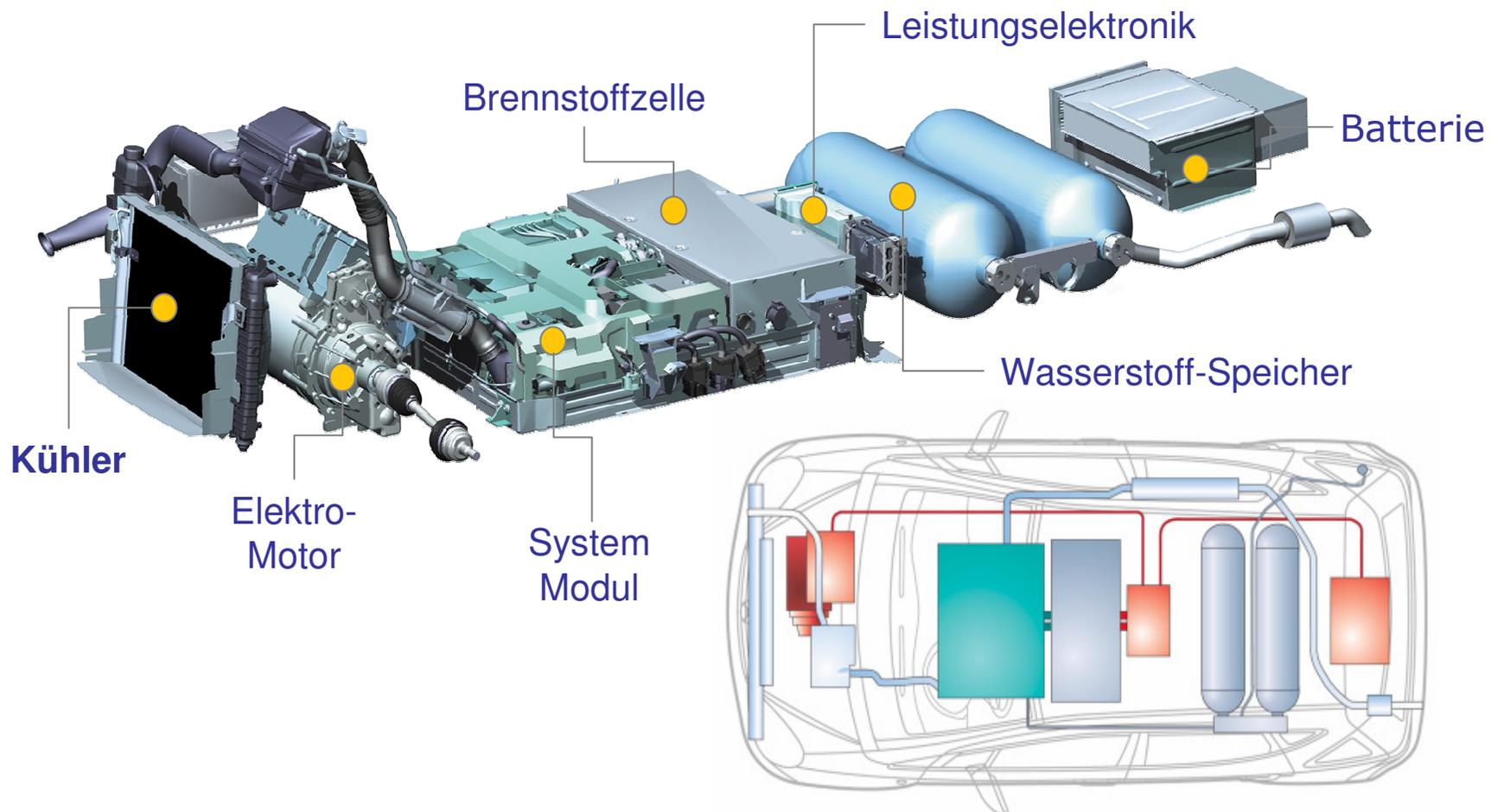
aus der chemischen Industrie  
für erste Fahrzeugflotten oder  
Nischenmärkte



