

## Weltweite Innovation bei der Entwicklung von CCS-Technologien und Möglichkeiten der Nutzung und des Recyclings von CO<sub>2</sub>

Dr. W. Kuckshinrichs, Dr. P. Markewitz

Institut für Energieforschung – Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEF-STE)  
Forschungszentrum Jülich

Dr. M. Peters, Prof. W. Leitner

Institut für Technische u. Makromolekulare Chemie (ITMC), CAT Catalytic Center  
RWTH Aachen University

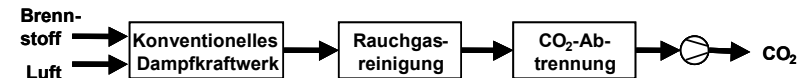
11. Symposium Energieinnovation – 10.-12. Februar 2010, Graz

## Inhalt

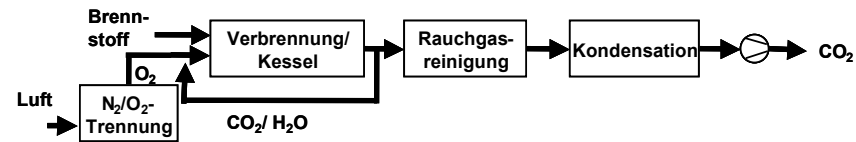
- CCS-Technik
  - Vor- und Nachteile von Techniken
  - Effizienzpotentiale
  
- Nutzung von CO<sub>2</sub>
  - Heutige Nutzungsformen
  - Bewertungskriterien für eine Nutzung
  - Potenziale ausgewählter Nutzungsformen u. Technologien
  
- Fazit

## Derzeit favorisierte CCS-Verfahrensrouten

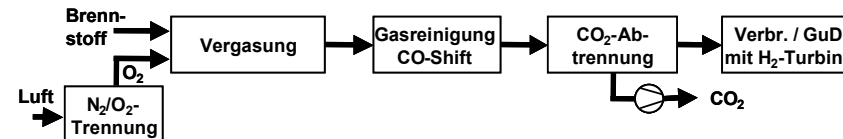
Post  
combustion



Oxyfuel



Pre  
combustion



	Vorteile	Nachteile
Post combustion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verfügbare Abscheidetechnik</li> <li>- Nachrüstung möglich</li> <li>- KW Prozess wie bisher</li> <li>- Hohe Reinheiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effizienzverluste</li> <li>- Kosten</li> </ul>
Oxyfuel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kompaktes Boilerdesign</li> <li>- Hohe Abscheidegrade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effizienzverluste</li> <li>- Kosten</li> </ul>
Pre combustion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohes Effizienzpotenzial</li> <li>- Verfügbare Abscheidetechnik</li> <li>- Polygeneration</li> <li>- Wasserstoffauskopplung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effizienzverluste</li> <li>- Kosten</li> <li>- Derzeit: Wenig kohlegefeuerte IGCC</li> </ul>

## Stand – Probleme - Lösungen

	Status quo	Probleme	Lösungen
<b>Post Combustion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chem. Absorption erprobt in anderen Bereichen, aber keine Erfahrung mit Kohlekraftwerken</li> <li>• Viele Versuchsanlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Kosten</li> <li>• Degradation von Waschflüssigkeiten (z.B. SO<sub>2</sub>)</li> <li>• Up scaling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neue Waschflüssigkeiten</li> <li>• (Effizienz, Kosten etc.)</li> <li>• Optimale Systemintegration</li> </ul>
<b>Oxyfuel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LZA-Technik ist erprobt</li> <li>• Laborversuche</li> <li>• Eine größere Versuchsanlage weltweit (Schwarze Pumpe, D)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Kosten</li> <li>• Verbrennung in CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> reicher Atmosphäre,</li> <li>• Stickoxidbildung</li> <li>• Falschlufteintrag</li> <li>• Up scaling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neues Dampferzeugerdesign (Wärme- und strömungstechnisch)</li> <li>• Optimale Systemintegration</li> </ul>
<b>Pre Combustion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physik. Absorption erprobt in anderen Bereichen</li> <li>• Derzeit keine Versuchsanlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Kosten</li> <li>• Basistechnologie (ohne CCS) nicht ausreichend erprobt (derzeit: weltweit 5 kohlegefeuerte IGCC-Kraftwerke)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demoanlage</li> <li>• Optimale Systemintegration</li> </ul>

