

# Grüngas-Kongress 2024

Grüne Wasserstoffproduktion und Kreislaufführung von erneuerbaren Gasen im industriellen Umfeld

St. Pölten, 4. Dezember 2024

DI Nikolaus Rauch, BSc



grüngas24 kongress

Coordinated by



Financially supported by

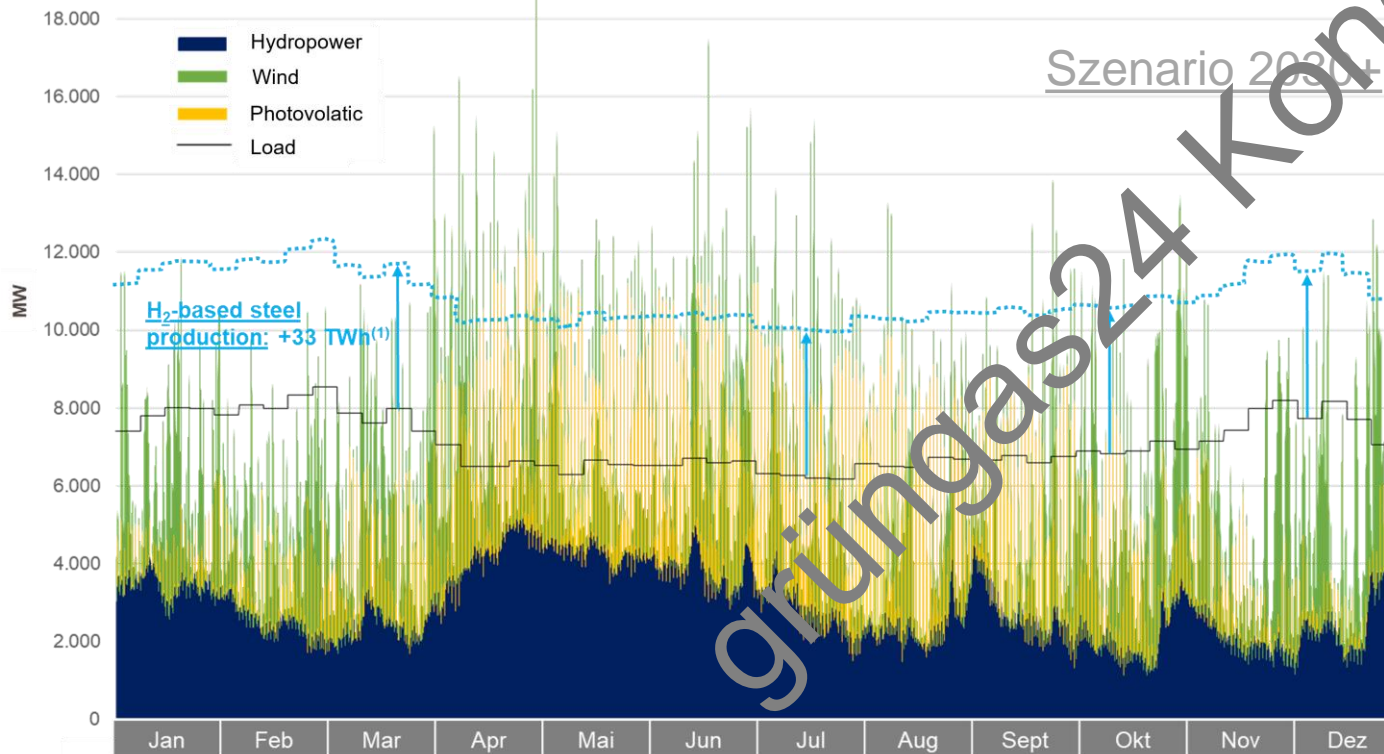
- Federal Ministry Republic of Austria Labour and Economy
- Federal Ministry Republic of Austria Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology



# CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Verwertung - CCU

## Motivation

Die direkte Vermeidung von CO<sub>2</sub> ist die effizienteste Dekarbonisierungsmaßnahme.



[Christiner, Die zentrale Bedeutung der Netze beim Umbau des Energiesystems, Presentation at the renewable energy conference, Klagenfurt (AT), 2017]

- **Überschussenergie** in Österreich
- Starke **saisonale Schwankungen**
- **Unvermeidbare** CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Produktion von **speicherbaren Produkten**
- **Sektor Kopplung** (überbetriebliche Vernetzung der Energiewirtschaft und der energieintensiven Industrie)

### Projektziele

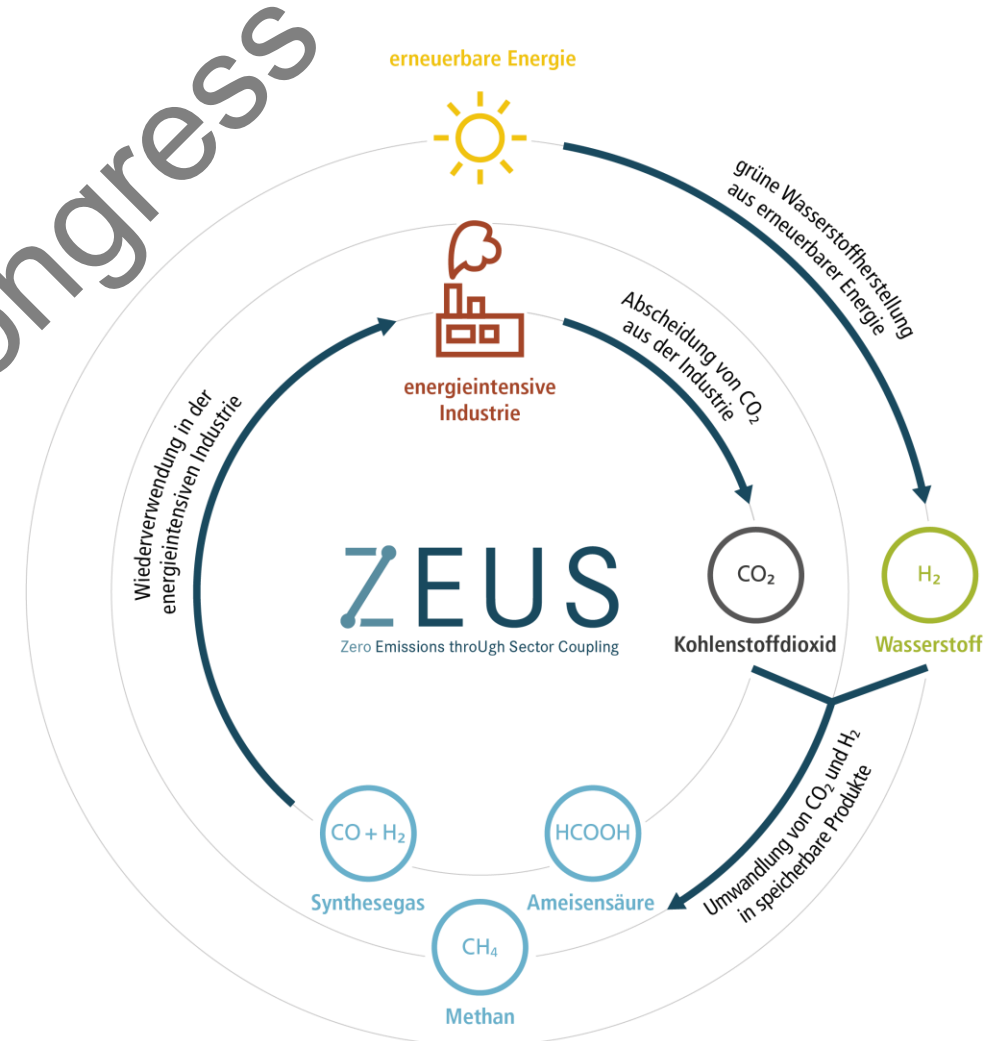
- Klimaneutrale Prozessketten (TRL > 6)
- Demonstration von Sektorkopplung