Quelle: LBST 1998

# Wasserstoff als Energieträger

## Daimler, FCell Anordnung der Komponenten

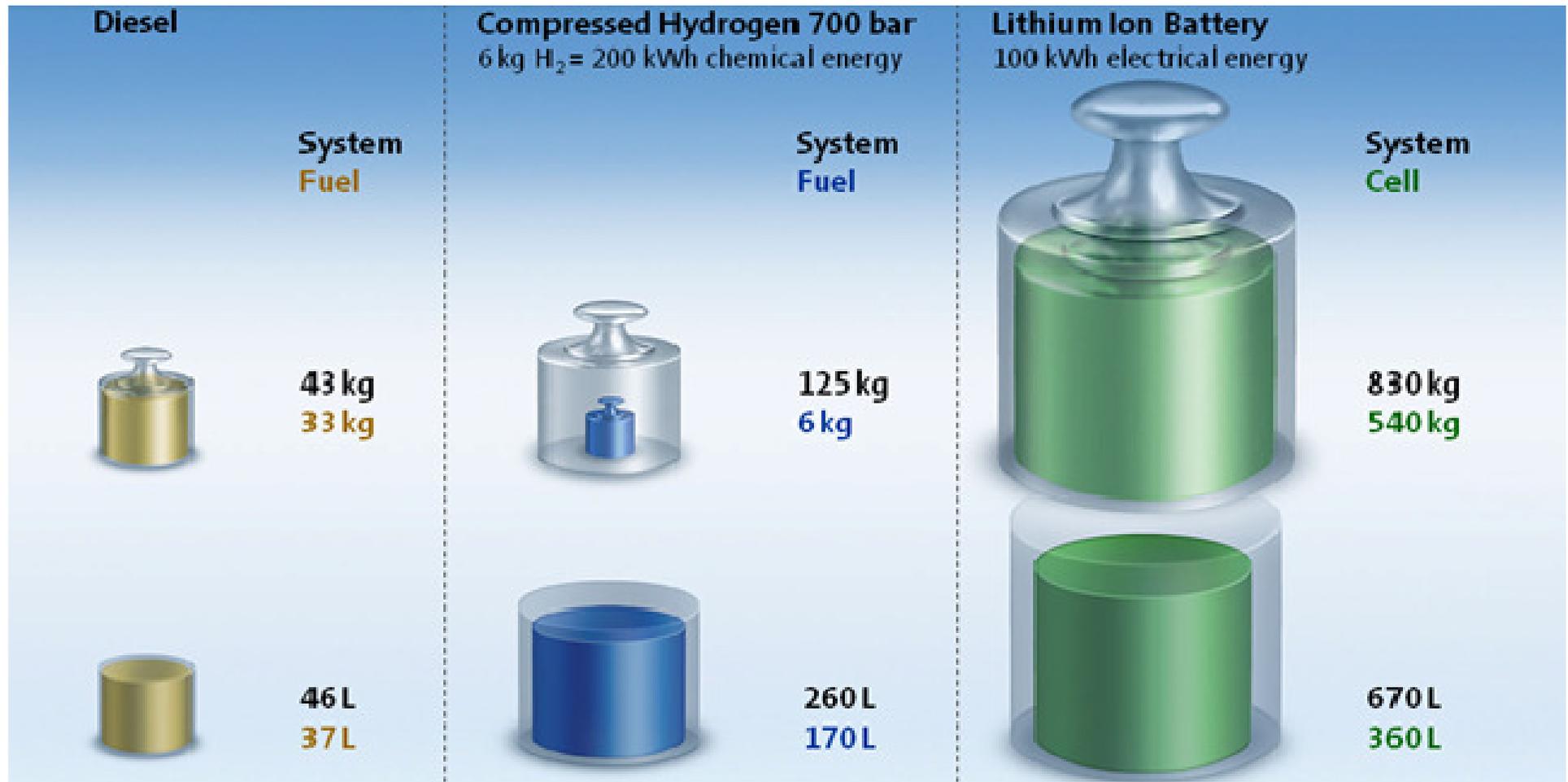


# Wasserstoff als Energieträger

## Honda: BZ-Fahrzeug, Systemkonzept



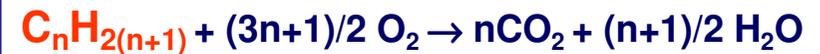
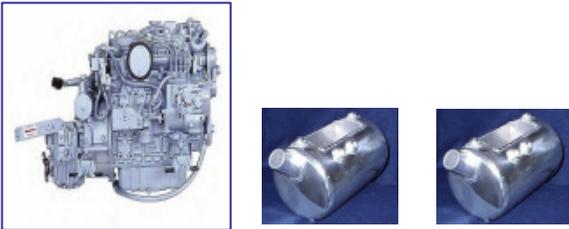
# Energiedichte von Energieträgern bzgl. Gewicht und Volumen



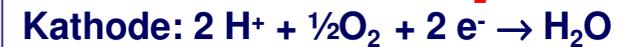
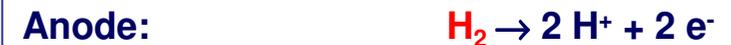
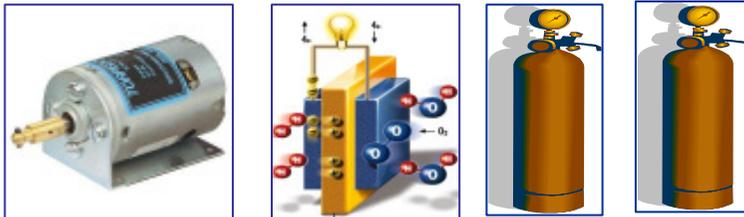
Source: v. Helmholtz, Opel

