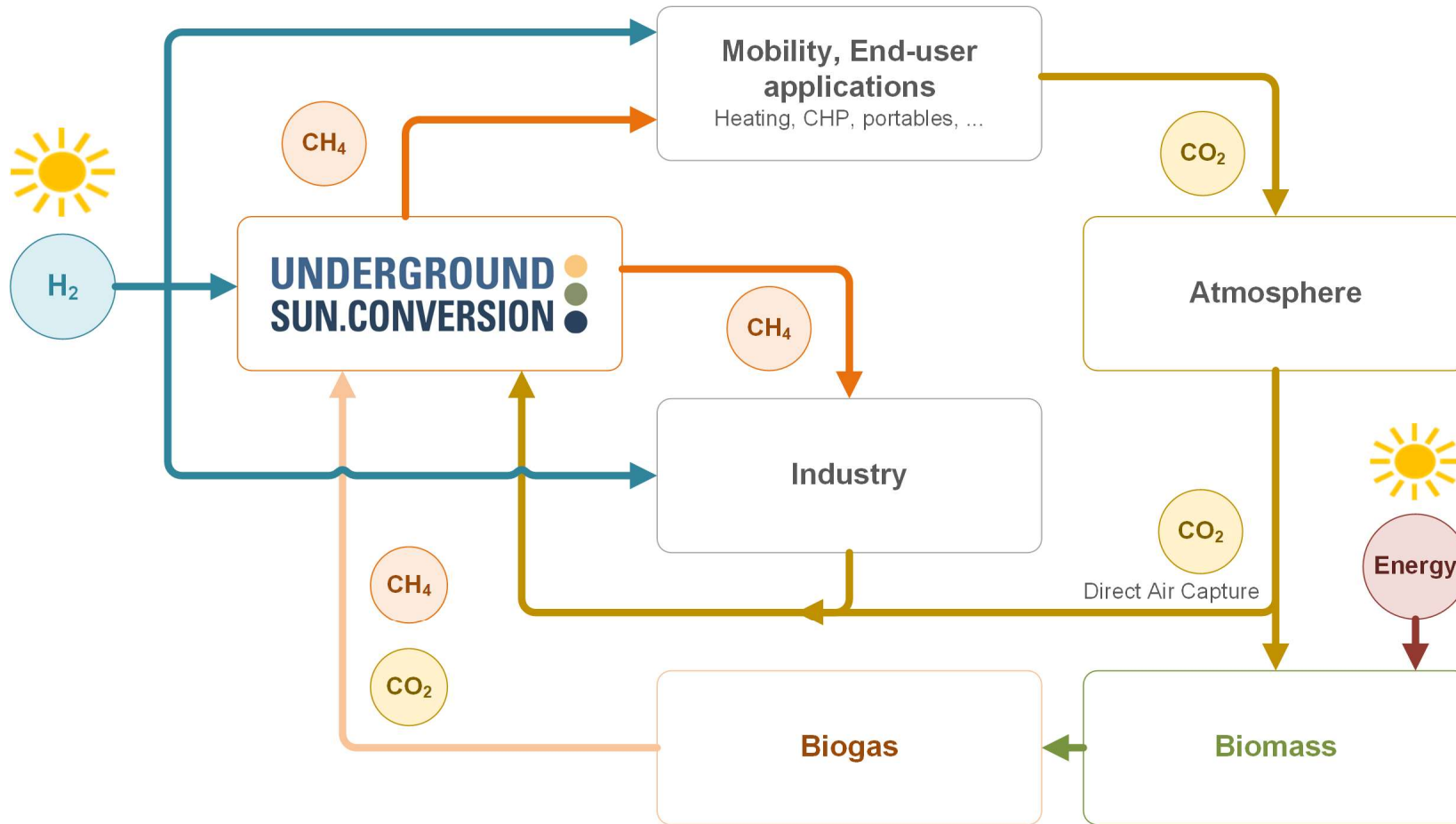
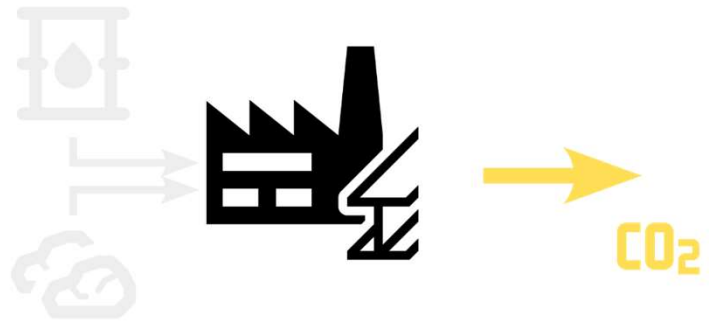


Carbon-Cycle Economy Demonstration



Warum C-Cycle?



