

REFORMIERUNG VON INDUSTRIEABGASEN ALS BASIS FÜR E-FUELS ZUR ERREICHUNG DER CO₂-NEUTRALITÄT

Daniel Reiner

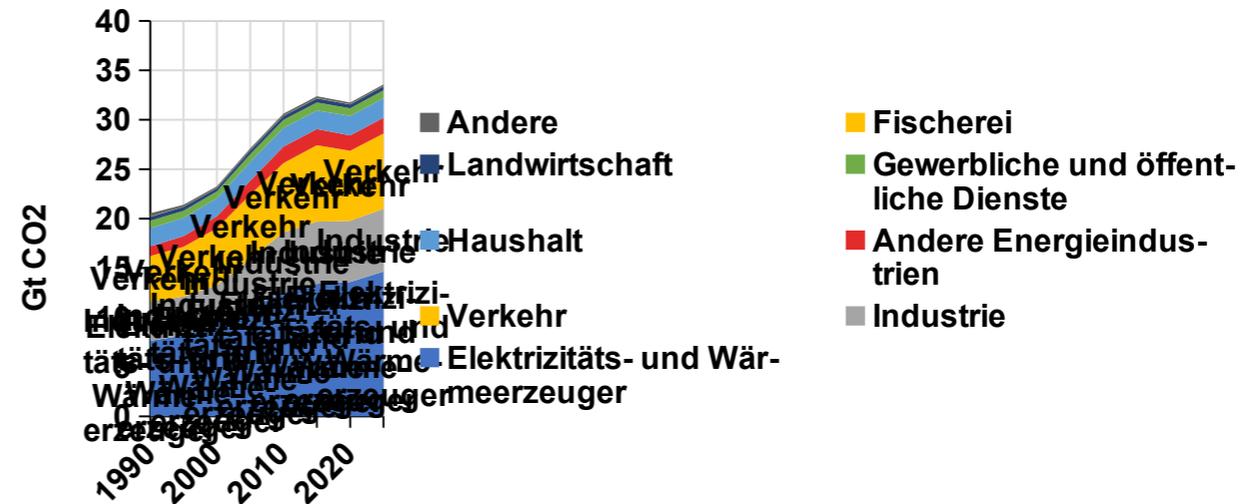
Marina Orlić, Christoph Hochenauer, Vanja Subotić

Technische Universität Graz
Institut für Wärmetechnik (IWT)
Inffeldgasse 25/B
A 8010 Graz

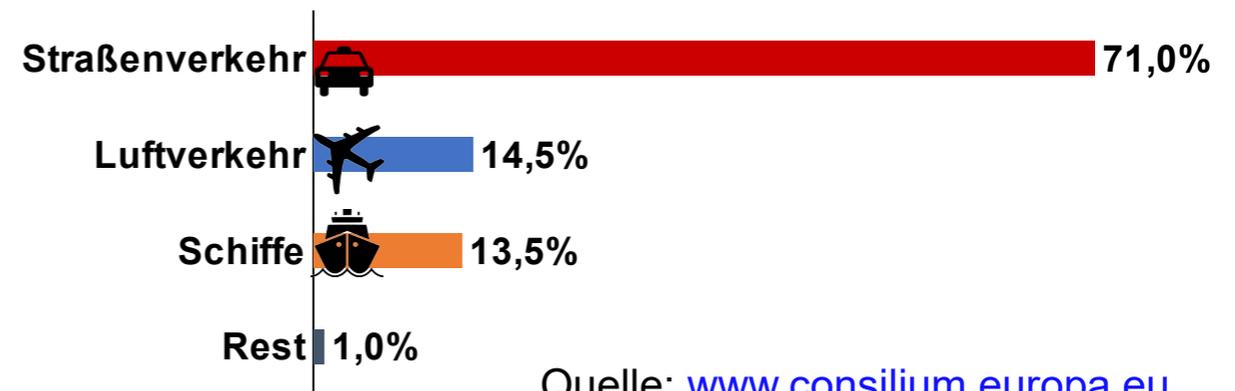
Graz, 15.02.2024

Aktuelle Treibhausgasemissionen

- Erneutes globales Maximum
- Drei Hauptverursacher (2021)
 - Energie ~44%
 - Verkehr ~23%
 - Industrie ~19%
- Verkehr in EU (~25%)
 - 282 Mio. Fahrzeuge
 - PKW: 97,5% Verbrenner
 - (Quelle: www.acea.auto)
- → CO₂ vom Emittenten für **E-Fuels**