## Wirkungsgradeinbußen inkl. Kompression u. Aufbereitung

- Heute: 11 – 14%-Punkte
- Mittelfristig: 8 – 10%-Punkte
- Langfristig: < 8%-Punkte

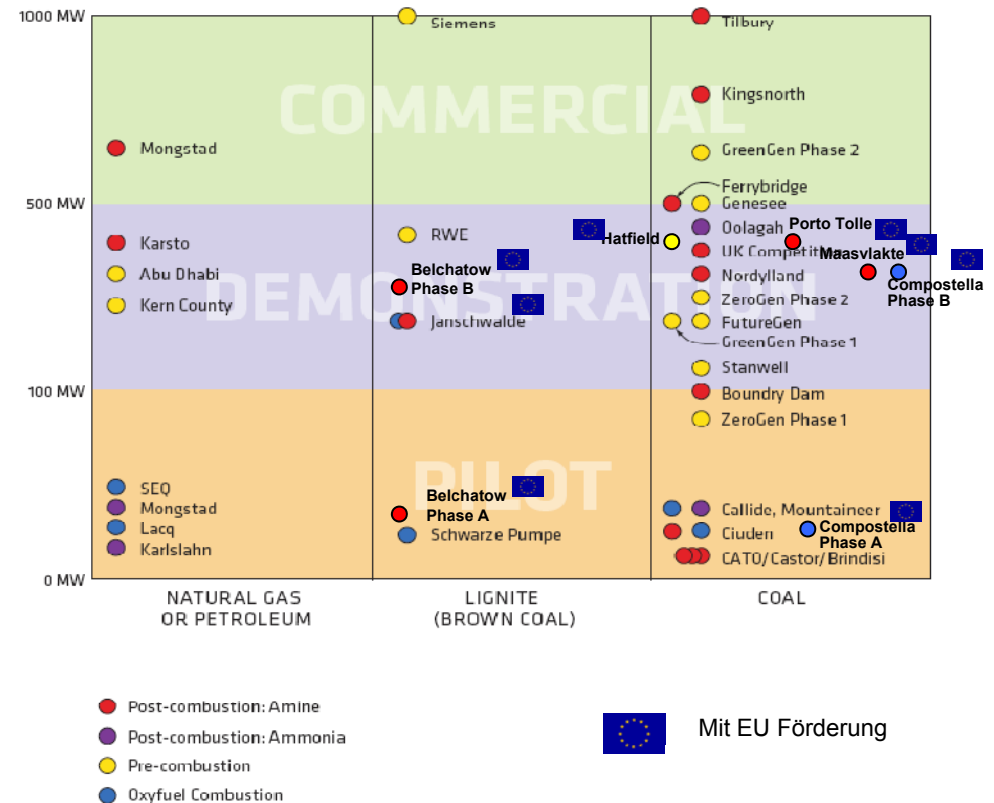
### Stand:

- Keine Techniklinie zu favorisieren
- Weltweit: Große Anzahl von kleinen Post Combustion Anlagen
- Weltweit: Kein großtechnisches Kraftwerk mit CCS
- Hohe Kosten