Demonstration/Research areas C-CED

- **Carbon Capture**

- Amine scrubbing
- DAC



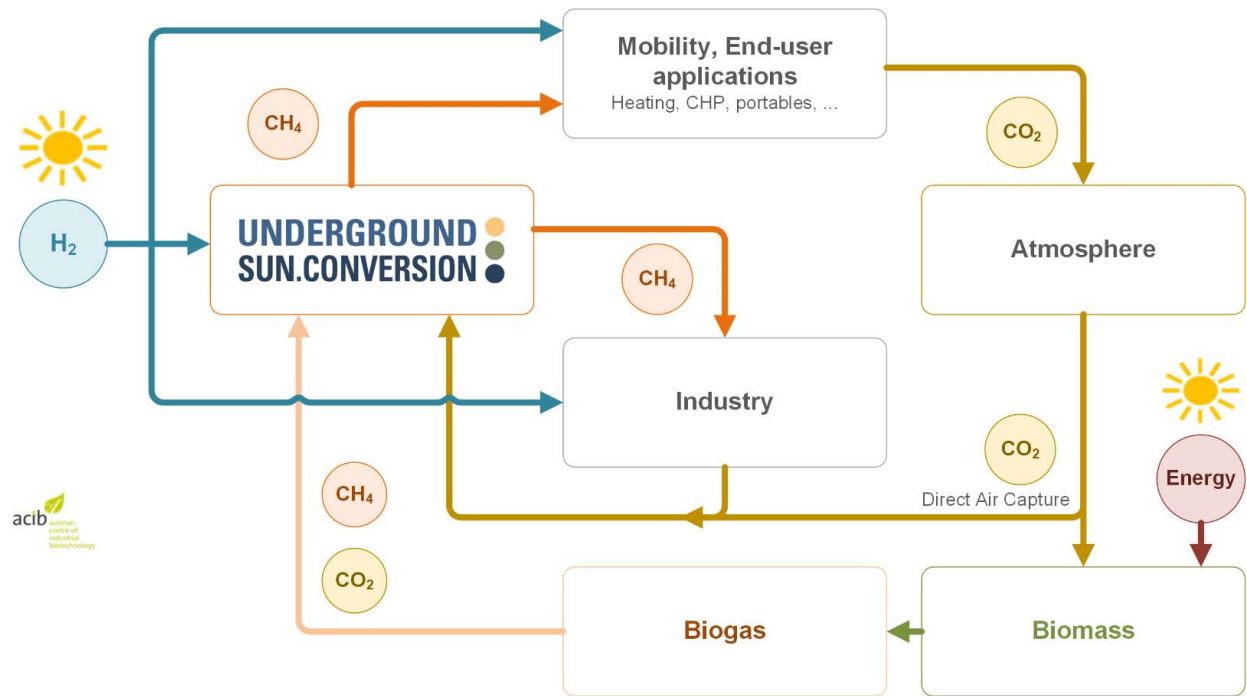
- **Utilization: (Geo-)Methanation**

- Field demonstration
- Lab experiments



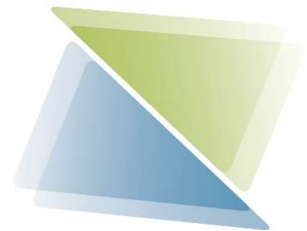
- **Impact assessment**

- Techno-economic
- Legal



Kohlenstoffkreisläufe im klimaneutralen Energiesystem

Hans Böhm



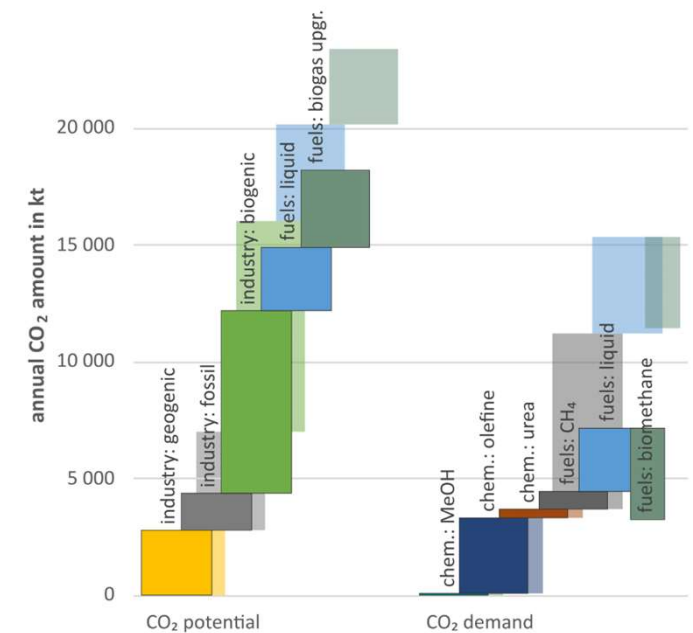
Potenzial und Bedarf für CCU in Österreich

Auch im klimaneutralen Energiesystem wird **zukünftig CO₂** anfallen, vor allem aus ...

- ... Industrie- und Energiesektor
- ... klimaneutralen Brennstoffen

Parallel dazu besteht auch weiterhin ein **Bedarf an Kohlenstoff** in Produkten für ...

- ... chemische Grundstoffe
- ... klimaneutrale Brenn- & Rohstoffe
- (... wenn auch nicht zwingend über Synthese)



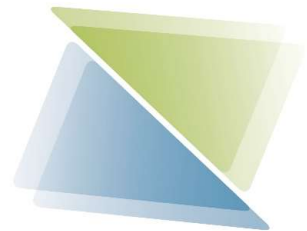
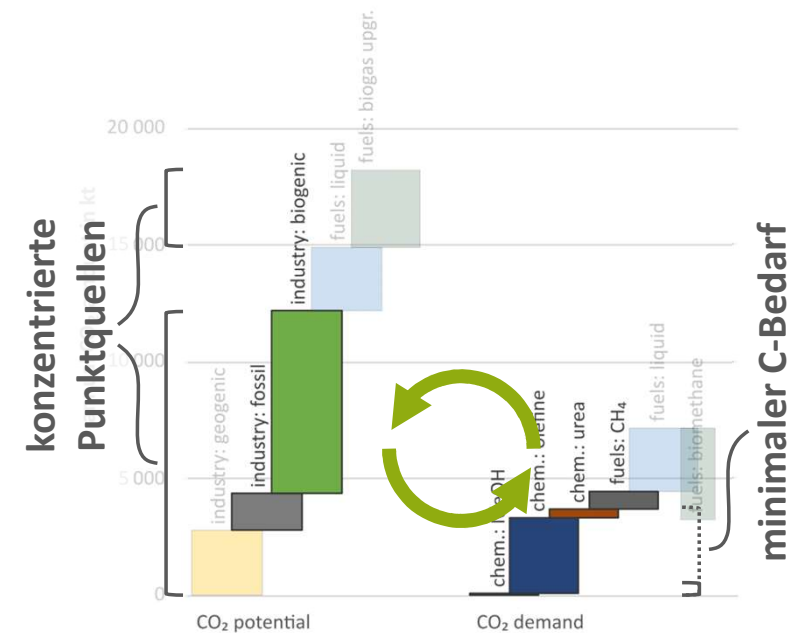
Potenzial und Bedarf für CCU in Österreich

Bei Beibehaltung heute hergestellter chemischer Produkte entsteht ein **Bedarf für Kohlenstoff aus nicht-fossilen bzw. sekundären Quellen...**

... auch bei Nicht-Berücksichtigung von e-Fuels.

Dem gegenüber steht ein hohes Potenzial „leicht“ fassbarer Punktquellen.

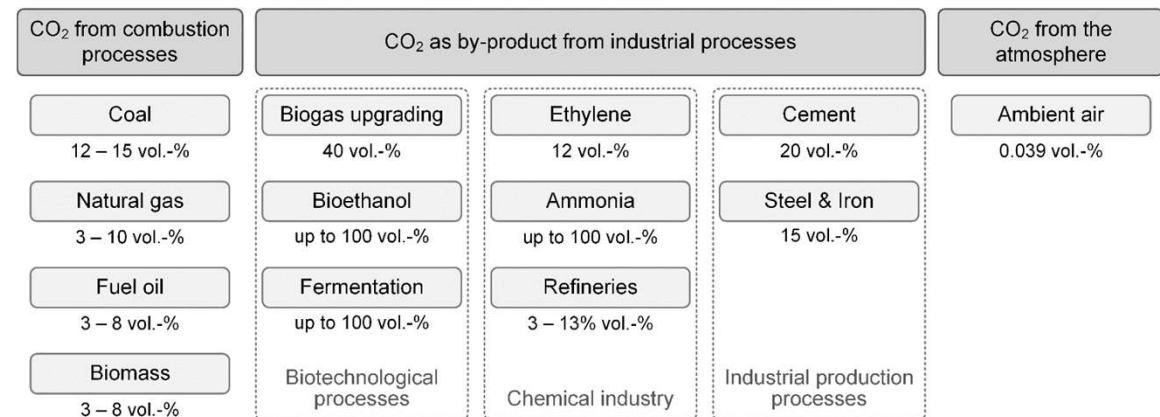
→ Ein Großteil davon eignet sich zur Kreislaufführung!



