



Prof. Kurt Wagemann

Defossilisierung der Chemischen Industrie: Optionen und Herausforderungen

VIK-Jahrestagung, Berlin, 21. November 2017

TECHNOLOGY STUDY

Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry



Mit finanzieller Unterstützung von CEFIC
The European Chemical Industry Council

Veröffentlichung im Juli 2017

Aufgabenstellung der Studie

Wie erreicht die Chemische Industrie CO₂-Neutralität bis 2050?

Transformation der
Chemischen Industrie
durch Nutzung von:



EE-Strom



Alternative Kohlenstoff-Quellen
CO₂ (CO)



Biomasse

Aufgabenstellung der Studie

- Transformation der Chemischen Industrie durch Nutzung von:

Rohstoffe



EE-Strom



Alternative Kohlenstoff-Quellen
CO₂ (CO)



Biomasse



Industrial
symbiosis



Circular economy/
Recycling

Aufgabenstellung der Studie

Rohstoffe



EE-Strom



Alternative Kohlenstoff-Quellen
CO₂ (CO)



Biomasse



Industrial
symbiosis



Circular economy/
Recycling

Untersuchte Technologien

Energie Effizienz



Power to Heat



Power to Chemicals

Methanol

Ethylen

Propylen

BTX

Ammoniak
(Harnstoff)

Chlor

Power to Fuels



Methanol, Bioethanol,
Synthetische KW

Nicht behandelt: GHG Reduktion durch den Einsatz chemischer Produkte

Untersuchte technische Optionen

Wasserstoff/CO₂-basierte Produktionsrouten

- Methanol aus Wasserstoff und CO₂
- Ethylen und Propylen über Methanol to Olefins (MTO)
- BTX über Methanol to Aromatics (MTA)
- Synthetischer Diesel und Kerosin aus H₂-basiertem Syngas über FT
- Ammoniak und Harnstoff aus Wasserstoff und CO₂

