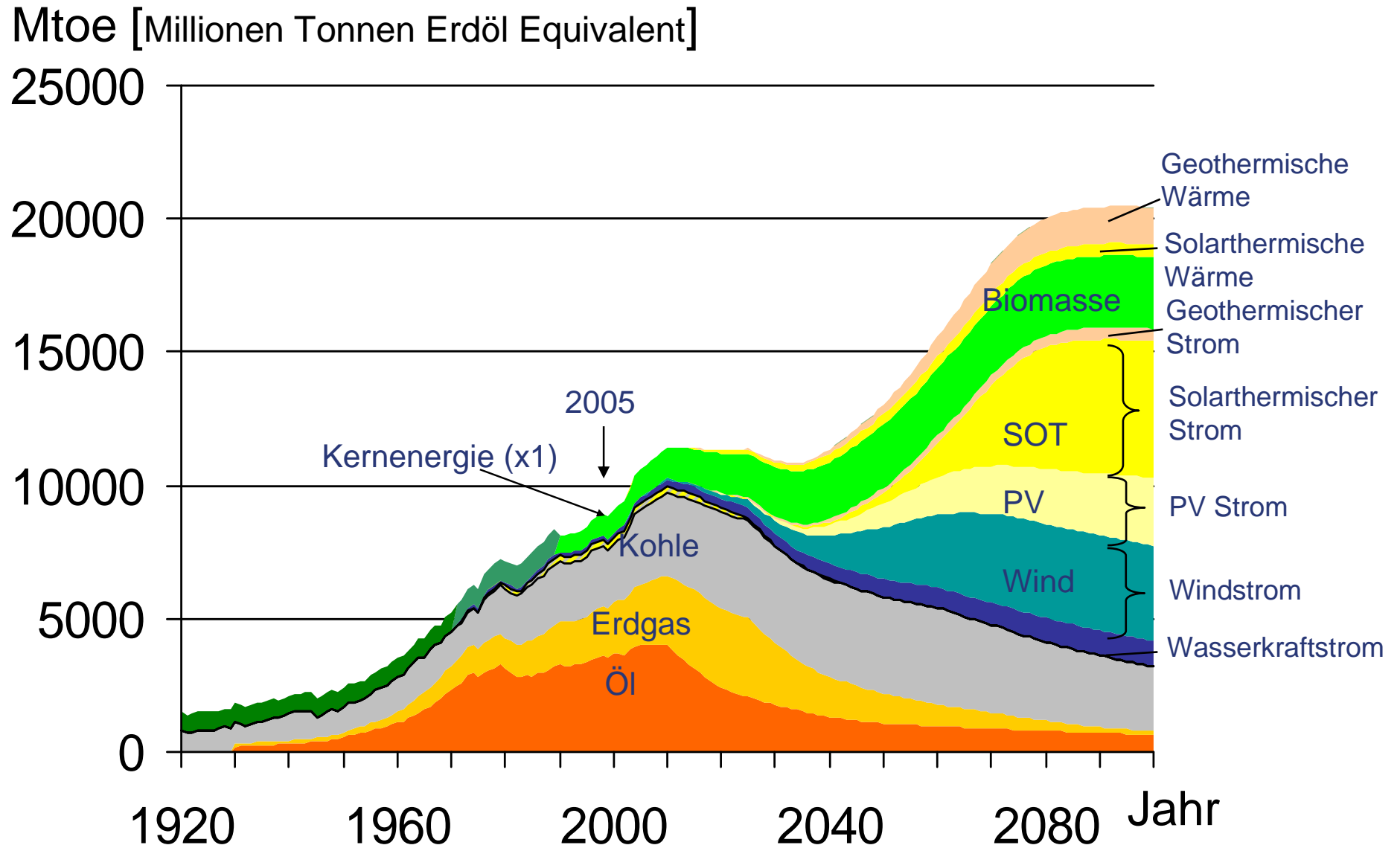


# *Wo steht die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie heute?*

*Dr. Johannes Töpler,*

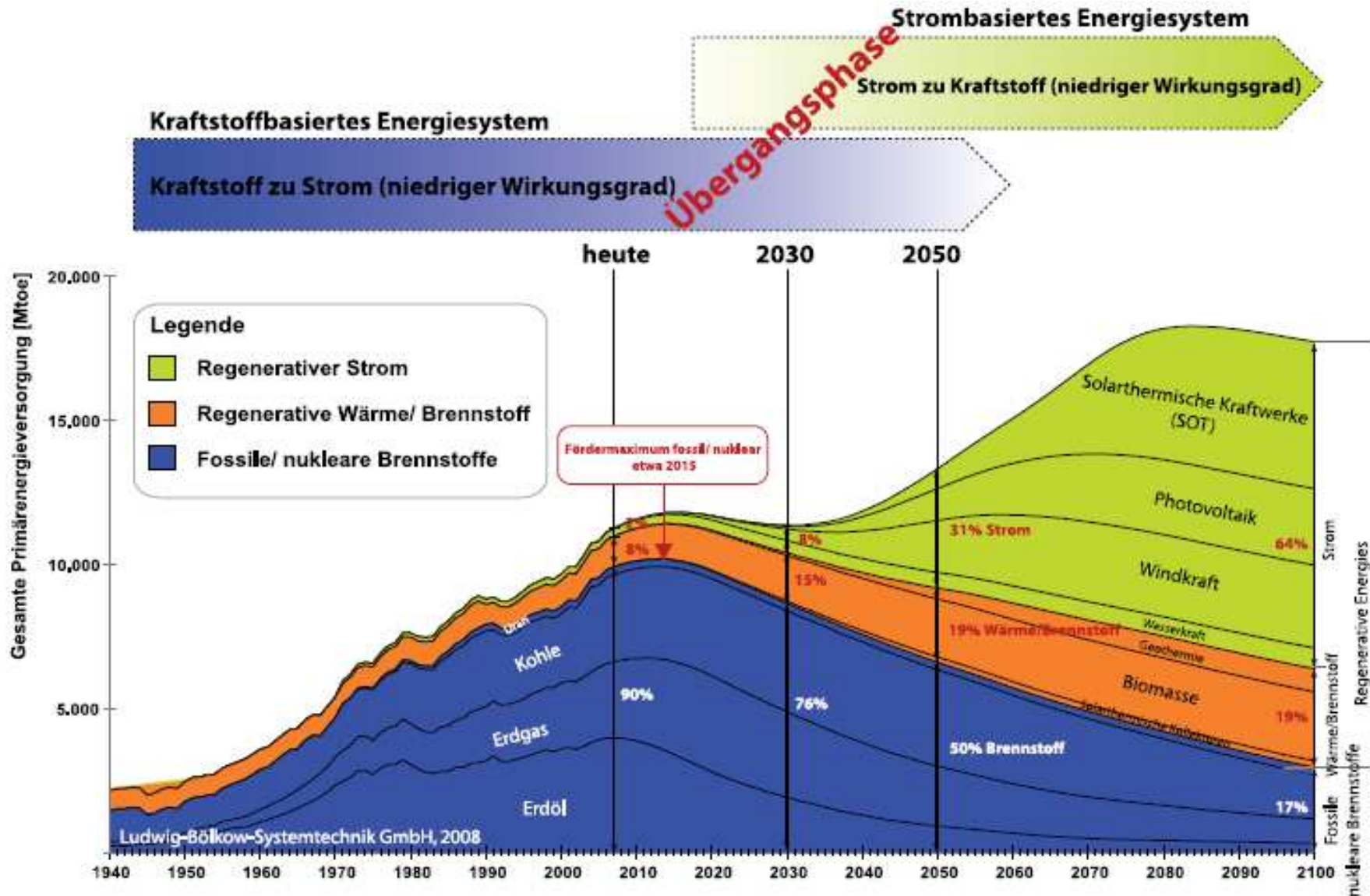
Deutscher Wasserstoff- und  
Brennstoffzellenverband, DWV

# Ein mögliches Weltenergieszenario



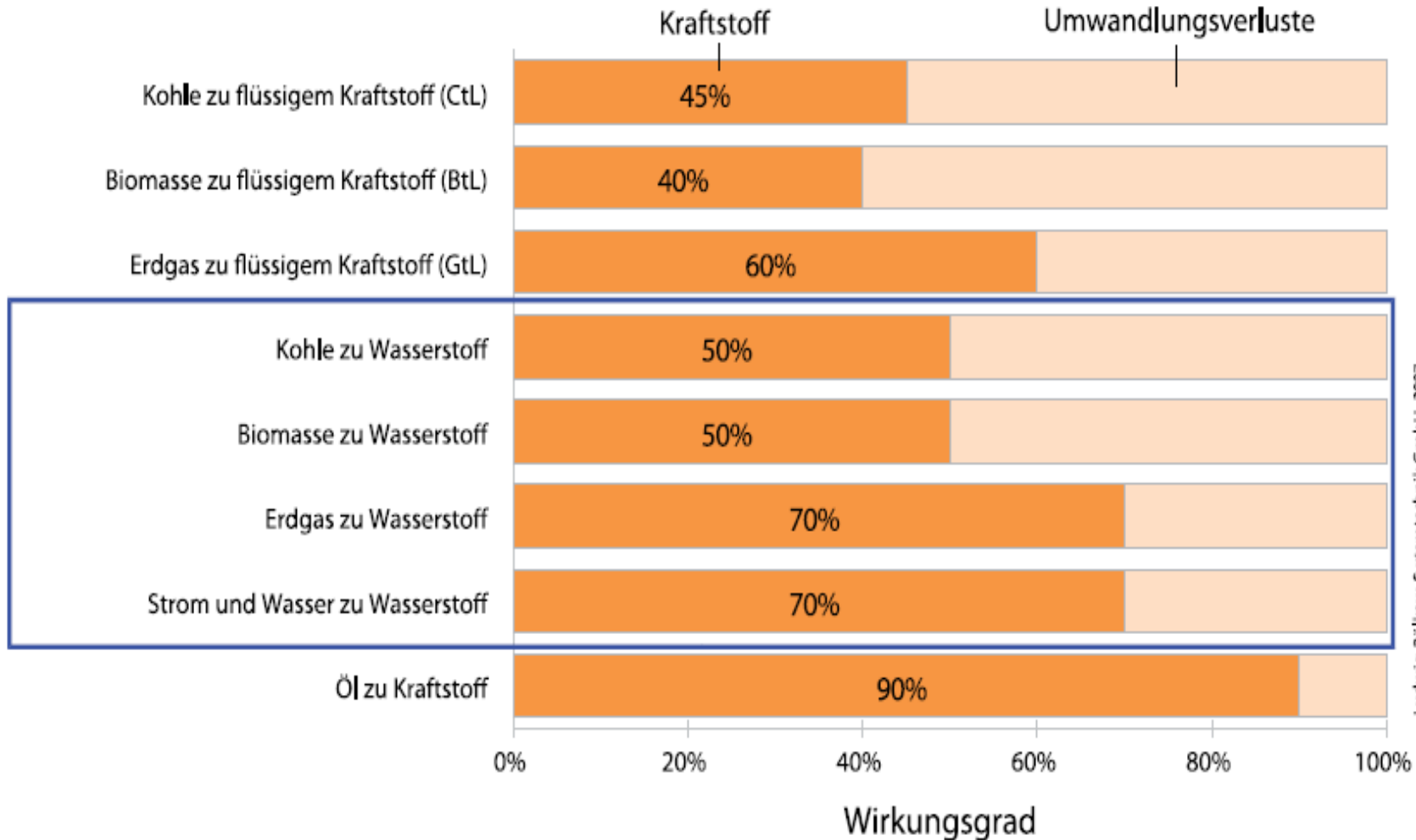
Quelle: LBST Alternative World Energy Outlook 2005