# Vergleich der Antriebsstränge II (Doppelte Reichweite)

## Benzin/Diesel- Fahrzeuge



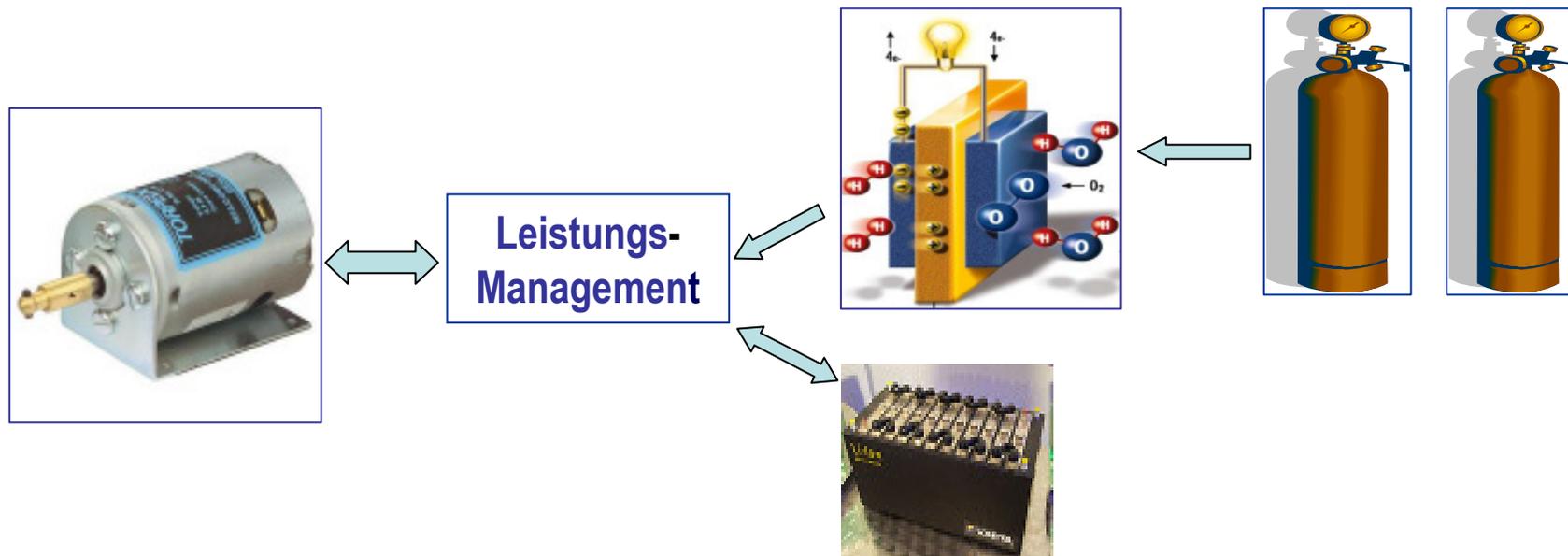
## H<sub>2</sub>/BZ- Fahrzeuge



## Batterie- Fahrzeuge

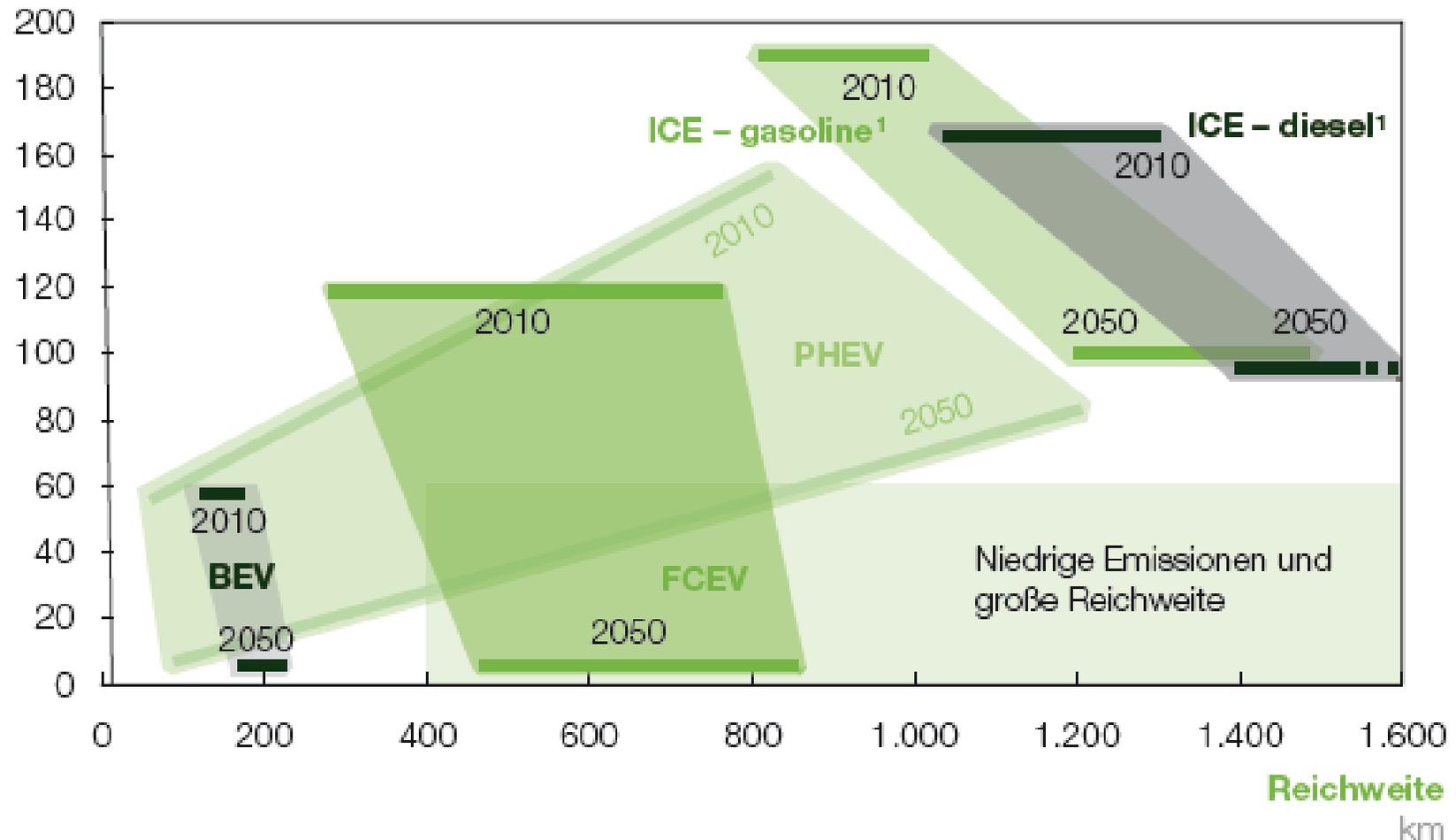


# Antriebs-Strang eines H<sub>2</sub>/BZ-Hybrid-Fahrzeuges



# Vergleich von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Reichweiten zukünftiger Antriebssysteme

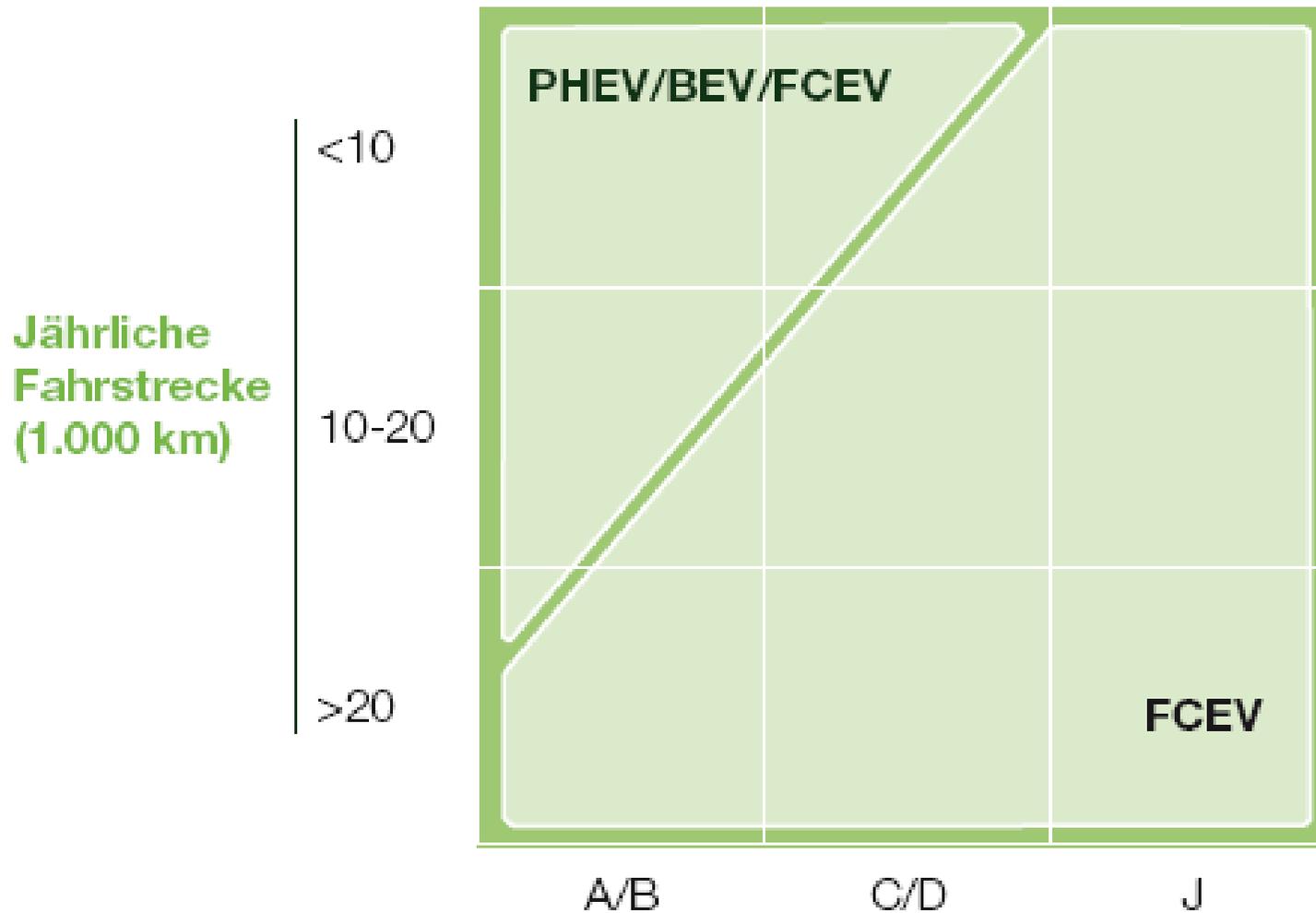
**CO<sub>2</sub>-Emissionen**  
gCO<sub>2</sub> / km



