

Hydrogen to Chemicals

Chemieprodukte als Senke für strombasierten Wasserstoff

VCI/Dechema Workshop Frankfurt, 14. Dezember 2015
Dr. Steffen Schirrmeister

thyssenkrupp Industrial Solutions - Process Technologies

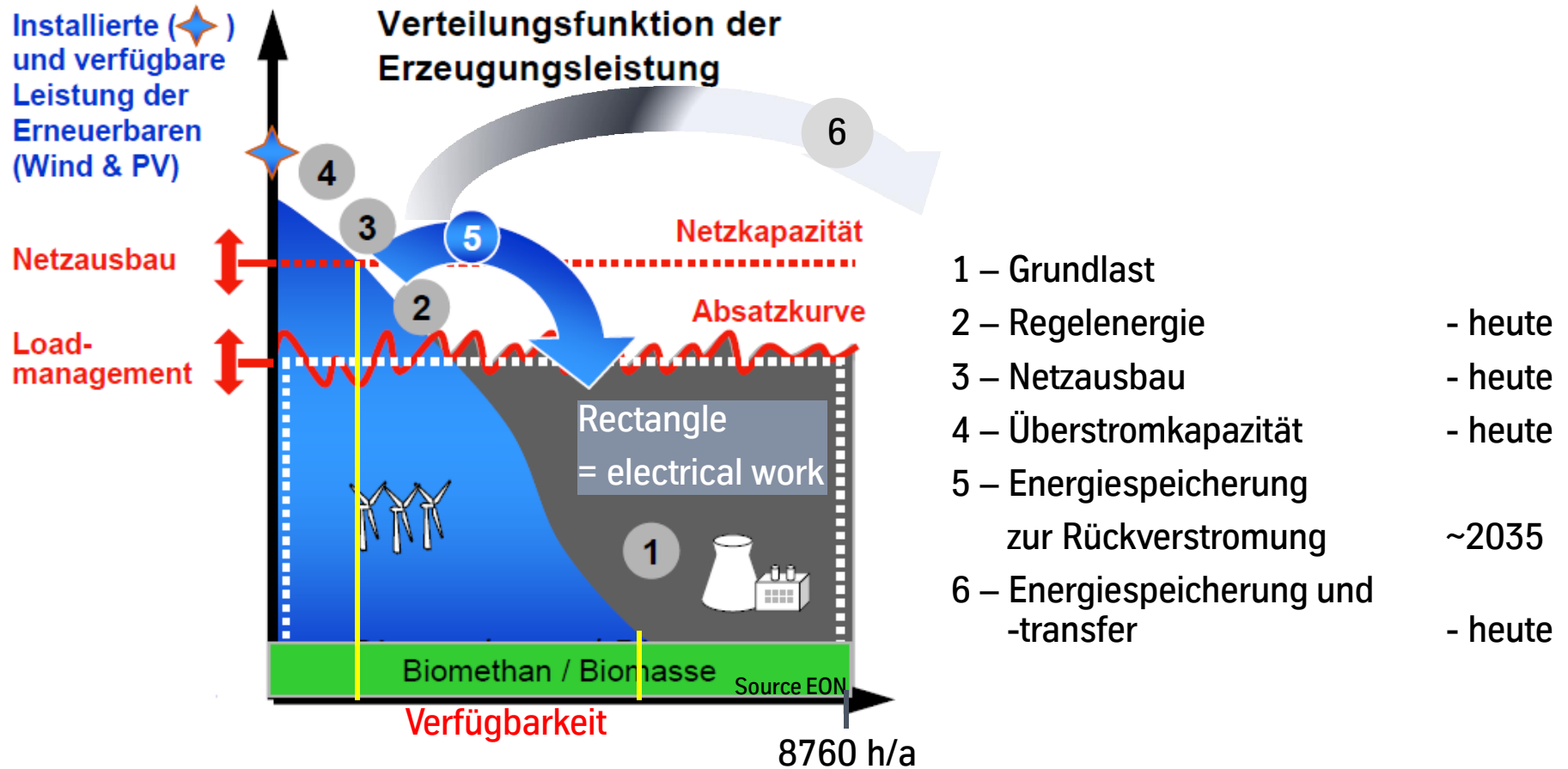


engineering.tomorrow.together.