# Zukünftige Versorgung mit Primärenergien



- Langfristig wird das künftige Primärenergiesystem stromdominiert sein
- Übergang von einem brennstoffbasierten zu einem strombasierten Energiesystem
- Der Verkehrssektor wird Strom als "hauptsächliche Primärenergiequelle" nutzen
- Die künftige Infrastruktur muss sich ändern: Strom wird fossile Brennstoffe langfristig ersetzen müssen
- Produktionsmaximum fossiler und nuklearer Brennstoffe um 2015
- Stromspeicherung wird unentbehrlich
  - Wasserstoff wird als wichtiges Stromspeichermedium fungieren und ein starker Partner für erneuerbare Energien und den Verkehrssektor werden.

# Wirkungsgrade der Kraftstofferzeugung im Vergleich

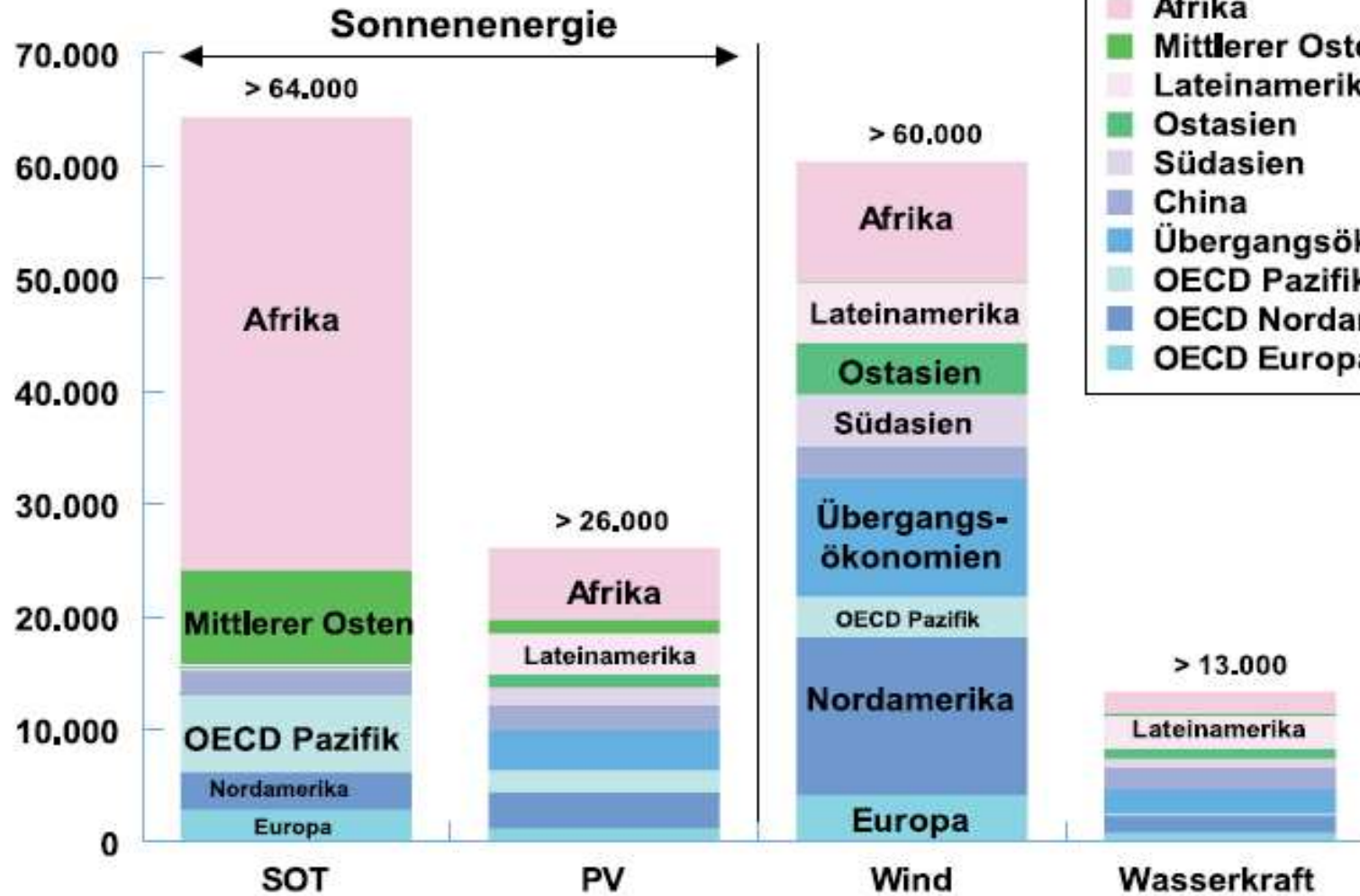


## Transportkraftstofferzeugung

Im Hinblick auf den Primärenergieeinsatz hat Wasserstoff den höchsten Wandlungswirkungsgrad aller alternativen Transportkraftstoffe.

# Technisches Potenzial erneuerbaren Stroms - global

Technische Potenziale der Stromerzeugung in [TWh/a]

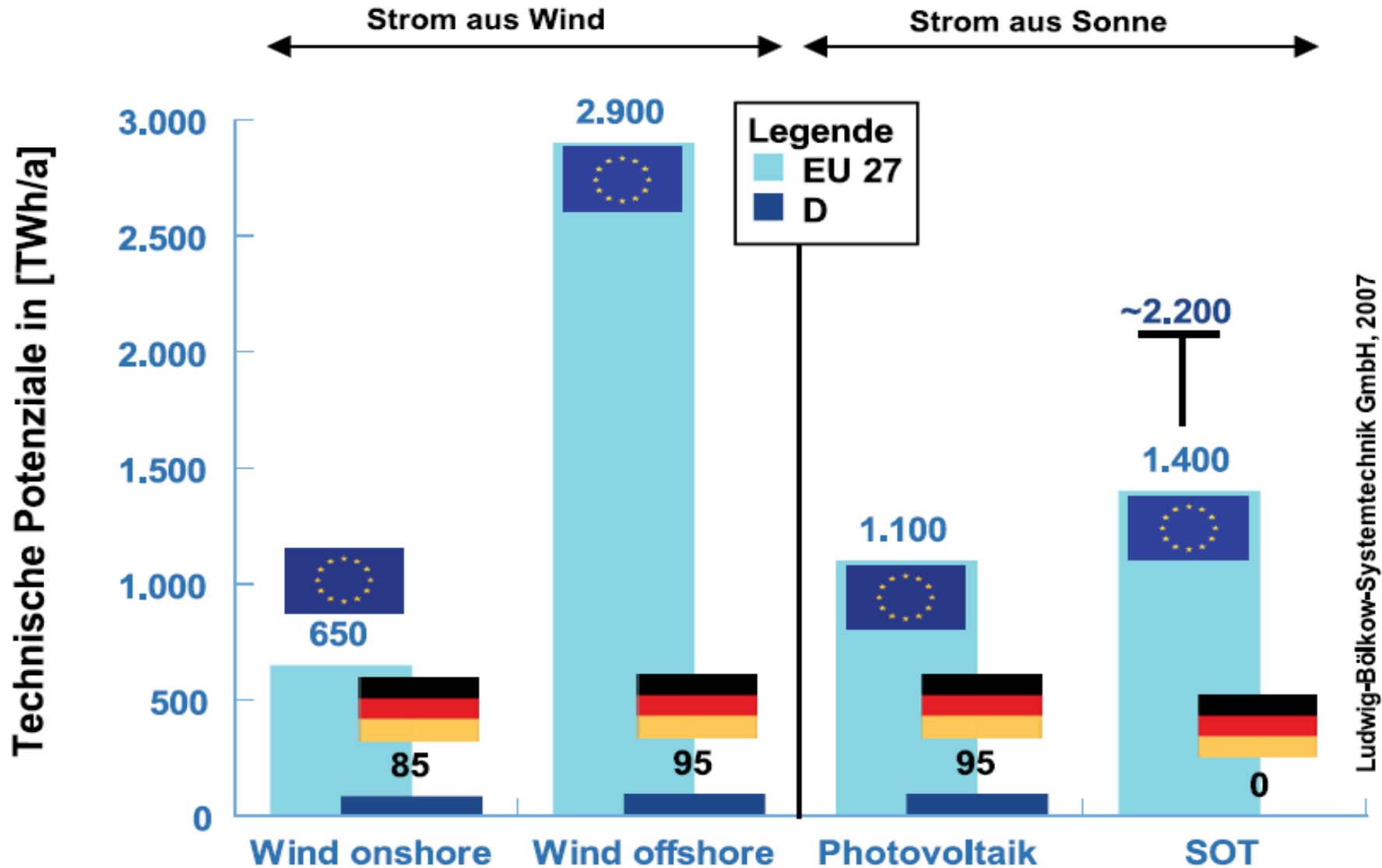


**Legende**

- Afrika
- Mittlerer Osten
- Lateinamerika
- Ostasien
- Südostasien
- China
- Übergangswirtschaften
- OECD Pazifik
- OECD Nordamerika
- OECD Europa