<sup>1</sup> ICE-Bereich für 2050, basierend auf verbesserten Treibstoffeinsparungen und davon ausgehend, dass die Tankgröße konstant bleibt.  
Annahme einer Reduzierung von CO<sub>2</sub> um 6% bis 2020, um 24% bis 2050, bedingt durch Biotreibstoffe

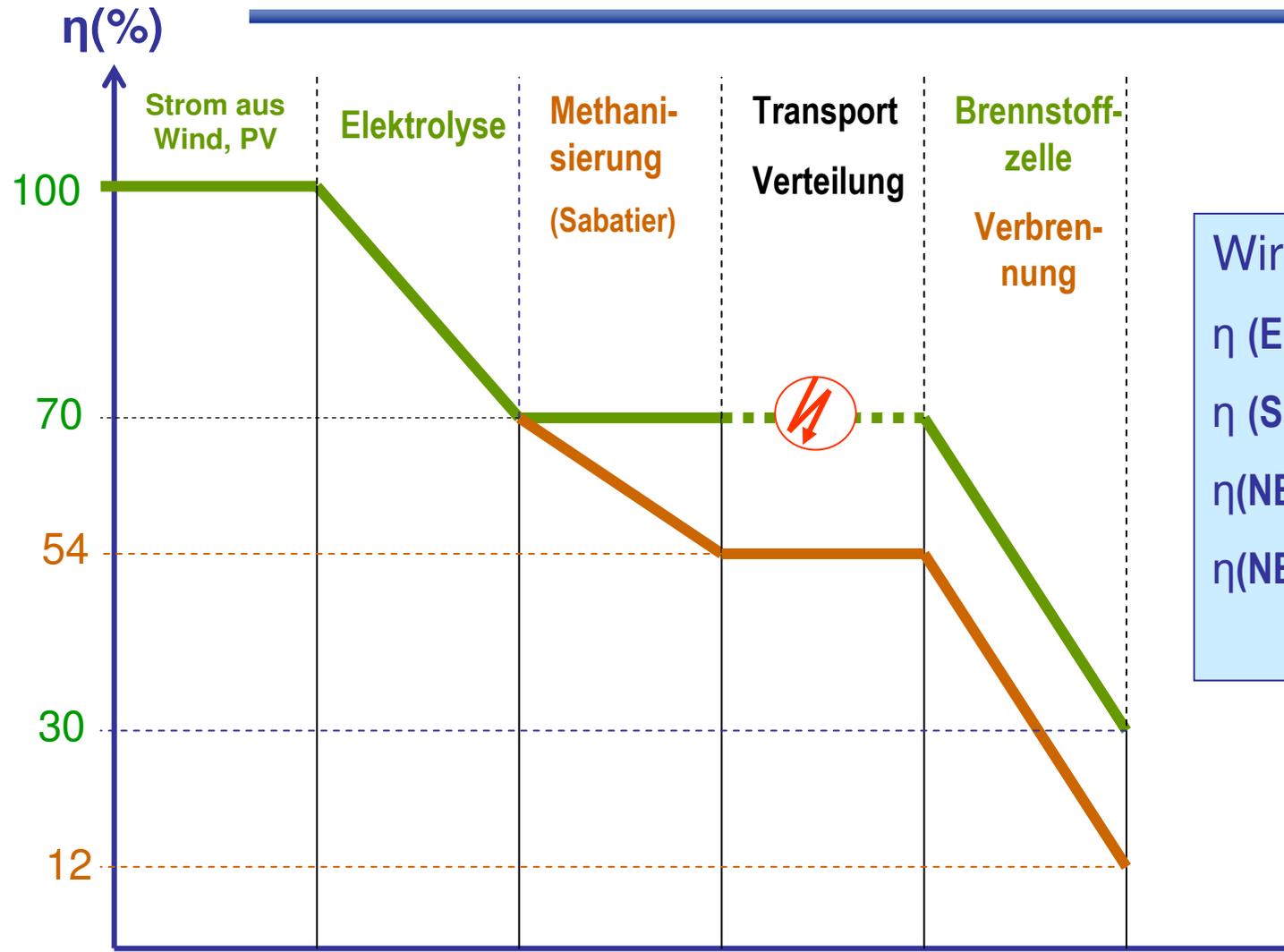
# Marktsegmente für Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge

## Niedrigste CO<sub>2</sub> Abgasentsorgung TCO Delta für ICE<sup>2</sup>



Quelle: Coalition Study

# Vergleich Wasserstoff ↔ „Windgas“ für mobile Anwendung



Wirkungsgrade:

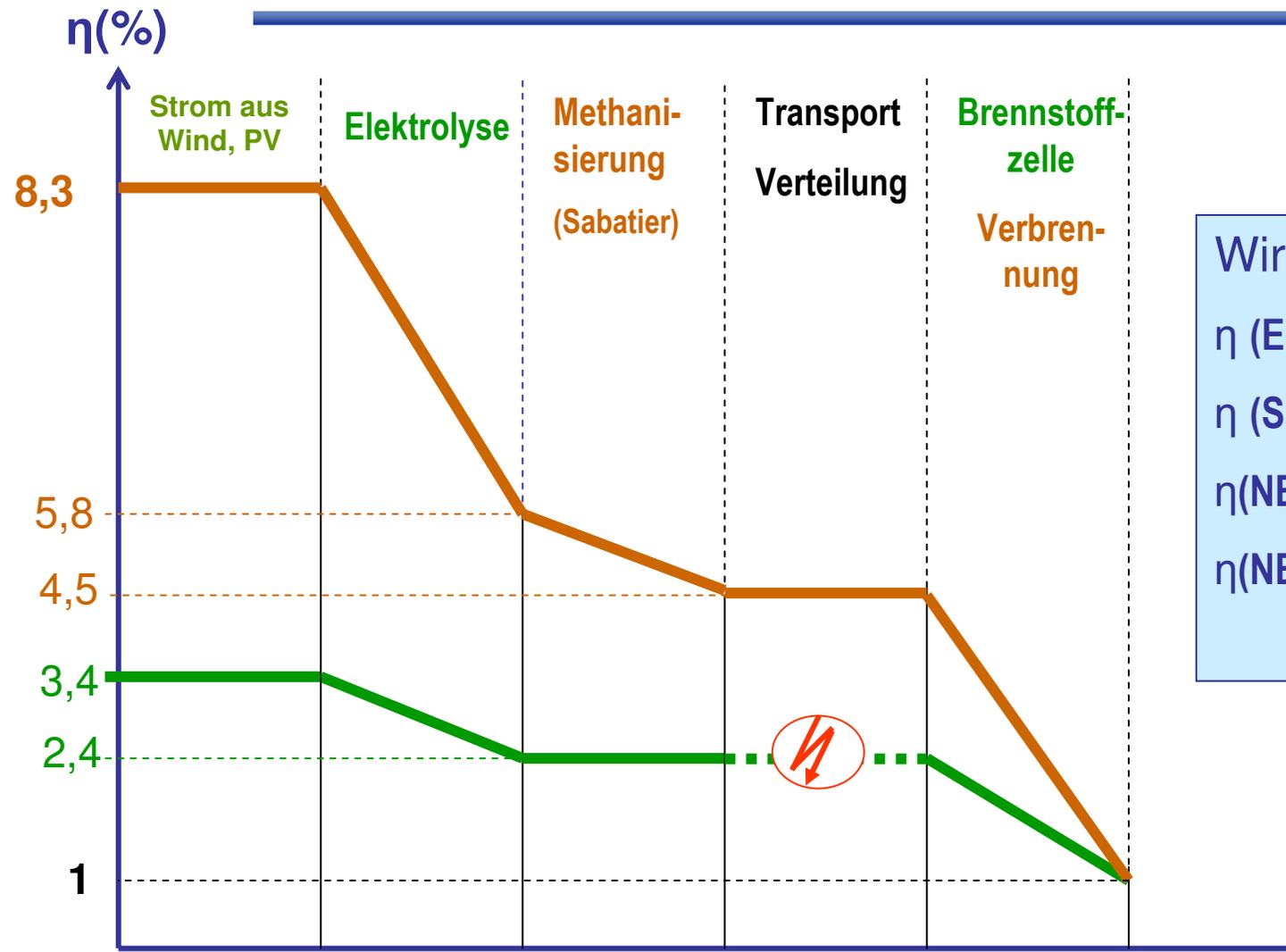
$\eta$  (Elektrolyse) = 70%

$\eta$  (Sabatier) = 78%

$\eta$ (NEFZ, Otto) = 22%

$\eta$ (NEFZ, BZ) = 42%

# Vergleich Wasserstoff ↔ „Windgas“ für mobile Anwendung



Wirkungsgrade:

$\eta$  (Elektrolyse) = 70%

$\eta$  (Sabatier) = 78%

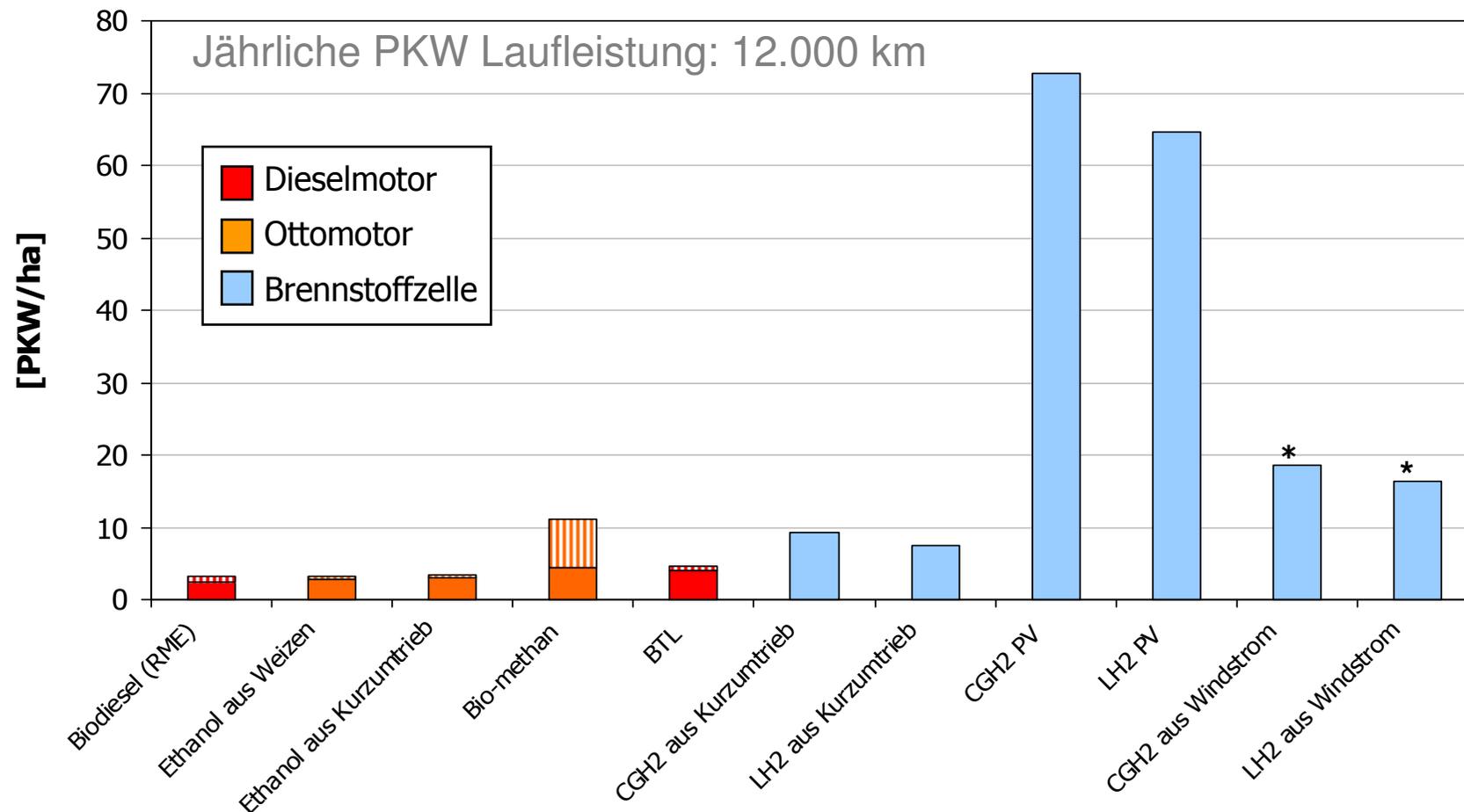
$\eta$ (NEFZ, Otto) = 22%

$\eta$ (NEFZ, BZ) = 42%

# Wasserstoff

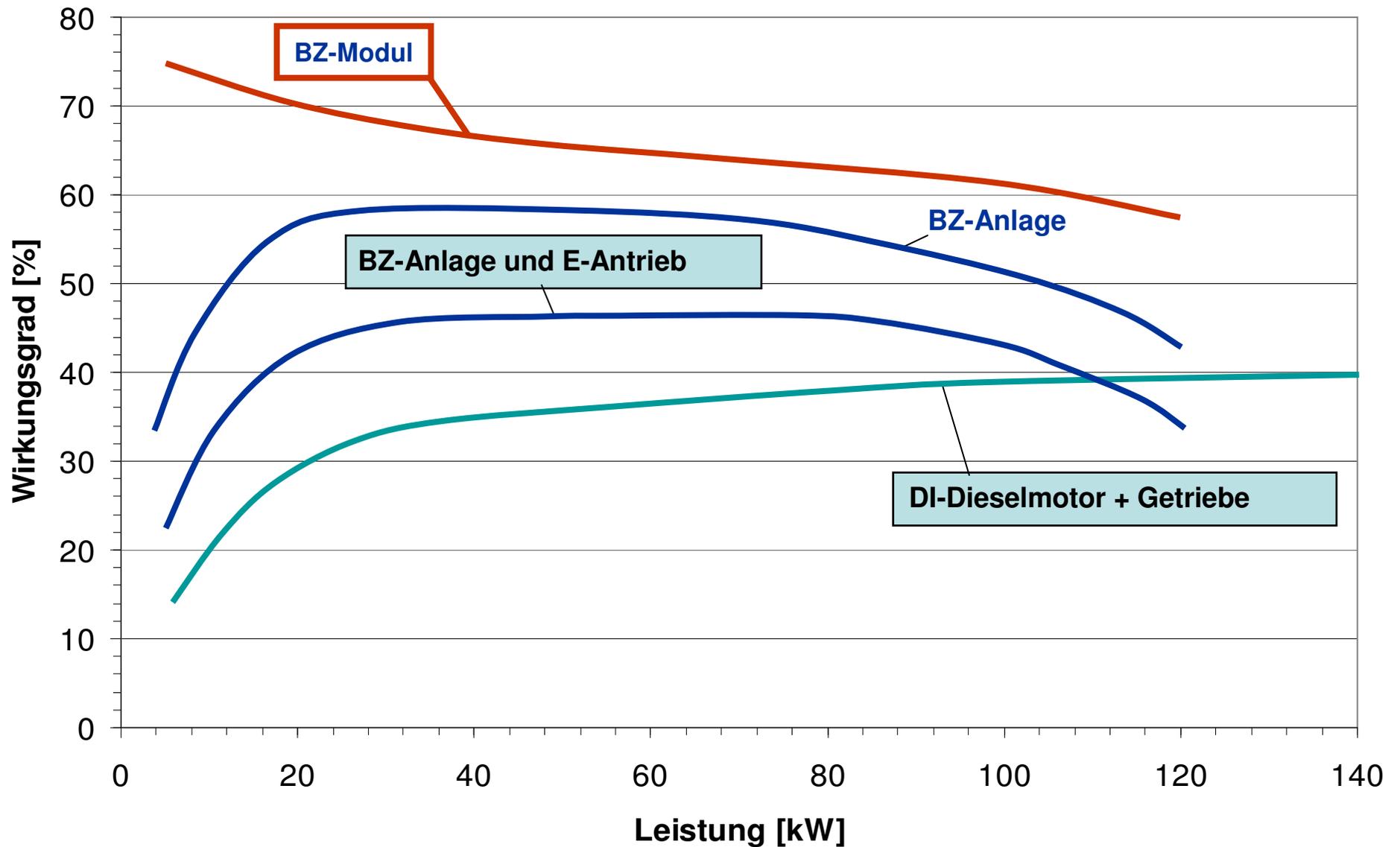
## - Energieträger der Zukunft -

Anzahl an PKWs (Hybrid), die je ha versorgt werden können



\*) mehr als 99% der Landfläche können zusätzlich für andere Nutzungen, z.B. Ackerbau, verwendet werden

# Beispiel Kennfeldvergleich: BZ-Bus-Antrieb mit H<sub>2</sub> und Dieselmotor



# H<sub>2</sub>-Anwendung und – Speicherung – spezielle Märkte –



BESEL



Derbi/Rucker



Masterflex



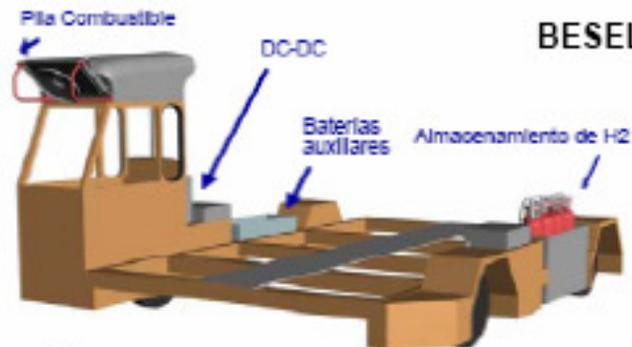
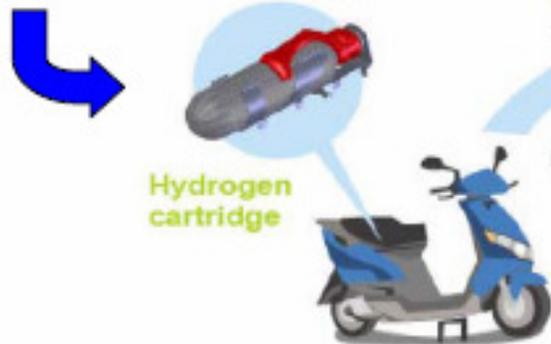
BESEL



BESEL



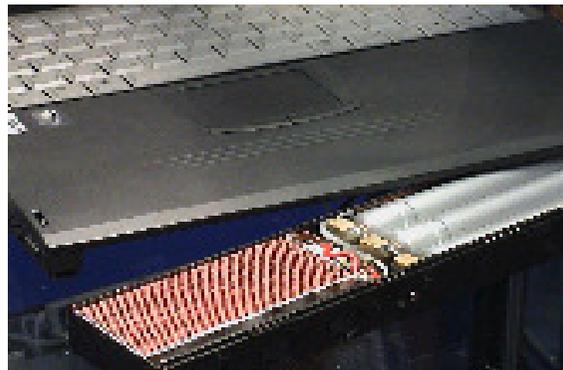
BESEL



# Systeme mit Metallhydridspeichern

Kleinste Anwendung scheint ein Laptop zu sein, am häufigsten tragbare Lade- oder Notstromsysteme