thyssenkrupp

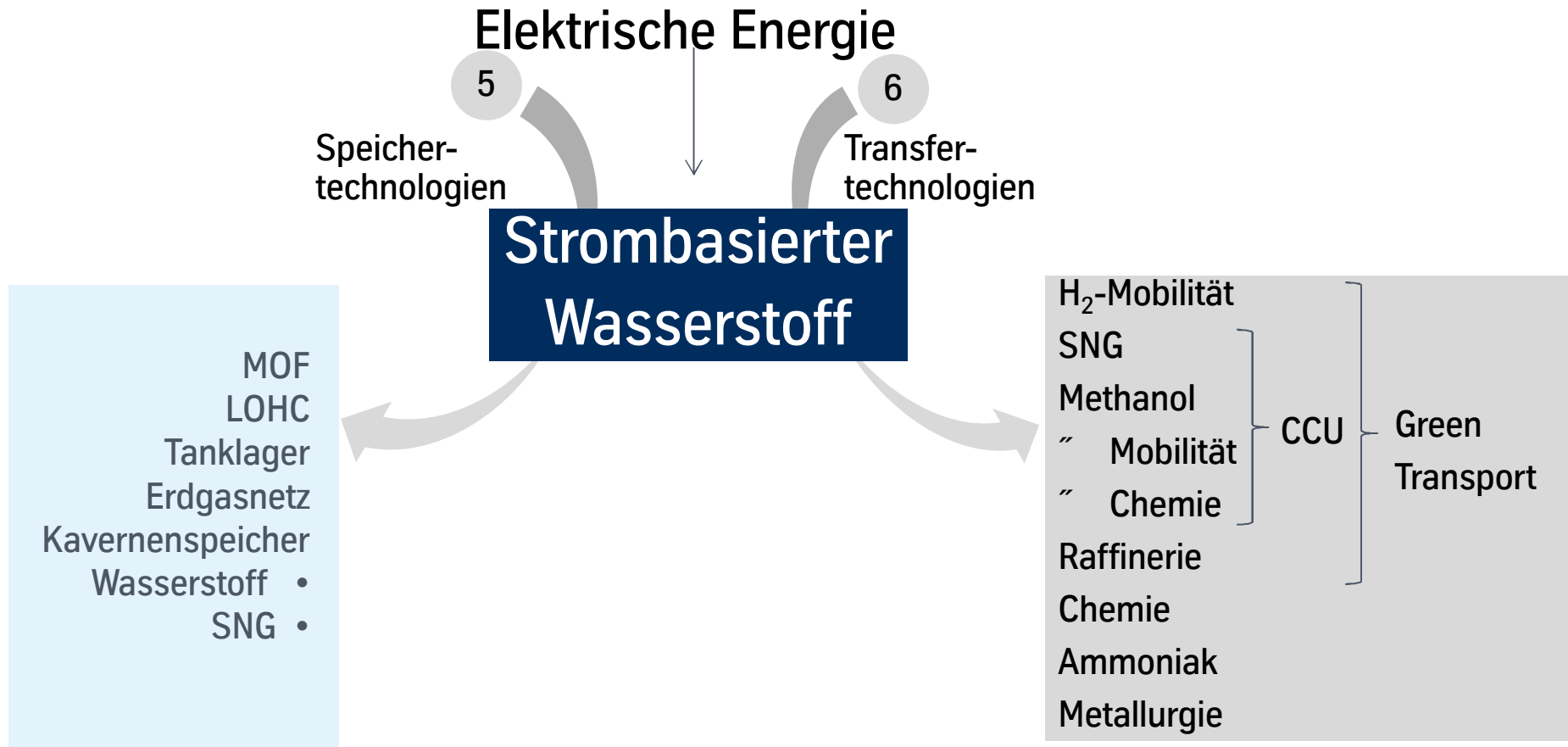
Motivation

Einführung regenerativer Energie im Stromsektor



Motivation

Nutzung und Speicherung regenerativ erzeugten Wasserstoffs



Hydrogen to Chemicals

Chemieprodukte als Senke für strombasierten Wasserstoff

- “ Herstellung und Verwendung von Wasserstoff
- “ Verwendung von Wasserstoff in der Chemie
- “ Nutzungsmöglichkeiten von regenerativem Wasserstoff



H2BZ Initiative Hessen



Hydrogen to Chemicals

Herstellung und Verwendung von Wasserstoff - Herstellpfade

Reformierung

- “ Steam Reforming
- “ Autothermal Reforming
- “ Catalytic AR
- > Erdgas/Naphtha

