

Bernd Höhlein

Wasserstofflogistik - Produktion, Konditionierung, Verteilung, Speicherung und Betankung

u.a. nach einem Vortrag von

**Bernd Höhlein, Thomas Grube, Jaco Reijerkerk*
Thomas Aicher** und Ludwig Jörissen*****

Forschungszentrum Jülich, * Linde Gas AG, ** Fraunhofer ISE, *** ZSW

anlässlich

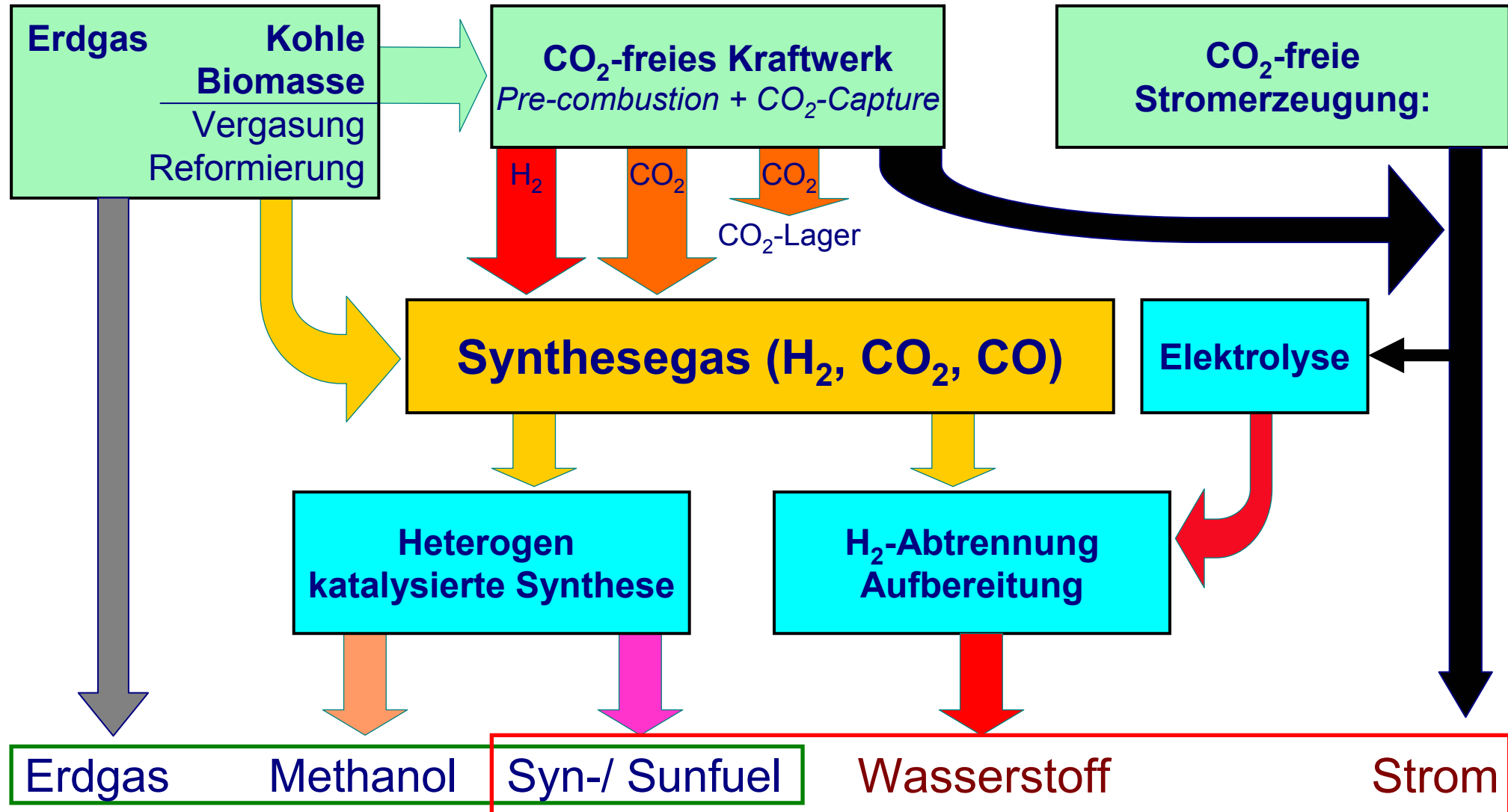
der Jahrestagung des Forschungsverbands Sonnenenergie
„Wasserstoff und Brennstoffzellen - Energieforschung im Verbund“
Umweltforum Berlin, 25. - 26. November 2004

Eine veränderte und in Zukunft mehr und mehr nachhaltige Energieversorgung ist Basis für eine höhere Lebensqualität.