## Innovative Lösungsansätze: Membraneinsatz, Carbonate Looping, Chemical Looping

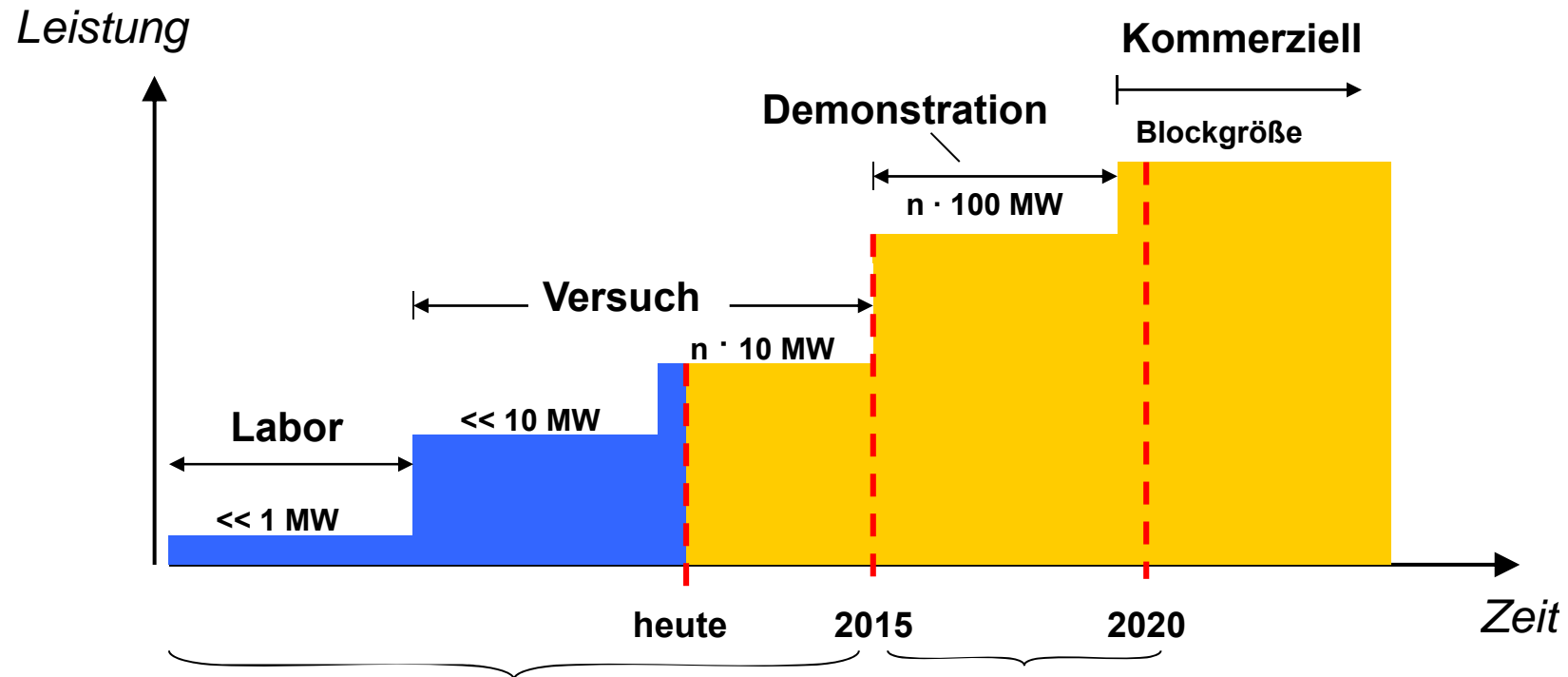
### Planned and Proposed CCS Projects [Illustrative – June 2008]

Quelle: IEA GHG R&D Programme – June 2008, eigene Recherchen



Mit EU Förderung

## CO<sub>2</sub>-Abscheidung in Kraftwerken – Anlagenentwicklung, up scaling



- Niederaußem (Post, Amine)
- Staudinger (Post, Aminosäuresalze)
- Schwarze Pumpe (Oxy)
  - Datteln (Post, Chilled ammonia)
  - Heyden (Post, Amine)
  - Wilhelmshaven (Post, Amine)

- Hürth, 450 MW<sub>el</sub> (Pre)
- Jänschwalde, 250 MW<sub>el</sub> (Post/Oxy)
- Wilhelmshaven, 500 MW<sub>el</sub> (Post) ?

## Heutige CO<sub>2</sub>- Nutzung

Heutige anthropogene CO<sub>2</sub>-Emissionen: ca. 30 · **10<sup>9</sup> t** pro Jahr

Heutige Nutzung von CO<sub>2</sub>

- Industriegas  
Physikalisch u.  
Physikalisch-chemisch

ca. 20 · **10<sup>6</sup> t** pro Jahr

- Rohstoff  
Chemische Effekte

ca. 110 · **10<sup>6</sup> t** pro Jahr

▶ **Stoffliche Nutzung von CO<sub>2</sub> wird das Klimaproblem nicht lösen können**