Vergasung

- “ Wirbelschicht
- “ Flugstrom
- > Schweröle
- > Kohle/Petrolkoks/Biomasse

Strombasierter Wasserstoff

Hydrolyse

- “ Methanol

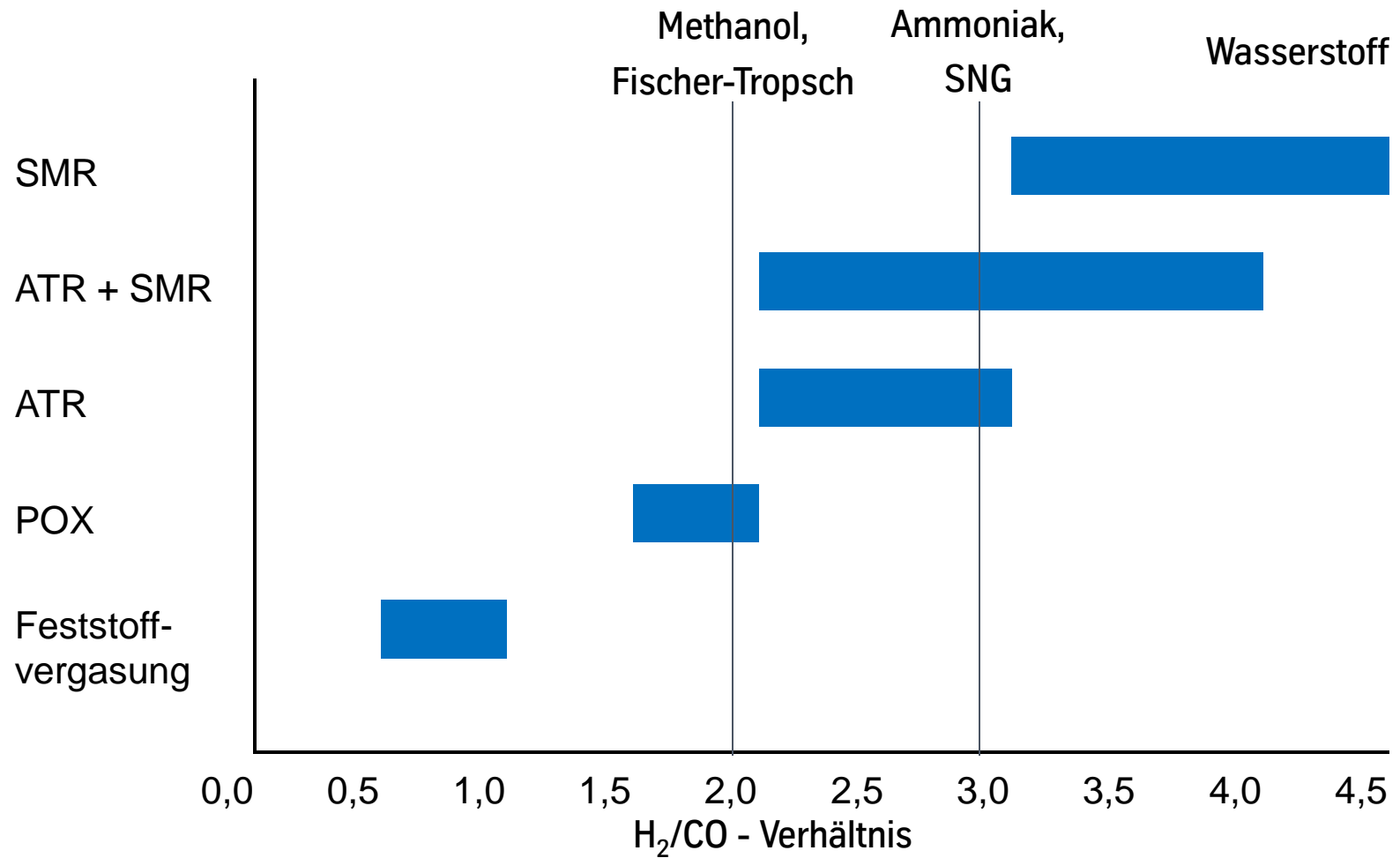
Chemische Prozesse

- “ Dehydrierungen
- “ Elektrolysen
- “ Cracker



Hydrogen to Chemicals

Synthesegaszusammensetzung nach den Verfahren

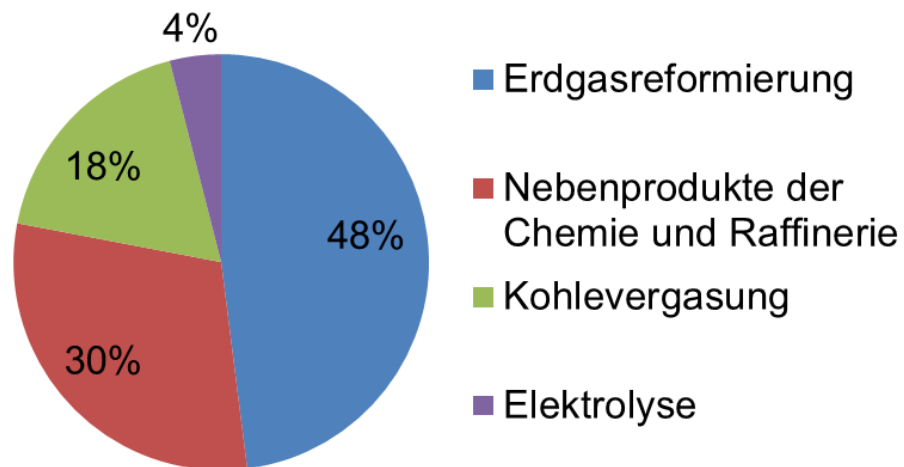


Hydrogen to Chemicals

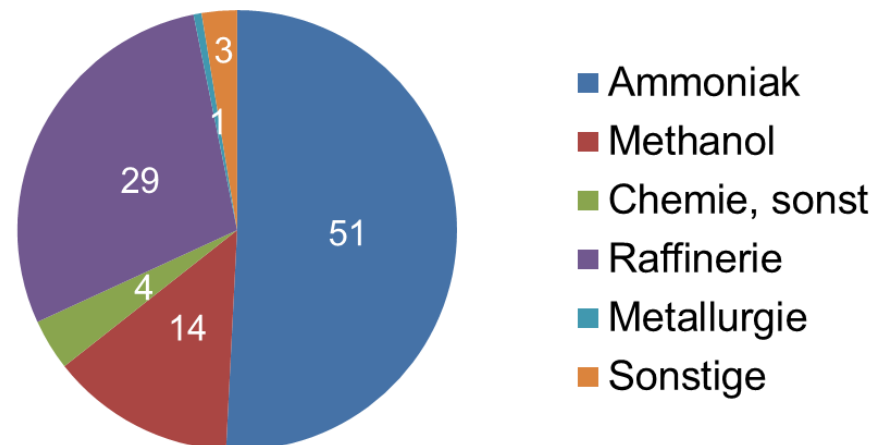
Herstellung und Verwendung von Wasserstoff - Produktionsmengen

- “ 680.000 Mio. Nm³ weltweite Wasserstoffproduktion
- “ ~ 95% Direktverbrauch

Wasserstoffherstellung



Wasserstoffverbrauch

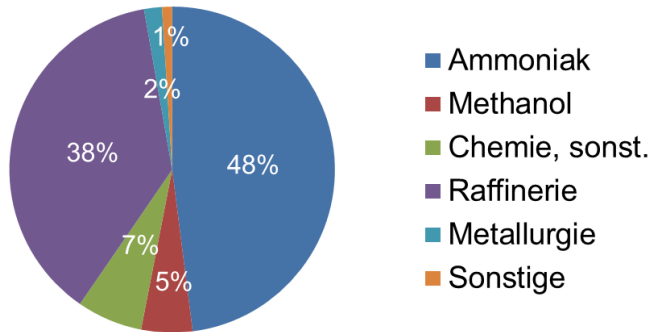


Quelle: IHS Chemical Economics Handbook – Hydrogen; 2015



Hydrogen to Chemicals

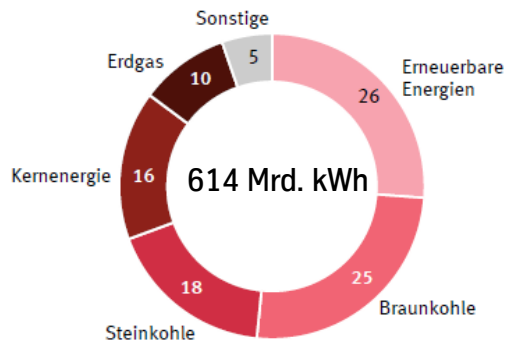
Herstellung und Verwendung von Wasserstoff in Europa



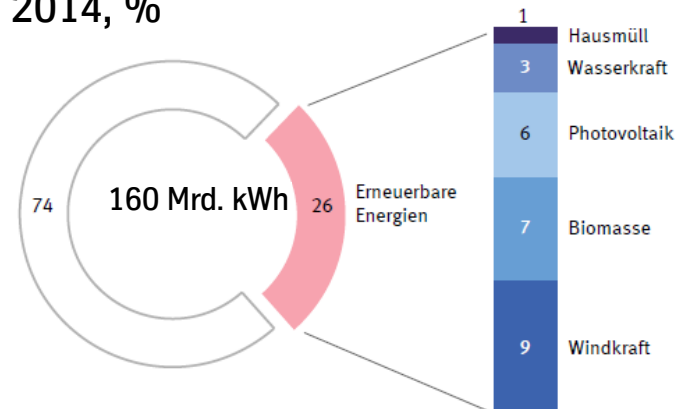
	Energiebedarf		Leistung Elektrolyse	
	Mio. m ³	Mrd. kWh @ 4,5 kWh/Nm ³	GW @ 4000 h	GW @ 8000 h
Ammoniak	32.577	147	37	18
Methanol	3.449	16	4	2
Chemie, sonst.	4.425	20	5	2
Raffinerie	25.556	115	29	14
Metallurgie	1.204	5	1	1
Sonstige	680	3	1	0
Gesamt	67.891	306	76	38

