



# PRETACA – Production of Ethylene and Acetic Acid

Teil des Verbundprojekts KlimPro: Vermeidung von klimarelevanten Emissionen in der Grundstoffindustrie

Förderkennzeichen: 01LJ2103A-D

1. Statuskonferenz KlimPro Industrie  
Berlin, 26.04.2023

Dr. Martin Schubert (Linde)

Making our world more productive



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert vom



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Projektpartner:



MAN Energy Solutions

CLARIANT 



# 1. Ausgangslage

## Olefinherstellung über das etablierte Dampfspaltverfahren (Steam-Cracking)



Steam-Cracker zur Herstellung von Ethylen

### Nutzung und Herstellung von Olefinen

- **Kurzkettige Olefine** wie Ethylen und Propylen sind **wichtige Zwischenprodukte in der petrochemischen Industrie**
- Weiterhin **Wachstum** speziell für **Ethylen und Propylen**
- **Großtechnische Herstellung** der Olefine über das etablierte **Dampfspaltverfahren (Steam-Cracking)**
- **Zur Herstellung kurzkettiger Olefine** sind insbesondere **kurzkettige Alkane von Bedeutung** (z.B. Steam-Cracking von Ethan zur Herstellung von Ethylen)

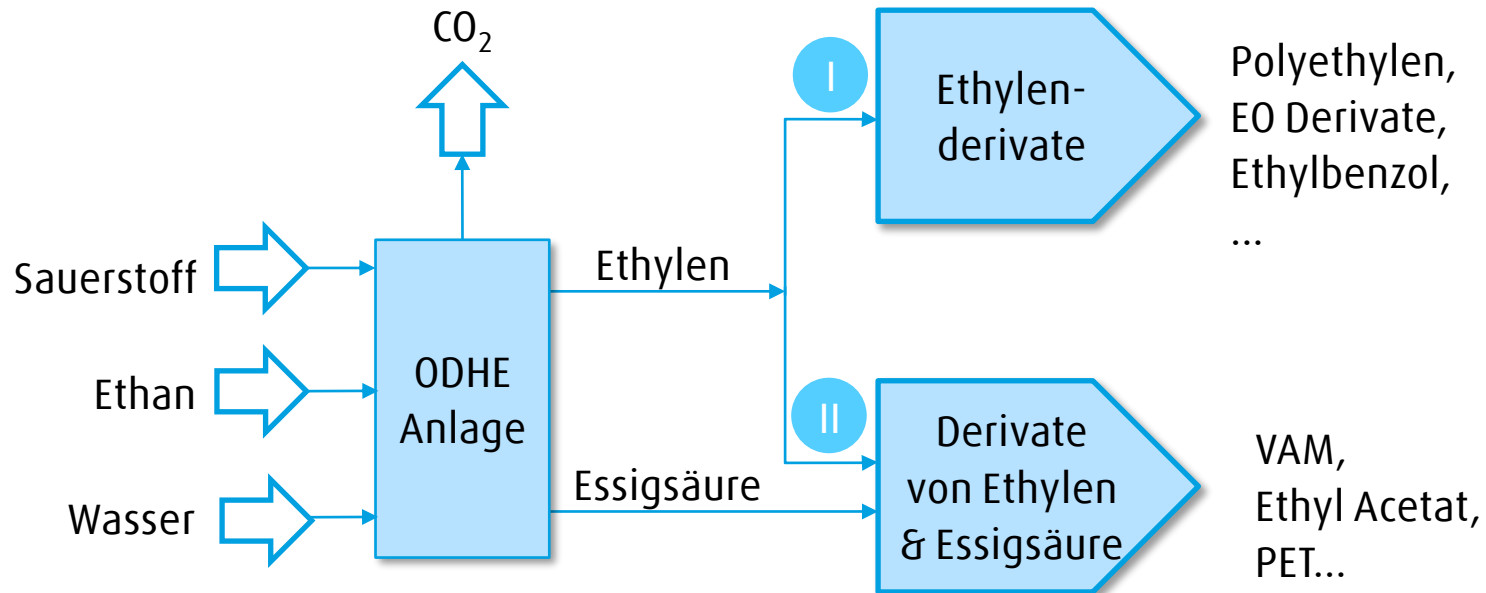
### Charakteristika des Steam-Crackings

- Bei weitem **bedeutungsvollstes Olefin-Herstellverfahren**
- Steam-Cracking von Naphtha oder Ethan
- **Endothermer Prozess**, Spaltreaktion bei 800-900°C
- **Energieeintrag** für die Reaktion **durch Unterfeuerung** der Spaltöfen **mit Erdgas** bei State-of-the-Art Crackern
- Dadurch **hohe prozessbedingte Treibhausgas-Emissionen** von ca. 0,76 t CO<sub>2</sub> je t Olefinprodukt, somit für Deutschland eine jährliche Gesamtemission von 8,75 Mt CO<sub>2</sub><sup>1)</sup>
- Relativ breiter Produktmix (Ethylen, Propylen, Butene, Aromate etc.), Produktverhältnis jedoch nur innerhalb recht enger Grenzen beeinflussbar