Unsere Herausforderung besteht darin, mittel- bis langfristig eine saubere, sichere und zugleich zuverlässige Bereitstellung von Energie zu bezahlbaren Preisen und bei wirtschaftlicher Tragfähigkeit zu realisieren.

Die Sicherstellung der Energieversorgung muss eine hohe Priorität einnehmen.

Zukünftige Primär- und Sekundärenergieträger

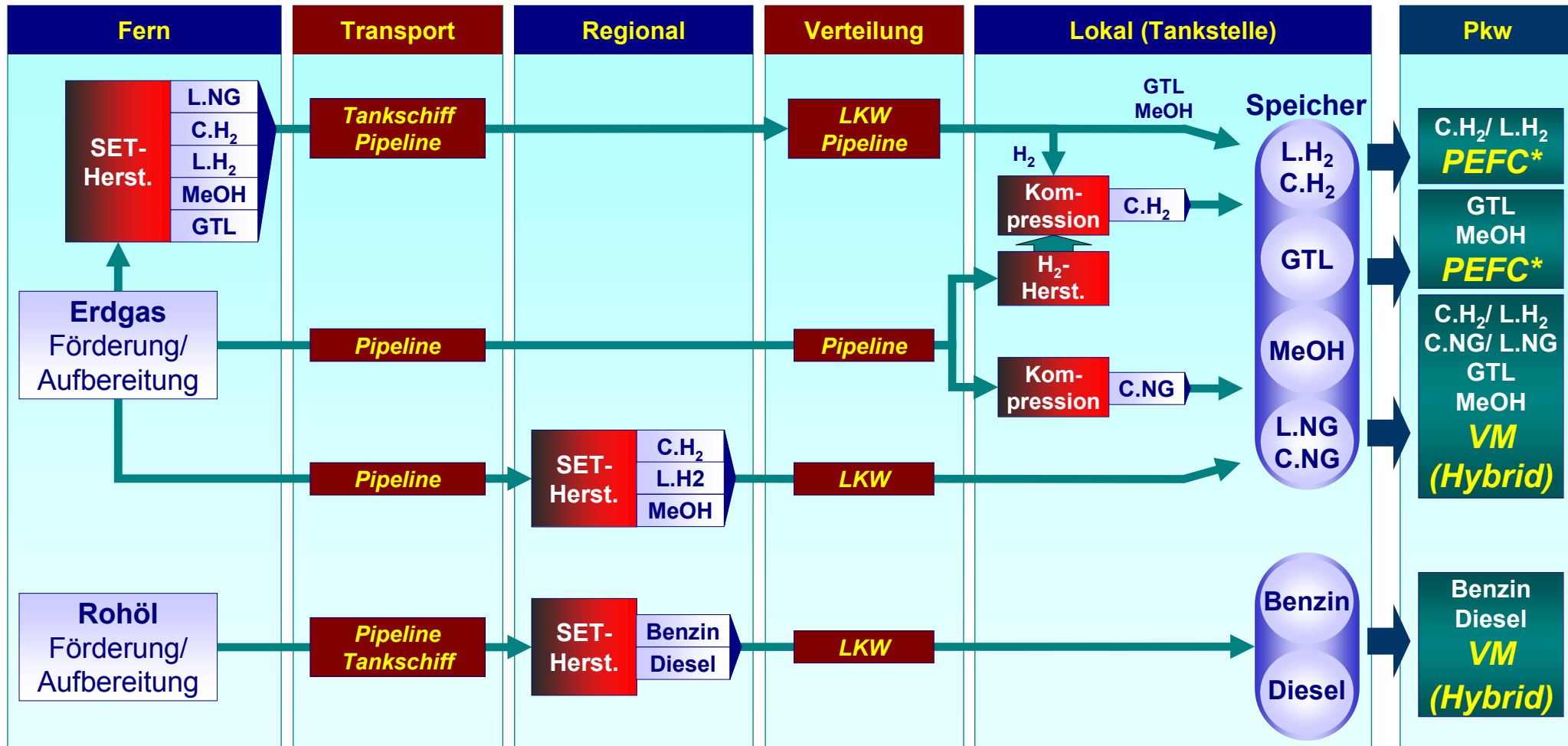


Mittel- bis langfristige Strategie

Mittel- bis langfristig werden zunehmend synthetische flüssige Energieträger, Elektrizität und Wasserstoff – und diese mehr und mehr auf regenerativer Basis – ein Energieversorgungssystem bilden.

Energieumwandlungssysteme wie Elektrolyseure, Brennstoffzellen, Verbrennungsmotoren und Gasturbinen werden dabei von Bedeutung sein.