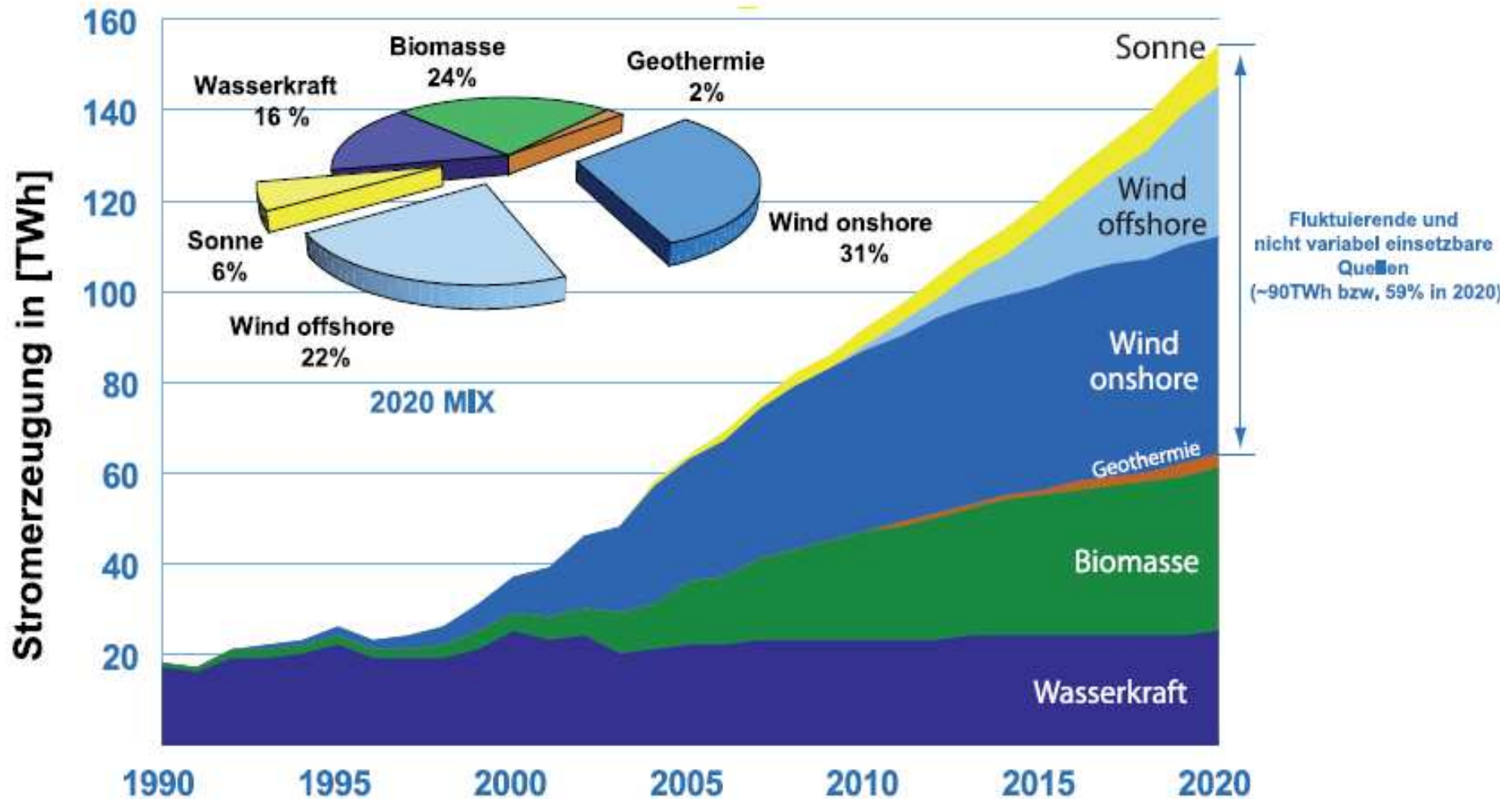
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, 2007

# Technisches Potenzial zur Stromerzeugung aus Windkraft und Solarenergie — Europa (EU) und Deutschland (D)



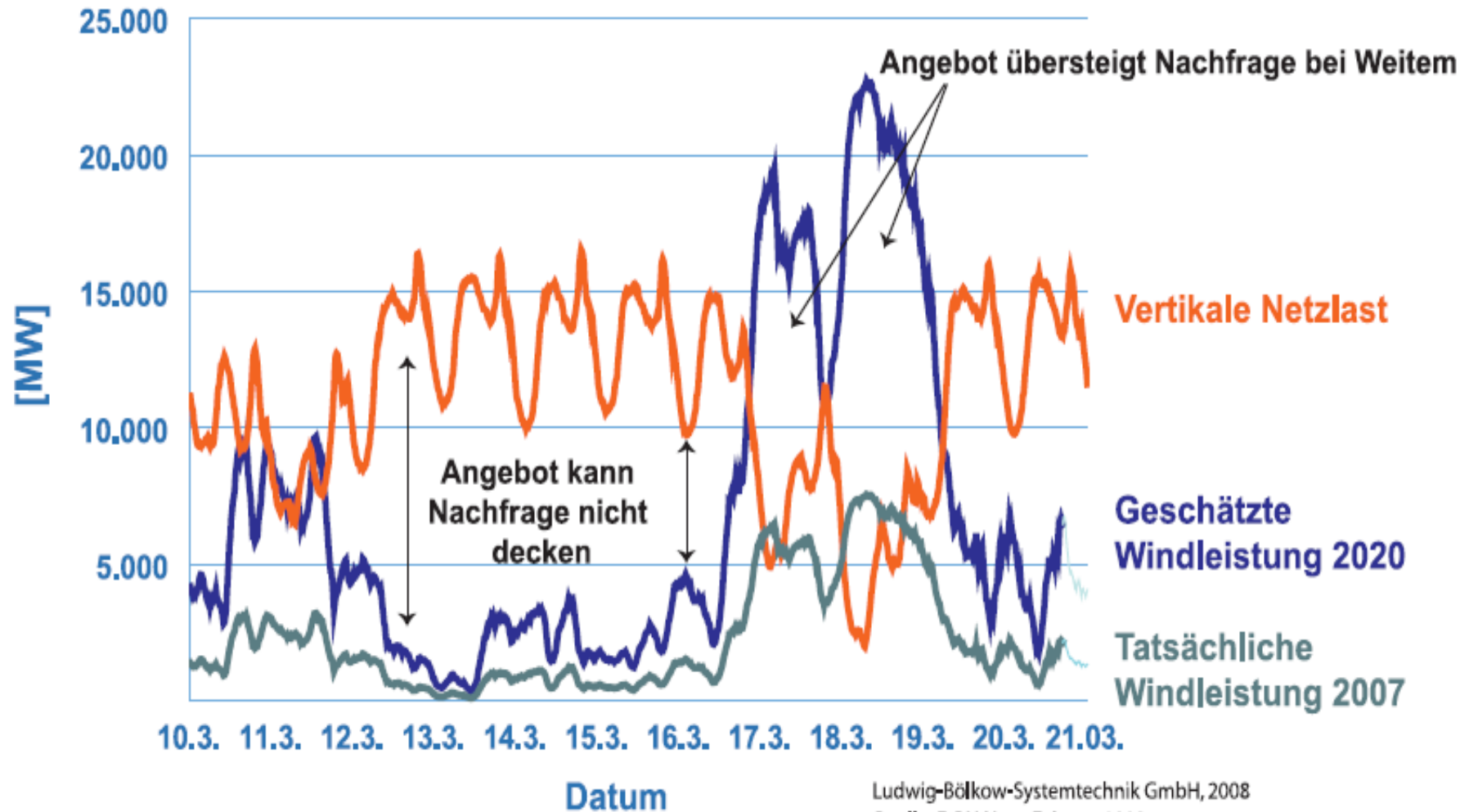
# Fluktuierende regenerative Stromerzeugung

Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen in Deutschland –  
Szenario: Nitsch et. al. 2007