<sup>1)</sup> **Achtelik, C., Schimmel, M. und Rhiemeier, J.-M.** Energiewende in der Industrie - Potenzial und Wechselwirkungen mit dem Energiesektor, 2019.

## 2. Motivation & Zielsetzung

### Oxidative Dehydrierung von Ethan (ODH-E) als Alternative zum Steam-Cracking



#### Zielsetzungen

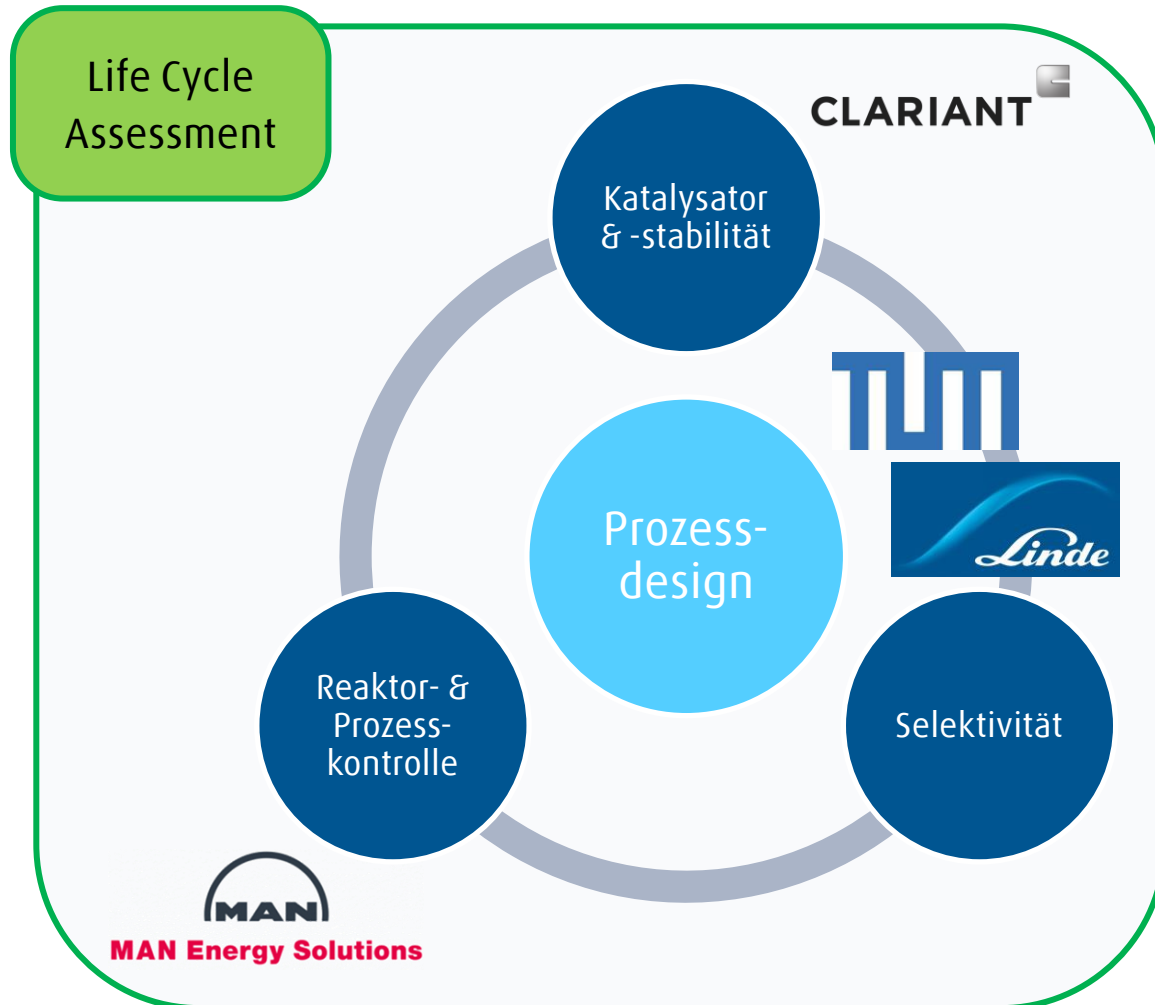
- Erweiterung des Produktverhältnisses von Ethylen und Essigsäure für:
  - I ODH-E Prozess mit hoher Ethylen-Selektivität (nahezu Vermeidung der Essigsäure)
  - II ODH-E Prozess mit erhöhter Essigsäure-Selektivität
- Reduktion und Minimierung der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen

#### Charakteristika des ODH-E Verfahrens

- **Exotherme, katalytische Reaktion** bei relativ **milden Temperaturen** zwischen 300-400°C
- **Hauptprodukte Ethylen und Essigsäure**, **Produktverhältnis** in einem relativ weiten Bereich **einstellbar**
- Prozessbedingte CO<sub>2</sub> Emissionen durch Selektivität der Reaktion (keine Unterfeuerung)

# 3. Gesamtsicht des Projekts PRETACA

## Projektkonsortium und Interaktion der Projektpartner



- Konsortium Leitung
- Prozessdesign inkl. Prozesssicherheit
- Katalysator- und Pilotanlagentestung
- Prozessoptimierung
- Prozessintegration



### MAN Energy Solutions

- Reaktordesign für den großtechnischen Maßstab
- Erarbeitung geeigneter Sicherheits- und Regelkonzepte
- Experimentelle Arbeiten zu Gefahrenszenarien

### CLARIANT

- Katalysatorentwicklung für verschiedene Ethylen/Essigsäure Produktverhältnisse
- Optimierung des Katalysatorherstellverfahrens inkl. Recycling
- Demonstration des Katalysator Scale-ups

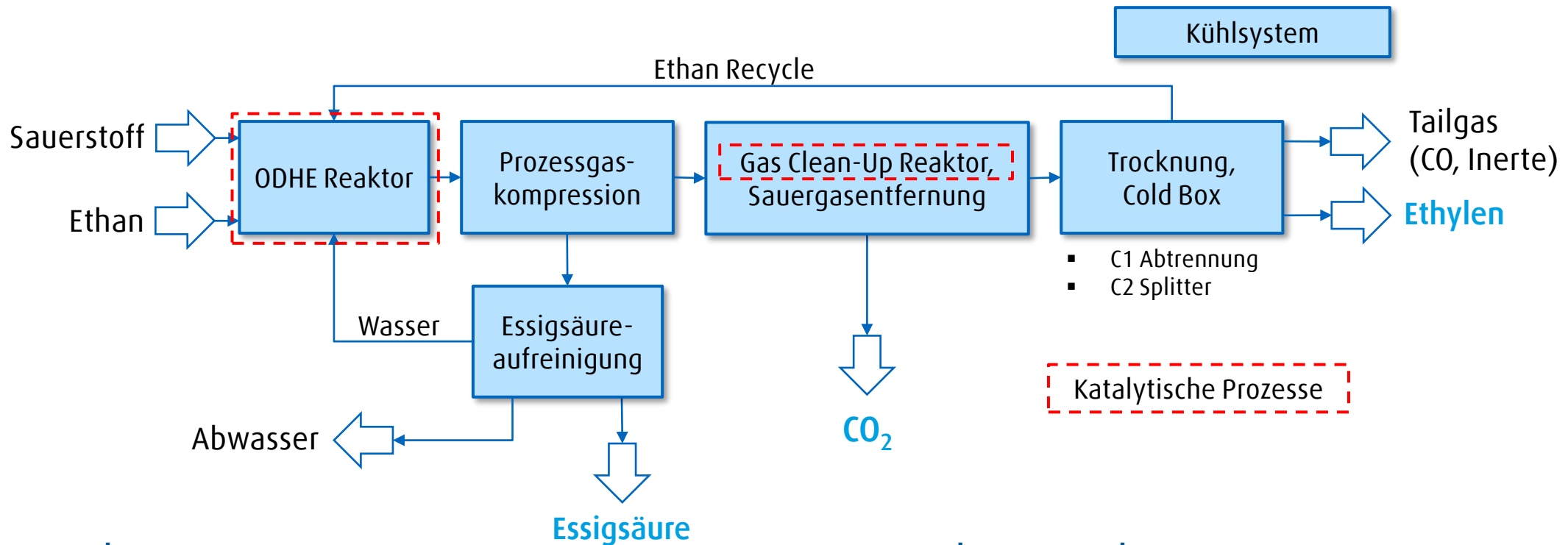


Lehrstuhl für Anlagen- und Prozesstechnik

- Prozessanalyse und Prozessoptimierung
- Experimentelle Untersuchungen zur Katalysatorstabilität
- Life Cycle Assessment