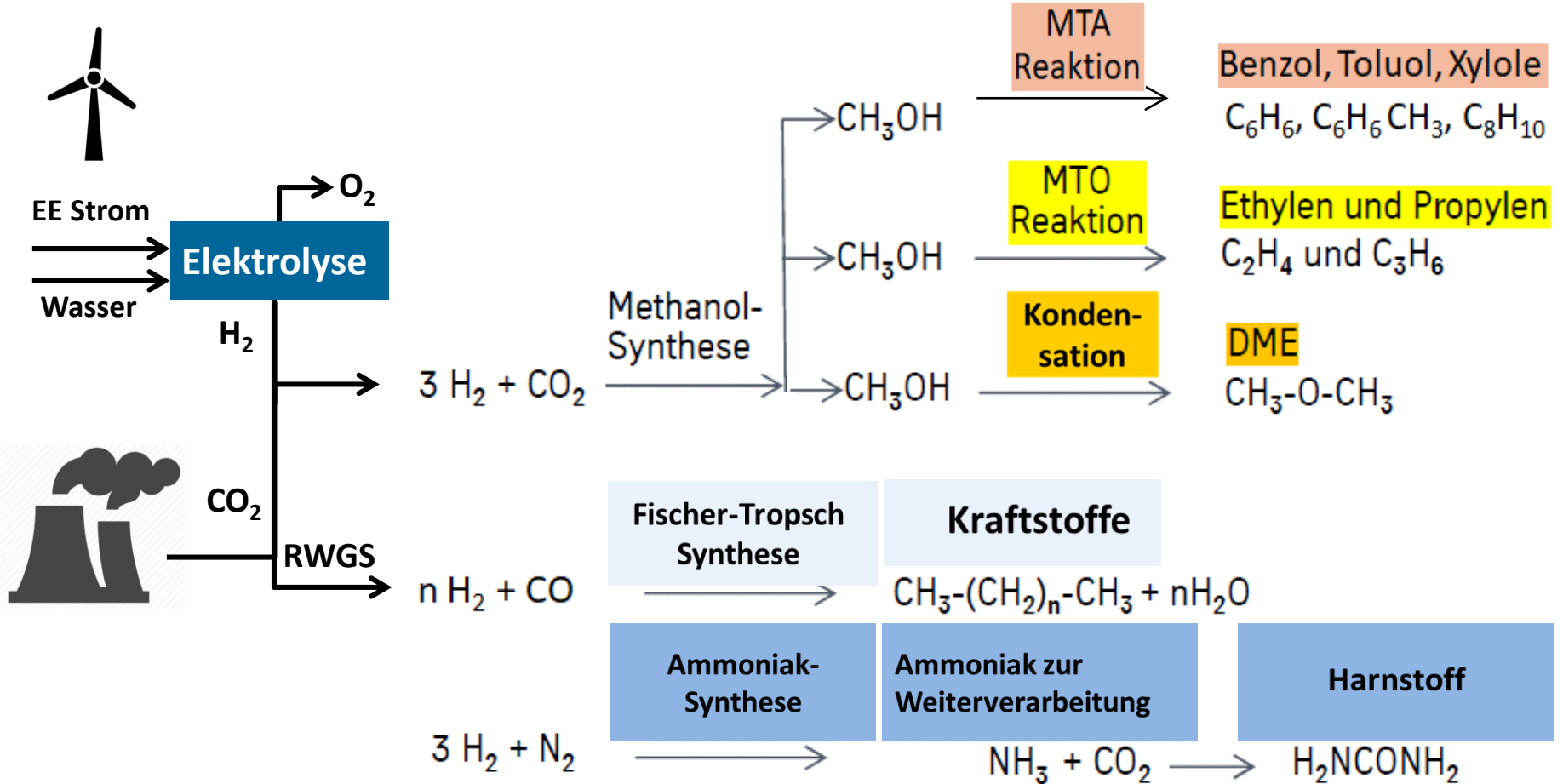
Biomasse-basierte Produktionsrouten

- Methanol über Vergasung
- Ethanol über Fermentation
- Ethylen and Propylen aus Ethanol
- BTX über Methanol to Aromatics (MTA)

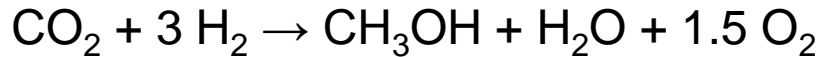
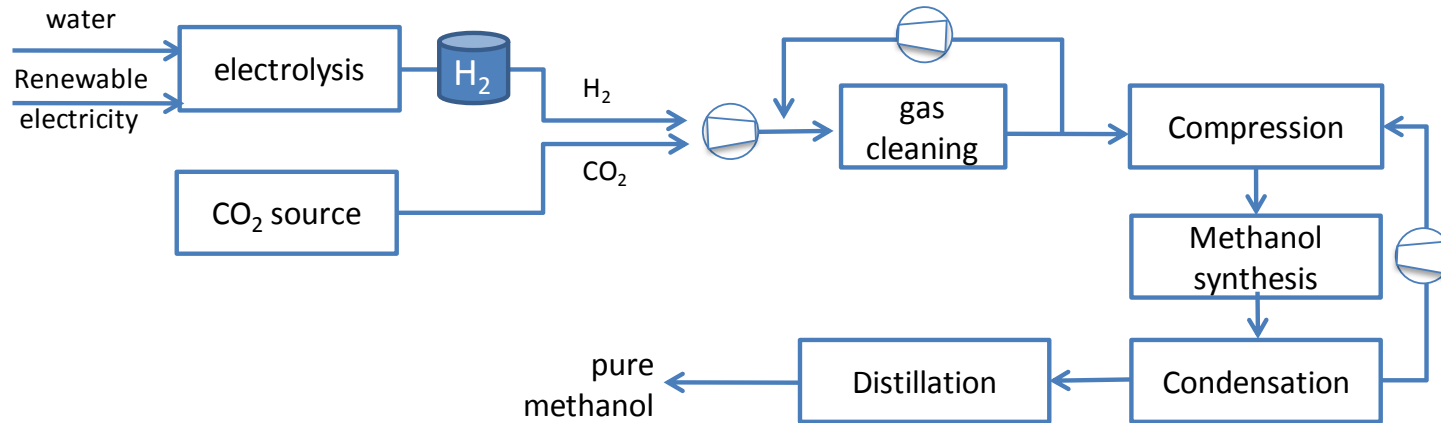
Strom-basierte Prozesse