Weitere Anwendungen sind U-Boote mit Brennstoffzellen oder emissionsensibler Betrieb von Booten (Naturschutzgebiete) und Arbeitsmaschinen (unter Tage, in reinen Produktionshallen)



## 1. Infrastruktur der Telekommunikation

- Notstromversorgung, BackUp-Power
- Dezentrale Stromversorgung



## 2. Kritische Infrastrukturen

- Telematik, Verkehrsleittechnik
- Tunnel, Bahnhöfe, Flughäfen
- Bergwerke, Pipelines
- Kliniken, Polizei, Katastrophenschutz
- Messtechnik, Umweltschutz



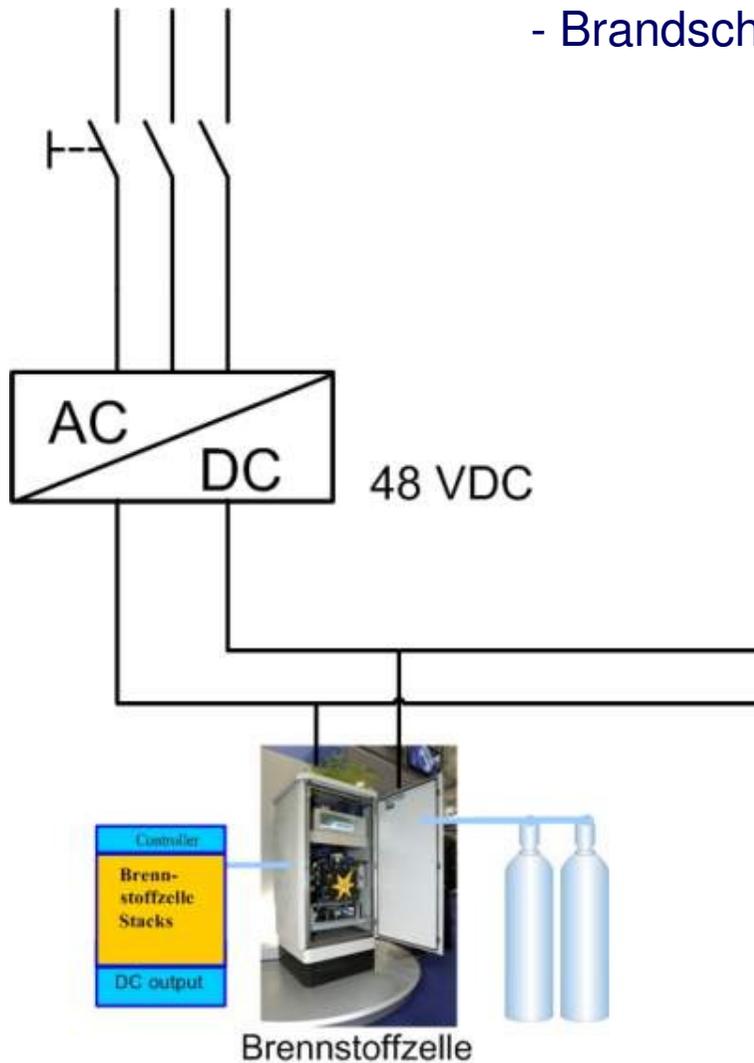
## 3. IT-Infrastrukturen

- BackUp-Power für kritische Systeme



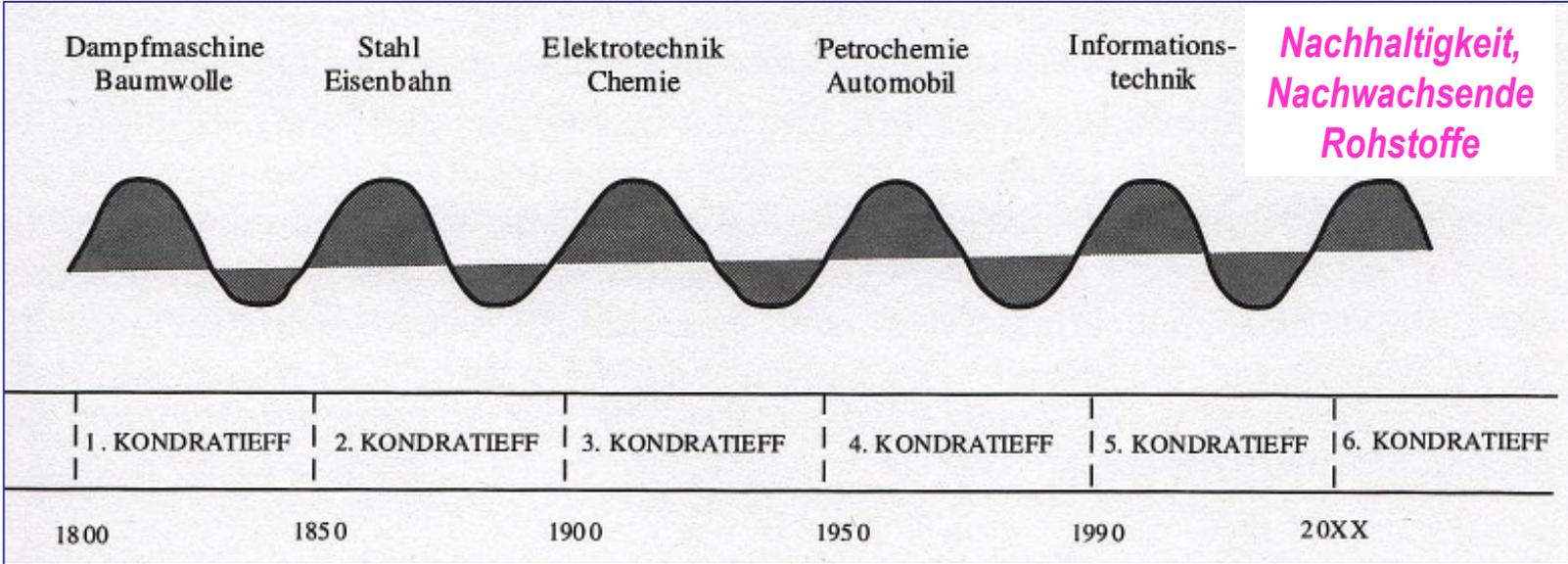
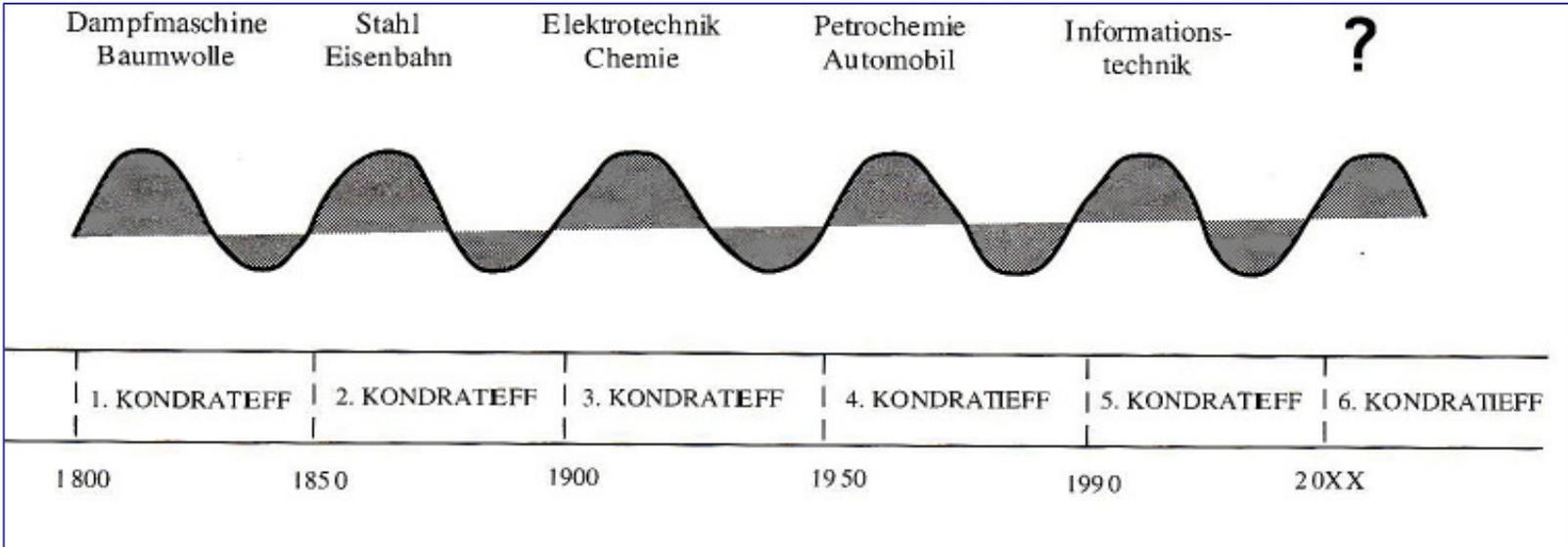
# Anwendungen Brennstoffzelle 3kW / 5 kW