Quelle: www.iea.org



Quelle: www.consilium.europa.eu

Einsatzmöglichkeiten



In aktueller
Flotte



Hohe
Energiedichte



Bau-, Land-,
Forstwirtschaft



Energie-
speicher



Bestehende
Infrastruktur



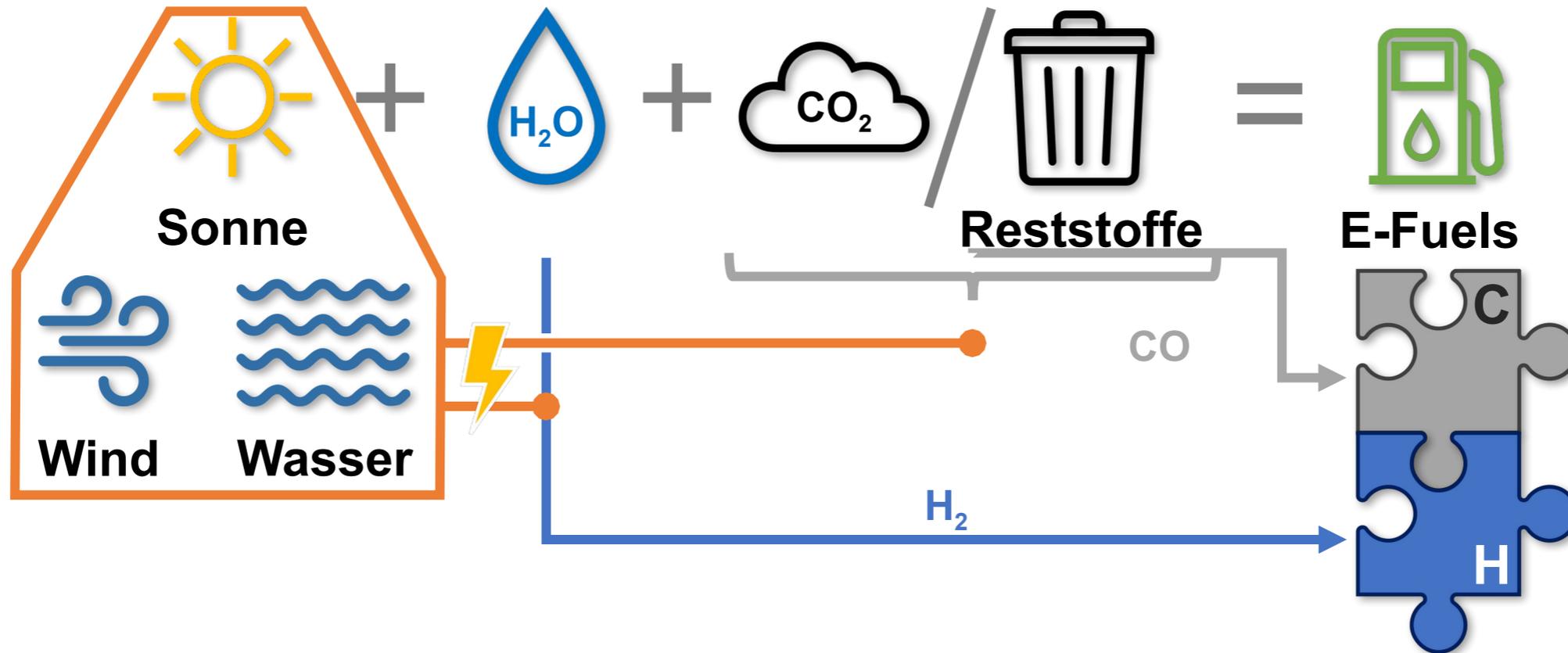