Kosten: 16.7 M€

Förderung: 7.6 M€

Fördergeber: Klima und Energiefonds

Dauer: 10/2023-09/2027 (4 Jahre)

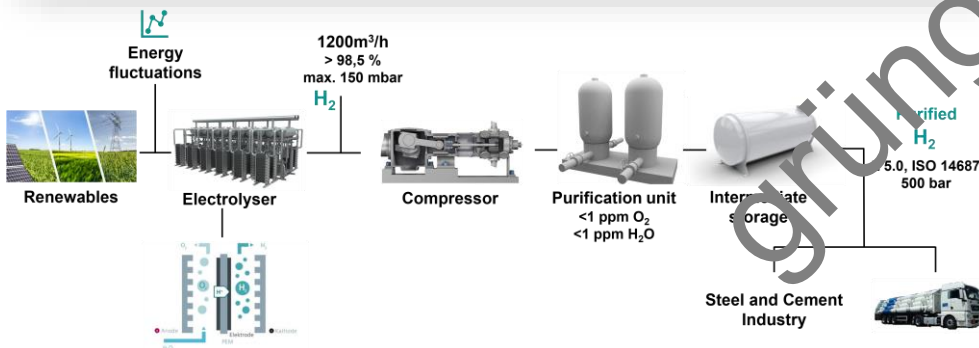




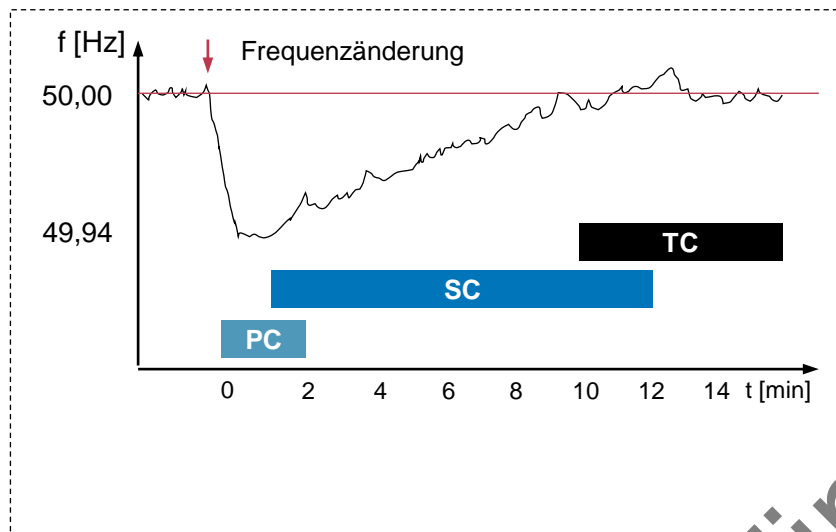


### Grüner Wasserstoff

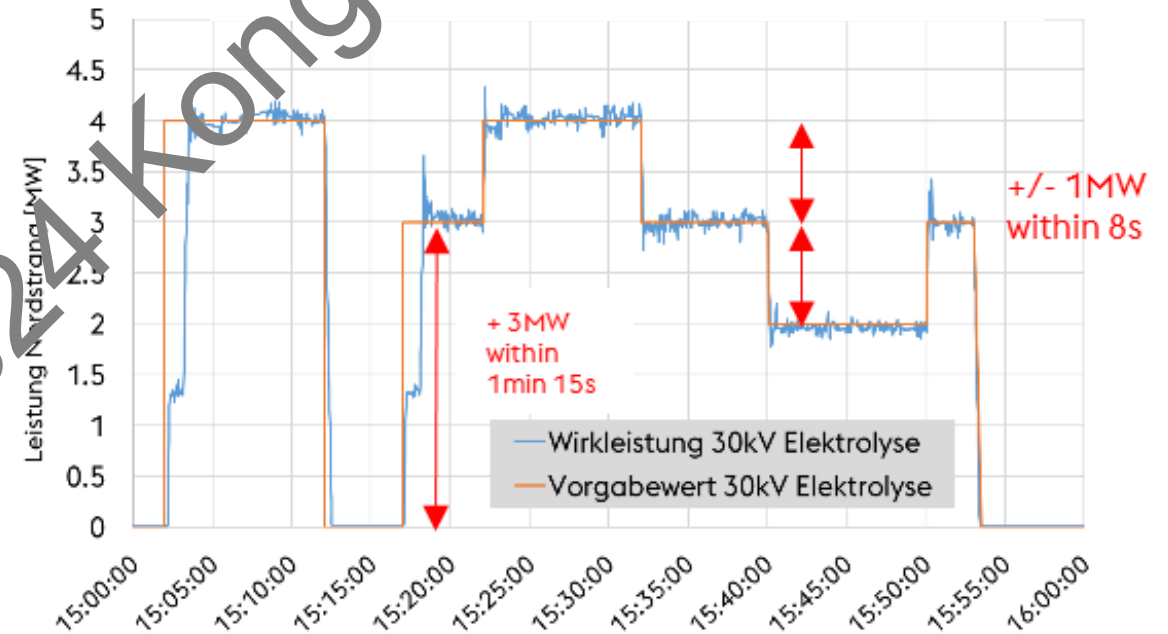
- 6 MW PEM, 1200 Nm<sup>3</sup>/h H<sub>2</sub>
- Aufreinigung zu **Wasserstoff 5.0**,  
Hochdruckverdichtung und Abfüllung (Q2/26)
- Einsatz für **CCU-Technologien** und direkte Eindüsung  
im Hochofen
- **Sektorkopplung durch netzdienlichen Betrieb**
- **Minimierung H<sub>2</sub>-Erzeugungskosten**