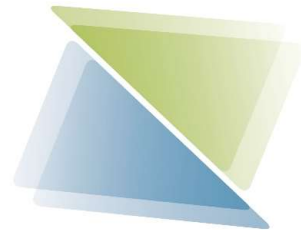
Carbon Capture ...

CO₂-Konzentration im „Abgas“ definiert im Wesentlichen den (energetischen) Aufwand zur Abscheidung

- **Biotechnische Prozesse:**
>> Konzentration, > indiv. Menge
- **Industrielle Prozesse:**
> Konzentration, >> indiv. Menge
- **(konv.) Verbrennung:**
< Konzentration, > indiv. Menge
- **Abscheidung aus der Luft:**
< Konzentration, < indiv. Menge



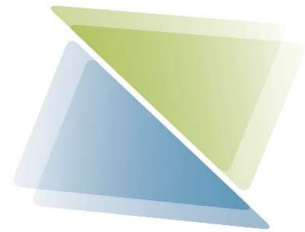
Quelle: basierend auf Rodin, et al. (2020) „Assessing the potential of carbon dioxide valorisation in Europe with focus on biogenic CO₂“, doi: 10.1016/j.jcou.2020.101219



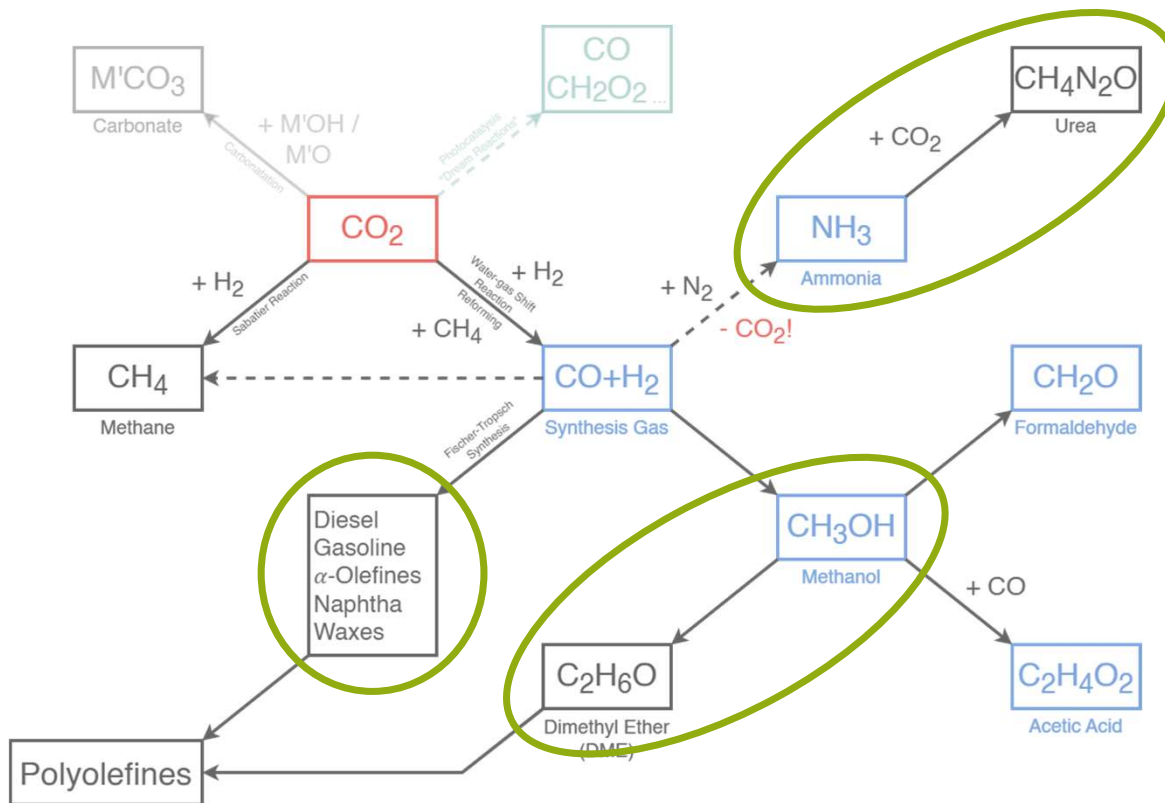
Carbon Capture ...

CO₂-Konzentration im „Abgas“ definiert im Wesentlichen den (energetischen) Aufwand zur Abscheidung

- Biotechnische Prozesse:
>> Konzentration, > indiv. Menge
 - Industrielle Prozesse:
> Konzentration, >> indiv. Menge
 - (konv.) Verbrennung:
< Konzentration, > indiv. Menge
 - Abscheidung aus der Luft:
< Konzentration, < indiv. Menge
- hohe Reinheit → potenzielle Nutzungskonkurrenz (z.B. Lebensmittel)
- potenzielle Verunreinigungen → Relevanz für Abscheidung und anschließende Syntheseprozesse
- Geringe Konzentrationen im „Abgas“-Strom spiegeln sich auch in **Effizienz und Kosten der Abscheidung** wider.
 - Geringe Abscheideraten führen zu **Restemissionen → Kompensation**



... Carbon Utilization



CO₂ als zukünftiger Rohstoff anstatt Abfallprodukt:

- In Verbindung mit H₂ können aus CO₂ eine Vielzahl an Grundchemikalien gewonnen werden.
- Viele dieser Prozessrouten sind etabliert und werden bzw. wurden bereits großtechnisch angewandt.