Flug- und Schiff-,
Schwerlastverkehr



Rohölersatz in
chemischer Industrie

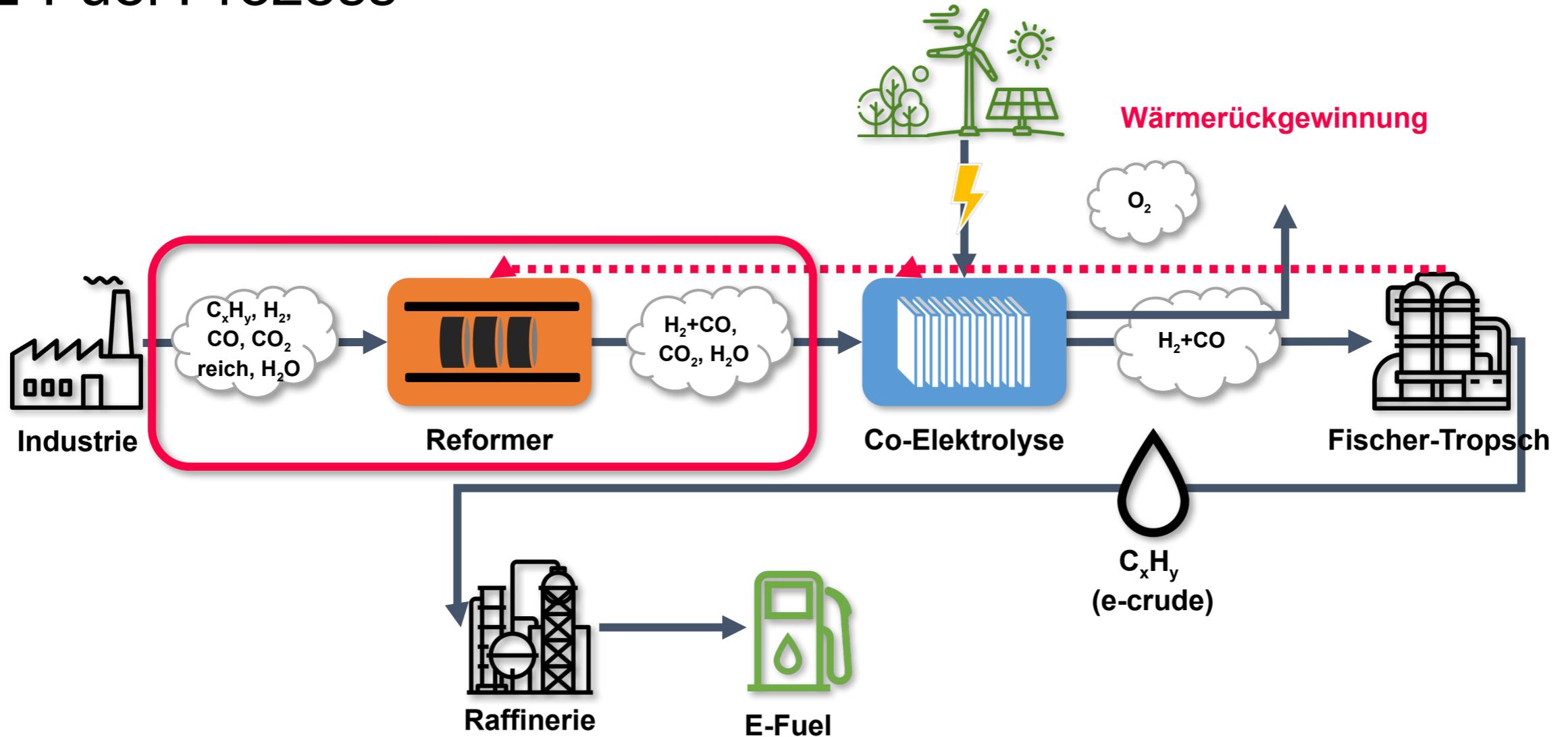
Definition

- E-Fuel (*Electro-based* oder *electro fuel*) – Konzept

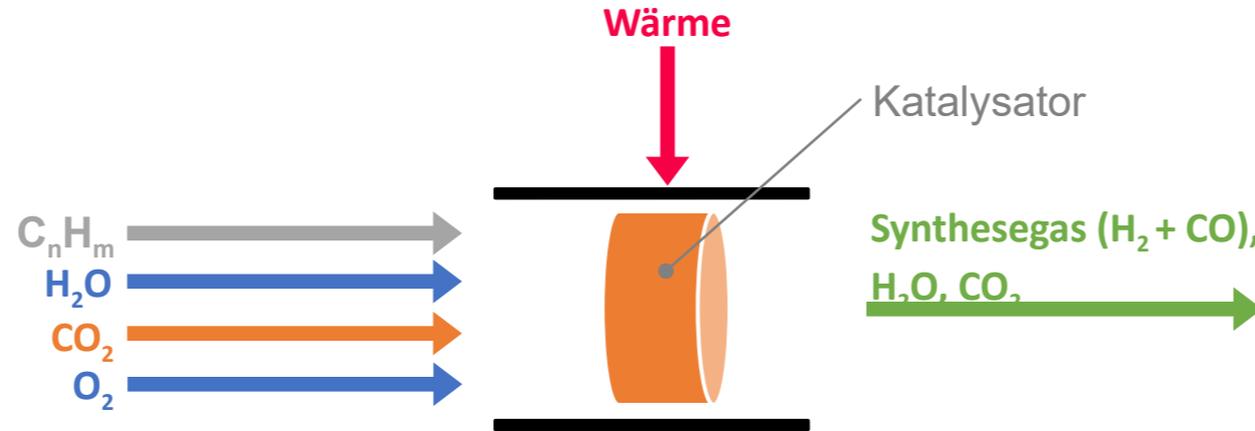