### Netzschwankungen

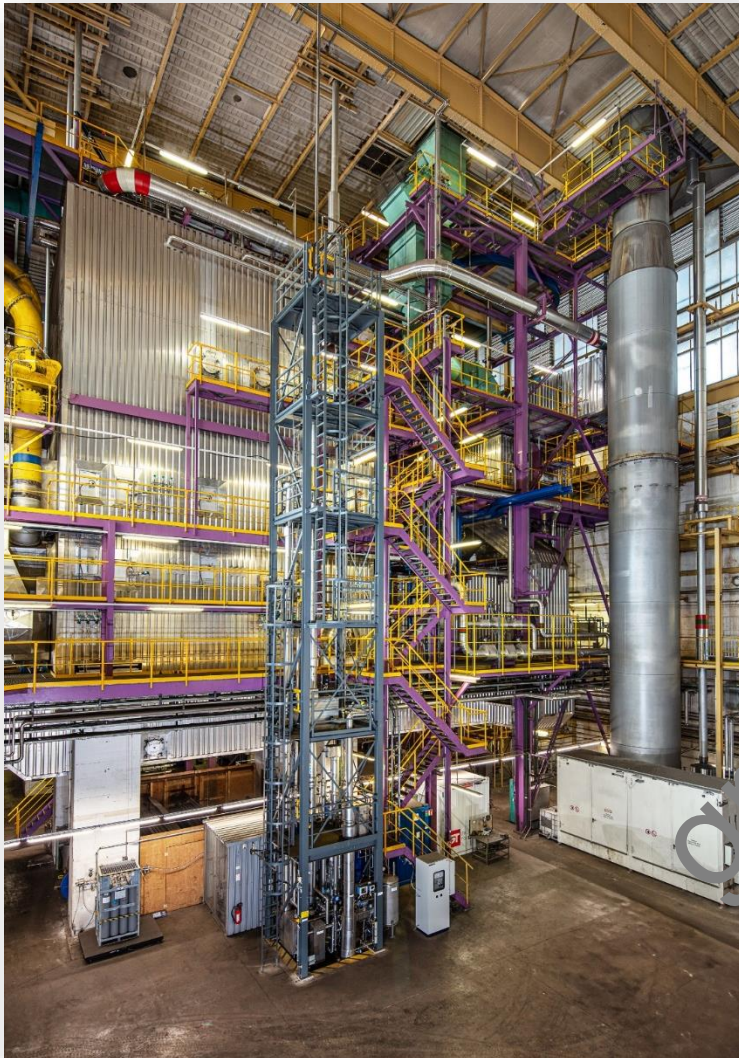


### Dynamische Fahrweise PEM Elektrolyse



- Primary Control (PC) ... Maßnahme innerhalb 30 Sek.
- Secondary Control (SC) ... Maßnahme innerhalb 5 Min.
- Tertiary Control (TC) ... Maßnahme innerhalb 10 Min.

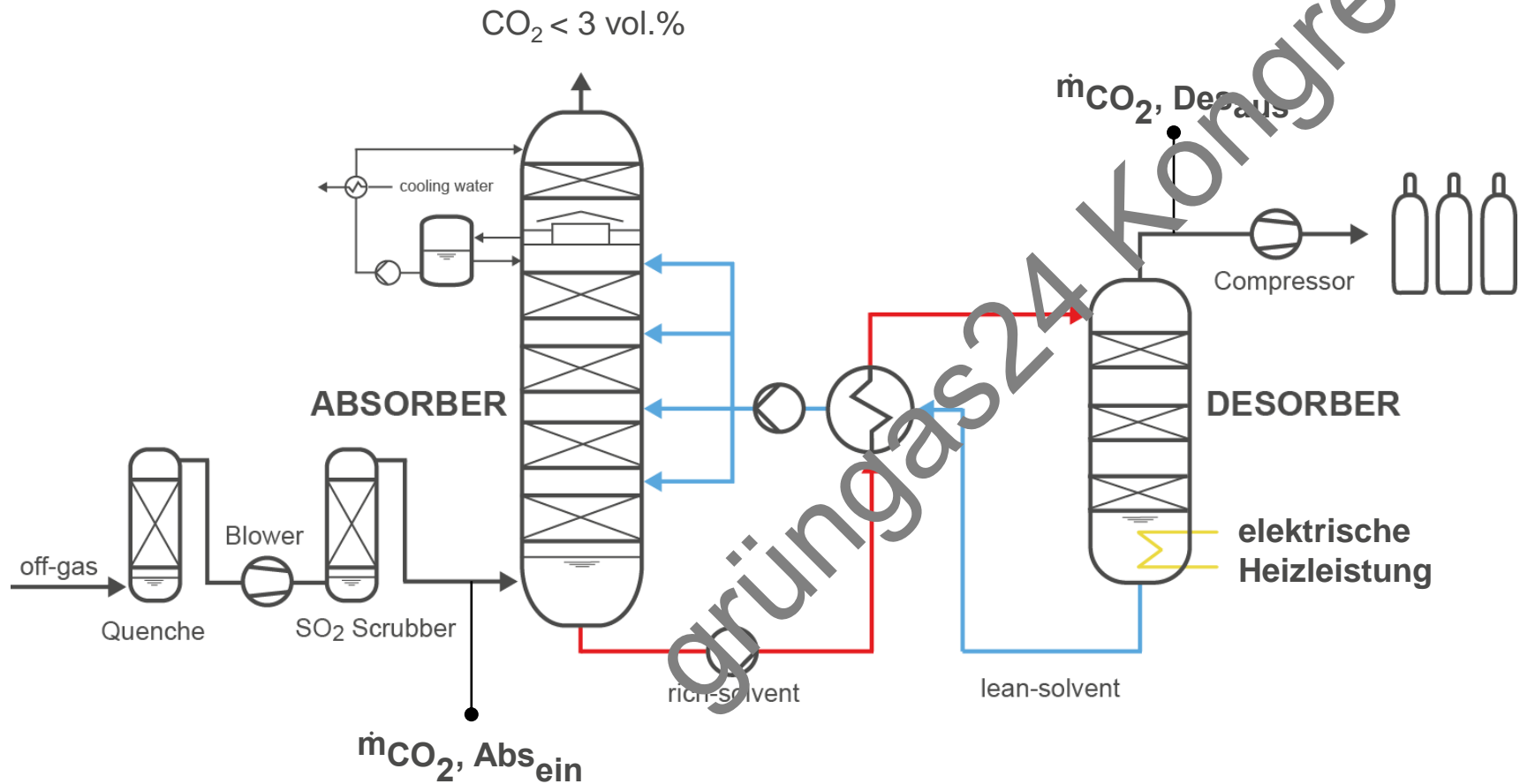




## Aminwäsche

- Inbetriebnahme Q1/23 **Kraftwerk voestalpine Linz**  
(C-CED projekt, <https://www.wiva.at/project/c-ced/?lang=en>)
- Kraftwerksabgas **20-28 vol% CO<sub>2</sub>**
- **800 kg CO<sub>2</sub>/Tag** Abscheideleistung
- **Hohe Trennleistung > 98%** möglich
- **Prozessoptimierung** (Trennleistung vs. Energieeintrag)
- **CCU-Prozesskette** (z.B. Methanisierung, CO<sub>2</sub>-Elektrolyse)





### Trenneffizienz

$$\eta [\%] = \frac{\dot{m}_{\text{CO}_2, \text{Des}_{\text{aus}}}}{\dot{m}_{\text{CO}_2, \text{Abs}_{\text{ein}}}} * 100\%$$

### Spez. Regenerationsenergie

$$e \left[ \frac{\text{GJ}}{\text{t CO}_2} \right] = \frac{\text{Heizleistung Des}}{\dot{m}_{\text{CO}_2, \text{Des}_{\text{aus}}}}$$