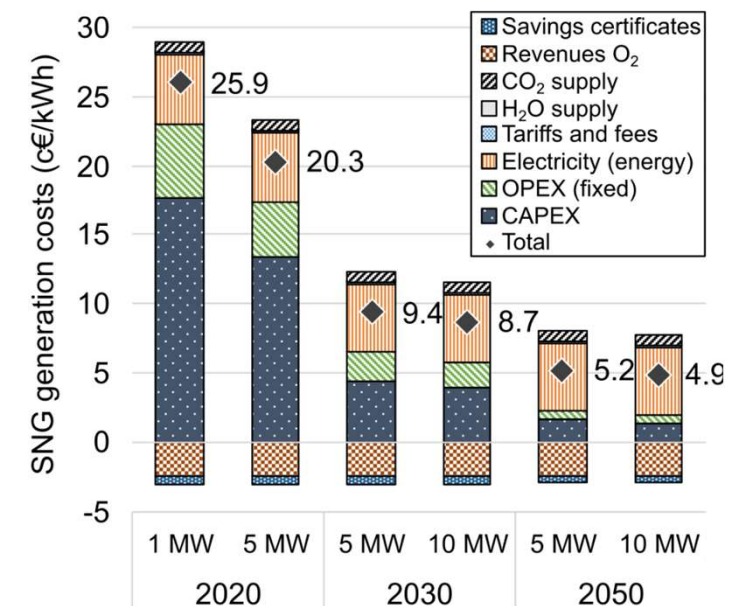
→ Herausforderung liegt in der Prozessintegration & Bereitstellung von klimaneutralen H₂ und CO₂

Quelle: adaptiert von Lehner, et al. (2012) „Carbon Capture and Utilization (CCU) – Verfahrenswege und deren Bewertung“, doi: 10.1007/ s00501-012-0056-1



... Carbon Utilization

- **Hohes Kostenreduktionspotenzial für zukünftige Implementierungen**
→ Syntheseverfahren profitieren häufig von **Upscaling**
- **Einfluss der CO₂-Quelle und Abscheidkosten auf die Gestehungskosten ist vergleichsweise gering**
- **Relevanter Faktor für CCU-Prozesse sind die H₂-Gestehungskosten**
→ Strombezugskosten werden in zukünftigen Implementierung deutlich **an Relevanz gewinnen**
→ **Elektrolyseprozesse sind so effizient wie möglich zu gestalten** (Stichwort: Abwärmeintegration)
- **Nutzung von Nebenprodukten (O₂, Wärme) kann zusätzliche (ökonomische) Vorteile bringen**



Quelle: aus Böhm, et al. (2021): "Techno-economic assessment of thermally integrated co-electrolysis and methanation for industrial closed carbon cycles", doi: 10.3389/frsus.2021.726332

Rechtliche Aspekte zu CCU & CCS

Argjenta Veseli



Definition – CCU – CO₂-Abscheidung und Nutzung

umweltverträglichen CO₂-Abscheidung und -Nutzung („CCU“)

Abscheidung und Nutzung von CO₂

die Nutzung von Kohlendioxid (Kohlenstoffabscheidung und -speicherung oder -nutzung) entscheiden.

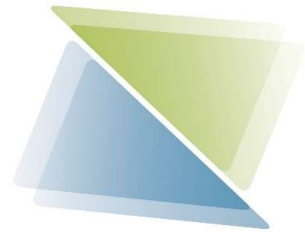
CO₂-Abscheidung, -Speicherung und -Nutzung

CO₂-Abscheidung und -Nutzung:

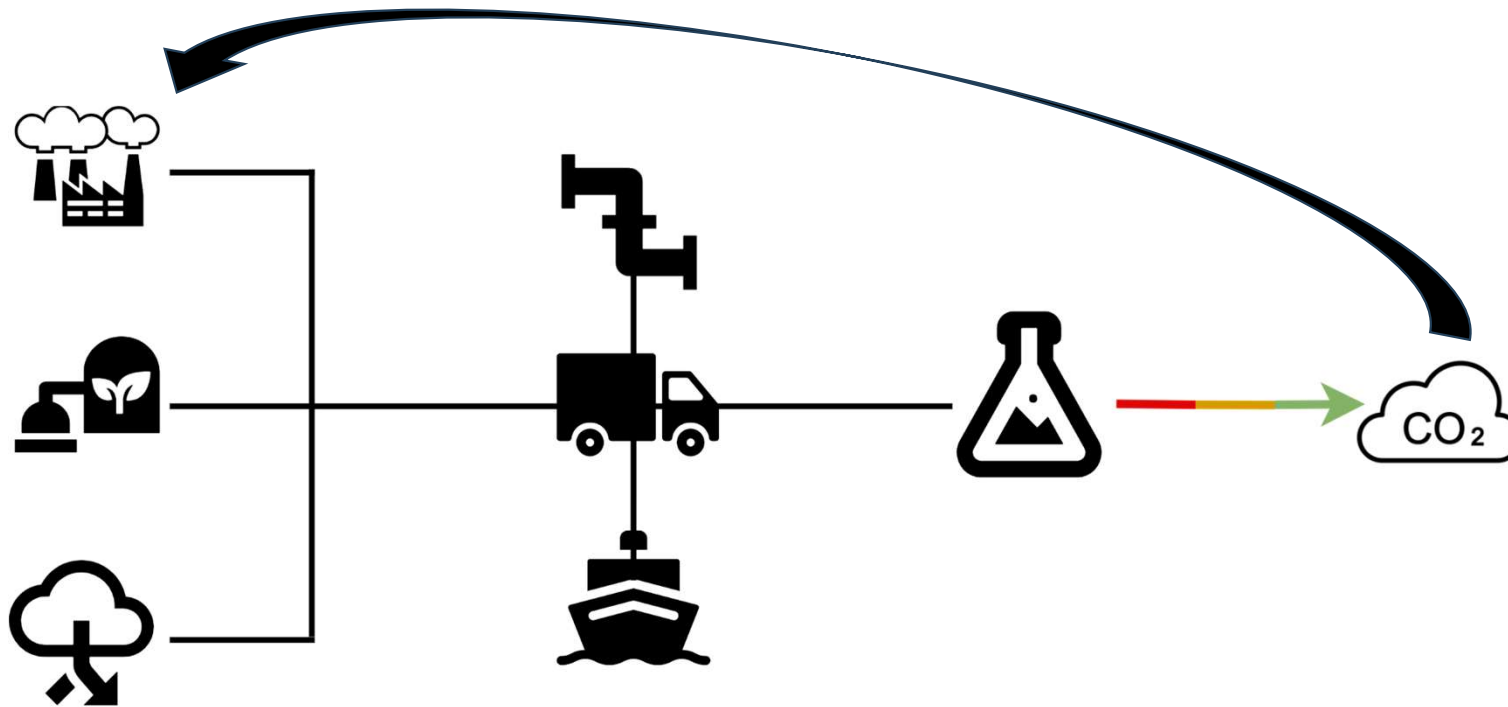
- **Enorm viele...**

- unterschiedliche Möglichkeiten & Ausprägungen,
- Auswirkungen auf das Klima,
- rechtliche Unterschiede.

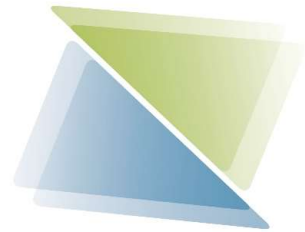
Es gibt aus klimaschutzrechtlicher Sicht keine „one size fits all“ Rahmenbedingungen für CCU – das ist auch gut so!