# 4. Umsetzungsstrategie innerhalb PRETACA

## ODH-E Prozessübersicht



### ODH-E Reaktor

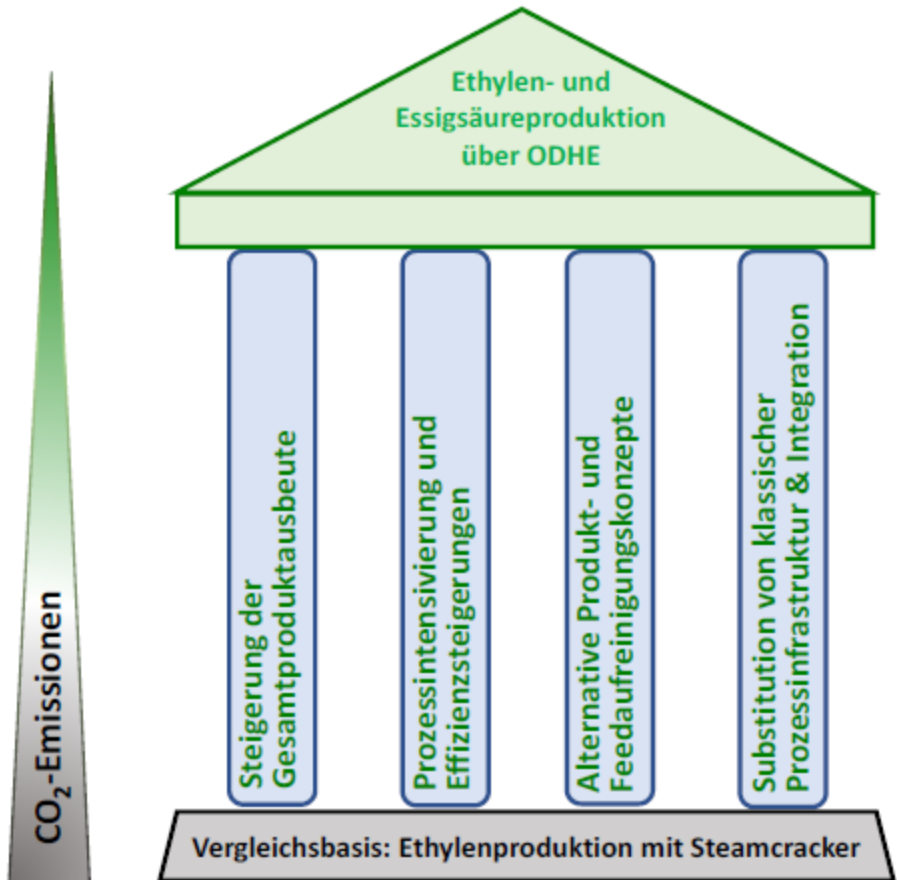
	Reaktion	Reaktionsgleichung	$\Delta H_R^0$ [kJ/mol]
Hauptreaktion	Ethylenbildung	$C_2H_6 + 0,5 O_2 \rightarrow C_2H_4 + H_2O$	-105
	Essigsäurebildung	$C_2H_6 + 1,5 O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$	-591
Nebenreaktion	CO-Bildung	$C_2H_6 + 2,5 O_2 \rightarrow 2 CO + 3 H_2O$	-862
	CO <sub>2</sub> -Bildung	$C_2H_6 + 3,5 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O$	-1428

### Gas Clean-up Reaktor

Reaktion	Reaktionsgleichung	$\Delta H_R^0$ [kJ/mol]
Acetylenentfernung	$C_2H_2 + 2,5 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + H_2O$	-1256
O <sub>2</sub> -Entfernung	$CO + 0,5 O_2 \rightarrow CO_2$	-283

## 4. Umsetzungsstrategie innerhalb PRETACA

### 4 Säulen zur Minimierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und Prozessintensivierung



(Für Zielsetzung II ist ggf. auch der etablierte Prozess der Essigsäureherstellung heranzuziehen)