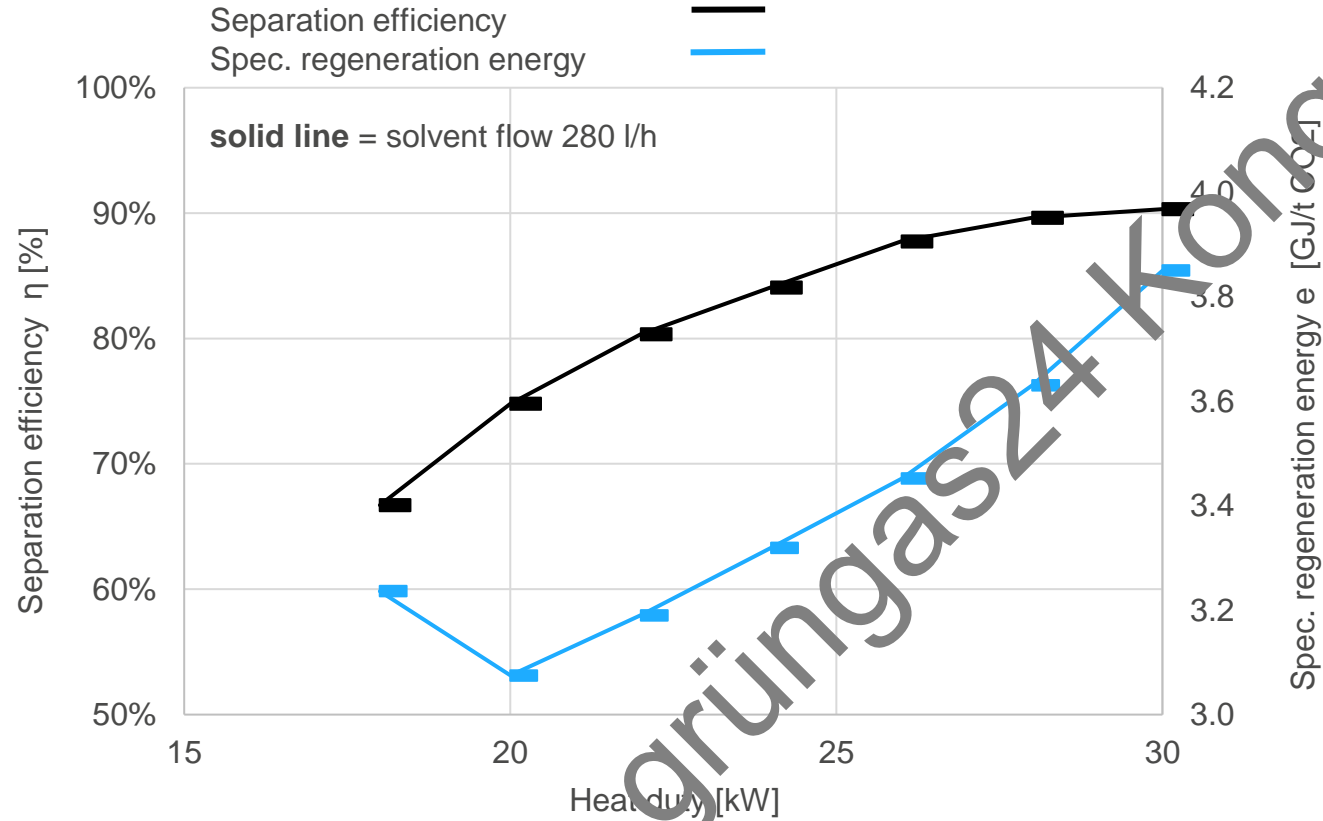
| CO <sub>2</sub> Rauchgas | Durchfluss Rauchgas     | Waschmittel      | Liquid to Gas ratio (L/G) | Elektr. Reboiler | Desorber Druck | Absorber IN/OUT Temp. |
|--------------------------|-------------------------|------------------|---------------------------|------------------|----------------|-----------------------|
| 20 – 28 vol%             | 50-90 m <sup>3</sup> /h | MEA*<br>aMDEA ** | 3-7 l/m <sup>3</sup>      | 15-30 kW         | 1.6 – 3 bara   | 30-45°C               |

\*MEA: Monoethanolamin (C<sub>2</sub>H<sub>7</sub>NO + H<sub>2</sub>O)

\*\*aMDEA: aktiviertes Methyldiethanolamin (C<sub>5</sub>H<sub>13</sub>NO<sub>2</sub> + C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>N<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O)

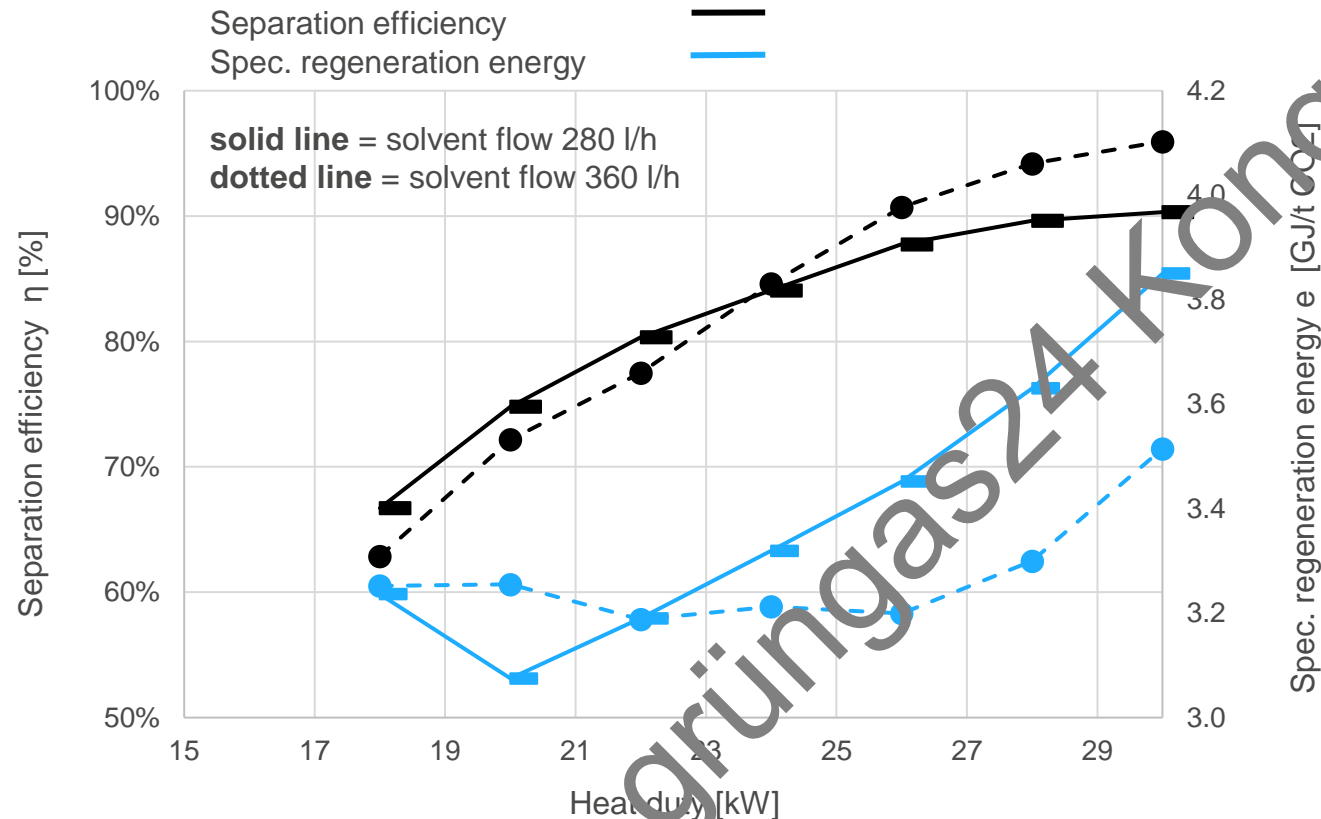
### Aminwäsche

- Parameter zur **Reduzierung des Energieeintrags** optimieren
- **Prozessverschaltung** mit CO<sub>2</sub>-Verwertung → Gas Qualität Methanisierung, CO<sub>2</sub>-Elektrolyse
- **Prozessstabilität** untersucht → **konstante** Abscheiderate, Energieverbrauch und Waschmittelverluste