- Chlor-Herstellung mittels Elektrolyse
- Power-to-Heat zur Dampferzeugung

Wasserstoff / CO₂-basierte Produktionsrouten



Beispiel Power to Methanol: Schema und Energiebedarf



Bedarf an elektrischer Energie für die Wasserelektrolyse:

$$0.0043 \text{ MWh/Nm}^3_{\text{H}_2} / 0,085 \text{ kg}_{\text{H}_2}/\text{Nm}^3 \times 189 \text{ kg/t}_{\text{MeOH}} = \mathbf{9.52 \text{ MWh/t}_{\text{MeOH}}}$$

Energiebedarf der Aggregate: **1.5 MWh/t_{MeOH}**

Energie gesamt: **11.02 MWh/t_{MeOH}**

Verwendete Szenarien

- **Business as Usual (BAU):**
 - Ausbau der existierenden Produktionskapazitäten, aber:
 - Keine Implementierung neuer technologischer Optionen
 - Keine verstärkten Effizienz Anstrengungen
- **Mittel:**
 - Kontinuierliche Effizienz Steigerungen
 - Kontinuierlich verstärkter Einsatz von technologischen Durchbrüchen
 - Aber: Kein vorzeitiger Ersatz alter Anlagen
 - Politische Maßnahmen, damit Wege zur Defossilisierung wettbewerbsfähig werden
- **Ehrgeizig:**
 - Konsequente Implementierung neuer technologischer Optionen
 - Beschleunigung von R&D-, Pilot- und Demonstrations Aktivitäten
 - Umgehender kommerzieller Einsatz
 - Alte Anlagen werden frühzeitig ersetzt
 - Volle Unterstützung durch die Politik
- **Maximum Szenario:**
 - 100% “low-carbon” Technologien sind 2050 in der Chemischen Industrie und im Kraftstoff-Sektor implementiert

Beispiel Power to Methanol: CO₂-Bilanz

Elektrolyse: 0.56 t CO₂eq/t_{H₂} (Windkraft-Anlage inkl. Infrastruktur)
=> 0.106 t CO₂eq/t_{MeOH}

Prozessenergie: 0.017 t CO₂eq/t_{MeOH}

CO₂-Abtrennung*: 0.42 t CO₂eq/t_{CO₂} (Abtrenneinheit und Transport)
=> 0.58 t CO₂eq/t_{MeOH}
(für 1.373 t CO₂/t_{MeOH})