Konkurrierende fossil-basierte Kraftstoffe und Antriebe



* auch Hybridvarianten

Option: Wasserstoff

Wasserstoff wird für erste Anwendungen im Verkehr in Nischen eingeführt

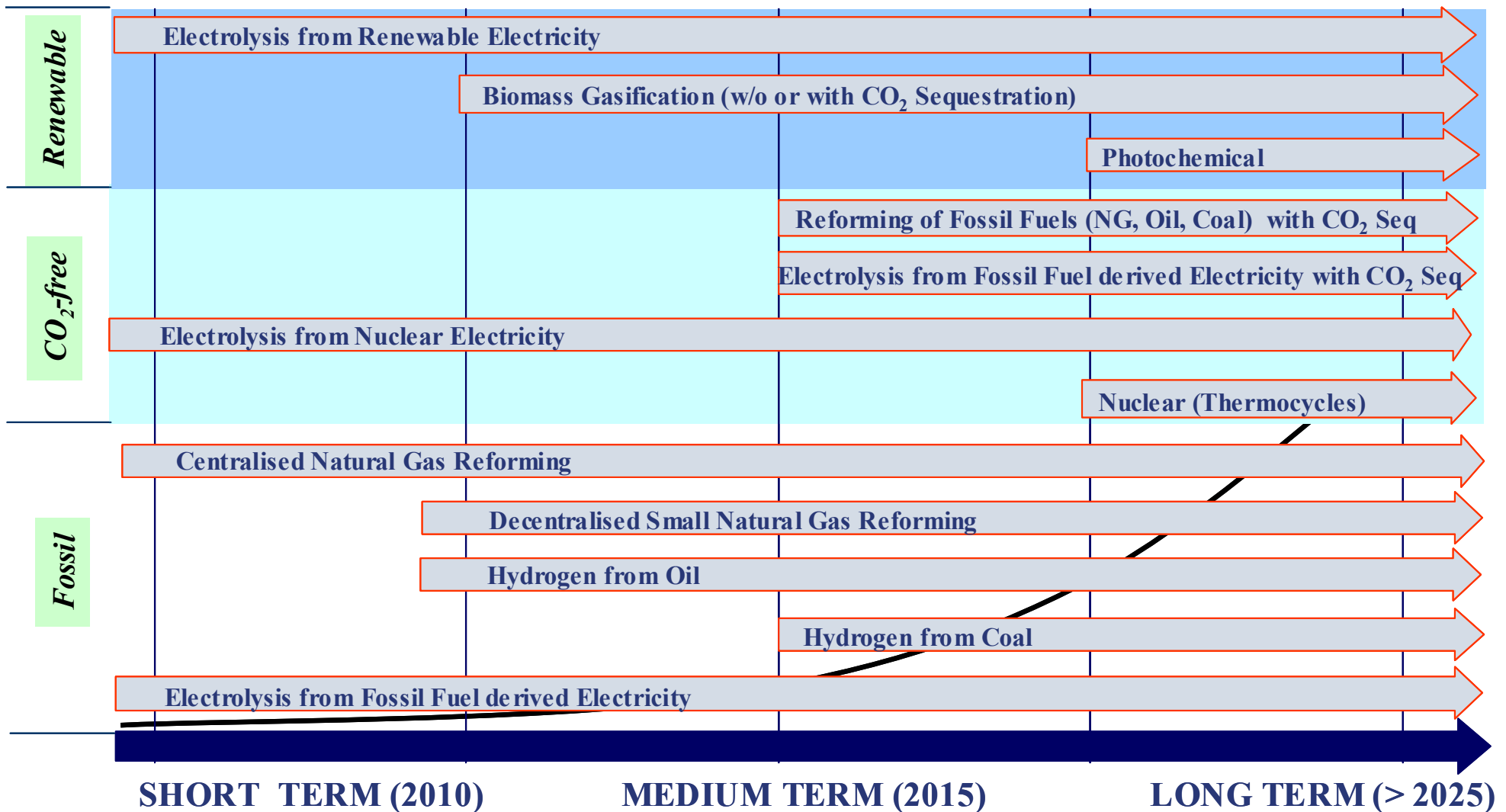
auf Basis verschiedener heute verfügbarer fossiler Quellen und vorhandener Transport- und Speichermöglichkeiten