- = klimaneutrale Kraftstoffe \rightarrow CO_2 Aufnahme = CO_2 Ausstoß

E-Fuel Prozess



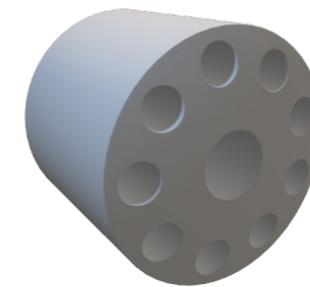
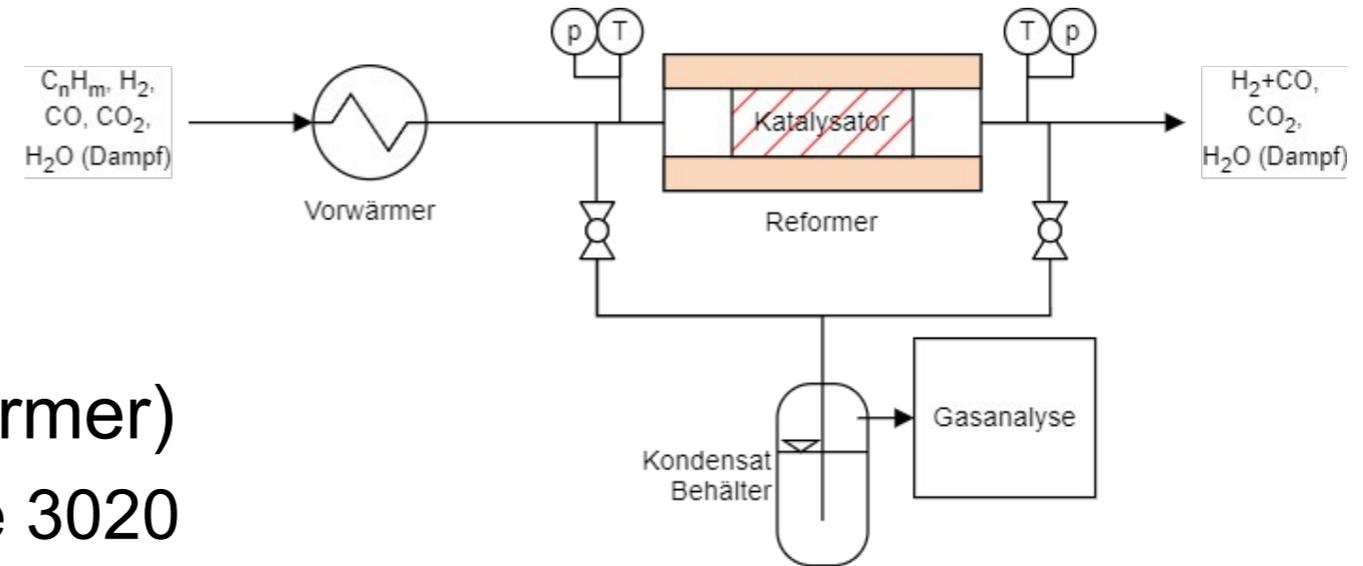
Funktionsprinzip der Reformierung