Quelle: IHS Chemical Economics Handbook – Hydrogen; 2015

Bruttostromerzeugung in Deutschland 2014, %



1 Vorläufig.
Quelle: AGEB, AGEE-Stat



Quelle: Statistisches Jahrbuch 2015



Hydrogen to Chemicals

Chemieprodukte als Senke für strombasierten Wasserstoff

- “ Herstellung und Verwendung von Wasserstoff
- “ Verwendung von Wasserstoff in der Chemie
- “ Nutzungsmöglichkeiten von regenerativem Wasserstoff

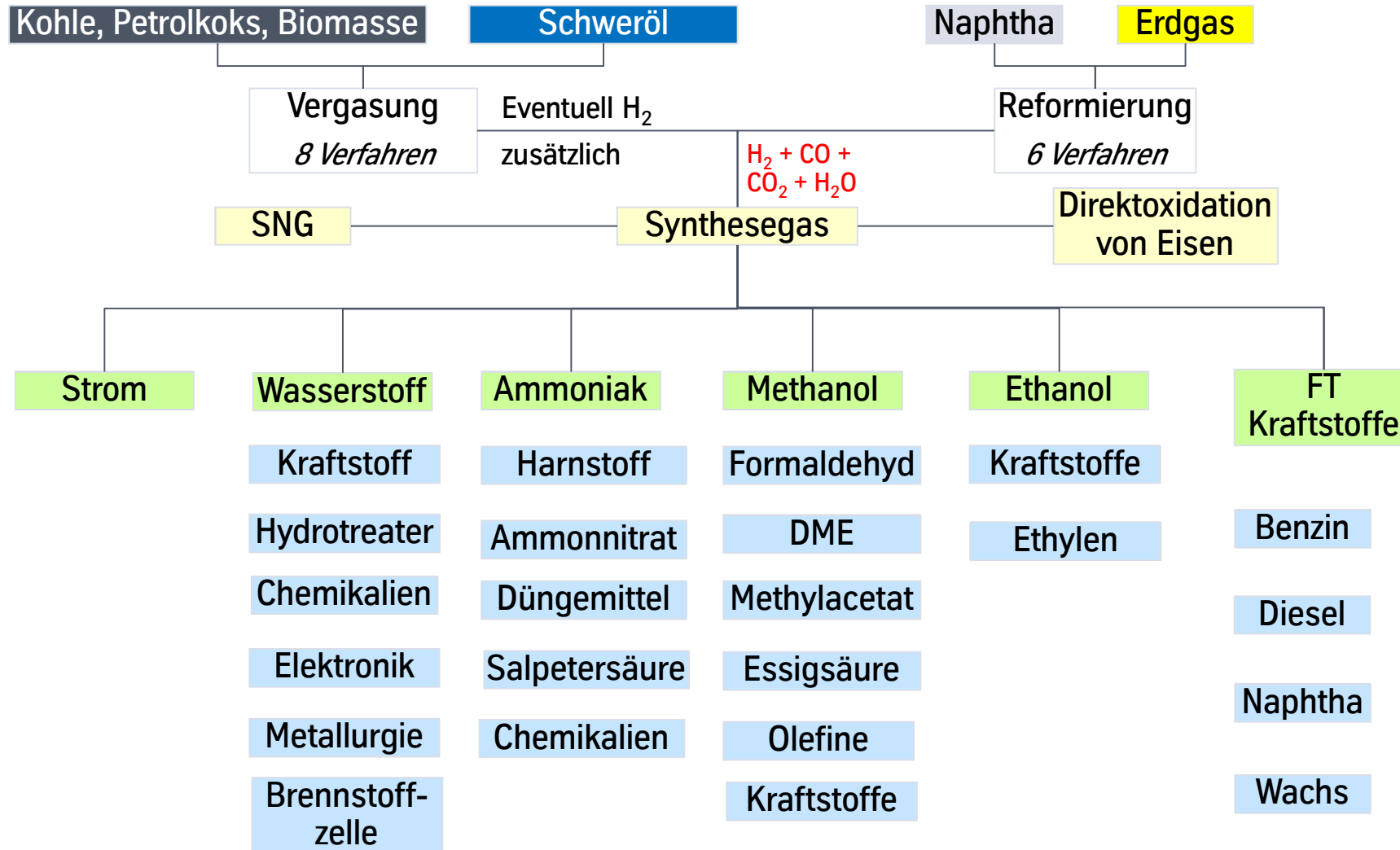


H2BZ Initiative Hessen



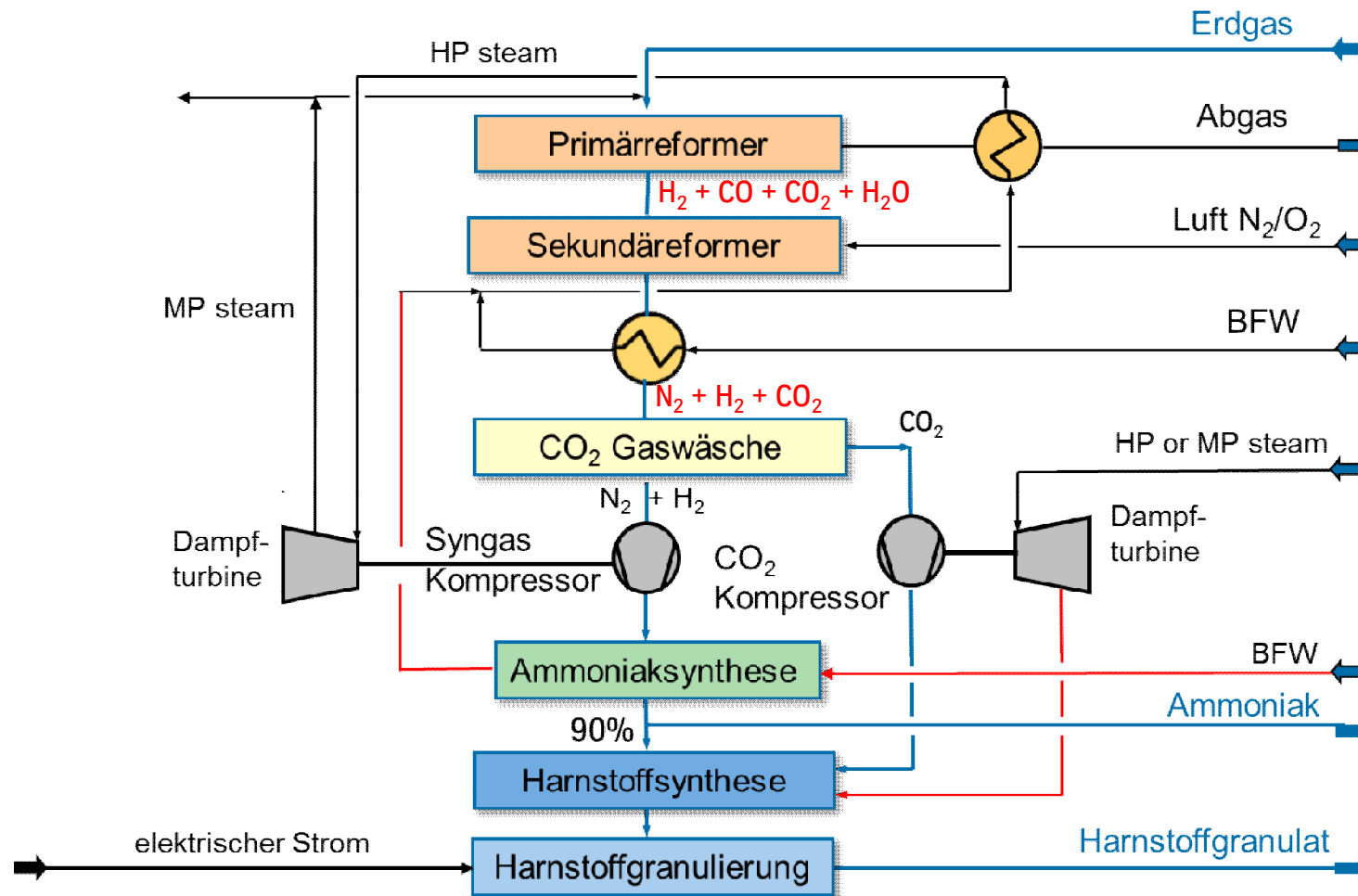
Hydrogen to Chemicals

Verwendung von Wasserstoff in der Chemie - Synthesegaschemie



Hydrogen to Chemicals

Verwendung von Wasserstoff in der Chemie – Herstellung von Harnstoff über Ammoniak

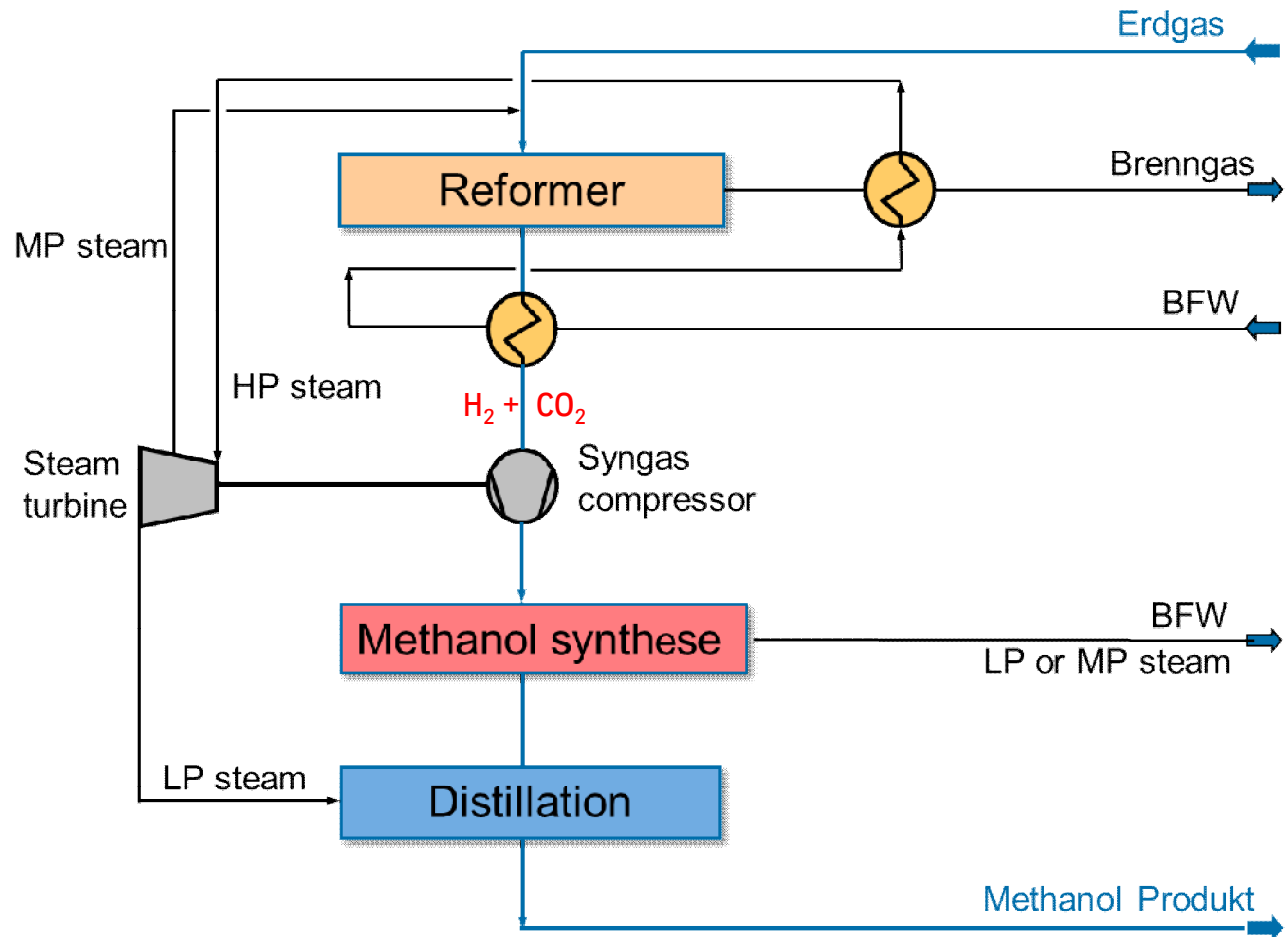


Harnstoffsynthese auf Basis von Ammoniak und CO₂ ist hochgradig integriert und optimiert