CCU im Klimaschutzrecht



Die unterschiedlichen Effekte sollten Deckung im Rechtsrahmen finden und entsprechende Anreize beinhalten oder zumindest keine Hürden darstellen – ist das so?



Abgrenzung zu CCS

- **Dauerhafte Bindung in einem Produkt = CCS? NEIN**
- **CCS-RL**
 - dauerhafte geologische Speicherung im Untergrund
 - Zweck: Beitrag zur Bekämpfung des Klimawandels durch umweltverträgliche CO₂-Speicherung
 - Recht der Mitgliedstaaten CCS zu verbieten
 - Verbot in Österreich; regelmäßige Evaluierung

„Ich hoffe, dass der Nationalrat das Verbot im Herbst aufhebt und die entsprechenden Weichen für die Umsetzung der europäischen Richtlinie stellt“, erklärt der für Bergbau und Rohstoffe zuständige Finanzminister.

Quelle: <https://www.bmf.gv.at/presse/pressemitteilungen/2023/mai/fid-co2.html>



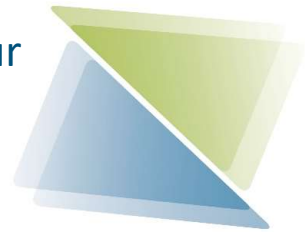
Effekt von CCUS auf das Klima & Berücksichtigung im Rechtsrahmen

• Europäisches Emissionshandelssystem

- Kosteneffiziente Reduktion der THG-Emissionen
- Für die Freisetzung (Emission) einer Tonne Kohlendioxidäquivalent → Abgabe eines Zertifikats
- Pflicht zur Abgabe von Zertifikaten bei CCU & CCS?

„Emissionen“ die Freisetzung von Treibhausgasen aus Quellen in einer Anlage oder in die Atmosphäre in Anhang I in Verbindung mit der Tätigkeitskategorie „Luftverkehr“ oder in Anhang I in Verbindung mit der Tätigkeitskategorie „Seeverkehr“ aufgeführten Gase aus einem Flugzeug bzw. einem Schiff, das eine derartige Tätigkeit durchführt, oder die Freisetzung von Treibhausgasen aus der in Anhang III genannten Tätigkeit;

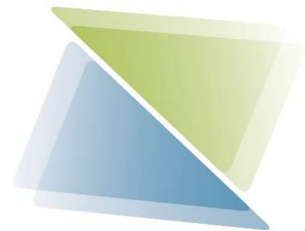
- Grundsätzlich Emission, da laut neuer Definition unabhängig von Freisetzung in die Atmosphäre
- Bei CCS & gewissen Anwendungen von CCU kommt es nie zur Freisetzung – Pflicht zur Abgabe von Zertifikaten wäre sachlich nicht gerechtfertigt



Effekt von CCUS auf das Klima & Berücksichtigung im Rechtsrahmen

• Europäisches Emissionshandelssystem

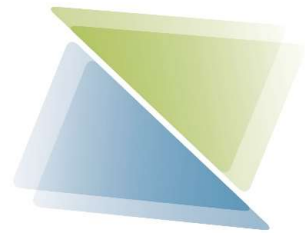
- CCS im Sinne der CCS-RL → keine Pflicht zur Abgabe von Zertifikaten
- CCU Historie
- **Keine** Pflicht zur Abgabe von **Zertifikaten** für Treibhausgasemissionen, die als **abgeschieden** und derart **dauerhaft** in einem **Produkt chemisch gebunden** angesehen werden, dass sie bei normalem Gebrauch und/oder während der Entsorgungsphase des Produkts, einschließlich normaler Tätigkeiten nach dem Ende der Lebensdauer des Erzeugnisses, **nicht in die Atmosphäre gelangen**
- Delegierte Rechtsakte der Kommission





Generated by ChatGPT DALL-E

- Neue Ansätze
- Gefahr der Umgehung bestehender funktionierender Systeme
- Rechtsrahmen in Entwicklung
- Zunehmende Berücksichtigung
- Keine Regelung, die für alle CCU-Anwendungen gleichermaßen gilt



Carbon Capture Amine Scrubbing

Nina Kieberger, Michael Derntl



voestalpine Stahl GmbH STANDORT LINZ & STEYRLING, CO₂-QUELLEN



CO₂-Abscheidung AMINWÄSCHER

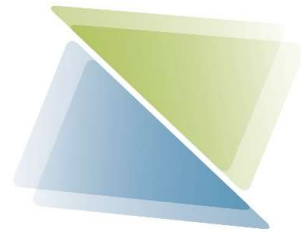


WIVAP&G
Energy Model Region

C-CED 

voestalpine
ONE STEP AHEAD.

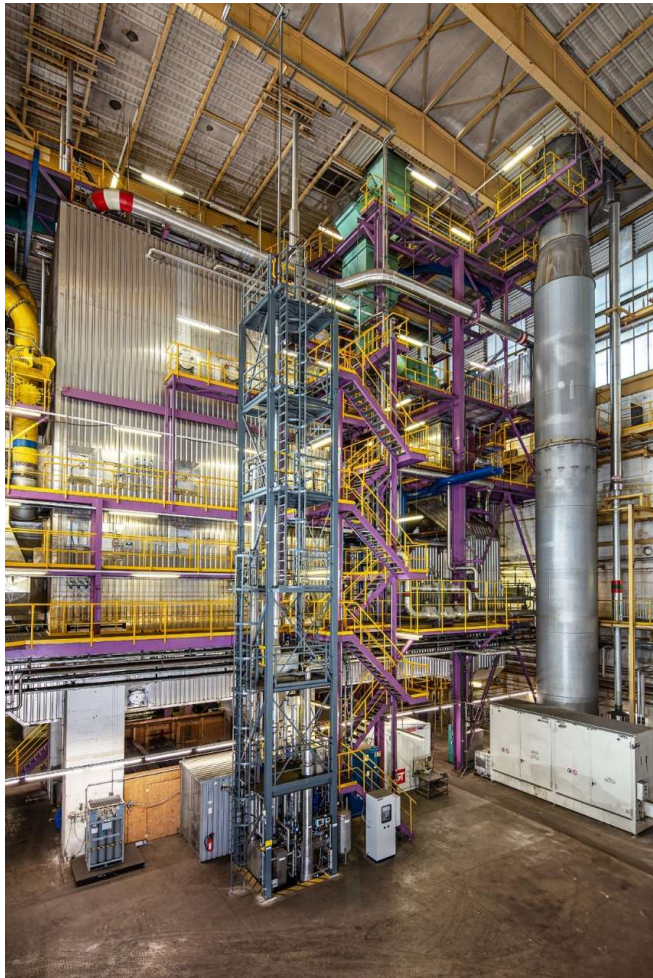
 **MET**
metallurgical competence center