Wasserstoff wird langfristig am Markt wachsen

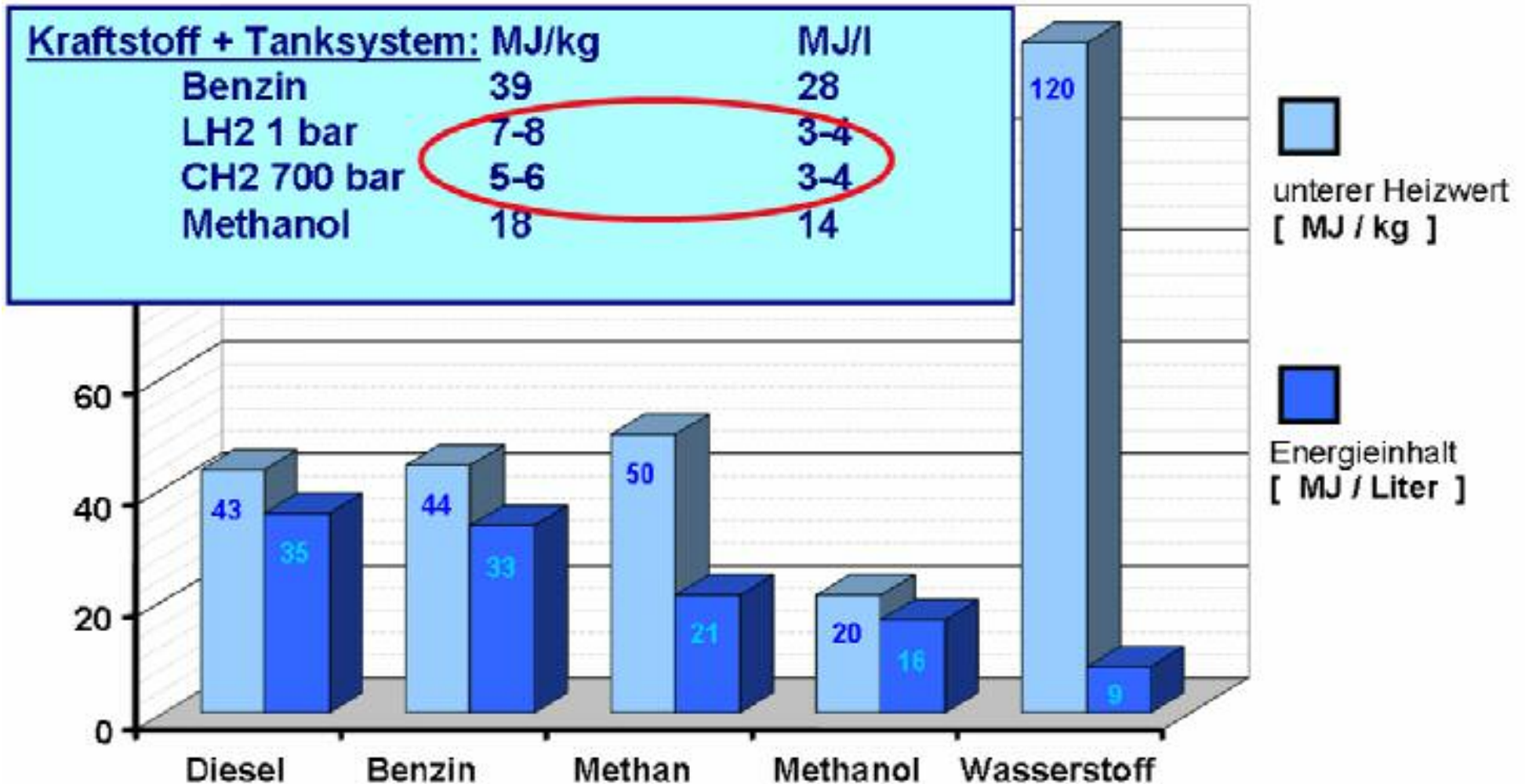
mit neuer Infrastruktur und

mehr und mehr auf Basis regenerativer Erzeugung

Mögliche Wasserstoffpfade nach HyNet [Executive Report 2004]