- z.B. Power-Backup Telekommunikation
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung
  - Brandschutz



Quelle: Rittal

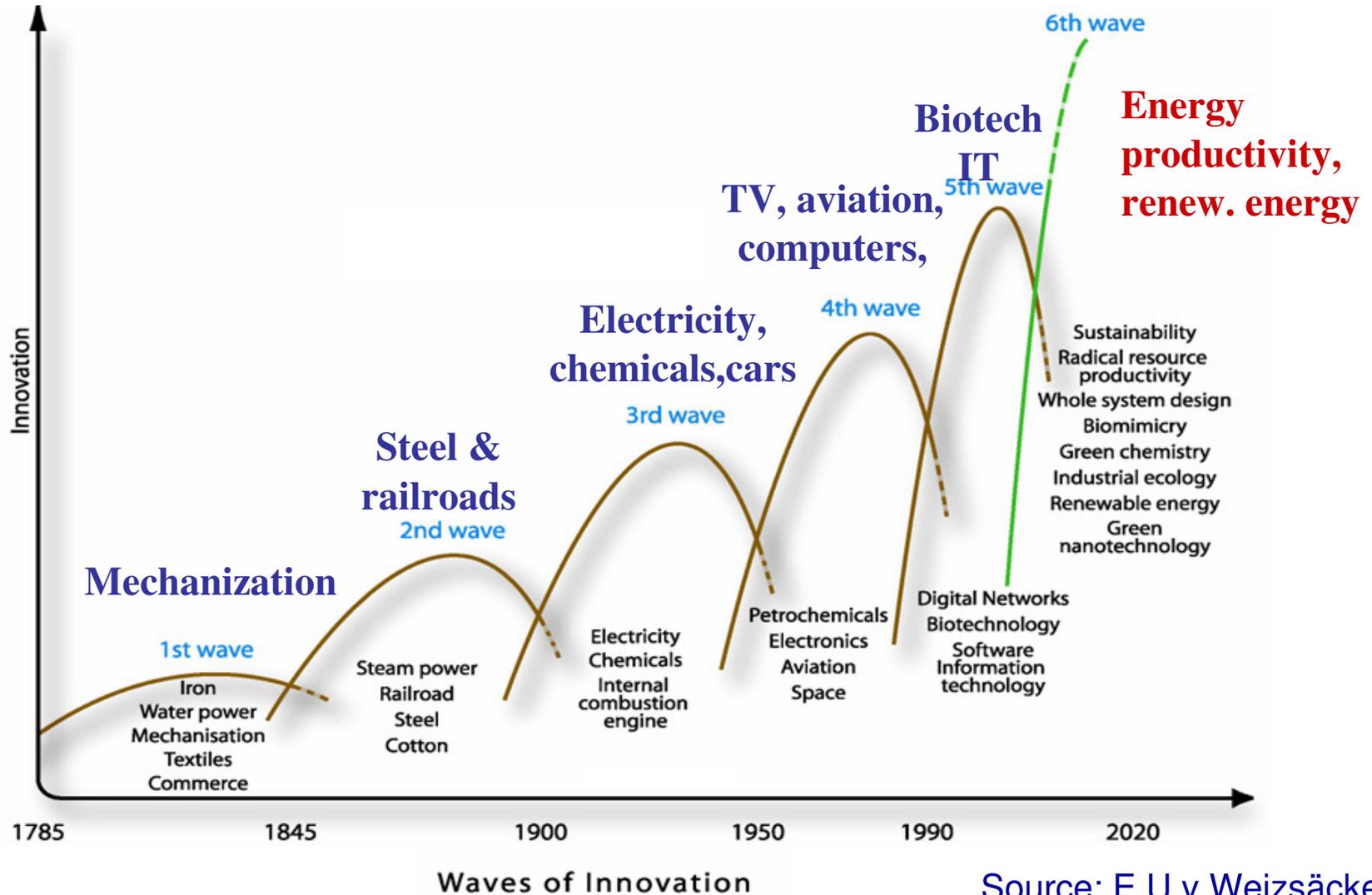
# Kondratieff-Zyklen



Quelle: Nefiodow, „Der sechste Kondratieff“

# The sixth Kondratiev: Energy productivity

(after Charlie Hargroves, Brisbane, Australia)





**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Und besuchen Sie uns mal unter**

**[www.dwv-info.de!](http://www.dwv-info.de)**



**Welche Fragen darf ich Ihnen jetzt schon beantworten?**