### Ergebnisse (70 m<sup>3</sup>/h Rauchgas)

- **Kompromiss** „Separation efficiency vs. Heat duty“
- **Nicht-linearer Prozess**



### Höherer „solvent flow“

- Hohe Trenneffizienz (90%) und niedrige Regenerationsenergie (3.2 GJ/t CO<sub>2</sub>)
- Potential **Prozessoptimierung**
  - Druck Desorber
  - Rauchgasmenge
  - Lösungsmittel



### CO<sub>2</sub>-Verflüssigung

- 1. Verdichter → **16 bar**
- 2. Verdichter → **70 bar**
- Entfeuchtung
- Partikelfilter
- Durchsatz ≈ **15 Nm<sup>3</sup>/h – 700 kg CO<sub>2</sub>/Tag**
- **99 vol.% CO<sub>2</sub>**

### Analyse CO<sub>2</sub>-Produktgas

| Komponente                 | Wert | Einheit |
|----------------------------|------|---------|
| Methan                     | <1   | ppm     |
| Kohlenstoffmonoxid         | <1   | ppm     |
| C2-C6 Alkane               | <1   | ppm     |
| Sauerstoff                 | 40   | ppm     |
| Stickstoff                 | 167  | ppm     |
| Kohlenstoffdioxid          | 99.7 | Vol. %  |
| Feuchte (H <sub>2</sub> O) | 0.7  | Vol. %  |
| Schwefel                   | <1   | ppm     |
| Amine                      | <1   | ppm     |

Table 3-1 Examples of CO<sub>2</sub> composition and specification for supply to CO<sub>2</sub>-EOR.

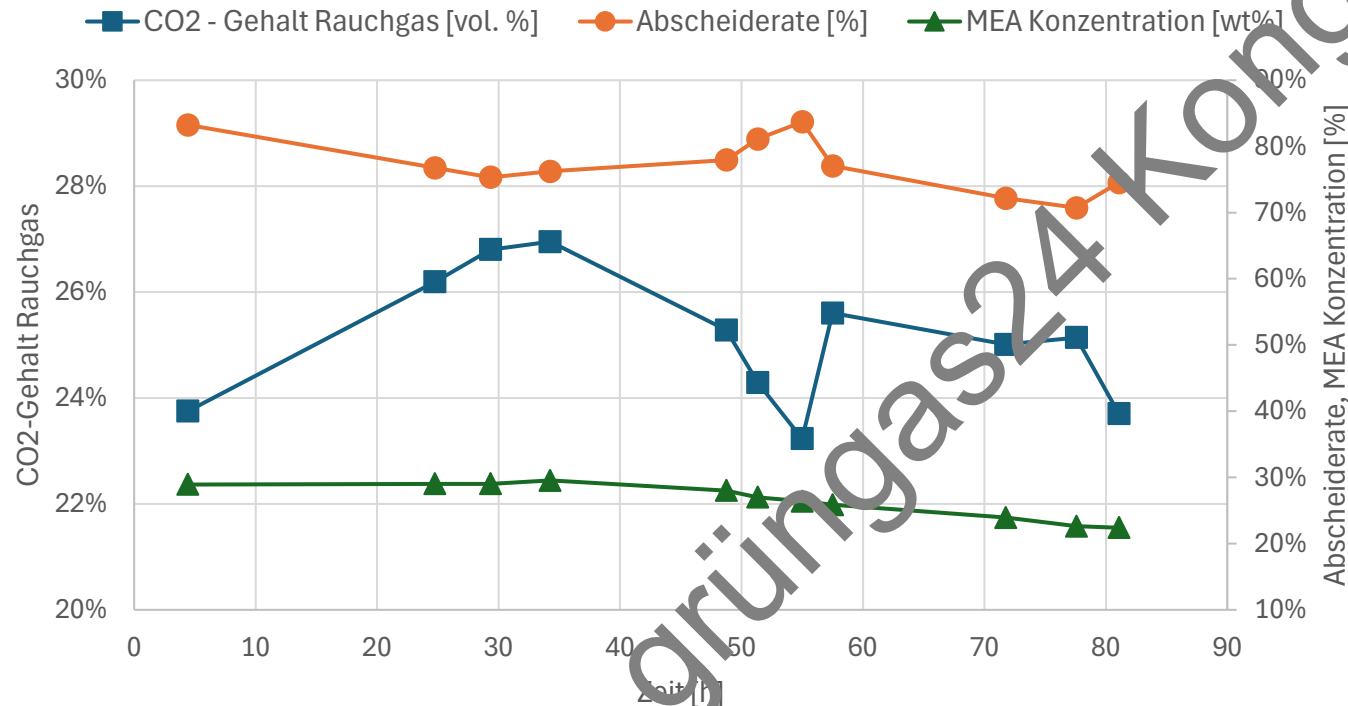
| Component                                  | Weyburn Field supply typical composition | Kinder-Morgan specification                              | Kinder-Morgan reason for specification  |
|--|--|--|---|
| Product, carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) | 96% v/v                                  | ≥ 95 %   | To maintain dense phase   |
| Water (H <sub>2</sub> O)                   | 20 ppmv                                  | No free water; < 30 lbs/MMcf (< 630 ppm) in vapour phase | To avoid corrosion  |
| Hydrogen sulphide (H <sub>2</sub> S)       | 0.9% v/v                                 | 10-200 ppm (2006) ≤ 20 ppmv (2018)                       | Health and safety considerations  |
| Total sulphur (S)                          |  | ≤ 35 ppm w/w (2018)                                      | Foul odour in product   |
| Methane (CH <sub>4</sub> )                 | 0.7% v/v                                 | (Included in hydrocarbons)                               |   |
| Hydrocarbons                               | 2.3% v/v (C <sub>2</sub> +)              | ≤ 5%, and Dew point no more than -20°F (-29°C)           | To maintain dense phase of product  |
| Carbon monoxide (CO)                       | 0.1% v/v                                 | (Not specified)  |   |
| Nitrogen (N <sub>2</sub> )                 | < 300 ppmv                               | ≤ 4 %  | To maintain dense phase of product  |
| Oxygen (O <sub>2</sub> )                   | < 50 ppmv                                | ≤ 10 ppm w/w   | Catalyst for other internal corrosion components. H <sub>2</sub> S and O <sub>2</sub> form elemental sulfur in EOR piping |
| Temperature                                | (Not specified)                          | ≤ 50°C   | To protect pipeline external coating  |
| Glycol                                     | (Not specified)                          | Contains no liquid glycol or ≤ 0.3 gal/MMcf              | Glycol damages pump seals.  |

Table notes:  
Weyburn supply composition is "typical composition" rather than specification (UKDTI, 2002).  
Kinder-Morgan values from de Visser and Hendriks (2006) and Havens (2018), dates identified where these differ.  
Water value converted from lbs/MMcf to ppm using factor (x21) from Sciencing website (2019).