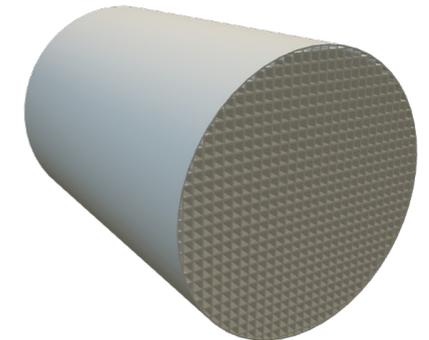
- Dampfreformierung: $C_n H_m + n H_2 O \rightleftharpoons \left(n + \frac{m}{2}\right) H_2 + n CO$
 - Trockenreformierung: $C_n H_m + n CO_2 \rightleftharpoons \frac{m}{2} H_2 + 2n CO$
 - Partielle Oxidation: $C_n H_m + \frac{n}{2} O_2 \rightleftharpoons \frac{m}{2} H_2 + n CO$
 - Wassergas Shift Reaktion $CO + H_2 O \rightleftharpoons H_2 + CO_2$
- } Bi-Reformierung
 } Auto-Reformierung
 } Tri-Reformierung

Reformerprüfstand am IWT

- Betrieb mit unterschiedlichen Gasen
- Gasanalyse (vor und nach Reformer)
 - Gasanalysator – ABB Easy Line 3020
 - Flammenionisationsdetektor (FID) – Testa
- Integration unterschiedlicher Katalysatortypen



Katalysatorpellet

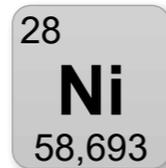


Honigwabenkatalysator

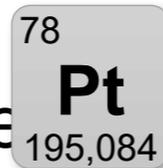
Reformerversuche

- Gasgemisch
 - CH_4 , C_3H_8 , C_4H_{10}
 - CO , CO_2
 - H_2O (Dampf), H_2

- Katalysator:

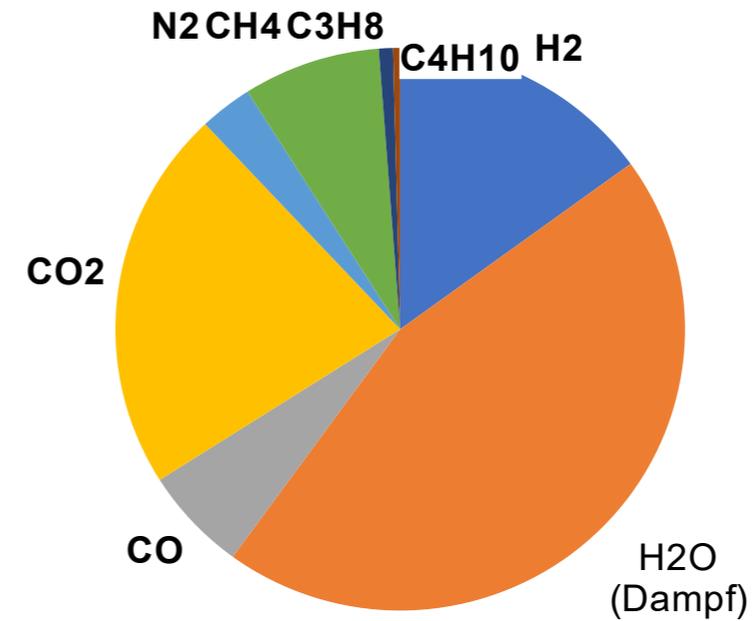


oder



- Durchfluss: $\text{GHSV} = 5.000 - 15.000 \text{ h}^{-1}$

- Betriebstemperaturen: $500 - 700^\circ\text{C}$



Gas hourly space velocity:

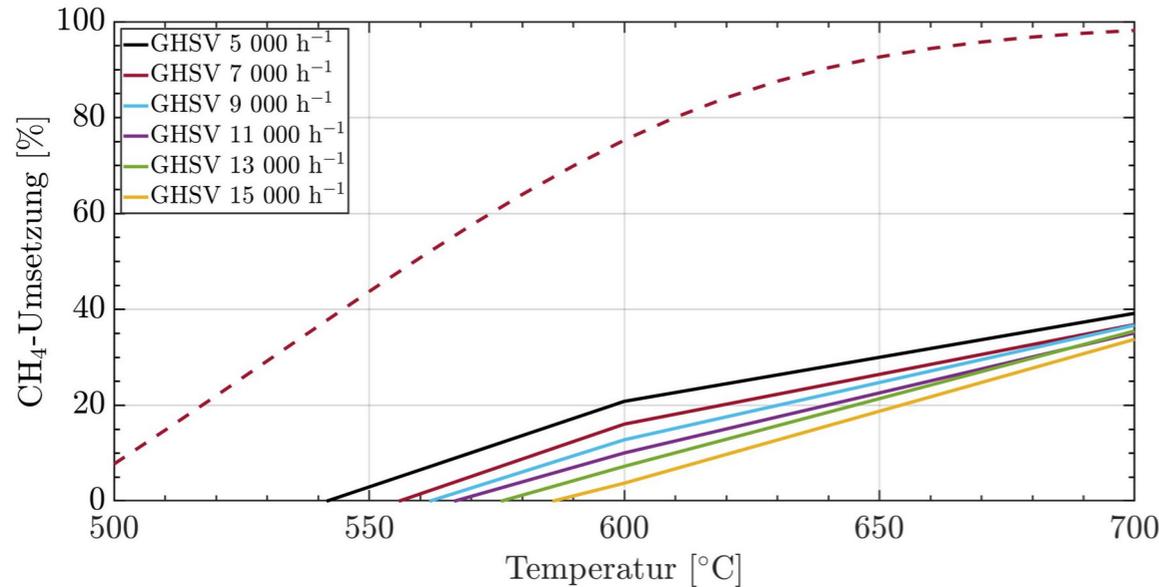
$$\text{GHSV} = \frac{\dot{V}}{V_{cat}}$$

Ergebnisse – Methanumsetzung

$$x_{CH_4} = \frac{\dot{n}_{CH_4, Ein} - \dot{n}_{CH_4, Aus}}{\dot{n}_{CH_4, Ein}} \cdot 100 \%$$

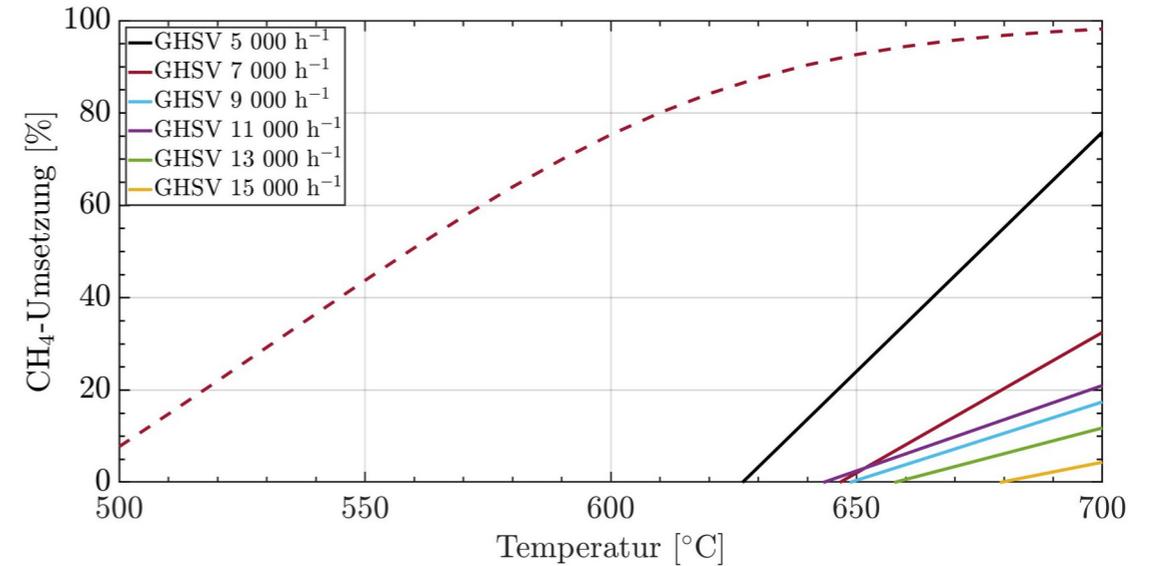


■ Nickel-Katalysator



- $T \uparrow \rightarrow CH_4\text{-Umsetzung} \uparrow$
- $GHSV \uparrow \rightarrow CH_4\text{-Umsetzung} \downarrow$