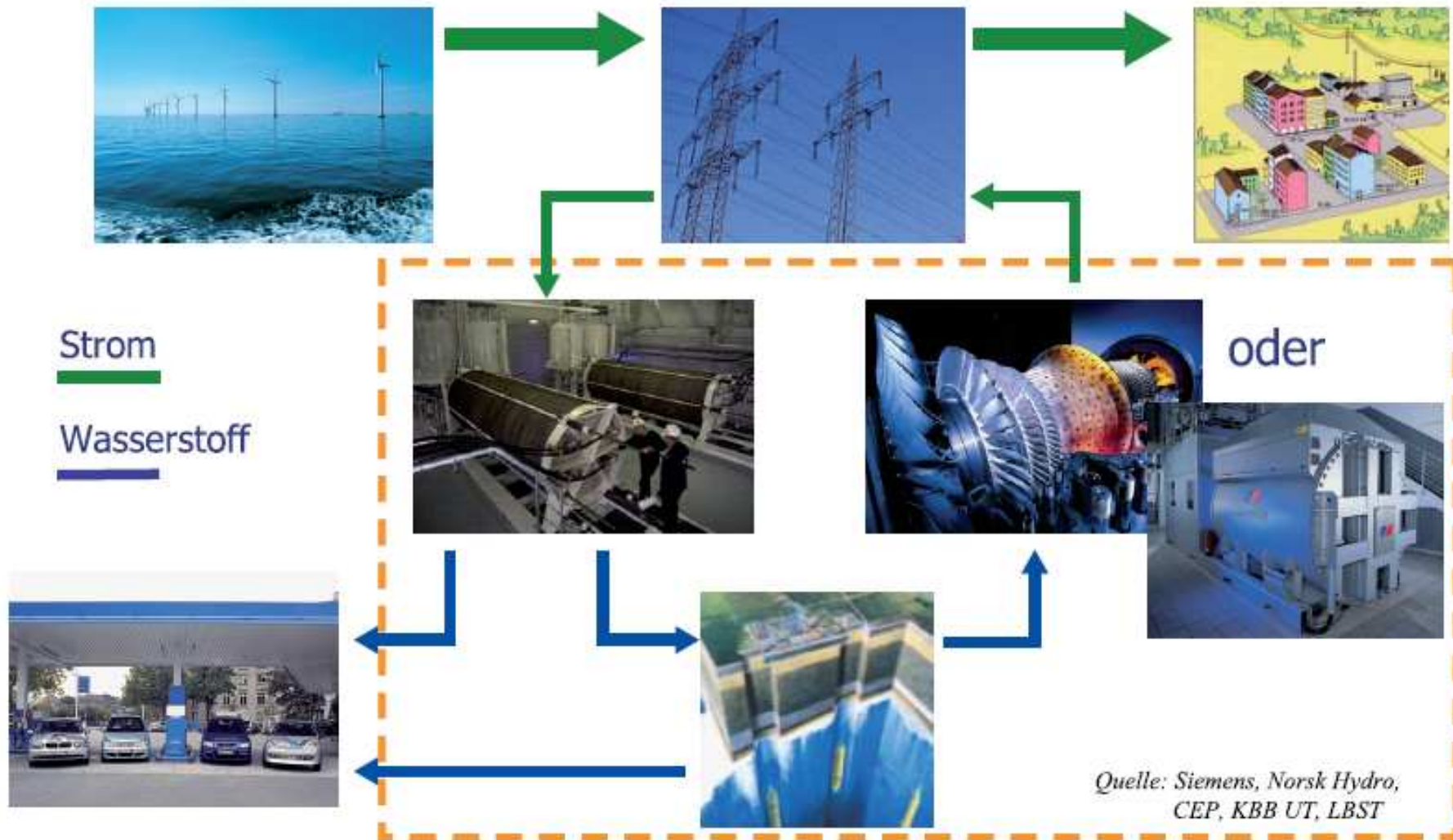
# Fluktuierende regenerative Stromerzeugung

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

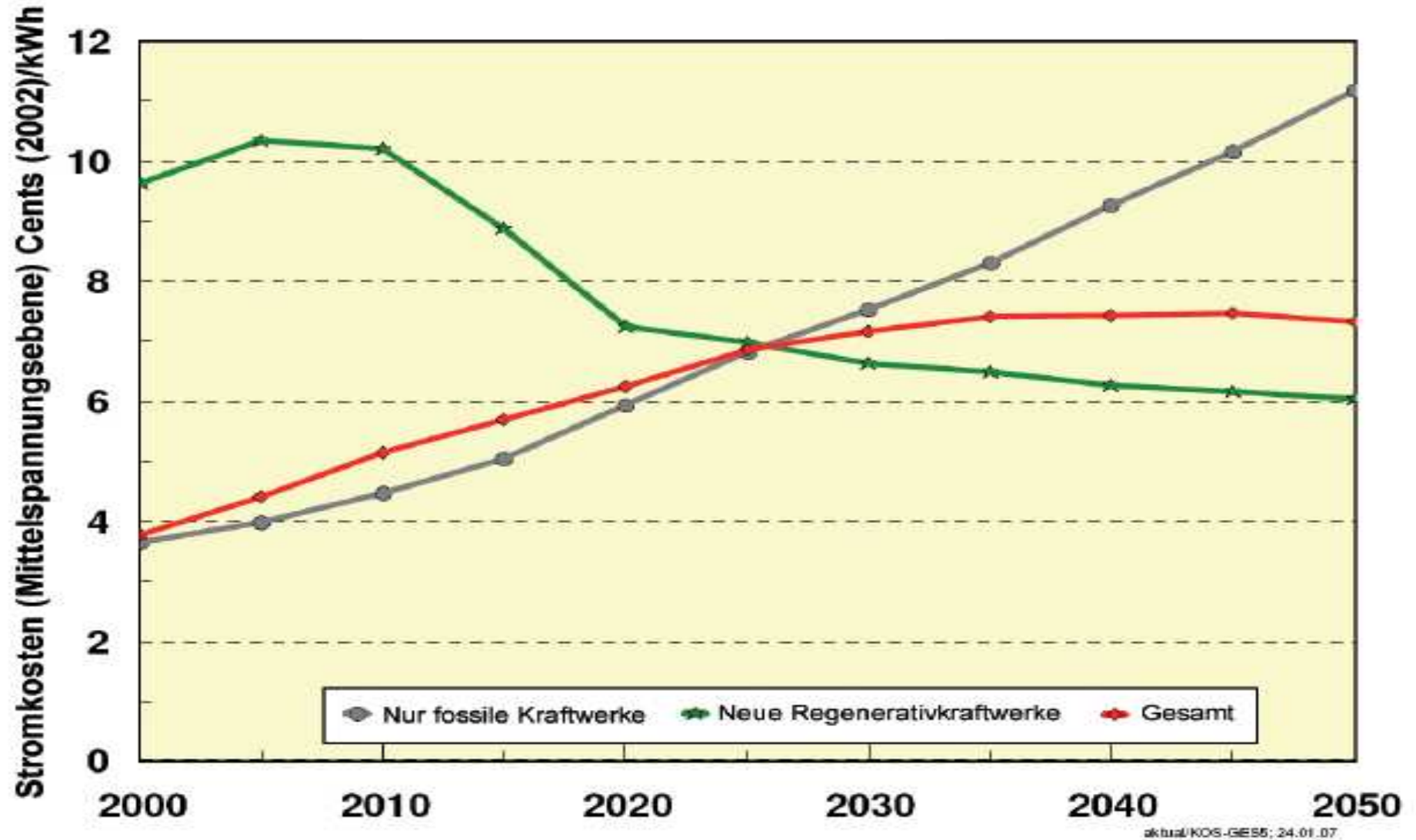


# Wasserstoff als Speicheroption

## Wasserstoff als Speicheralternative



# Wettbewerbsfähiger Regenerativstrom



[Quelle: Nitsch et. al 2007]

# Schwerpunkte billigen Nebenprodukt-Wasserstoffs in Deutschland



Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband

aus der chemischen Industrie für erste Fahrzeugflotten oder Nischenmärkte (600

Tankstellen) **37.6 Mm<sup>3</sup>/yr**

Wilhelmshaven (ICI)

**28.8 Mm<sup>3</sup>/yr**

Ibbenbüren (Elektrochemie Ibb.)

**62.1 Mm<sup>3</sup>/yr**

Rheinberg (Solvay)

**50 Mm<sup>3</sup>/yr**

Krefeld (Bayer)

**86.1 Mm<sup>3</sup>/yr**

Dormagen (Bayer)

**118 Mm<sup>3</sup>/yr**

Cologne (Air Products, ECE, Degussas)

**85.4 Mm<sup>3</sup>/yr**

Leverkusen (Bayer)

**43.4 Mm<sup>3</sup>/yr**

Hürth (Hoechst)

**78.1 Mm<sup>3</sup>/yr**

Ludwigshafen (BASF)

**17.2 Mm<sup>3</sup>/yr**

Brunsbüttel (Bayer)

**260 Mm<sup>3</sup>/yr**

[35 Mm<sup>3</sup>/yr merchant]

Stade (Dow)

**Total:**

**~ 1 Billion Nm<sup>3</sup>/yr**

**33.9 Mm<sup>3</sup>/yr**

Bitterfeld (Chemie AG)

**57.7 Mm<sup>3</sup>/yr**

Schkopau (Buna AG)

**30-50 Mm<sup>3</sup>/yr**

(Hoechst-Infraserv)

**20.8 Mm<sup>3</sup>/yr**

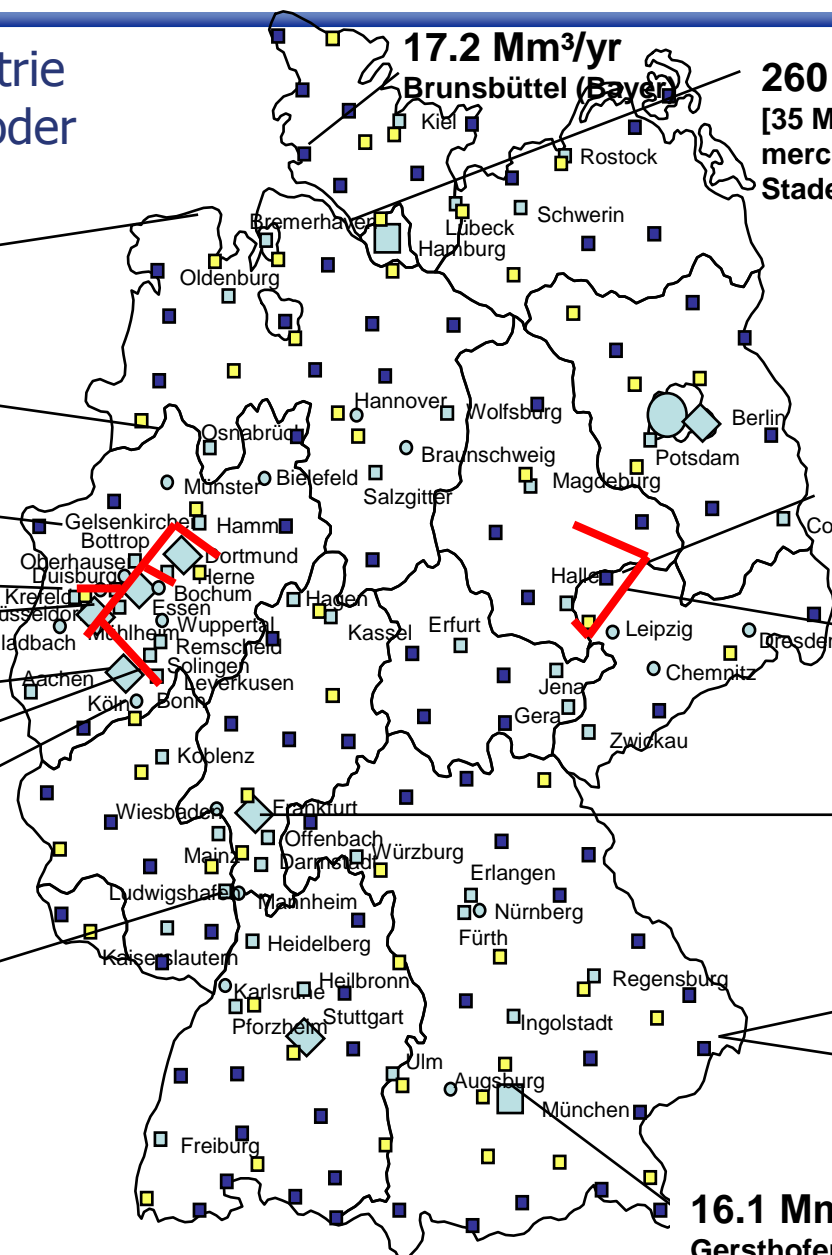
Gendorf (Hoechst)