## Beispiele heutiger Anwendung

### Physikalisch

- Kältemittel
- Kühlmittel
- Enhanced Oil Recovery
- Schneestrahlnreinigung
- Laser

### Physikalisch-chemisch

- Feuerlöscher
- Lebensmittelkonservierung
- Schutzgas
- Polymerproduktion
- Polymerverarbeitung
- Lösungsmittel

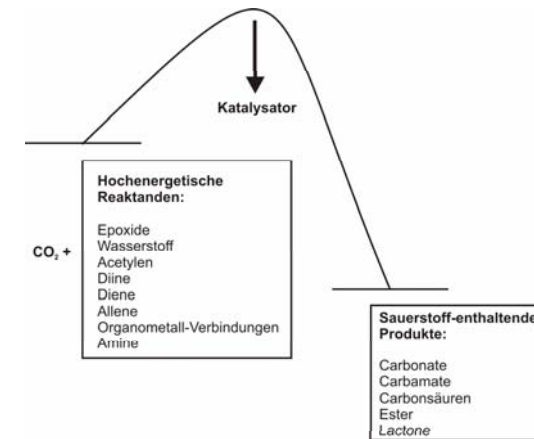
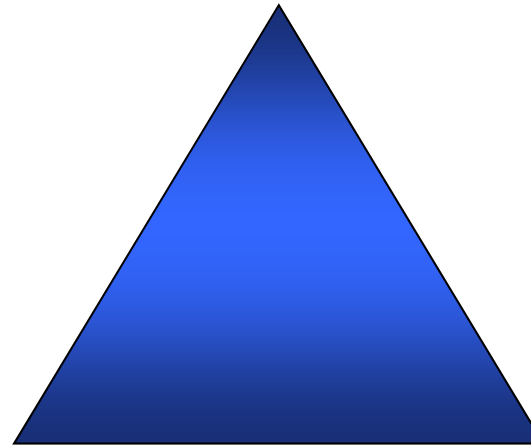
### Rohstoff

- Methanol (2 Mio. t)
- Salizylsäure (0,025 Mio. t)
- Harnstoff (80 Mio. t)
- Cykl. Carbonate



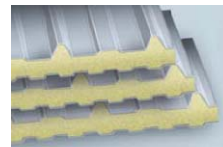
## Bewertungskriterien für die CO<sub>2</sub>-Nutzung

**Fixierungsmenge**  
(Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz)



(Sakakura et al. 2009)

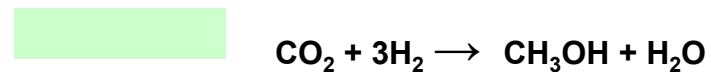
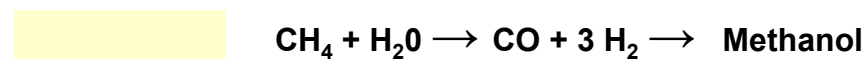
**Fixierungsdauer**