CO₂-Abscheidung AMINWÄSCHER

WIVAP&G
Energy Model Region

C-CED 



F&E-Pilotanlage

- Inbetriebnahme Q1/23
- Abscheideleistung 800 kg CO₂ / Tag
- CO₂-Abfüllung (Verflüssigung) in Flaschenbündel



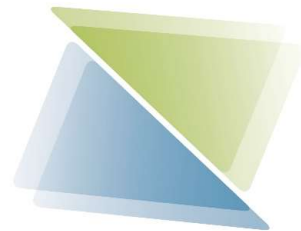
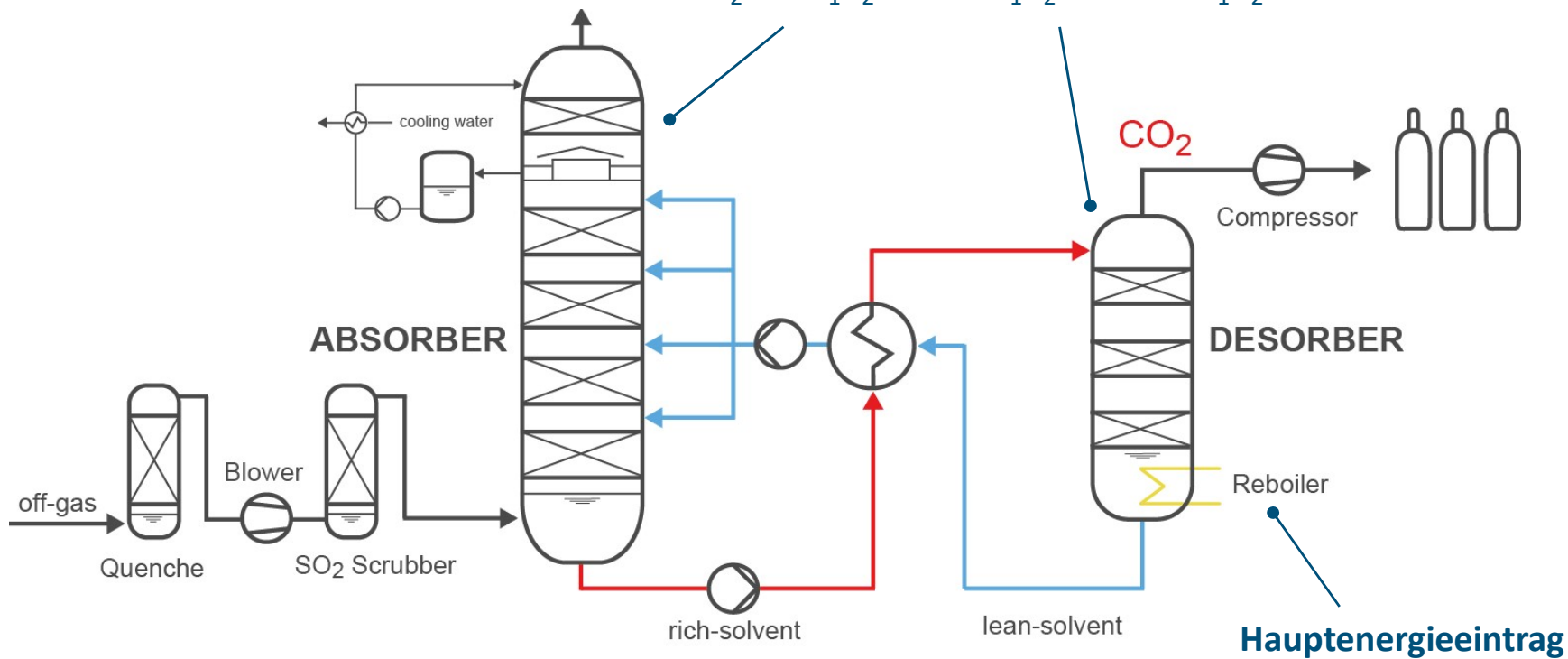
voestalpine
ONE STEP AHEAD.

 **MET**
metallurgical competence center



CO₂-Abscheidung AMINWÄSCHER

Reversible Reaktion



CO₂-Abscheidung AMINWÄSCHER

Rauchgas	Rauchgas	Waschlösung	Waschlösung/ Rauchgas	Elektr. Heizstab	Desorber Druck	Temperatur Absorber EIN/AUS
20 – 27 vol% CO ₂	50 - 90 Nm ³ /h	30 gew.% MEA* (rest H ₂ O)	3.5 - 7 l/Bm ³	15-30 kW	1.6 – 3 bara	30 - 40°C

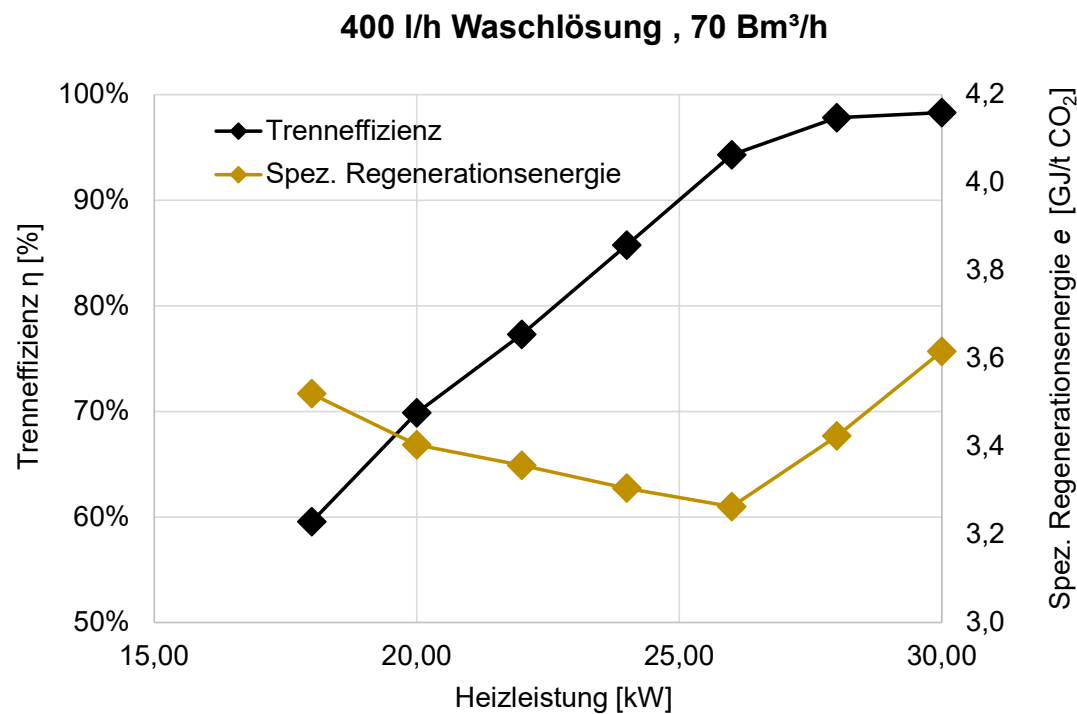
*MEA....Monoethanolamin (C₂H₇NO)