CO<sub>2</sub>-Transport/Speicherung erfordert **weitere Reinigungsschritte.**

[https://www.ccusnetwork.eu/sites/default/files/TG3\\_Briefing-CO2-Specifications-for-Transport.pdf](https://www.ccusnetwork.eu/sites/default/files/TG3_Briefing-CO2-Specifications-for-Transport.pdf)

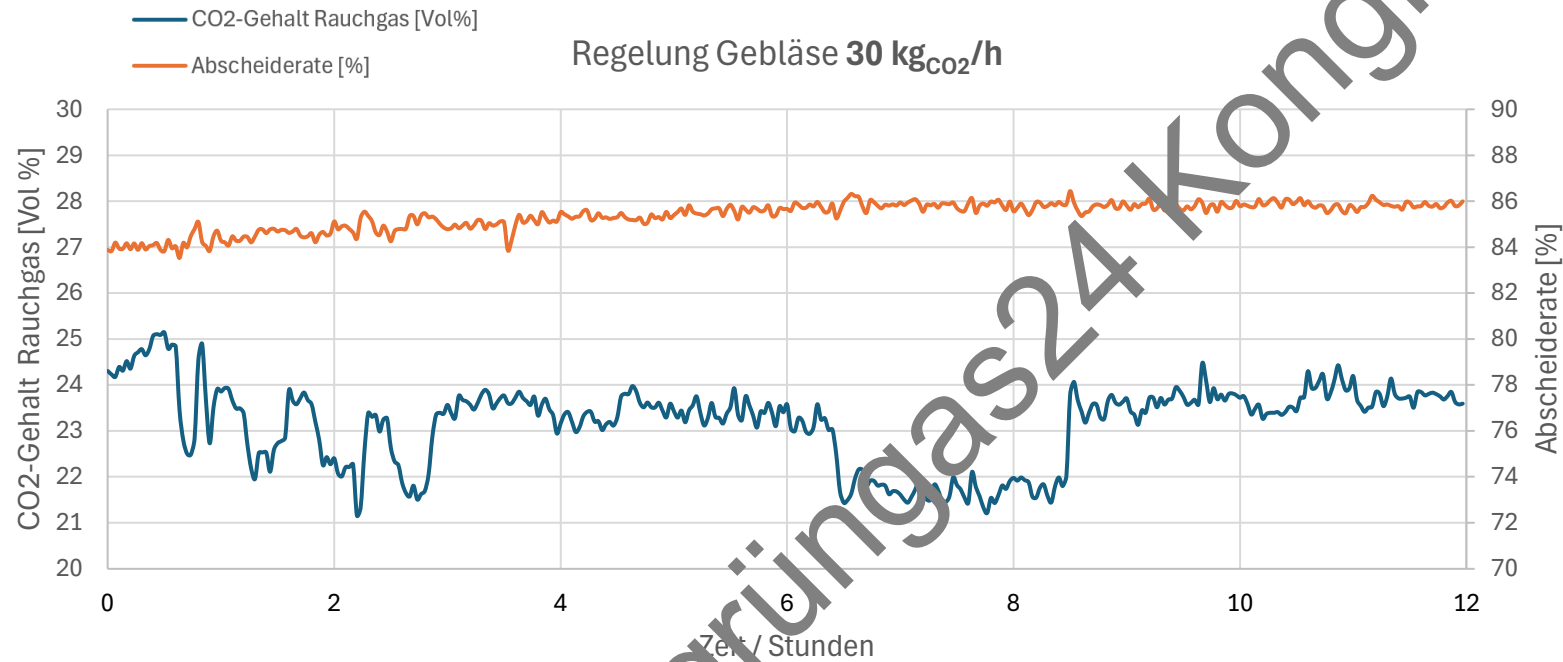
### Waschmittelverluste



### Langzeitversuch (70 m<sup>3</sup>/h Rauchgas)

- Verlust MEA: 2.1L/24h
- CO<sub>2</sub>-Gehalt beeinflusst Abscheiderate

### Prozessstabilität

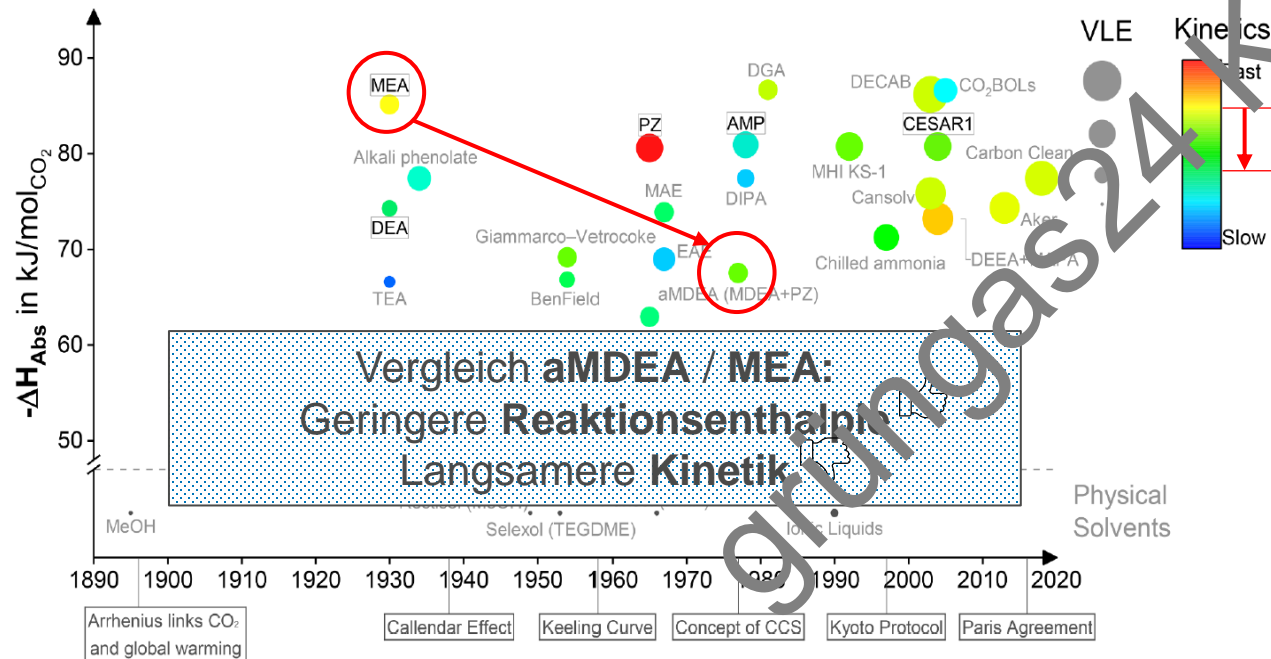


- Konstante Abscheiderate durch modifizierte Gebläse-Regelung



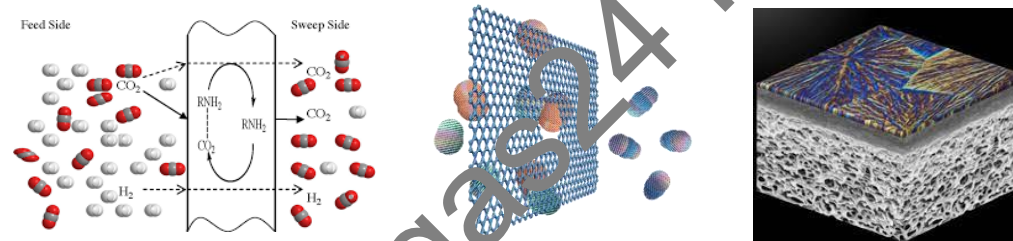
### Waschmitteltausch

Von Monoethanolamin (MEA) zu aktiviertem Methyldiethanolamin (aMDEA)