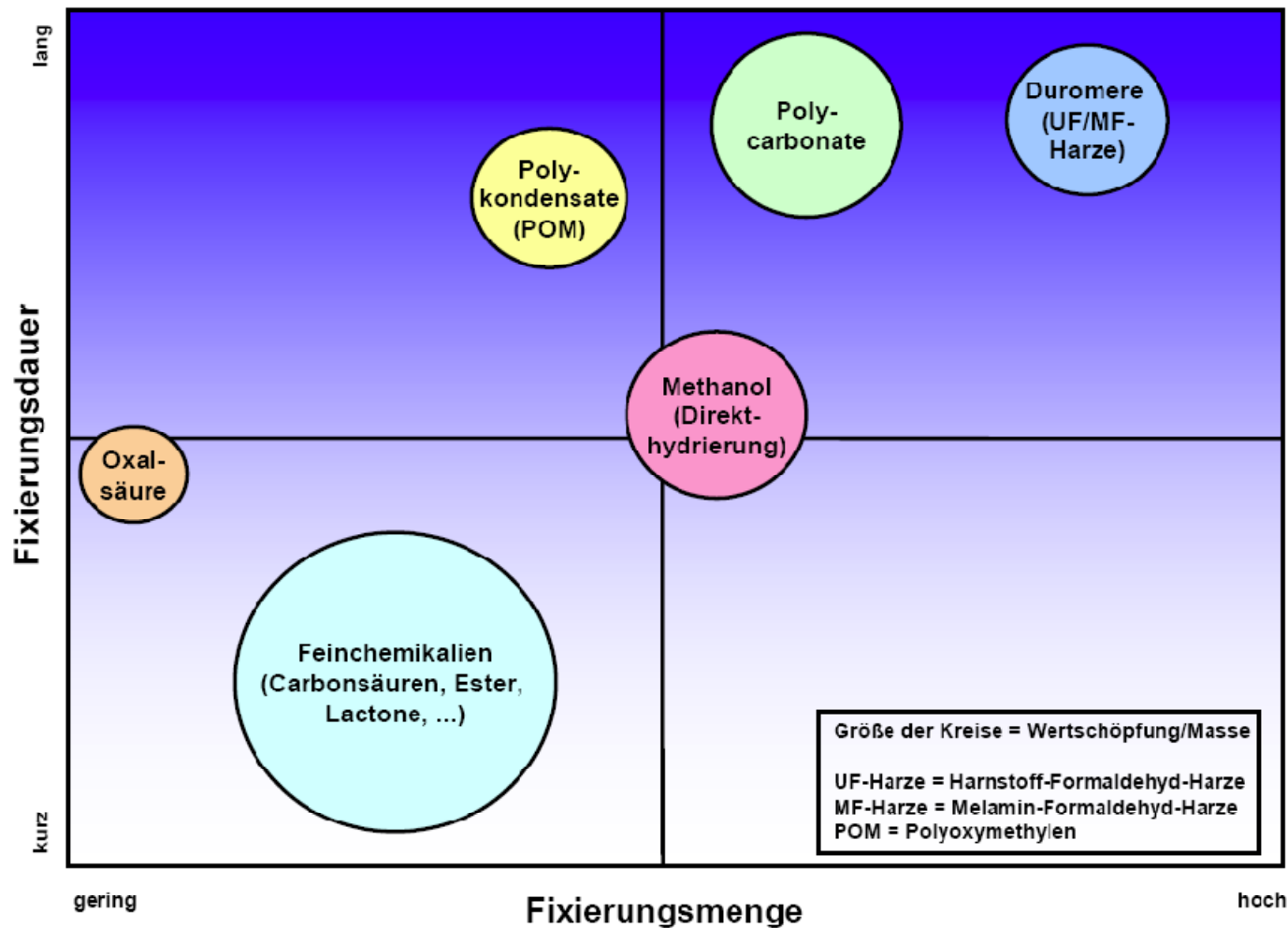
**Wertschöpfung**

## CO<sub>2</sub>-Bilanz der Methanolsynthese

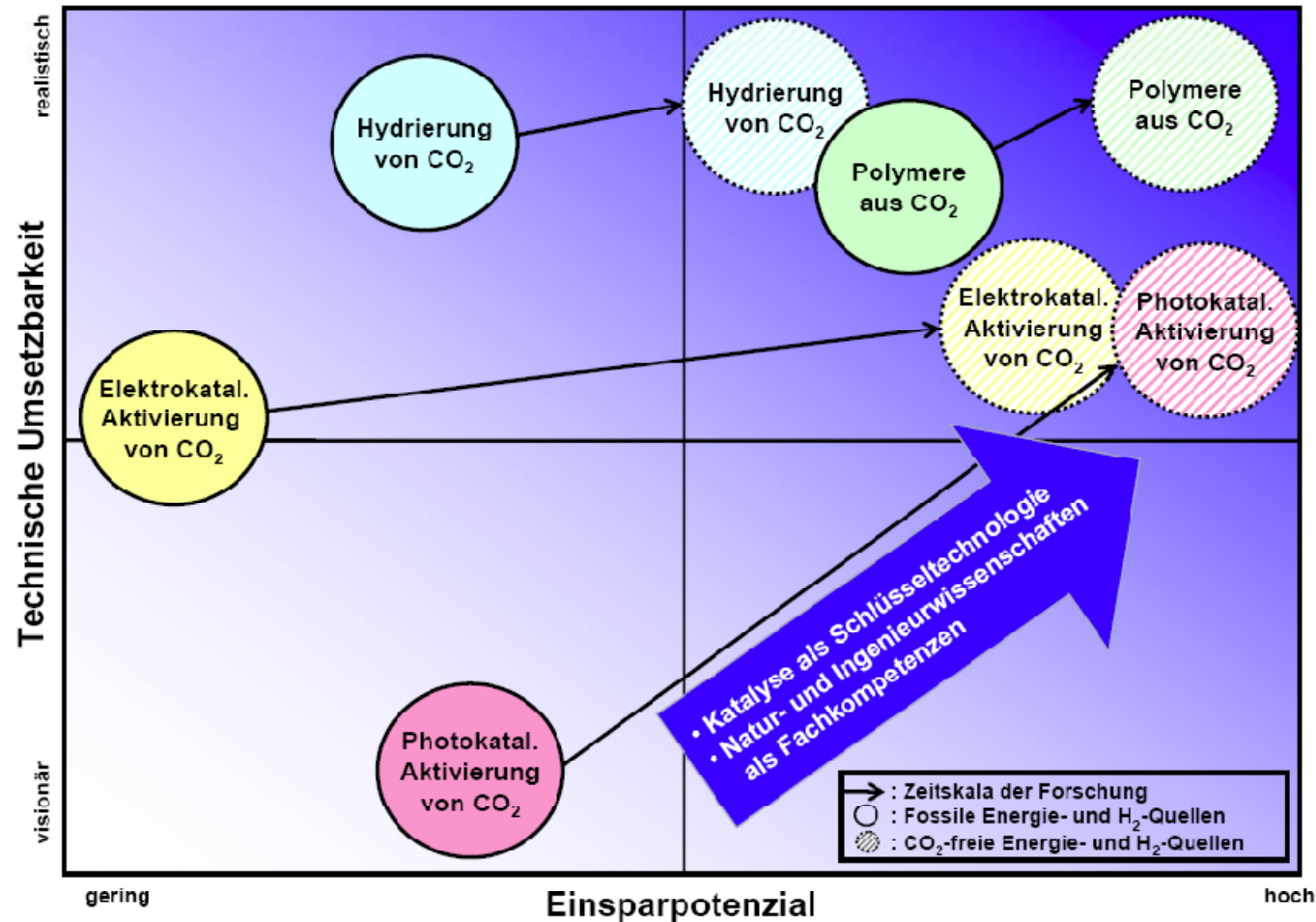
Methode	Spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen [t CO <sub>2</sub> pro t Methanol]				Gebundenes [ t CO <sub>2</sub> pro t Methanol]	Erdgas [GJ pro t Methanol]	
	direkt	Strom- vorkette	H <sub>2</sub> -Produktion				Summe
			direkt	Strom- vorkette			
Klassische Methanolsynthese	0,24	-	-	-	<b>0,24</b>	-	30,85
Methanol aus CO <sub>2</sub> – H <sub>2</sub> aus Erdgas	-	-	1,89	0,02	<b>1,91</b>	<b>1,38</b>	31,73
Methanol aus CO <sub>2</sub> – H <sub>2</sub> aus Elektrolyse mit Strom aus deutschem Strommix	-	-	-	5,67	<b>5,67</b>	<b>1,38</b>	-
Methanol aus CO <sub>2</sub> – H <sub>2</sub> aus Elektrolyse mit Strom aus Wasserkraft	-	-	-	-	-	<b>1,38</b>	-



## Qualitative Abschätzung von Nutzungspotenzialen



## Qualitative Abschätzung von Potenzialen ausgewählter Technologien



- ▶ CCS Technik:
  - Erhebliche Effizienzpotenziale, neue Technologien
  - Demonstrationsanlagen sind notwendig
  
- ▶ CO<sub>2</sub> – Nutzung:
  - Keine konkurrierende Alternative zur Speicherung
  - Viele Nutzungsformen sind denkbar, aber hierzu ist eine Prüfung der Umwelt-, Ressourcen- sowie der Industrierelevanz notwendig
  - Substitutionspotenzial weitestgehend unbekannt

Abschlussbericht demnächst verfügbar unter [www.fz-juelich.de/ief/ief-ste](http://www.fz-juelich.de/ief/ief-ste)