#### Steigerung der Gesamtproduktausbeute

- Insbesondere Katalysatoren für eine gesteigerte Gesamtproduktausbeute und somit minimierte CO<sub>x</sub>-Bildung
- Katalysatoren aber auch Reaktionsführung und Prozessdesign für Zielsetzung I und II

#### Prozessintensivierung und Effizienzsteigerung

- Erarbeitung von Konzepten zur maximalen energetischen Prozessintegration
- Insbesondere durch optimales Design des ODH-E Reaktors Steigerung der Gesamtproduktausbeute (Rückkopplung zu Säule 1)

#### Alternative Feed- und Produktaufreinigung

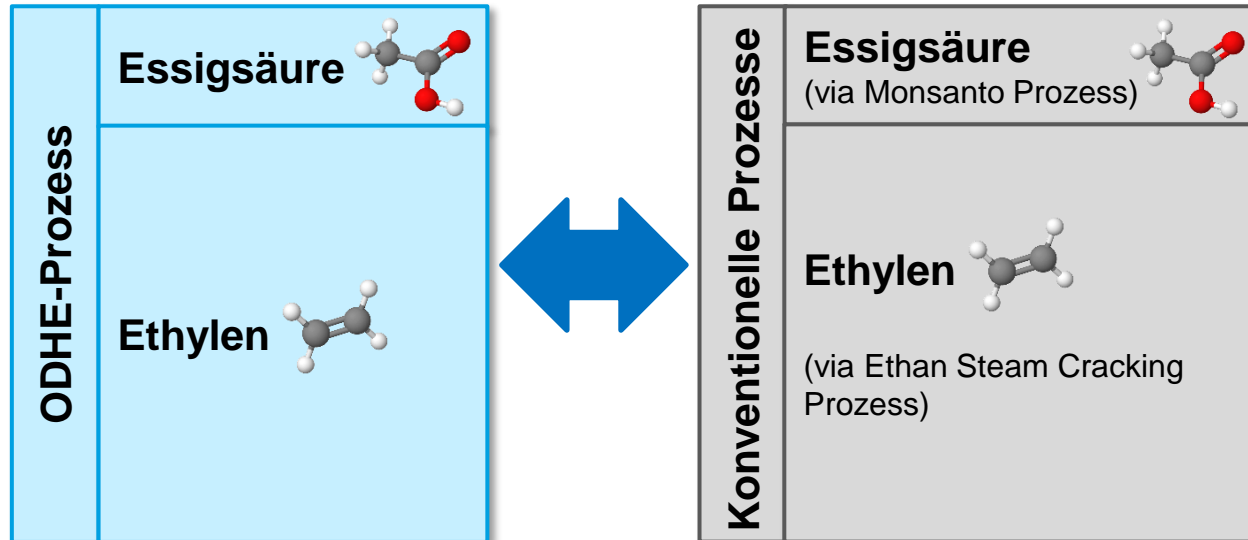
- Vermeidung von Abfall- und Nebenströmen bzw. direkte Verwertung solcher Ströme im ODH-E Prozess (z.B. Gas Clean-up Konzept und Design der kryogenen Produkttrennung)
- Integration der Aufbereitung von Ethaneinsatzströmen unterschiedlicher Qualität

#### Substitution klassischer Prozessinfrastruktur & Prozessintegration

- Startpunkt: Starke Anlehnung an etablierten Steam-Cracking Prozess
- Neugestaltung von Prozessschritten durch Ausnutzen der Spezifika der ODH-E
- Erarbeitung von Konzepten zur Integration mit Folgeprozessen

## 4. Umsetzungsstrategie innerhalb PRETACA

### Techno-ökonomische Analyse und Life Cycle Assessment (LCA)



- Ökonomische und ökologische Bewertung und Vergleich entwickelter ODH-E Prozessvarianten
- Aufzeigen von CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzialen
- Unterstützung des Entscheidungsprozesses für Zielsetzung I oder II, d.h. ethylenselektiver Prozess vs. Prozess mit erhöhter Essigsäureproduktion bzw. starker Flexibilisierung des Ethylen/Essigsäure Produktverhältnisses

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

## Posterparty:

- Poster zum Projekt PRETACA mit weiteren Details
- Postervorstellung durch **Carolin Meier** und **Yannick Weis**, Doktoranden der TU München

**Kontakt:**  
Dr. Martin Schubert  
Linde GmbH  
E-Mail: martin.schubert@linde.com  
Tel.: +49 (0)89 7445 2884



Gefördert vom



Förderkennzeichen: 01UJ2103A-D



**MAN Energy Solutions**