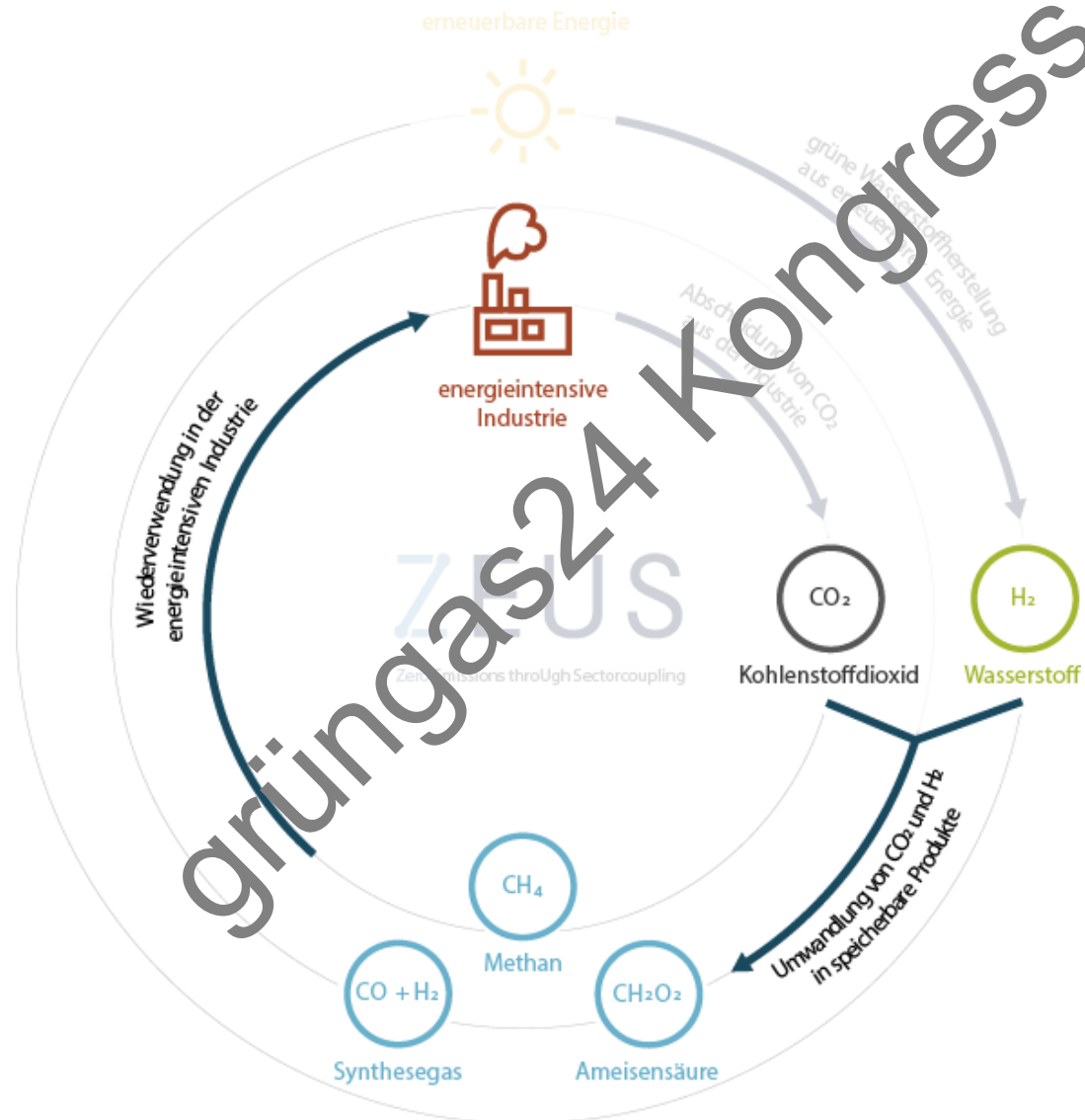
doi.org/10.1016/j.ijggc.2022.103771

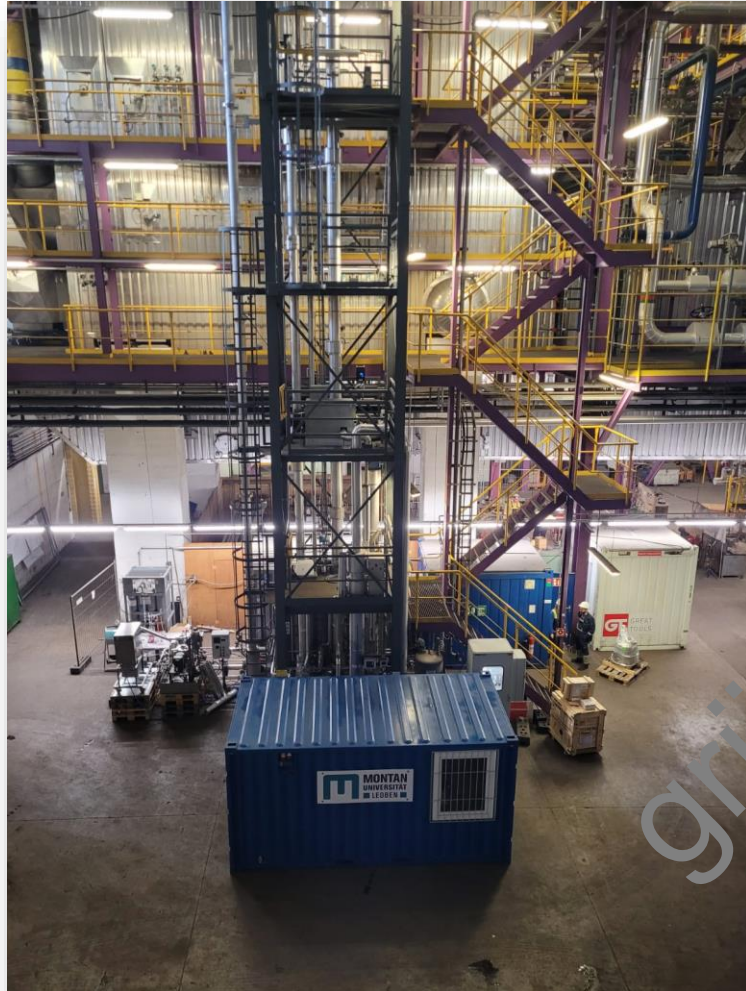
| Trennleistung                | CO <sub>2</sub> Rauchgas | Membrane - Trennprinzip |              |            | Reinheit                        | Verflüssigung/<br>Kompression    |
|------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 500 kg CO <sub>2</sub> / Tag | 13 – 14 vol. %           | „Facilitated Transport“ | Physikalisch | Permeation | 45% (1.Stufe)<br><90% (2.Stufe) | 16 bar/70bar<br>(Flaschenbündel) |