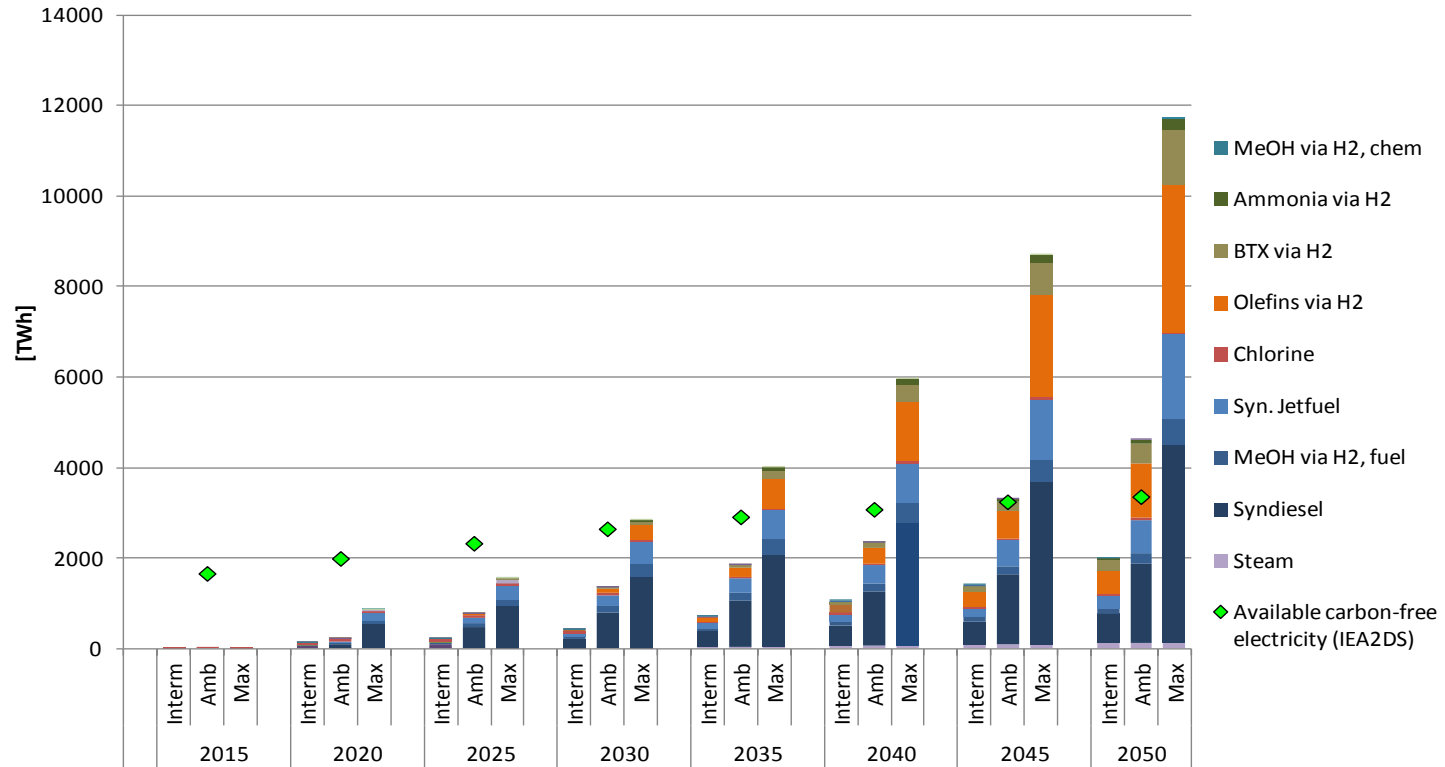
CO₂-Verbrauch: 1.373 t CO₂/t_{MeOH} (im Sinne vermiedener Emissionen)