Ziele

- Demonstration stabile und effiziente CO₂-Abscheidung
- Identifizierung Waschmittelverluste, Degradationseffekte
- Prozessoptimierung zur Reduzierung der Regenerationsenergie
- CO₂-Bündelabfüllung



CO₂-Abscheidung AMINWÄSCHER



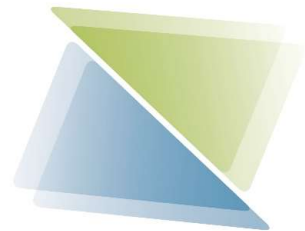
Trenneffizienz

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

Spez. Regenerationsenergie

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

Höchste Effizienz bei η ~ 90%



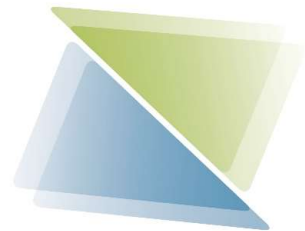
CO₂-Abscheidung AMINWÄSCHER

Lessons Learned

- Hohe CO₂ Trenneffizienz und CO₂-Produktreinheit > 99 vol.% möglich
- CO₂-Schwankungen im Rauchgas, Bilanz Waschlösung/Wasser, Degradation (Stäube, NO_x, O₂) erschweren Reproduzierbarkeit und Langzeitbetrieb
- Potential zur Prozess Optimierung (Desorberdruck, Temperaturen, Waschlösung, Rauchgasmenge)

Ausblick

- Parametervariationen, neue Waschlösung, erweiterte Analytik
- **Transport 1.5 t CO₂ → RAG (Q2/24)**

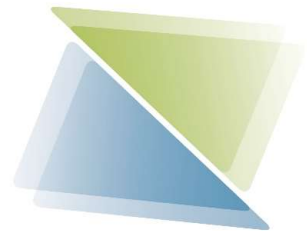
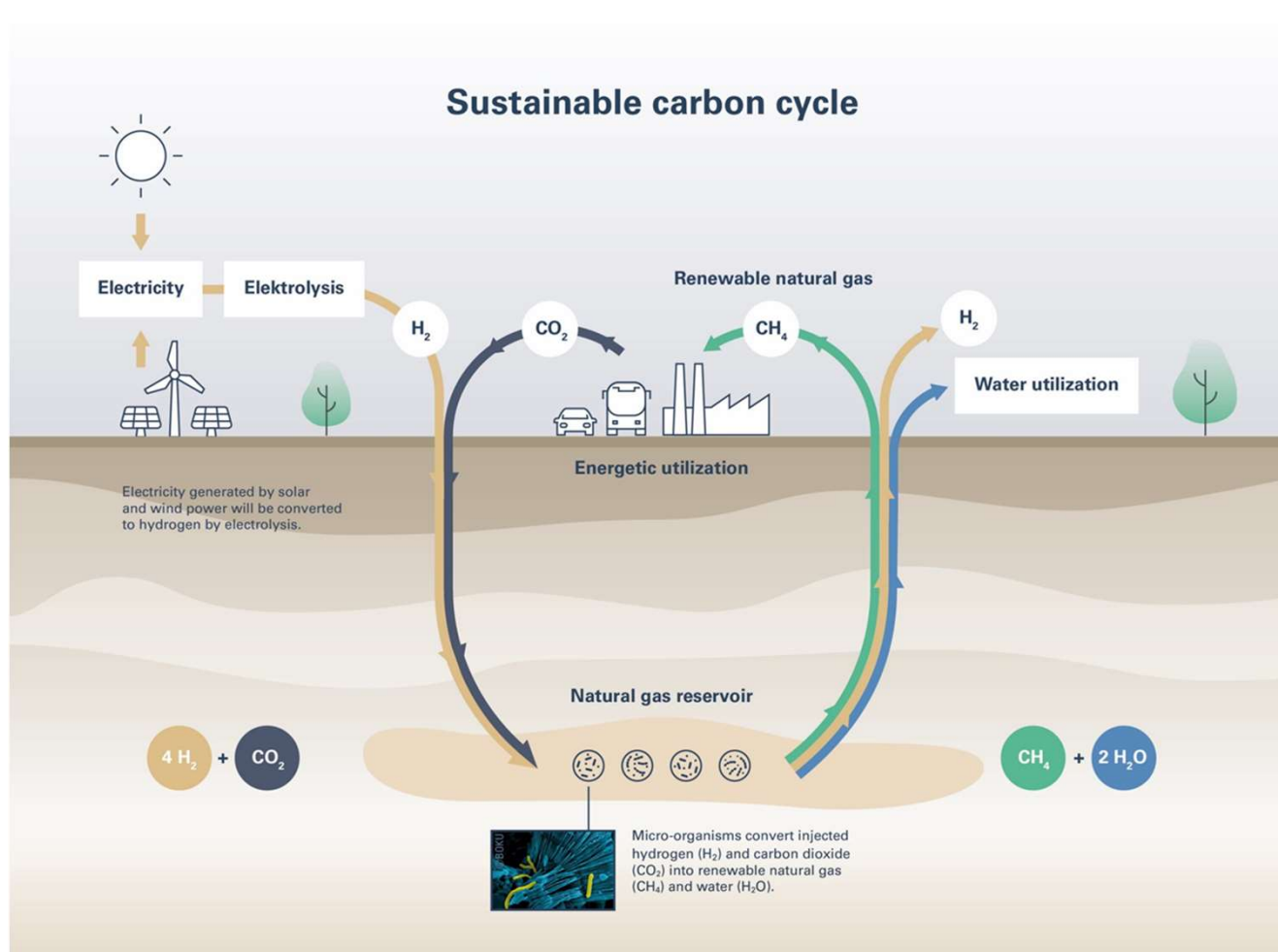