### Membranabscheidung (Q1/25)

- **Pilotanlage** wird in Realbetrieb untersucht (Trennmechanismus, Verfahrensweisen =>  $p, T$ )
- Optimierung elektrischer **Energieeintrag**
- **Prozessintegration** & Anforderung CO<sub>2</sub>-Reinheit für CCU & CCS





## Katalytische Methanisierung (Q3/24)

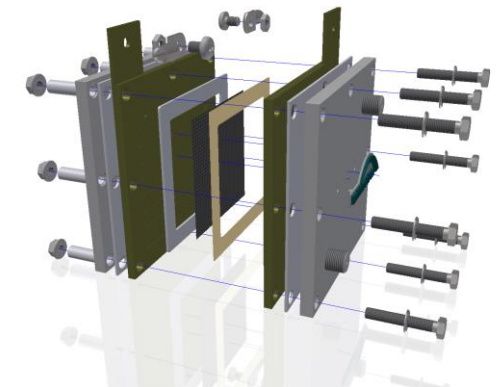
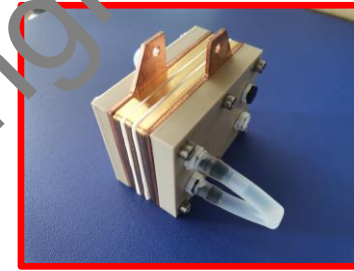
- Umwandlung von **realem CO<sub>2</sub>** und **grünem Wasserstoff** in **synthetisches Methan (SNG)**



- Up-scale** der Pilotanlage auf **100-130 kW** (10-13 Nm<sup>3</sup>/h SNG)
- Dynamischer Betrieb** der **lastflexiblen** Methanisierung (Minuten-Stundenbereich) mit einem **innovativen Reaktorkonzept**
- Erforschung** von „In-house“ **Wabenkatalysatoren** (Stabilität, Gifte) für **langfristigen Betrieb** und **100% Umsatz**
- Verwertung** von SNG in der Stahlindustrie und geschlossener **Kohlenstoffkreislauf** (ÖVGW G B210)

### CO<sub>2</sub>-Elektrolyse (Q3/25)

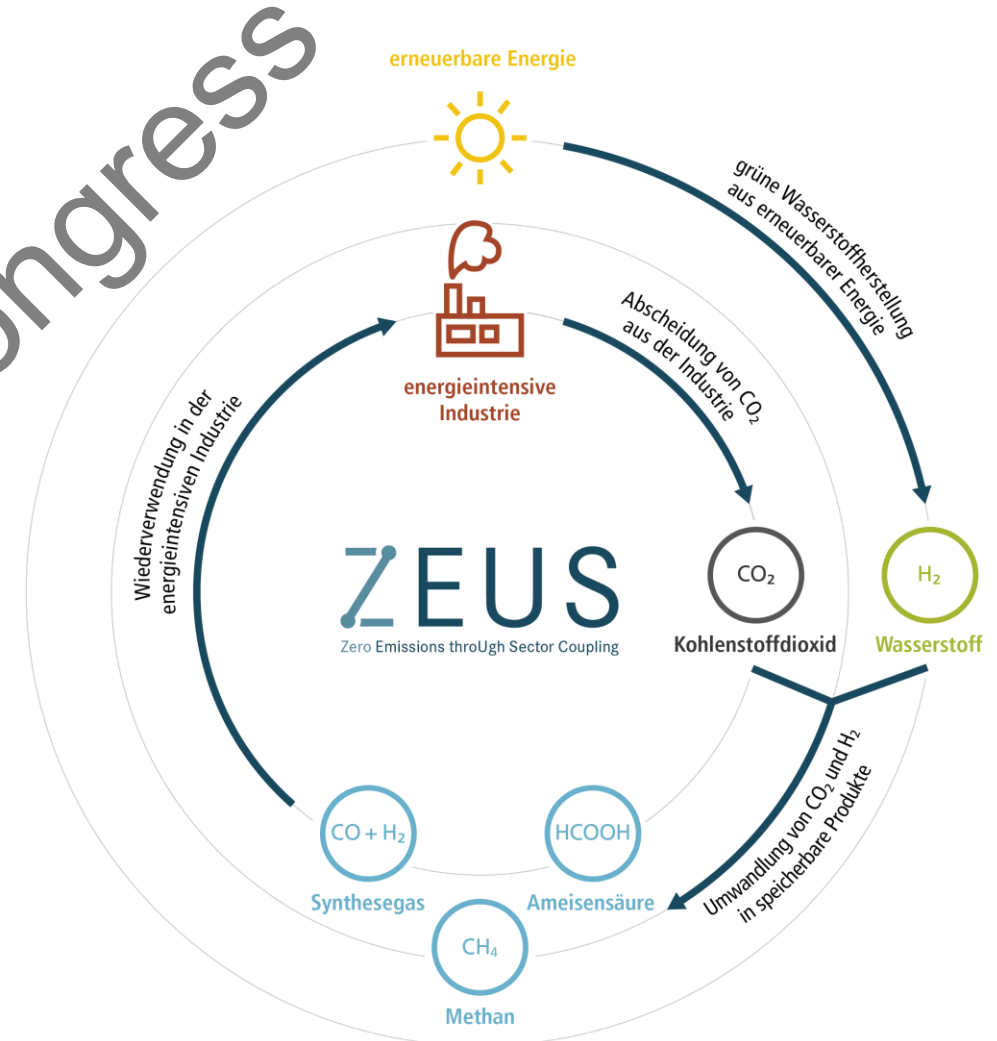
- Erforschung und Demonstration mit Pilotanlagen in der **Stahl- und Zementindustrie** (5 kg/h)
- Umwandlung von realem CO<sub>2</sub> in **Synthesegas** (CO+H<sub>2</sub>) und **Ameisensäure** (CH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)
- Hohe CO<sub>2</sub>-Umsatzraten vs. Selektivitäten, Langzeitstabilität?
- **Scale-up** der Membranfläche und Stapelung zu einem Stack
- **Verwertung** von Synthesegas (Stahlindustrie) und Ameisensäure (chem. Industrie)
- Geschlossener **Kohlenstoffkreislauf**



### Bewertung

- Identifikation der energetisch optimalsten CCU-Prozesskette für weitere **Scale-up** Schritte
- **Technoökonomische Bewertungen** (Mindestpreise für CO<sub>2</sub> Emissionen vs. H<sub>2</sub>-Erzeugungskosten)
- Roll-out Szenarien für die **großtechnische Anwendung** von grünem Wasserstoff und Sektorkopplung
- Rechtliche Rahmenbedingungen (e.g. Klimaneutralität)

grüngas24 Kongress



Vielen Dank!



**DI Nikolaus Rauch, BSc**  
K1-MET GmbH

*Project Manger*  
*Decarbonisation & Sector Coupling*  
[nikolaus.rauch@k1-met.com](mailto:nikolaus.rauch@k1-met.com)