**45.3 Mm<sup>3</sup>/yr**

Burghausen (Wacker)

**16.1 Mm<sup>3</sup>/yr**

Gersthofen (Hoechst)



Quelle: LBST 1998

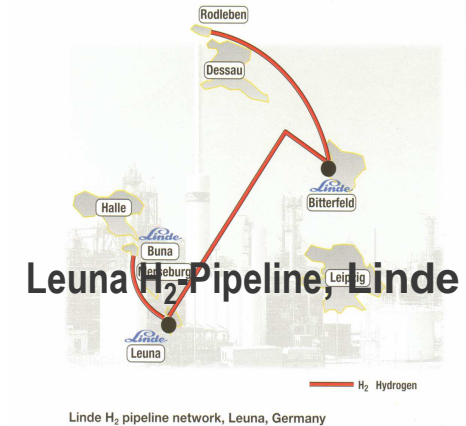
# Industrielle Pipeline-Systeme in Europa

Air Liquide North Europe



Belgium-France-NL  
H<sub>2</sub>-Pipeline, Air Liquide

Rhein-Ruhr H<sub>2</sub>-Pipeline,  
Air Liquide



Leuna H<sub>2</sub>-Pipeline, Linde

Air Liquide:

Belgium, France, NL

966 km

10 MPa

Germany:

Rhein-Ruhr Pipeline

240 km

1.1/ 2.3/ 30 MPa

[operative since 1938]

Leuna-Merseburg, Linde

100 km

2-2.5 MPa

Air Products Pipelines:

Europoort, NL

50 km

UK:

ICI Teeside

16 km

5 MPa

Sweden:

Chemical Industry

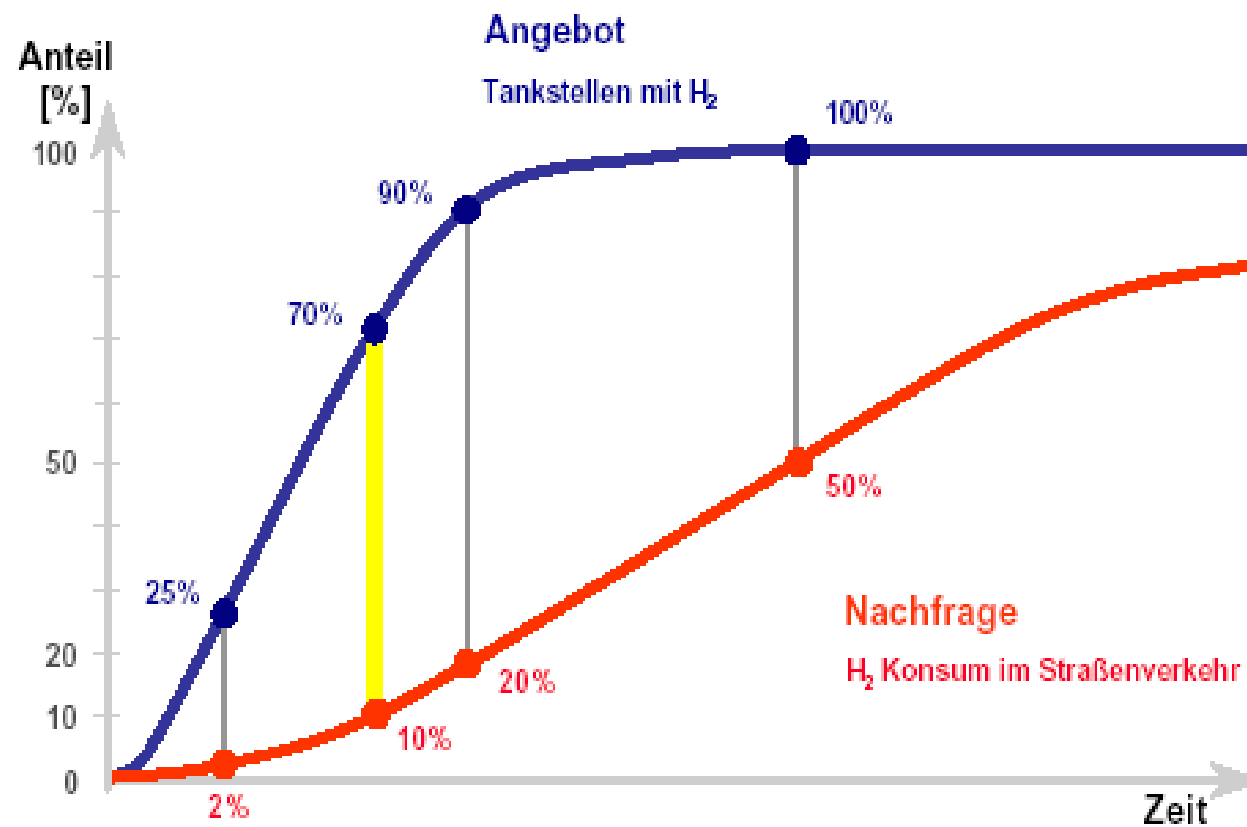
18 km

0.5-2.8 MPa

Quellen: Air Liquide, Linde

# Infrastruktur: Angebot und Nachfrage

Abbildung 5-1: Vorfinanzierung der Wasserstoffinfrastruktur: Eine flächendeckende Infrastruktur muss vorhanden sein, bevor Wasserstoffautos auf dem Massenmarkt angeboten werden [Linde, 03]



H2-Infrastruktur 2010

**Legend**

**Fuelling Stations**

**Type**

- ♦ A 15 kg H<sub>2</sub>
- ♦ B 150 kg H<sub>2</sub>
- C 1000 kg H<sub>2</sub>
- D 2000 kg H<sub>2</sub>

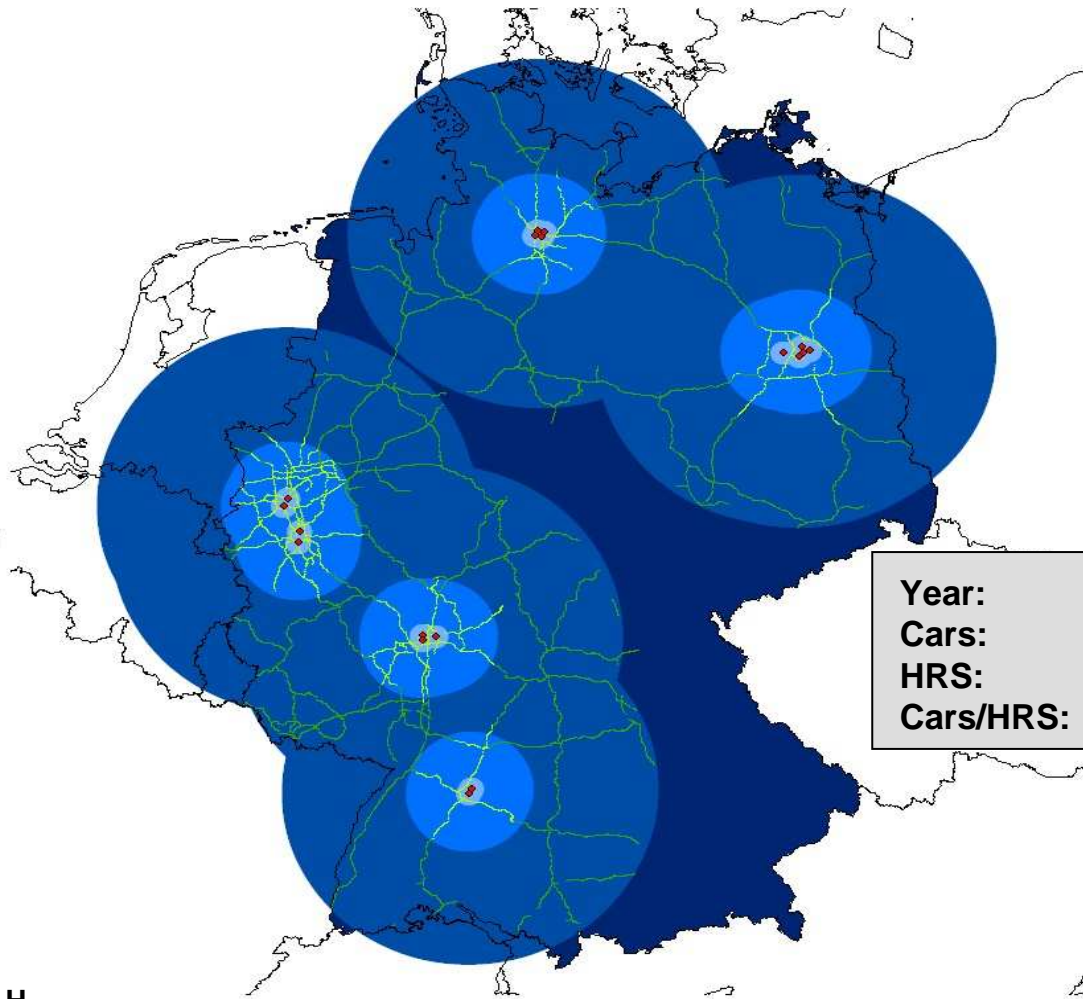
**Corridors**

**Distance to nearest station**

- < 50 km
- < 150 km

**Nearest station**

- < 150 km
- < 50 km
- < 10 km



<b>Year:</b>	<b>2010</b>
<b>Cars:</b>	<b>50</b>
<b>HRS:</b>	<b>19</b>
<b>Cars/HRS:</b>	<b>2.6</b>