Utilization Geo-methanation

Benedikt Hasibar



Underground Sun Conversion

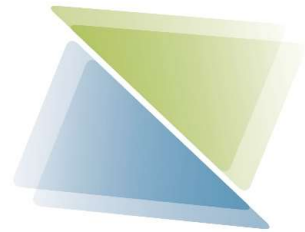
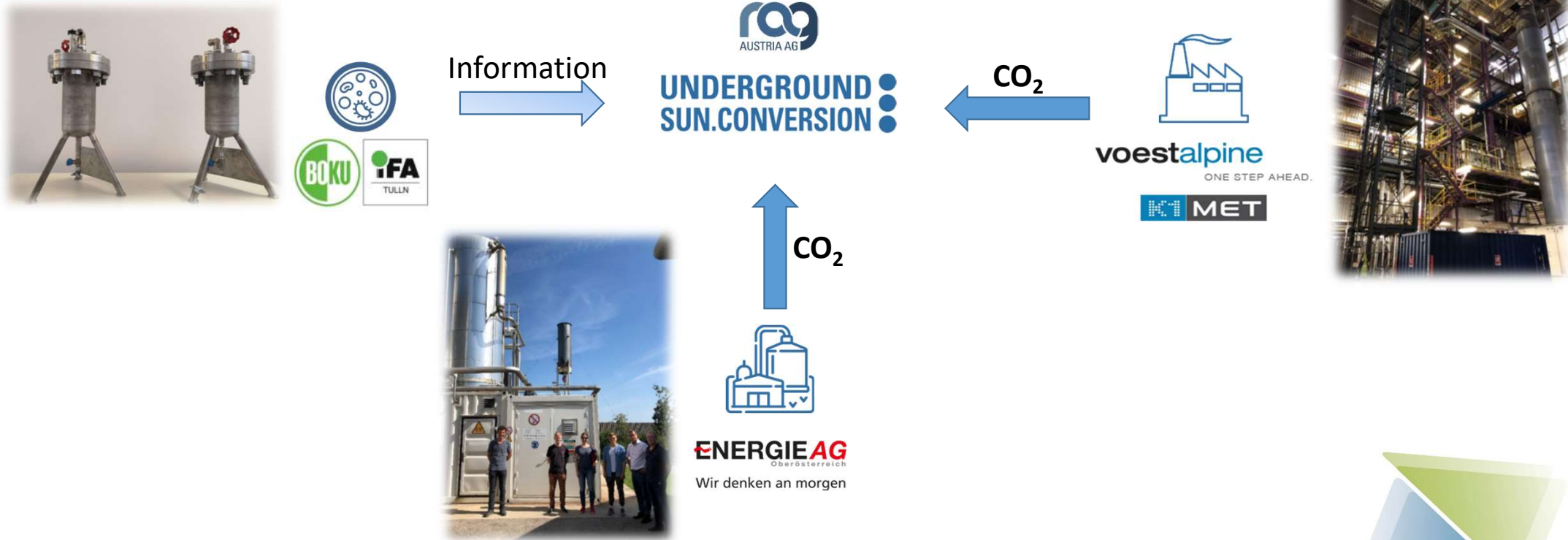


Underground Sun Conversion

- 0,5 MW Elektrolyse
- 1,7 Mio Nm³ Arbeitsgasvolumen
- $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Betriebserfahrung seit 2018 (USC, USC – FlexStore)



Underground Sun Conversion

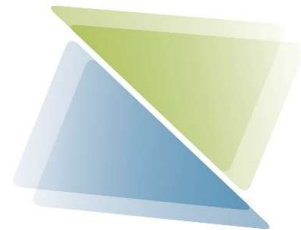


Underground Sun Storage

- 03/2021 – 02/2025
- Demonstrationsspeicher – 100 % H₂
- Saisonale (Energie-)Speicherlösung
- Beweis der technischen Machbarkeit
- 2 MW Elektrolyse
- 1.2 Mio Nm³ (4,2 GWh) H₂ Speichervolumen
- 400 – 600 Nm³/h
- 56 -76 bar

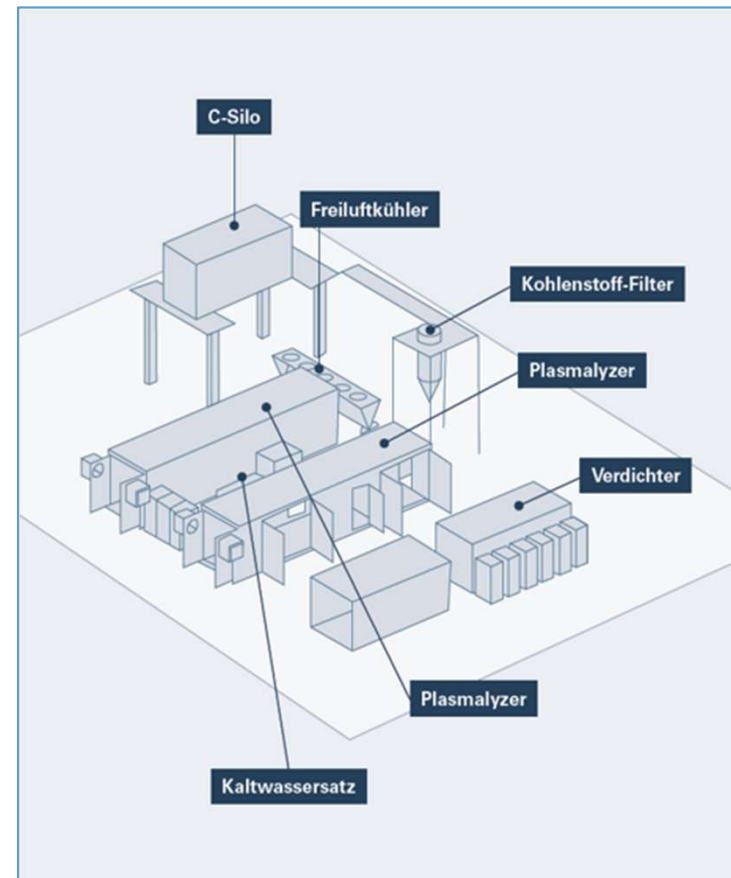


UNDERGROUND 20
SUN.STORAGE 30



Methan-Elektrolyse

- 500 kW Plasmalyzer
- 50 kg/h H₂ (1.8)
- 150 kg/h C (hochrein)
- IBN 01/2024



Fragen?

WIVAP&G
Energy Model Region

C-CED 



Benedikt Hasibar

RAG Austria AG

Green Gas Technology

benedikt.hasibar@rag-austria.at

+43 664 3845255



Argjenta Veseli

Energieinstitut an der JKU
Linz

Energierrecht

veseli@energieinstitut-linz.at

+43 723 2468 5655



Hans Böhm

Energieinstitut an der JKU
Linz

Energietechnik

boehm@energieinstitut-linz.at

+43 723 2468 5665



Nina Kieberger

voestalpine Stahl GmbH

*Forschung und
Entwicklung*

nina.kieberger@voestalpine.com

+43 503 0415 77629



Michael Derntl

K1-MET

*Decarbonisation & Sector
Coupling*

michael.derntl@k1-met.com

+43 664 83 64 652



WIVAP&G
Energy Model Region





VORZEIGEREGION
ENERGIE

WIVAP&G
Energy Model Region



Jahresveranstaltung 2023