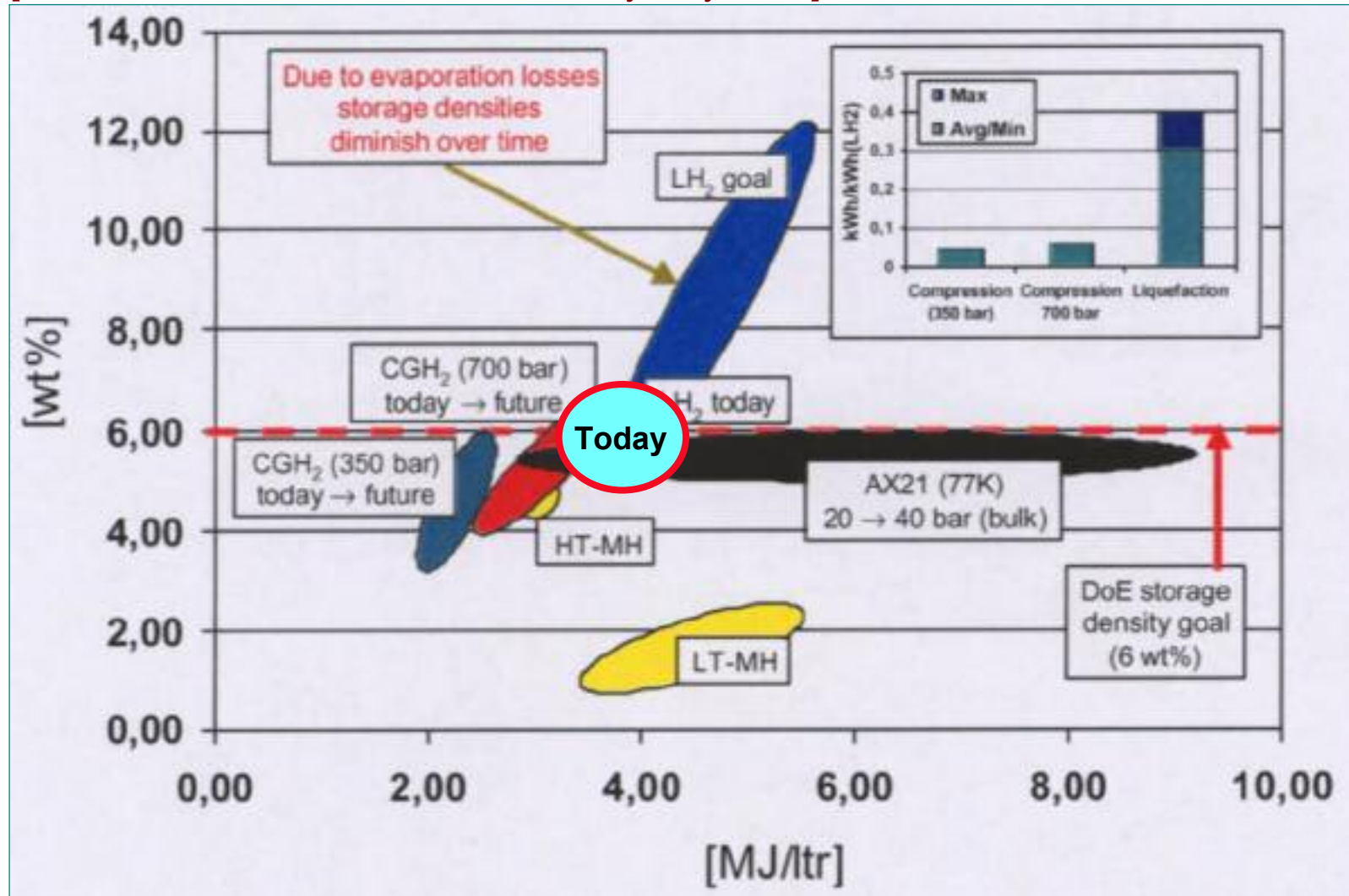


Bewertung der Kraftstoff-Speicher-Dichten [nach LINDE]



Bewertung der Speichersysteme für Wasserstoff

[nach EU HYPNET - Executive Summary May 2004]