1 Tankfüllung entspricht 4 kg H<sub>2</sub>  
 → ca. 1 kg H<sub>2</sub> pro 100 km

# H2-Infrastruktur 2012

## Legend

### Fuelling Stations

#### Type

- ◆ A 15 kg H<sub>2</sub>
- ◆ B 150 kg H<sub>2</sub>
- C 1000 kg H<sub>2</sub>
- D 2000 kg H<sub>2</sub>

### Corridors

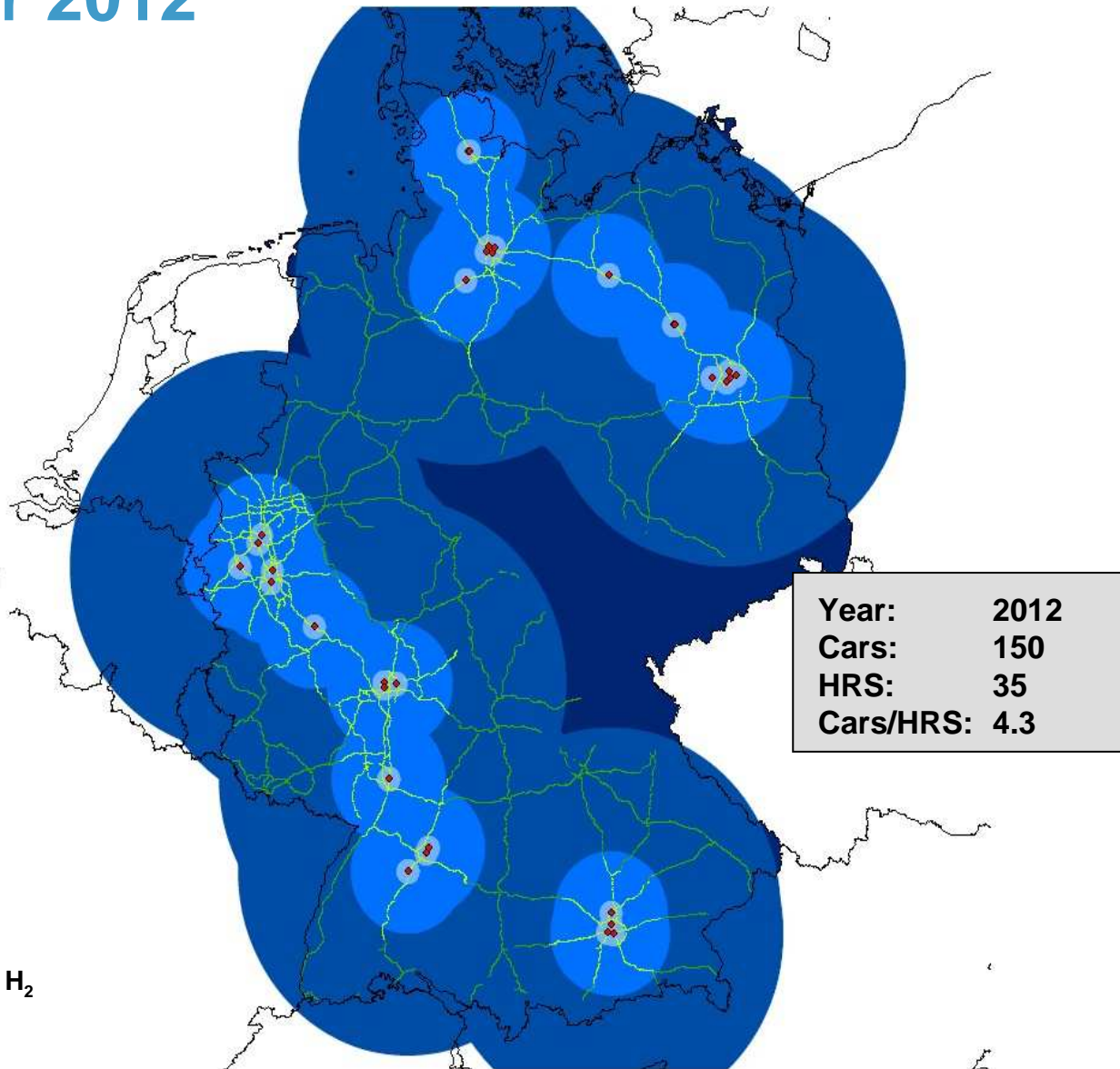
#### Distance to nearest station

- < 50 km
- < 150 km

### Nearest station

- < 150 km
- < 50 km
- < 10 km

1 Tankfüllung entspricht 4 kg H<sub>2</sub>  
 → ca. 1 kg H<sub>2</sub> pro 100 km



# H2-Infrastruktur 2014

## Legend

### Fuelling Stations

#### Type

- ◆ A 15 kg H<sub>2</sub>
- ◆ B 150 kg H<sub>2</sub>
- C 1000 kg H<sub>2</sub>
- D 2000 kg H<sub>2</sub>

### Corridors

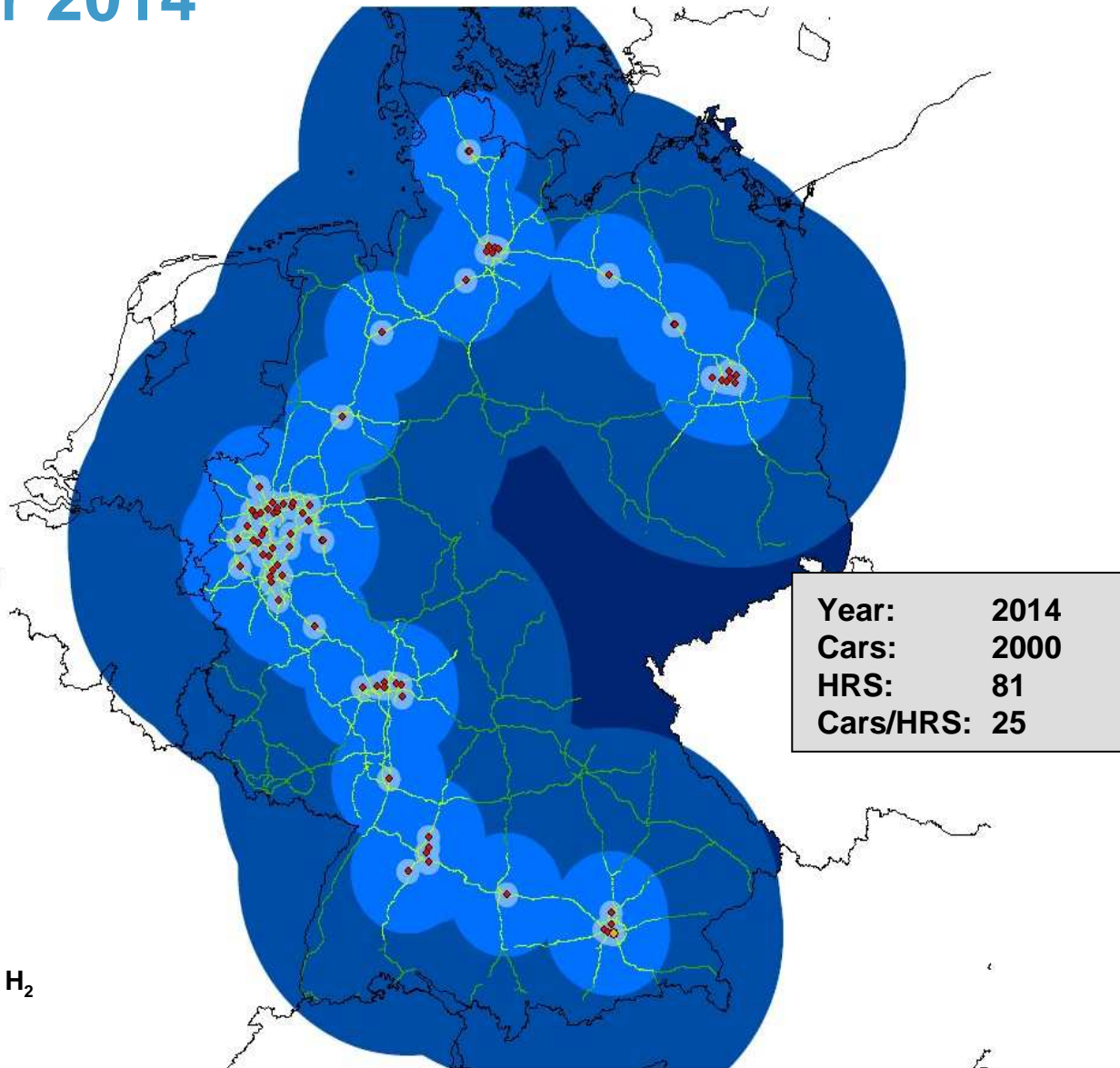
#### Distance to nearest station

- < 50 km
- < 150 km

### Nearest station

- < 150 km
- < 50 km
- < 10 km

1 Tankfüllung entspricht 4 kg H<sub>2</sub>  
 → ca. 1 kg H<sub>2</sub> pro 100 km



# H2-Infrastruktur 2018

## Legend

### Fuelling Stations

#### Type

- A 15 kg H<sub>2</sub>
- B 150 kg H<sub>2</sub>
- C 1000 kg H<sub>2</sub>
- D 2000 kg H<sub>2</sub>