Gesamt: **-0.67 t CO₂eq/t_{MeOH}**

* aus Kohlekraftwerkabgas

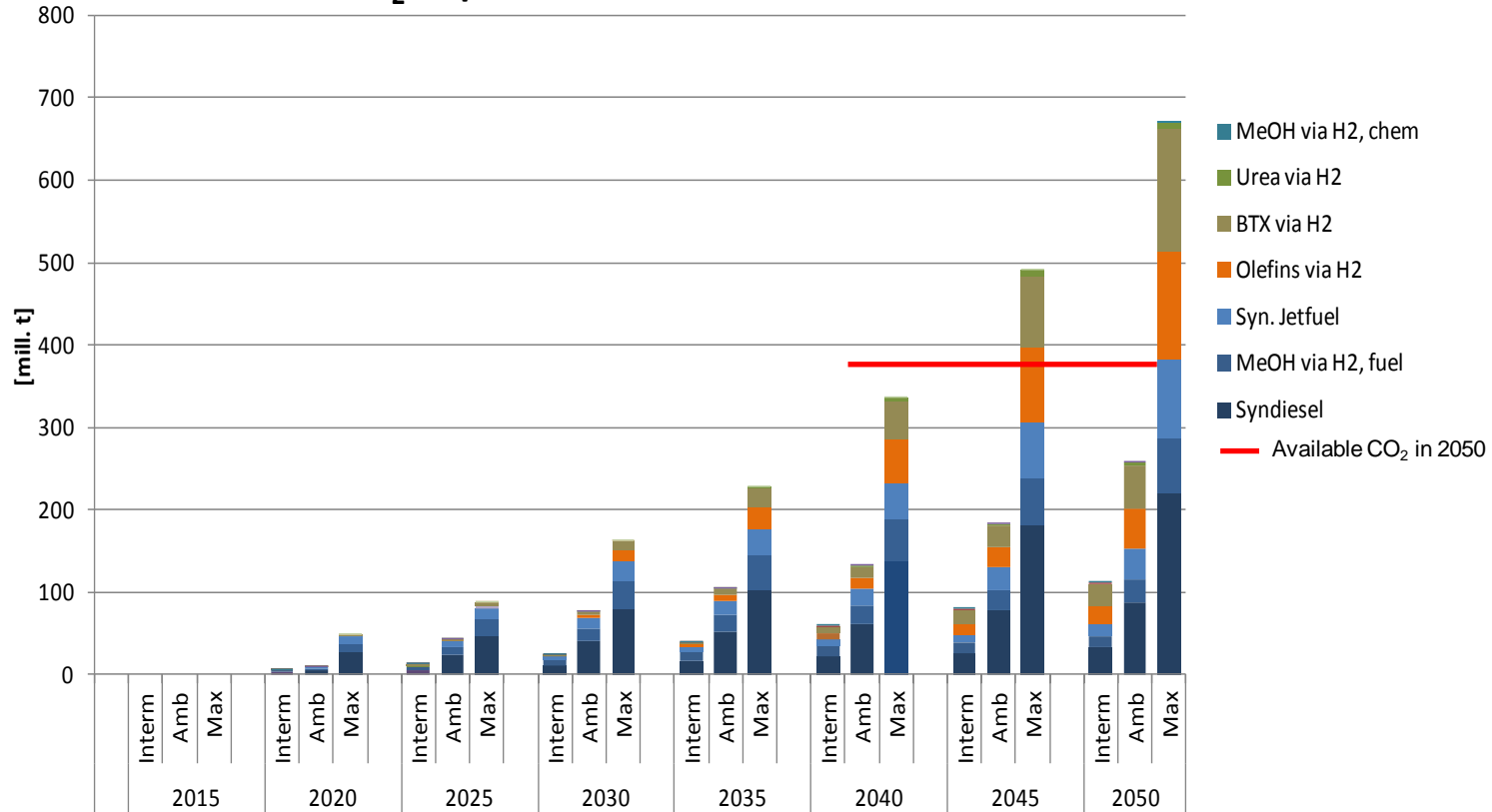
Zentrale Ergebnisse: Bedarf an EE-Strom

Demand carbon-free electricity chemicals + fuels



Zentrale Ergebnisse: Bedarf an CO₂

CO₂ required as feedstock for chemicals and fuels



Ökonomische Auswirkungen: Erwarteter Investitionsbedarf

Mill. €	Chlorine	Ammonia	Urea	Methanol	Ethylene	Propylene	BTX	Sum	Yearly average
Intermediate	29943	67902	25286	178322	116882	91758	84395	594488	16985
Ambitious	29943	73593	27093	260089	112073	87983	80923	671697	19191
Maximum	29943	76611	32906	570699	89421	70200	64567	934347	26696

Aktuell (geschätzt):

14,1 Mrd. €/a Investitionen gesamt

Mittleres Szenario:

+ 3,0 Mrd. €/a zusätzliche Investitionen

Ehrgeiziges Szenario:

+ 5,2 Mrd. €/a zusätzliche Investitionen

Maximal Szenario:

+ 12,5 Mrd. €/a zusätzliche Investitionen

Zentrale Aussagen

Herausforderungen

- Zugang zu günstigem EE-Strom in ausreichender Menge als Grundvoraussetzung
- Skalierung der Wasserstoff-basierten Routen
- Begrenzte Biomasse-Verfügbarkeit (=> bevorzugt: effizienter Einsatz zur Herstellung hoch-funktionalisierter Verbindungen)
- Hoher zusätzlicher Investitionsbedarf: 3-13 Milliarden €/a gegenüber heute
- Keine Wettbewerbsfähigkeit unter den derzeitigen Rahmenbedingungen

Prioritäten

- Etablierung ambitionierter R&I-Programmes, Prioritäre Themen:
Effiziente H₂-Erzeugung und bessere Wertschöpfung aus Biomasse
- PPPs zur Unterstützung der Einführung neuer Technologien
- Unterstützung intersektorieller Zusammenarbeit (industrielle Symbiose)
- Ausbau des Material Recyclings zur Verringerung des fossilen Rohstoffbedarfs
- Starke politische Unterstützung => gemeinsame Erarbeitung einer Prioritätenliste



Prof. Kurt Wagemann

Defossilisierung der Chemischen Industrie: Optionen und Herausforderungen

VIK-Jahrestagung, Berlin, 21. November 2017