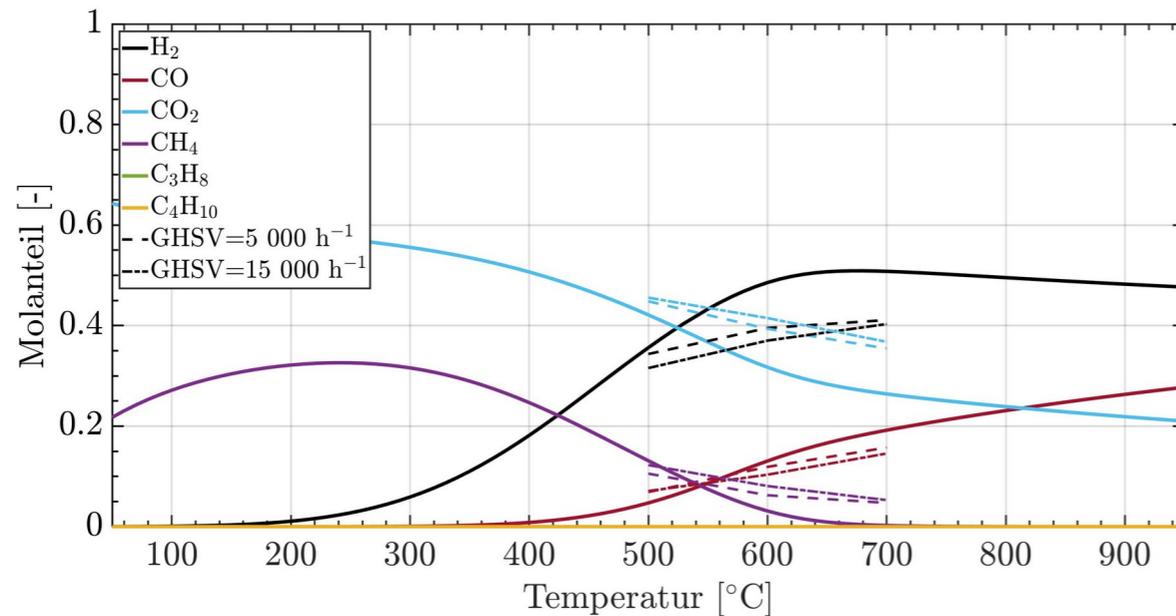
■ Platin-Katalysator



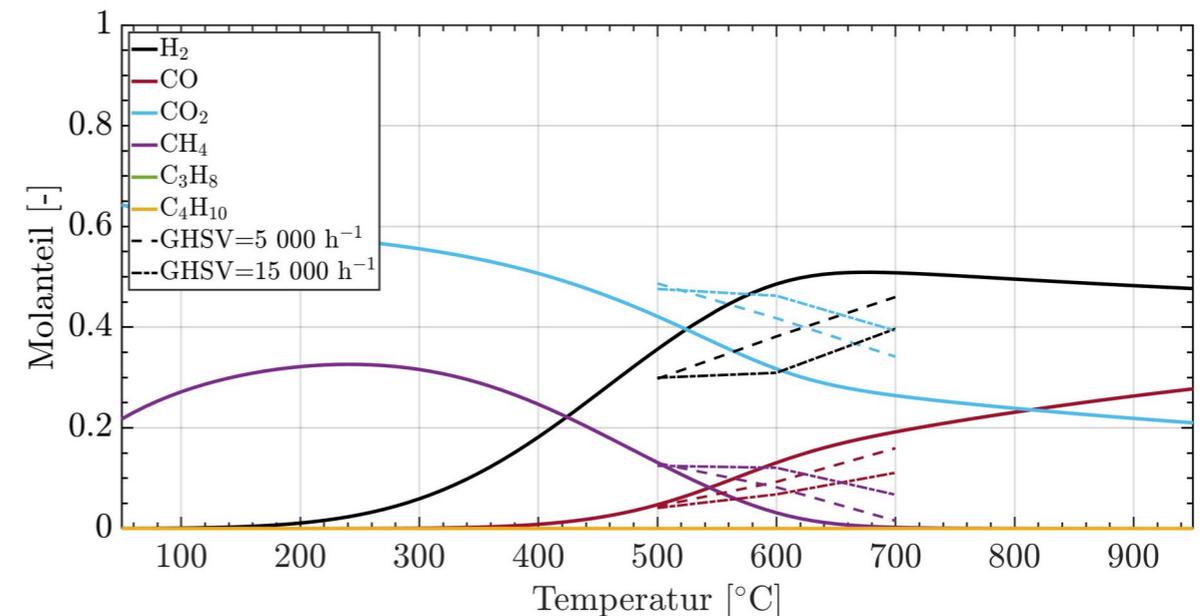
- $T \uparrow \rightarrow CH_4\text{-Umsetzung} \uparrow \uparrow$
- $GHSV \uparrow \rightarrow CH_4\text{-Umsetzung} \downarrow \downarrow$