Hydrogen to Chemicals

Verwendung von Wasserstoff in der Chemie - Methanolherstellung



Methanolsynthese auf Basis von Synthesegas ist hochgradig integriert und optimiert



Hydrogen to Chemicals

Verwendung von Wasserstoff in der Chemie - Methanolherstellung

Typische Anlagengrößen

- < 100.000 t/a Kohle, Off-Gas, Naphtha (100 MW_{th})
- < 1.000.000 t/a Kohle, Off-Gas, Naphtha (1.200 MW_{th})

- > 500.000 t/a Erdgas
- > 1.000.000 t/a Erdgas - Megamethanol von Air Liquide
- > 3.000.000 t/a Erdgas - Gigamethanol von Air Liquide

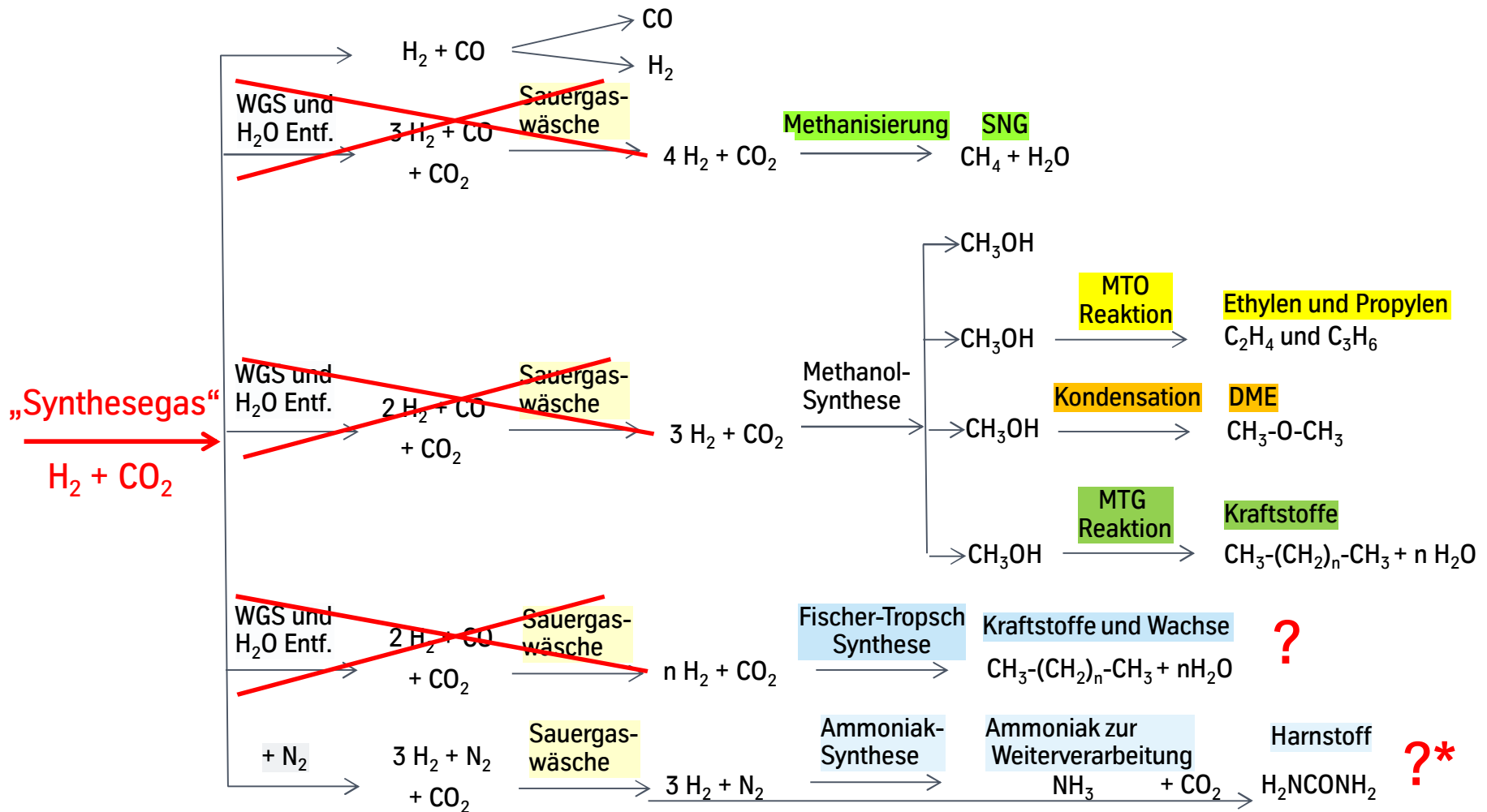
- < 65.000 t/a auf Basis Elektrowasserstoff (100 MW_{el} Auslegung)

Martin Bertau et al Methanol: The Basic Chemical and Energy Feedstock of the Future: Asinger's Vision; Eigene Recherchen



Hydrogen to Chemicals

Verwendung von Wasserstoff in der Chemie – Wege der Synthesegastechnologie



* Simon Schulte-Beerbühl: Herstellung von Ammoniak unter Berücksichtigung fluktuierender Elektrizitätspreise, 2014