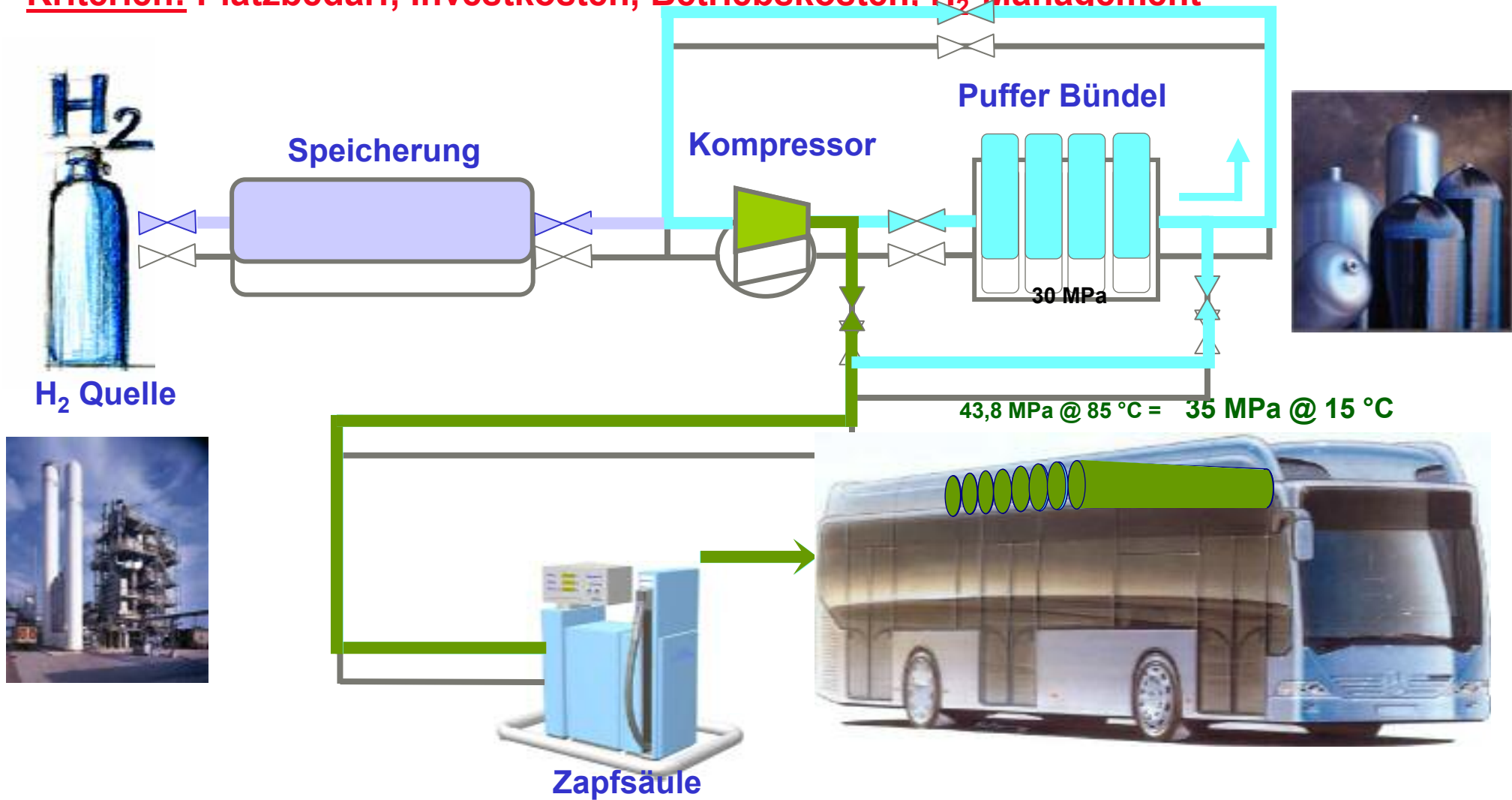
Projektbeispiel NRW: Wasserstoffkartusche

- Projektführer: OperaThing GmbH, Köln
- Ziel: Versorgung portabler BZ Systeme
- Kapazität: 3 kWh = 11 MJ
- Maße: 2l Außenvolumen, max. 2,5kg
 - 5,5 MJ/l und 4,4 MJ/kg
 - Liner aus Edelstahl
 - Mantel aus Kohlenstofffasern
 - integrierte Multifunktionsarmatur



Hochdruck-Tankstelle für Wasserstoff [nach LINDE]

Kriterien: Platzbedarf, Investkosten, Betriebskosten, H₂-Management



Europaweite H₂-Pipelines [FZK]: Option für EU Lighthouse Projekte



Belgium-France-NL
H₂-Pipeline, Air Liquide

Rhein-Ruhr H₂-Pipeline,
Air Liquide



Air Liquide:
Belgium, France, NL
Germany:
Rhine-Ruhr Pipeline
[operative since 1938]
Leuna-Merseburg, Linde

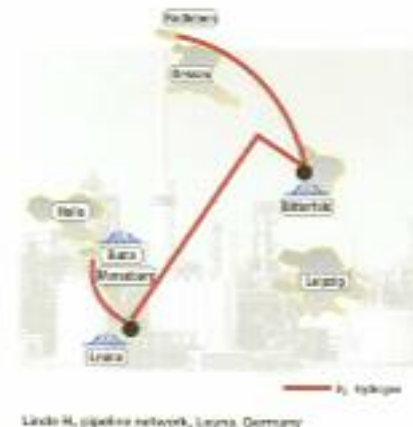
Air Products Pipelines:
Europoort, NL

UK:
ICI Teeside

Sweden:
Chemical Industry

966 km	10 MPa
240 km	1.1/ 2.3/ 30 MPa
100 km	2-2.5 MPa
50 km	
16 km	5 MPa
18 km	0.5-2.8 MPa

Leuna H₂-Pipeline,
Linde



Linde H₂ pipeline network, Leuna, Germany

Bereitstellungskosten H₂ (10 % Substitutionsquote)

(Z – Zentral; SMR-Erdgas-Reformierung; E-Elektrolyse; G-Druck H₂; L-Flüssig H₂; G/L-Betankung)