Ergebnisse – Realer vs. idealer Betrieb

■ Nickel-Katalysator



■ Platin-Katalysator

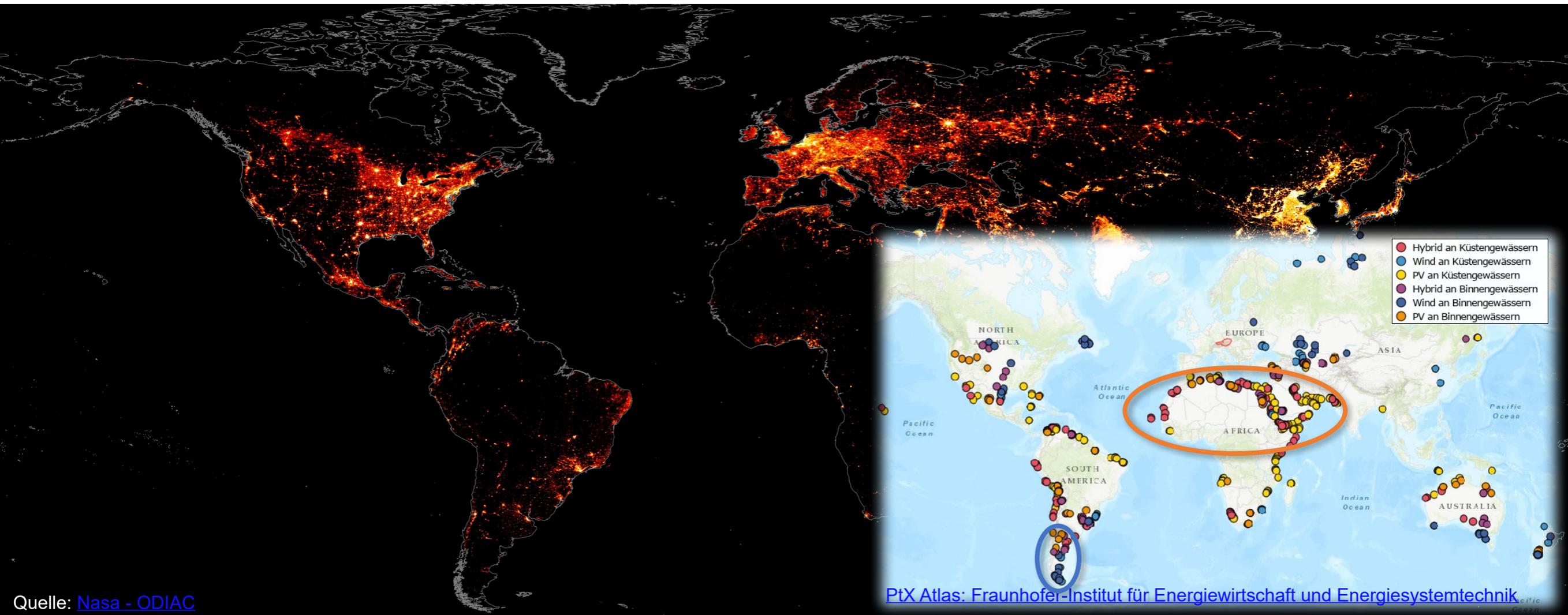


- $\text{GHSV} \uparrow \rightarrow$ Zusammensetzung entfernt sich vom Gleichgewicht
- Kaum Trockenreformierung

Fazit

- Bi-Reformierung ermöglicht die Verwertung kohlenwasserstoffhaltiger industrieller Abgase im E-Fuel Prozess und kann zur Reduktion der totalen CO₂-Emissionen beitragen
- Eine weitere Optimierung der Betriebsparameter ist bei zukünftigen Untersuchungen möglich
- Bi-Reformierung kann wesentlicher **Bestandteil der Defossilisierung** des Verkehrssektors sein

Wo werden E-Fuels zukünftig produziert?



PtX Atlas: Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik

Quelle: [Nasa - ODIAC](#)

A large, faded, white line-art illustration of the TU Graz building, showing its distinctive domes and classical architectural elements, serving as a background for the slide.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Graz, 15.02.2024