### Corridors

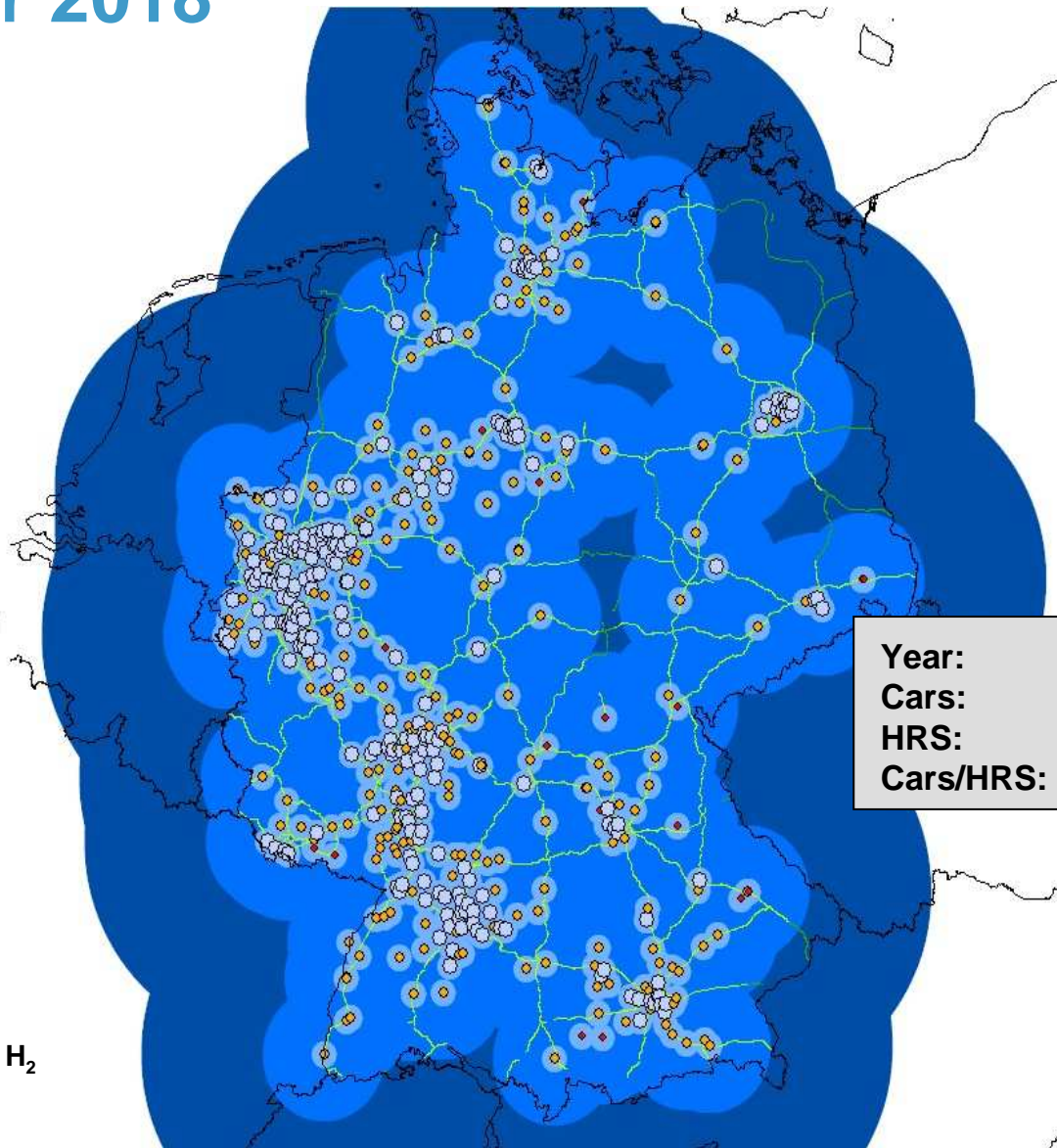
#### Distance to nearest station

- < 50 km
- < 150 km

### Nearest station

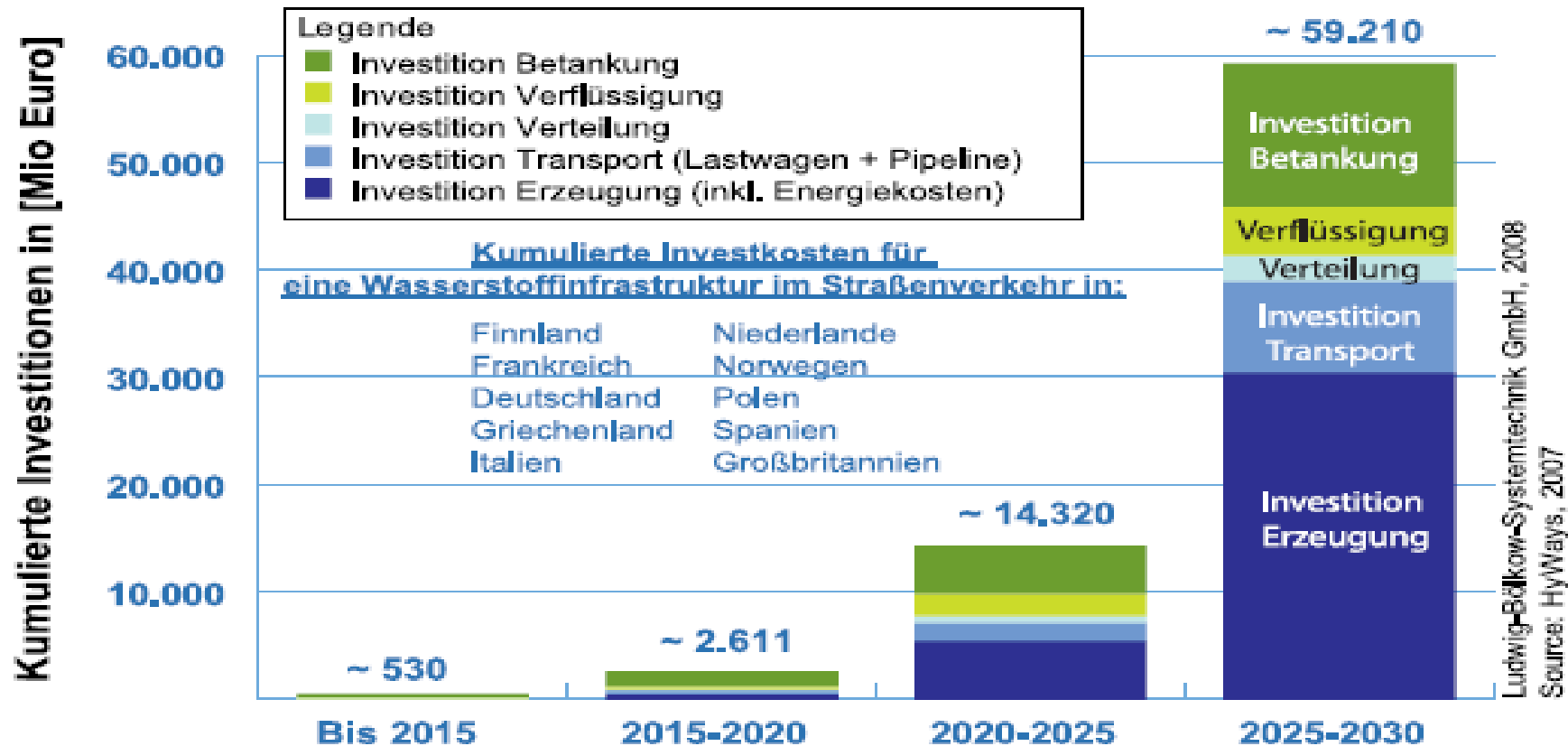
- < 150 km
- < 50 km
- < 10 km

1 Tankfüllung entspricht 4 kg H<sub>2</sub>  
 → ca. 1 kg H<sub>2</sub> pro 100 km



Year:	2018
Cars:	225,000
HRS:	500
Cars/HRS:	450

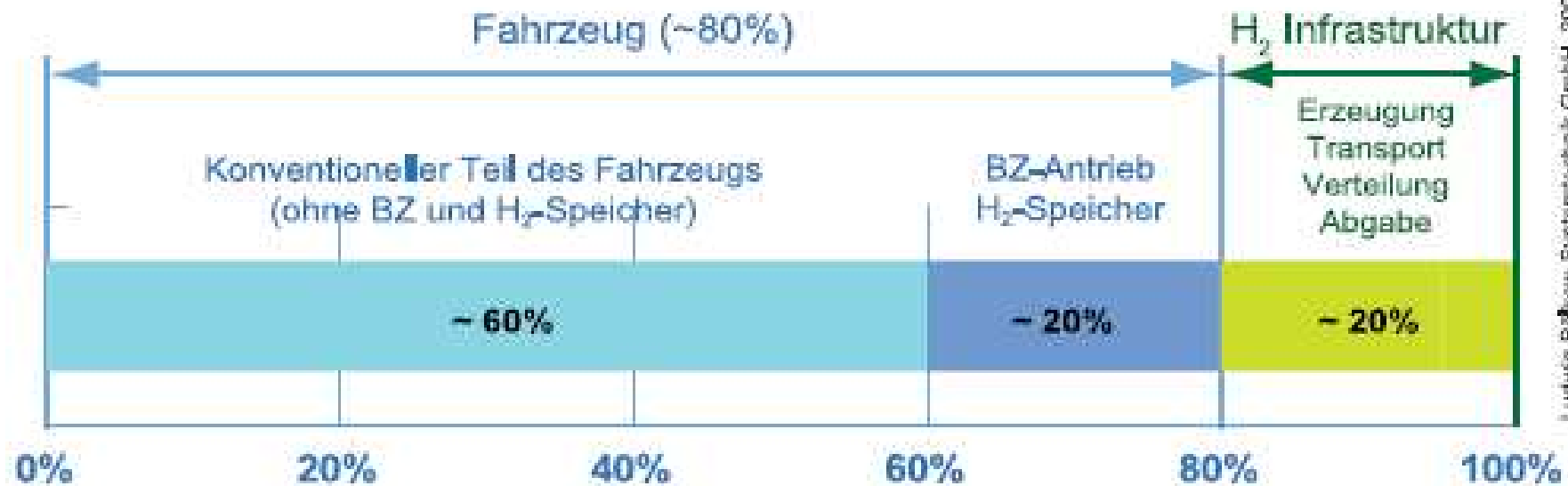
# Kosten einer H<sub>2</sub> - Infrastruktur



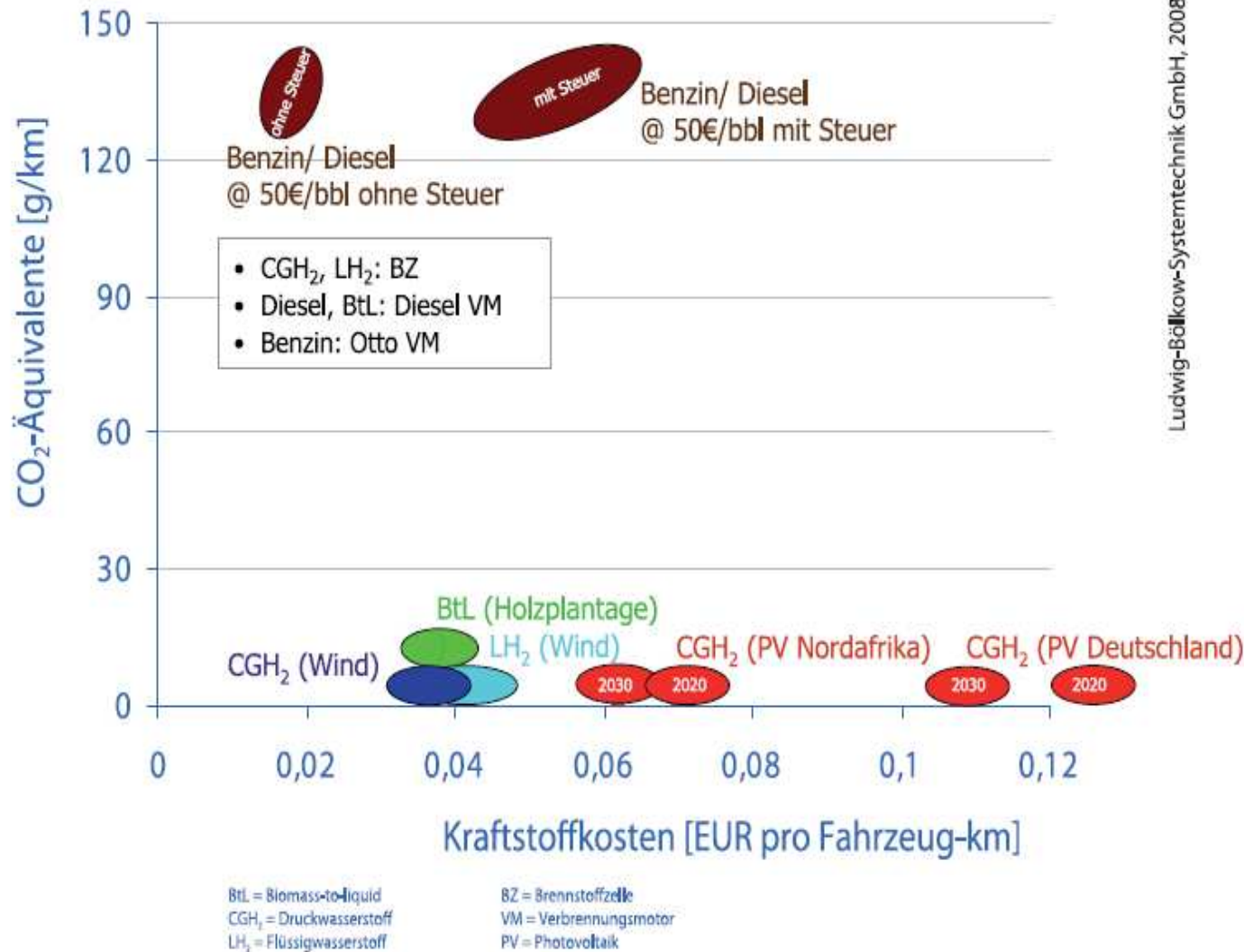
Kumulierte Investitionen für eine Wasserstoffinfrastruktur in 10 europäischen Ländern

[Quelle: HyWays, 2007]

# H<sub>2</sub>-Infrastrukturkosten als Teil der Gesamtkosten



# Kraftstoffkosten : H<sub>2</sub> im Vergleich zu BtL und Benzin/ Diesel



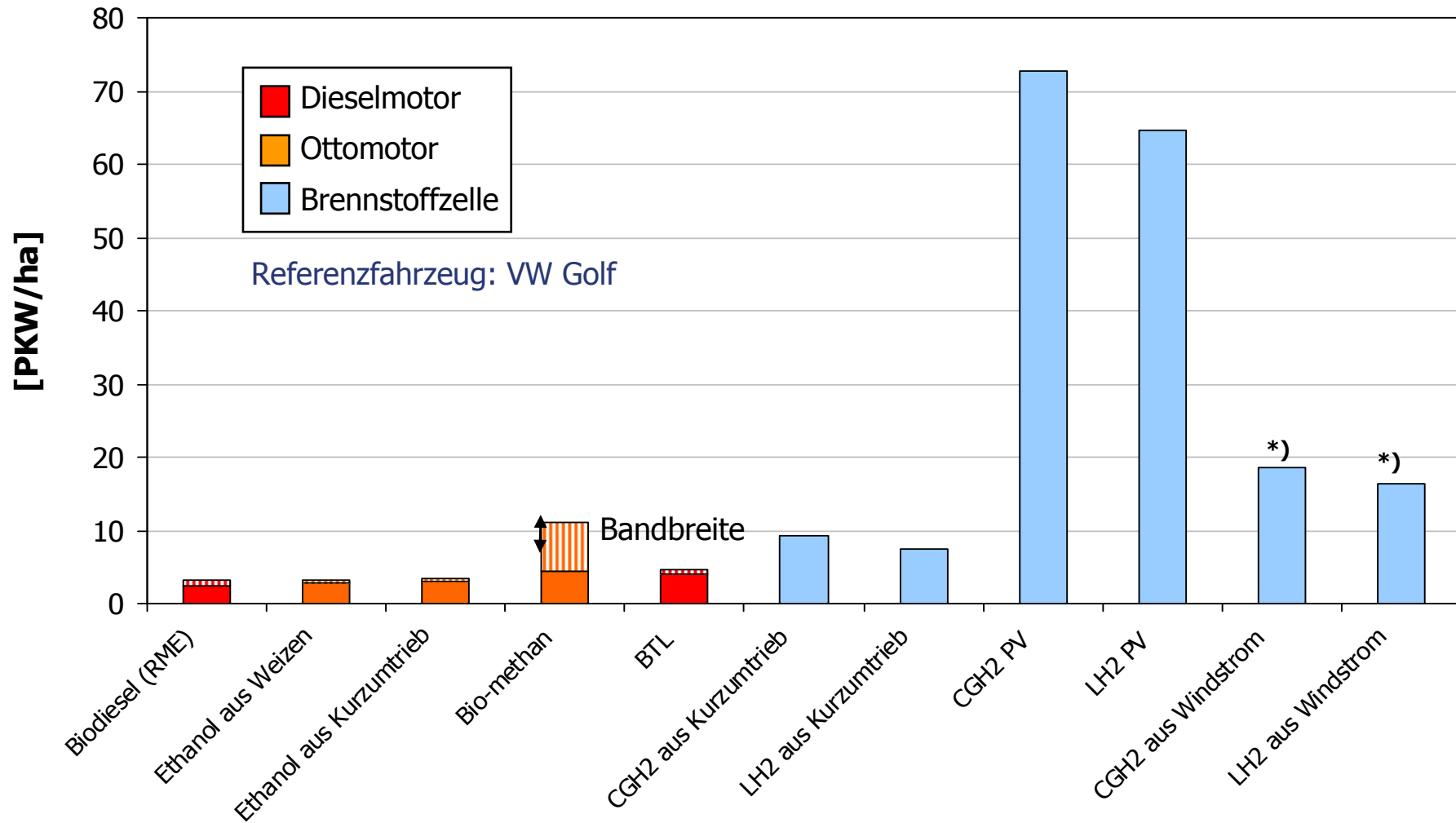
## Annahmen

Kraftstoffverbräuche für hybridisierte Fahrzeuge mit unterschiedlichen Antrieben entsprechend CONCAWE/EUCAR/JRC37

- Brennstoffzellenantrieb: 0,84 MJ/km (~ 2,6 l Benzinäquivalent pro 100 km)
- Benzinmotor: 1,62 MJ/km (~ 5,0 l Benzinäquivalent pro 100 km)
- Dieselmotor: 1,46 MJ/km (~ 4,5 l Benzinäquivalent pro 100 km oder ~ 4,0 l Diesel pro 100 km).

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

Jährliche PKW Laufleistung: 12.000 km



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

## Politische Ziele für den Verkehrssektor in Deutschland

### Ziele für die Mobilität von Morgen

- Die Emissionen aus dem Verkehr senken
- Die Abhängigkeit vom Erdöl verringern
- Die Energieeffizienz steigern
- Den Anteil erneuerbarer Energien steigern
- Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilindustrie stärken

### Kraftstoffstrategie der Bundesregierung:

### Warum Wasserstoff?

- ➔ Wasserstoff ( $H_2$ ) selbst ist ein kohlenstofffreier Energieträger
- ➔ Wasserstoff ist aus allen Energiequellen herstellbar
- ➔  $H_2$  ermöglicht die Nutzung der hocheffizienten Brennstoffzelle (BZ)
- ➔ Wasserstoff ist ein Energiespeicher für erneuerbare Energien
- ➔  $H_2$  und BZ haben als Schlüsseltechnologien ein großes Potenzial für Wertschöpfung

➔ Wasserstoff kann künftig eine bedeutende Rolle als Kraftstoff im Straßenverkehr spielen

Wasserstoff-Gesellschaft, Hamburg 21.Okt.2008



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**

und sehen Sie gelegentlich einmal nach unter

**[www.H2DE.org](http://www.H2DE.org)**

und



**[www.H2EURO.org](http://www.H2EURO.org)**

und

EUROPEAN HYDROGEN ASSOCIATION



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