Technik heute	Herstellung €/ kg	Verflüssigung €/ kg	Verdichtung €/ kg	Transport €/ kg	Betankung €/ kg	Summe €/ kg
Z – SMR 100 t/d* G-Bündel; G-B	1,02		0,42	0,66	0,75	2,8 0,023€/MJ
Z – SMR 200 t/d* L-Transport; L-B	0,92	1,01		0,21	0,26 US: 0,6-0,3	2,4 0,02 €/MJ
Onsite– SMR G-B* On-Site-E G-B**	2,00 4,40				0,89 0,72	2,9 5,1**2,9***
Z – SMR 28 t/d* 50% Quote107 t/d*	1,27 1,01		0,14 0,14	2,73 PL 0,67290km	0,80 G-B 0,80	4,9 2,6
US: NG 1100 tH ₂ /d****	1,03 \$/kg		s. Herst.	0,42 600km	0,54	1,99 \$/kg
NG: with CO ₂ capt.	1,22 \$/kg		s.o.	s.o.	s.o.	2,17 \$/kg
Coal: 1100 tH ₂ /d****	0,96 \$/kg		s.o.	s.o.	s.o.	1,91 \$/kg
s.o.+ CO ₂ capt.	1,03 \$/kg		s.o.	s.o.	s.o.	1,99 \$/kg

*[nach Linde]; On-Site SMR 200 Nm³/h bei 1000 Stck und 777 €/kW Invest, Erdgas 7 €/GJ (On-Site); ~4-5 €/GJ (Z-SMR)

** On-Site-Elektrolyse nach RECHLER bei Strom 6 ct/kWh; *** On-Site-Elektrolyse nach RECHLER bei Strom 2 ct/kWh

****[N RC] Z-SMR Erdgas 4,5 \$/GJ, 150 km Pipeline, 600 000 \$/ km, 2,5 t/d H₂; Coal 1,2\$ / GJ

LINDE [2001-2004]: Unpublished Diploma thesis from Reijerkerk, Valentin and Rechler, LINDE GAS, München

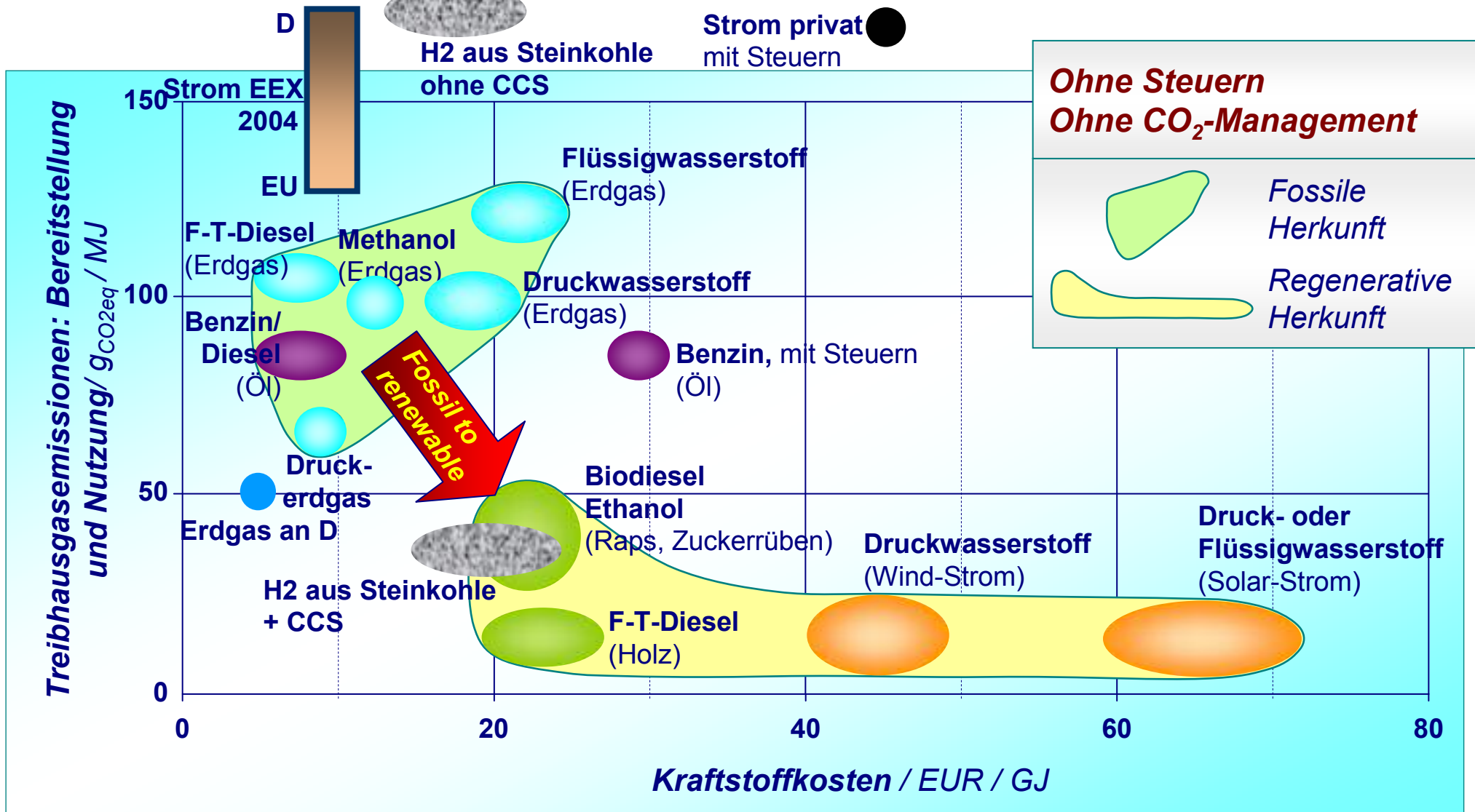
NRC [2004]: The Hydrogen Economy; NATIONAL RESEARCH COUNCIL and NATIONAL ACADEMY of ENGINEERING, The National Academies Press; www.nap.edu