Hydrogen to Chemicals

Chemieprodukte als Senke für strombasierten Wasserstoff

- “ Herstellung und Verwendung von Wasserstoff
- “ Verwendung von Wasserstoff in der Chemie
- “ Nutzungsmöglichkeiten von regenerativem Wasserstoff

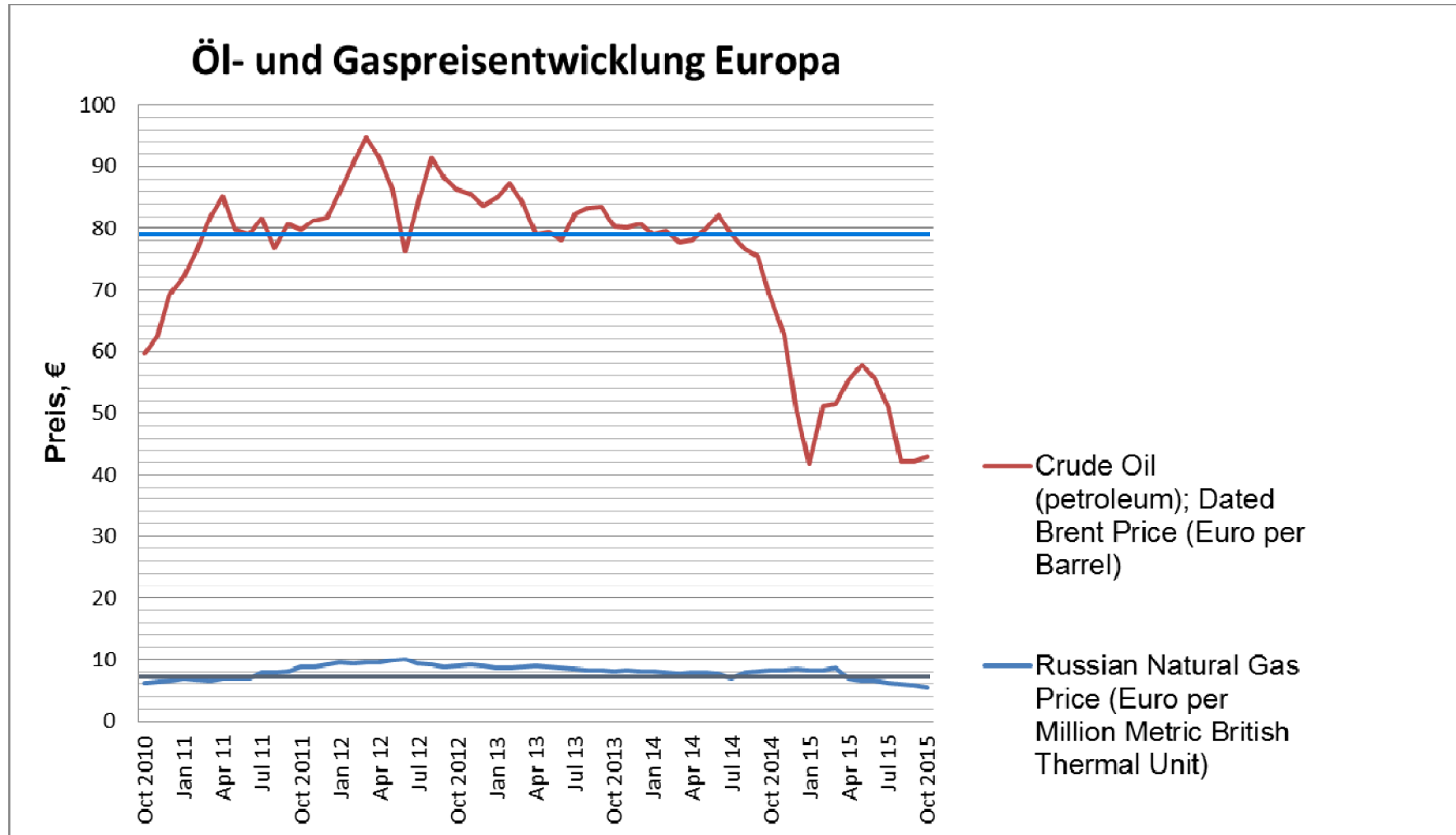


H2BZ Initiative Hessen



Hydrogen to Chemicals

Verwendung von Wasserstoff in der Chemie - Basisinformation



Hydrogen to Chemicals

Verwendung von Wasserstoff in der Chemie – spezifische Kostenübersicht

Energieträger	spezifischer Preis ["/MWh]	
	heute	2013-2014
Elektrizität	35	40
Natural gas	18	35
Benzin (Super 95)	55	83
Diesel	47	76
Methanol	47	70
Bioethanol	56	89
Formaldehyde	83	165
Essigsäure	125	250
Ethylen	72	111
Propylen	65	110
Ammoniak	71	124
	8000 h	4000 h
Regeneratives Methanol	124	190

Entwicklungsbedarf!



Hydrogen to Chemicals

Wasserstoffnetze in Deutschland

Chemcoast-Studie

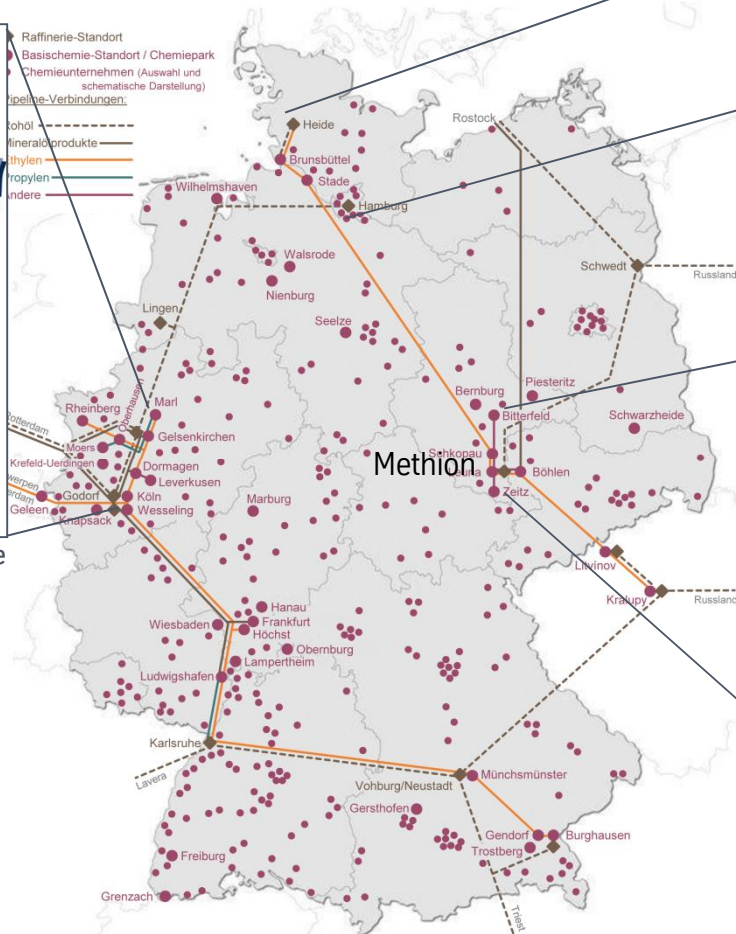


www.chemcoast.de

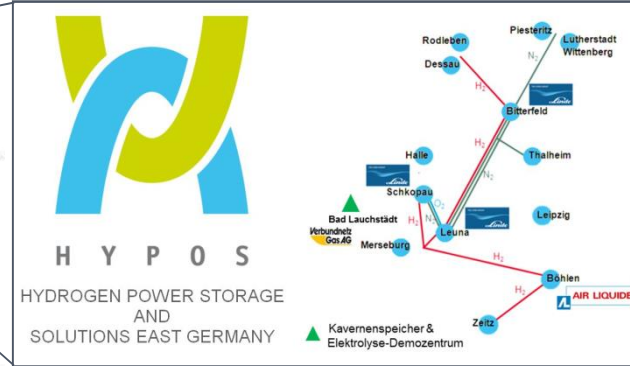
Chemiestandort Deutschland



www.brennstoffzelle-nrw.de



Stand 2012. Darstellung: VCI. Daten: VCI, MWV
Hintergrundgrafik: visidia/Fotolia.com



www.hypos-eastgermany.de



Hydrogen to Chemicals

Nutzungsmöglichkeiten von regenerativem Wasserstoff mit CCU

CO₂ Versorgung

- “ Industrielle Quelle
- “ Effiziente Aufreinigung
- “ Kompression

Reaction engineering

- “ Auswahl des Katalysators
- “ Reaktordesign
- “ Reaktionsbedingungen
- p, T, x,

Strombasierter Wasserstoff

Energieintegration

- “ Wärmeintegration
- “ Wärme und Energieintegration
- “ Externe Prozessintegration
- “ Gesamtwirkungsgrad

Prozessentwicklung

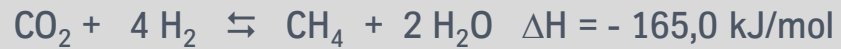
- “ Smart process design
- “ H₂ Ausgleichsspeicherung
- “ Vermeiden von process loops
- “ Container oder Skid Mounted



Hydrogen to Chemicals

Nutzungsmöglichkeiten von regenerativem Wasserstoff mit CCU

Methanisierung



Mit 100 MW elektrischer Anschlussleistung:
Wasserstoff: 16,667 Nm³/h oder 1,488 kg/h
CO₂: 4,134 Nm³/h or 8,185 Kg/h

Design der Anlage: 24.000 t/a

Methanol



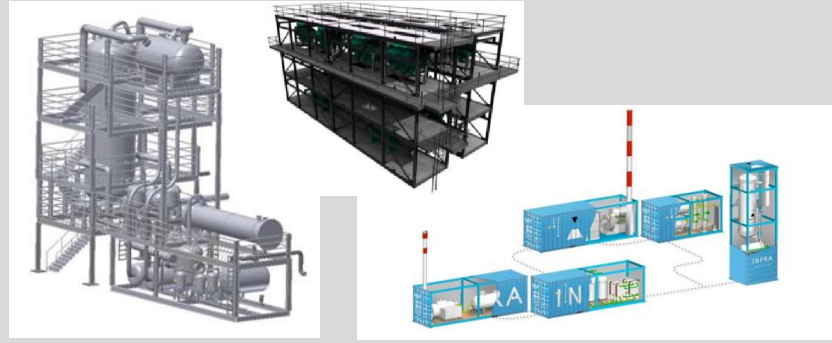
Mit 100 MW elektrischer Anschlussleistung:
Wasserstoff: 16,667 Nm³/h oder 1,488 kg/h
CO₂: 5,512 Nm³/h or 11,000 Kg/h

Design der Anlage: 64.000 t/a

Process design by scale down



Smartes Anlagendesign



Hydrogen to Chemicals

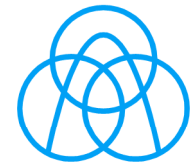
Zusammenfassung

- “ Vorreiterrolle von Deutschland im Bereich regenerativer Energie (vor allem Strom) mit entsprechender Gesetzgebung (EEG, EnWG)
- “ Industrieübergreifende Verwendung von regenerativem Strom sollte zunächst mit nationalen Verrechnungsmodellen regulativ verknüpft werden
- “ Übergang in den Exportbereich mit regenerativ erzeugten Produkten, z.B. der Chemie, erst bei internationalem Ausbau regenerativer Energie und angeglichenen Marktbedingungen
- “ Einbindung von regenerativ erzeugtem Wasserstoff in die Wasserstoffnetze der chemischen Industrie und Raffinerie möglich
- “ Wirtschaftlichkeit des Wasserstoffeinsatzes hängt ab von Gestehungskosten und Einsatzbereich
 - Integrierte industrielle Großprozesse mit geringerer Priorität angehen
 - Lokale Produktion vs. Transportwege optimieren
 - Zusätzliche, regenerative Wasserstoffeinspeisung sinnvoll, wenn Wasserstoff-erzeugung aufwändig (z.B. Kohlevergasung für FT-Produkte)



Vielen Dank
für
Ihre Aufmerksamkeit

engineering.tomorrow.together.



thyssenkrupp