Bewertung der Kraftstoffbereitstellung

Der Versorgungssicherheit und dem Klimaschutz dient das veränderte Energieträgersystem nur dann, wenn es für alle Prozesse von der Quelle bis zur Nutzung einen geringen Primärenergiebedarf sowie geringe Treibhausgasemissionen bei entsprechender Wirtschaftlichkeit bewirken kann.

Eine ständig begleitende System- und Wirtschaftlichkeitsanalyse der gesamten Energiebereitstellung und -nutzung - und nicht einzelner Pfade - für eine zu versorgende Region muss dies sicherstellen.

Kraftstoffbereitstellung: Treibhausgase und Kraftstoffkosten

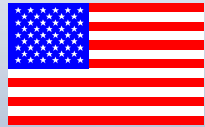


Fazit: Kraftstoffe der Zukunft

- Bereitstellungskosten für konventionelle Energieträger werden sich erhöhen: wg. Rohölqualität und Verfügbarkeit
- Mittelfristig gibt es keine Monolösung für Kraftstoffangebot
- Infrastrukturkosten für neue Energieträger in Ergänzung zu heutigen Infrastrukturen müssen sorgfältig analysiert werden
- Erdgas als neuer Kraftstoff (CNG) und kann als Brückenfunktion für den Aufbau einer H₂-Infrastruktur dienen
- H₂-Brennstoffzellenantriebe haben einen besonders niedrigen Verbrauch bei höheren Anschaffungs- und Kraftstoffkosten gegenüber Benzin und Diesel im Verbrennungsmotor
- Staatliche Regulierungen sind erforderlich

Weltweite Aktivitäten

- *DoE Program*
- *FreedomCAR (R&D)*
- *California Fuel Cell Partnership*



- **Clean Energy Partnership (GER)**
- **VES, Hybert (GER)**
- **Initiativen: NRW, BW, Bayern (GER)**
- **European Bus Project “Cute” (EU)**
- **6th Framework Program (EU)**
- **Technology Platform 7. RP (EU)**



IPHE
*International Partnership
for the
Hydrogen Economy*

IEA
International Energy Agency

- *Hydrogen*
- *Fuel Cells*

METI, NEDO actions



Zukünftige Aufgaben weltweit

- Verfahren entwickeln für die Umwandlung von Erdgas und Kohle mit CO_2 -Abtrennung und-speicherung.
- Verfahren für marktfähige Erneuerbare Energieträger sowie synthetische Kraftstoffe entwickeln.
- H_2 -Speicherungsprobleme und -Infrastrukturfragen lösen.
- Bereitstellung marktfähiger Energieumwandlungssysteme wie Brennstoffzellen mit peripheren Einheiten fördern.
- Begleitende System- und Wirtschaftlichkeitsanalyse für die Bewertung zukünftiger Energieversorgungssysteme
- und verlässliche Rahmenbedingungen sicherstellen.

18th World Hydrogen Energy Conference 2010 in Essen, Germany, May 16 - 21, 2010

www.18whec2010.de
info@18whec2010.de

Hydrogen Energy

Building a bridge
to a hydrogen-oriented
energy economy.

18 WHEC 2010

Organized by:



In collaboration with:

