

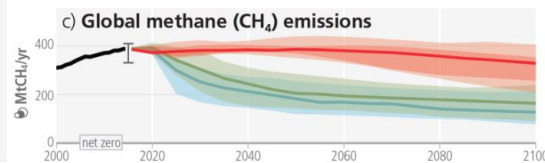
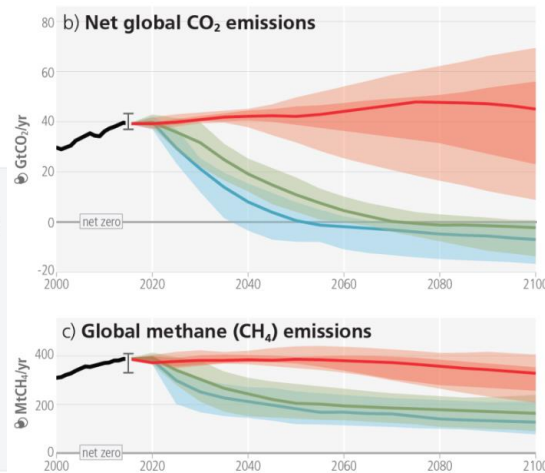
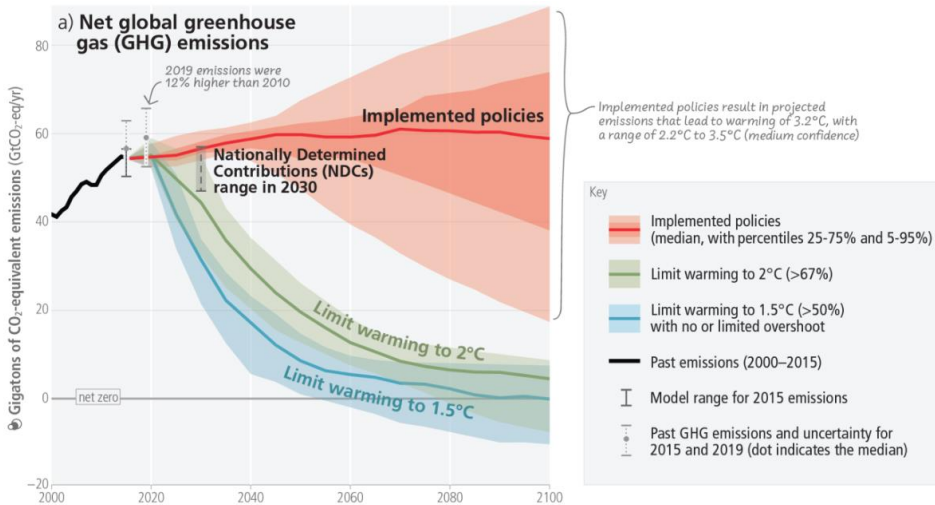
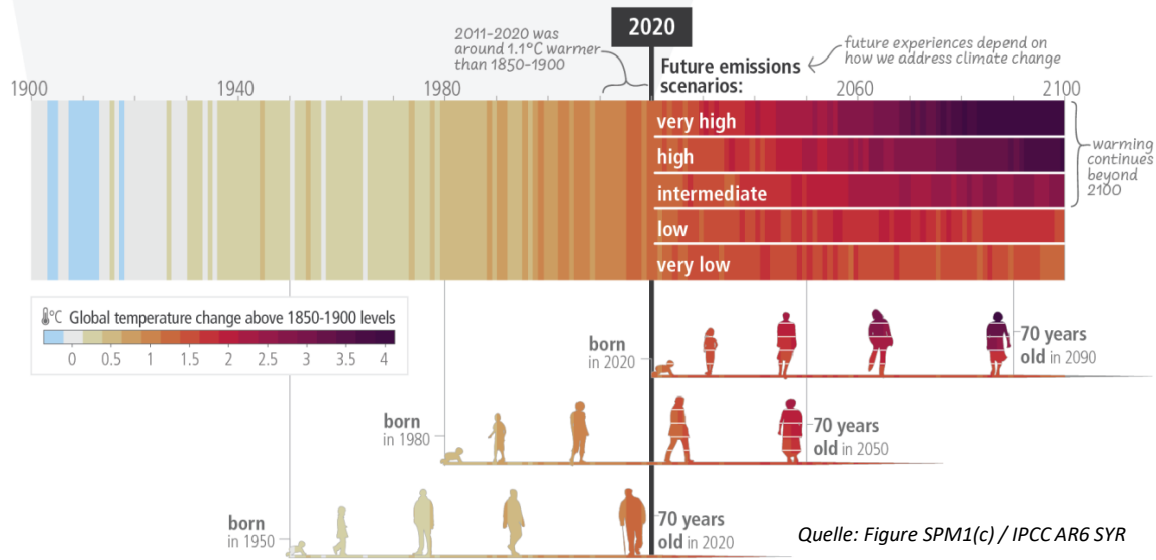


Energieinstitut an der JKU Linz

FORUM ECONOMY 2023

From Power to Products – Technologien für die Industrie von morgen (Valerie Rodin)

Motivation & Ziele



Quelle: Figure SPMS / IPCC AR6 SYR

Which way to go?



Bildquelle: „Picture Sunday: Egg-Laying Wool-Milk-Sow“
<https://www.rootsimple.com/2012/09/picture-sunday-egg-laying-wool-milk-sow/>
Heruntergeladen: 15.09.2023

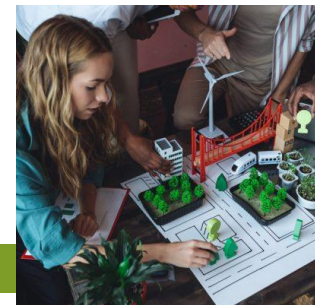
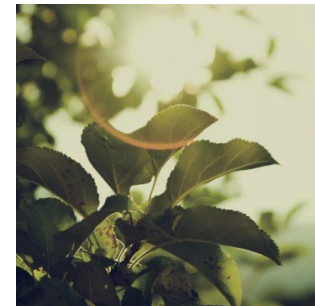


Bildquelle: „Die Ritter der Kokosnuß (1975)“
<https://m.imdb.com/title/tt0071853/mediaviewer/rm1599872256/>
Heruntergeladen: 15.09.2023

Was braucht es zur Transformation der Industrie?

- Klimakrise erfordert die Umstellung der Industrie & aller anderen Sektoren
- Gleichzeitig soll die heutige Lebensqualität erhalten & ausgeweitet werden
- ➔ Eine Reihe an Herausforderungen!
- ➔ Lösungsansätze?

- ? Erneuerbare Energieträger
- ? Erneuerbarer Wasserstoff
- ? Kohlenstoffnutzung
- ? Materialkreisläufe
- ? Industrielle Symbiose
- ? Digitalisierung



Transformative Forschung am Energieinstitut

- **Fokus-Themen**

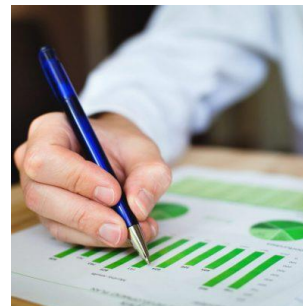
- **Wasserstoff - CCUS - Power-to-X**
- **Industrielle Prozesse & Kreislaufwirtschaft**
- Von linearen zu zirkulären/nachhaltigen Wertschöpfungsketten



- ⇒ **Wie entwickeln sich Industrien bzgl. nachhaltiger Ressourcennutzung hin zu einem klimaneutralen Wirtschaftssystem?**
- ⇒ **Wie spielen einzelne Technologien und Maßnahmen zusammen?**

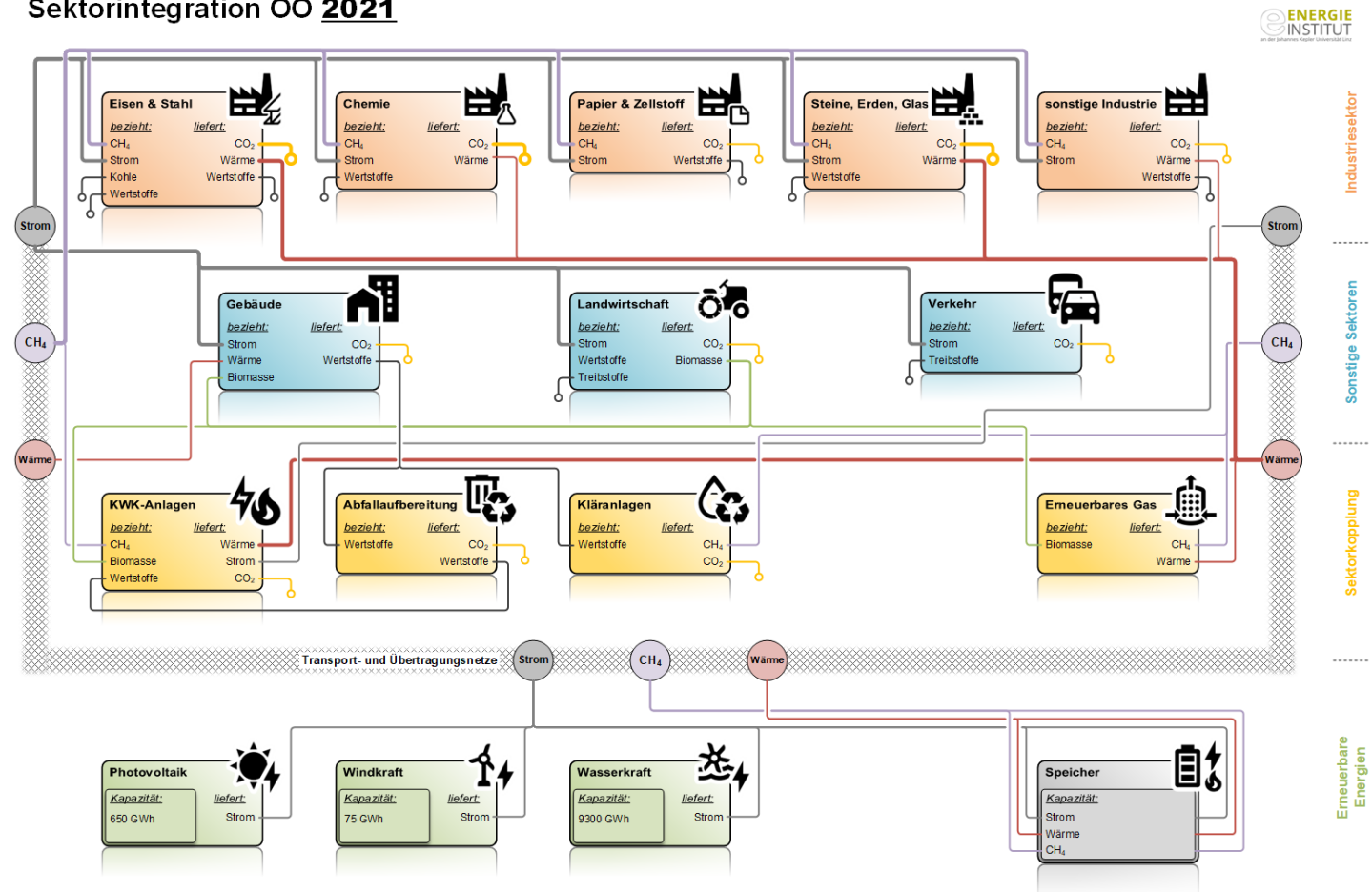
- **Unsere Methoden - Abteilung Energietechnik**

- ✓ Technoökonomische Analysen
- ✓ Ökologische Analysen
- ✓ Soziotechnische Analysen
- ✓ Konzeptionelles Pre-Engineering



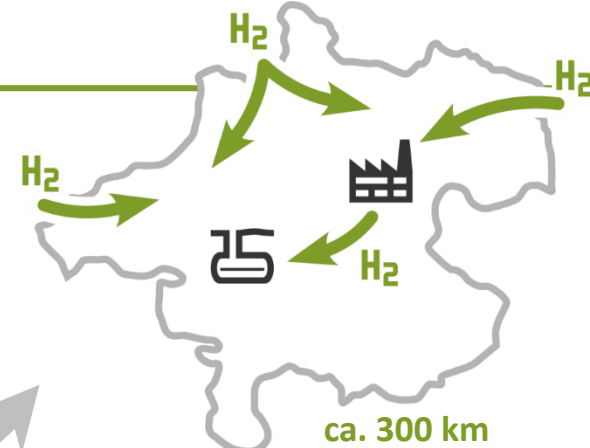
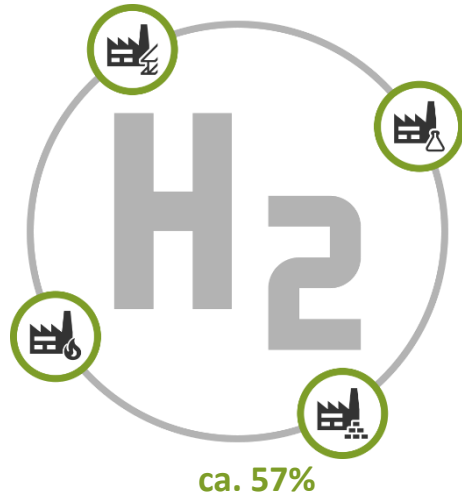
Ein Beispiel - das öö. Energiesystem - Status Quo

Sektorintegration OÖ 2021

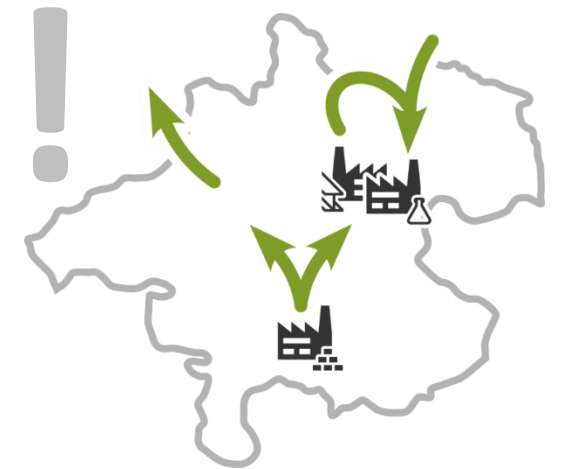


- Hoher Bedarf an fossilen Energieträgern
- Hohe Potentiale in industrieller Symbiose & Kreislaufwirtschaft
- Hohe Potentiale im Kontext Sektorkopplung
- Hohe technische erneuerbaren Potentiale (Solarenergie, Windenergie, Geothermie)

Zukunftsbedarfe OÖ



Übertragungs- und Verteilnetz H₂-ready
→ Transport/Import
→ Anbindung Industrie / Speicher



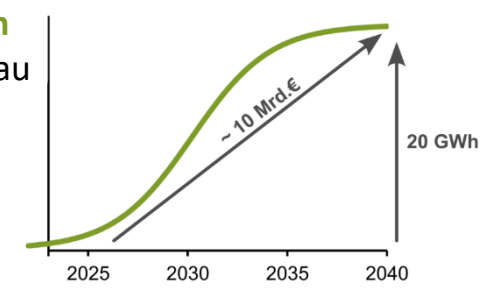
bis zu 1,7 Mio. t
an verbleibenden CO₂-Emissionen zu verwerten
(im klimaneutralen Energiesystem)
→ Hard-to-abate Sektoren
→ Umwandlung/ Bindung / Speicherung / Export



selbst ohne
H₂-Elektrolyse
+ ca. 3-fache
Stromimporte ohne
Speicherausbau

vs. Investitionen
in Speicherausbau

Ausbau der **Netzkapazitäten und Speicher**
unbedingt notwendig!



des aktuellen öö. Gasverbrauchs zukünftig als Wasserstoff in
der Stahl/Chemie/Aluminium/Zement Industrie: **ca. 13 TWh H₂**
→ **+20 TWh erneuerbarer Strombedarf**

+ sonstige Elektrifizierung
+ Strombedarf für e-Fuels

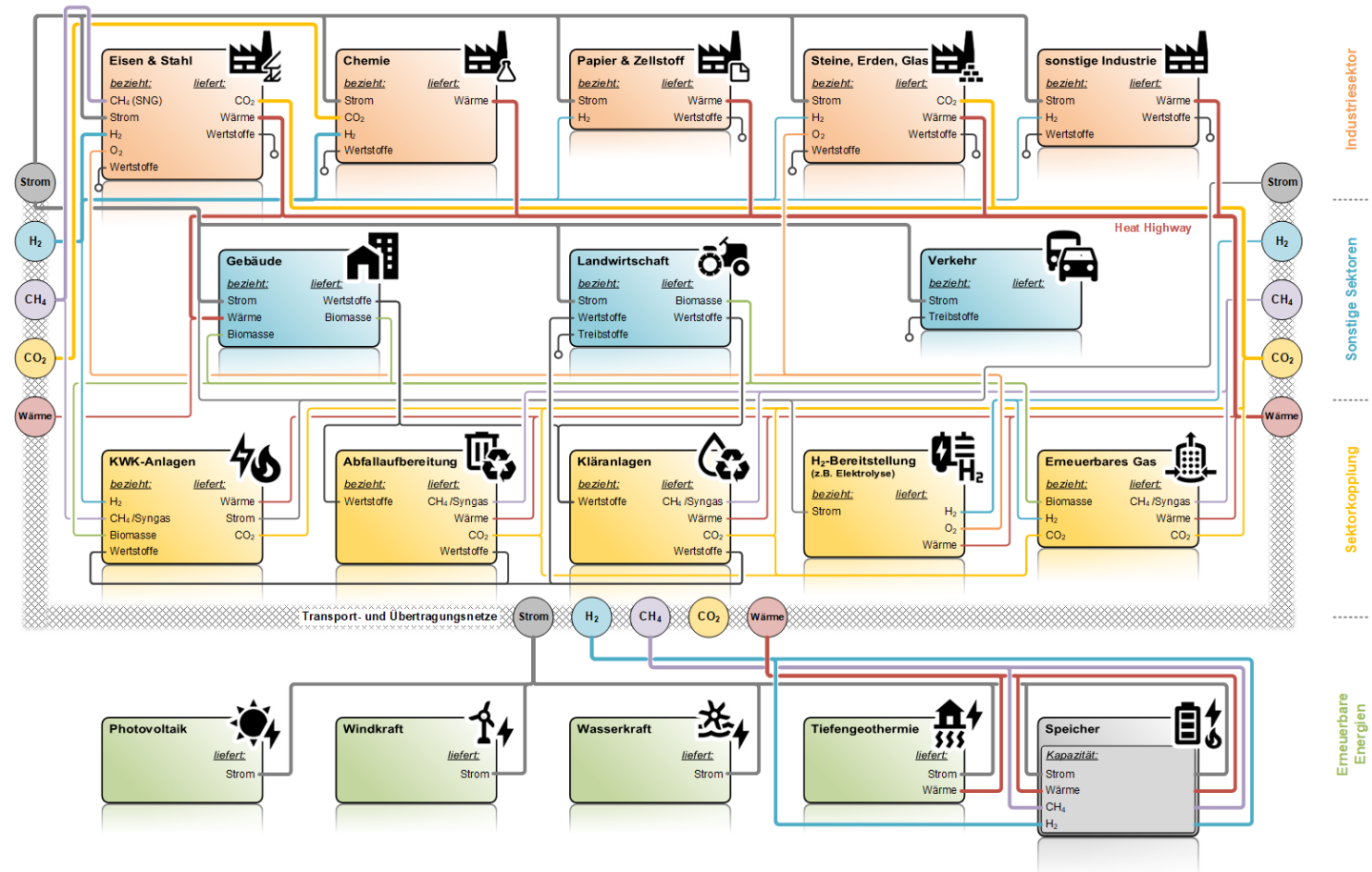
Stromendbedarf aktuell ca. 14 TWh

Zukunftsbild - Sektorkopplung OÖ 2040+

Für eine effiziente und nachhaltige Transformation

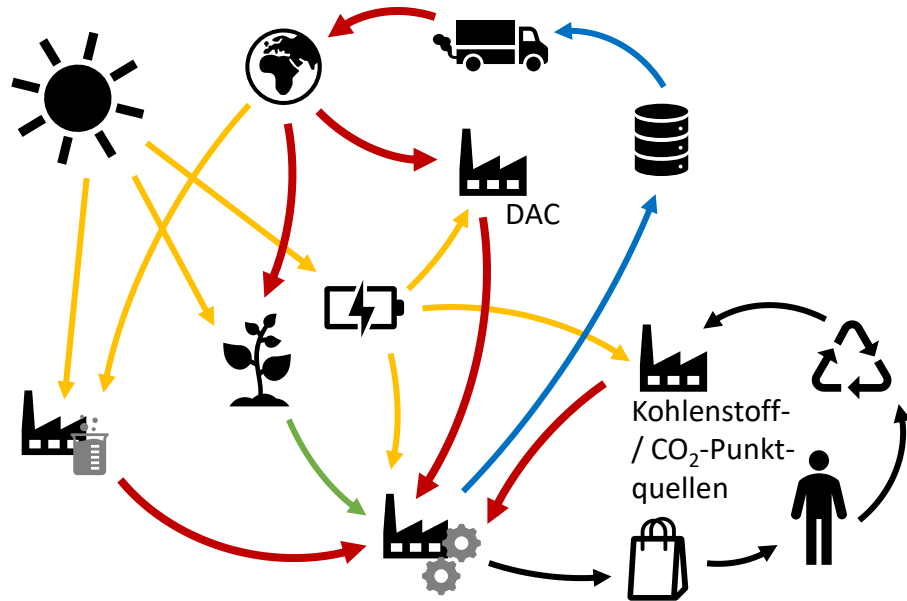
- Bestmögliche **Nutzung erneuerbarer Energiepotenziale**
- **Ausbau der Energietransportkapazitäten**
(Strom, H₂, Wärme)
- Integration **Speicher-Kapazitäten**
(Strom, Gas, Wärme)
- Sicherstellung **Importkapazitäten** für erneuerbaren Strom und Wasserstoff
- Nutzung von Potenzialen zur **industriellen Symbiose**
- Technologische **Sektorkopplung**
(Gesamtenergieeffizienz)
- Implementierung **nachhaltiger Kohlenstoff-Kreisläufe**
(CO₂-Infrastruktur)

Sektorintegration OÖ **2040+** – klimaneutral



Sich ergänzende Konzepte

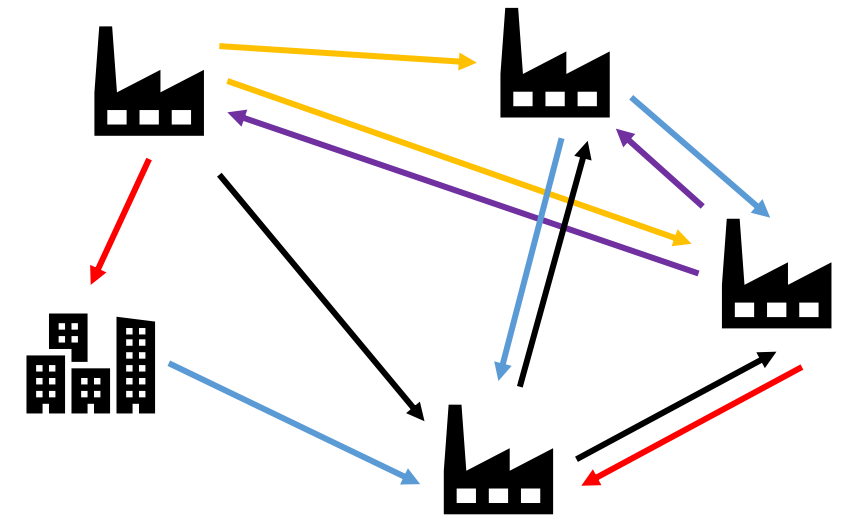
Kohlenstoffkreisläufe



- CO₂ / Kohlenstoff
- e-Fuels
- Erneuerbare Energien
- Kohlenstoffbasierte Produkte
- Biomasse & natürliche Ressourcen



Industrielle Symbiose



- Wärme/Kälte
 - Erneuerbare Energien
 - div. Materialien/Reststoffe
 - div. Zwischenprodukte
 - Know-How
- } **Dies könnten CO₂ und/oder Kohlenstoff- und/oder H₂-Ressourcen sein!**

Nicht gezeigt, aber immer dabei:

- + Effizienzsteigerungen
- + Emissionsvermeidung
- + Prozessumstellung
- + Erneuerbarer Wasserstoff
- > Sektorkopplung
- > Kreislaufwirtschaft

TransformIndustry

- **Transformationspfade für Klimaneutralität 2040 in Österreichs Industrie**
 - Handlungsfelder in **Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik**
 - **Branchenspezifische Aktionspläne**
- **40% des Energiebedarfs unabhängig vom Transformationspfad**
 - **Kreislaufwirtschaft** → Reduktion des Primärenergiebedarfs
 - Nutzung **Ab- und Umgebungswärme** → **-15%** erneuerbare Brennstoffe
 - **Industrielle Symbiose / Sektorkopplung** → „Enabler“ & Effizienzmaßnahme
- **Notwendige Investitionen ca. 17,4 bis 24,4 Mrd. € bis 2040**
 - 30 - 35% direkte Technologiekosten
 - Langfristig positive volkswirtschaftliche Effekte
 - Hoher Bedarf an synthetischen erneuerbaren Energieträgern
→ **Erhöhter Importbedarf**

→ **Der Fokus sollte auf Nutzung heimischer Potenziale bei möglichst hoher Energie- und Exergieeffizienz liegen.**

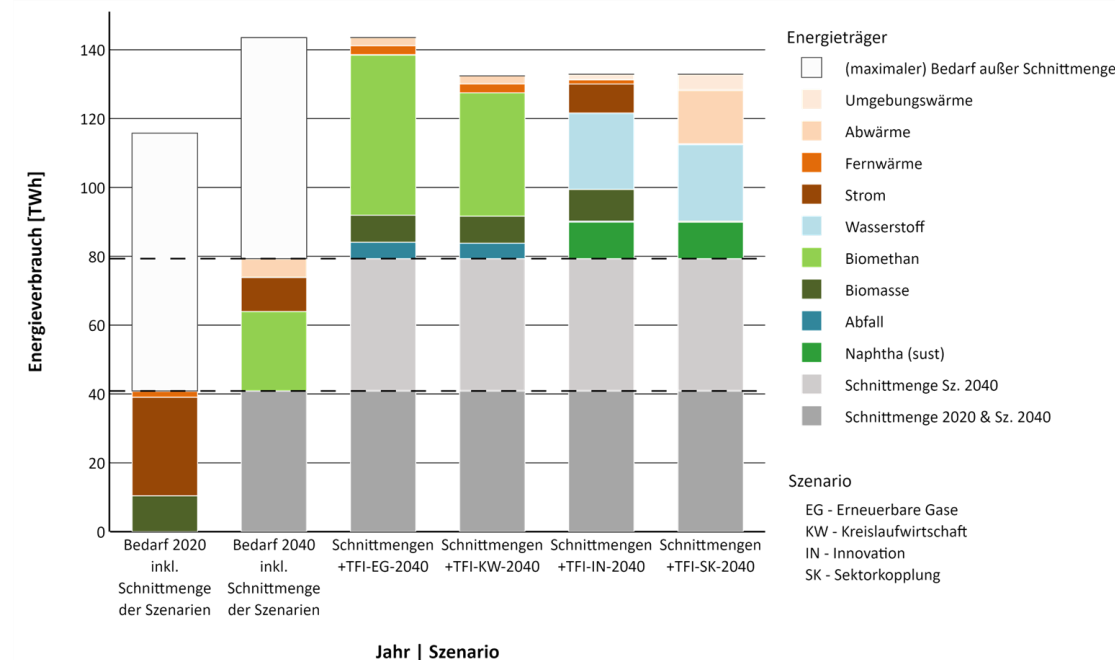


Abb.: Energieverbrauch im Vergleich – Industrie. Quelle: TransformIndustry

USS2030 - Underground Sun Storage 2030



- **Entwicklung sicherer, saisonaler, großvolumiger Speicher für erneuerbaren Wasserstoff in unterirdischen Gaslagerstätten**
- **Ziele Energieinstitut**
 - Qualitative Analyse **Barrieren** und **Möglichkeiten** zur **Implementierung** dieser Speicher
 - **Use-Cases** im Energiesystem der Zukunft
 - **Techno-ökonomischen** Machbarkeit
 - **Volkswirtschaftliche** Relevanz
 - Analyse **regulatorischen & rechtlichen** Aspekte
- **Erster Workshop** zur Sicht der Kund:innen durchgeführt
 - Erarbeitung von Use Cases
 - Barrieren & Chancen



→ **Erste Ergebnisse im Herbst 2023**

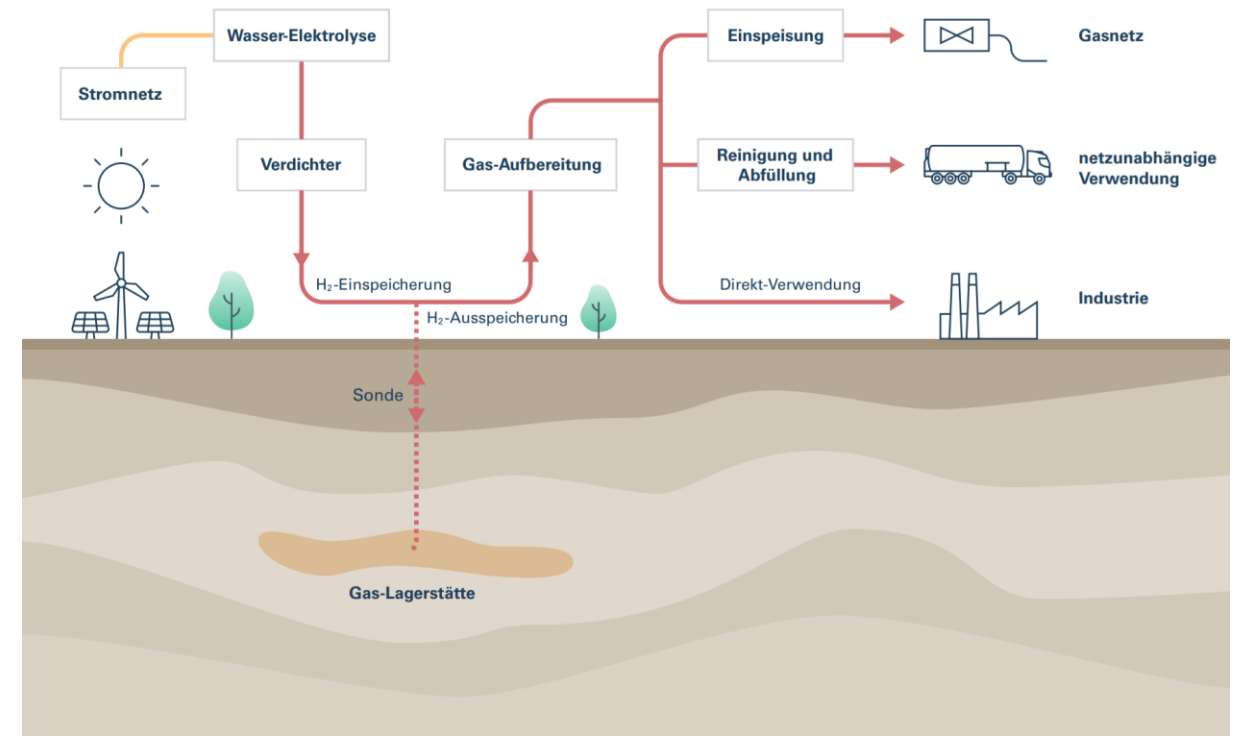
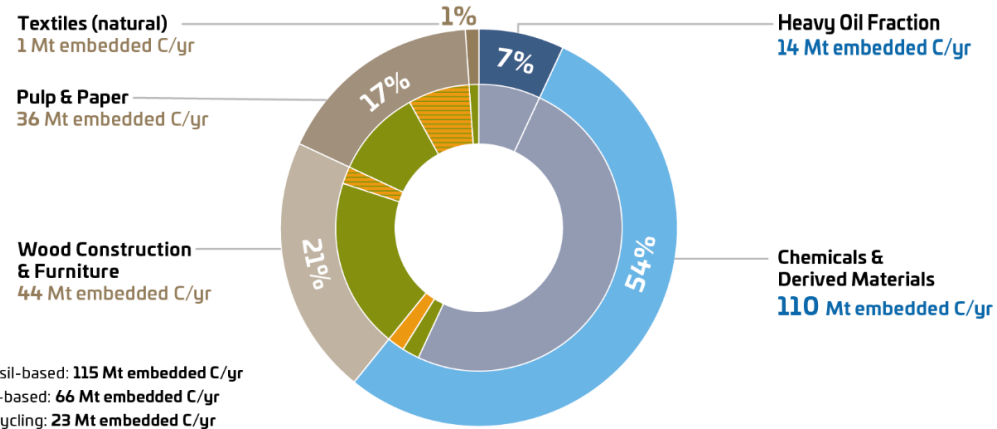


Abbildung: Schematische Darstellung von USS2030 (Source: https://www.uss-2030.at/fileadmin/bilder/06_NEU_USS_2030/Downloads/RAG_grafik_USS2030_dt_FINAL.pdf)

EU-27 Demand for Embedded Carbon in Materials and Chemicals

by Sectors; Total: **200 Mt embedded C/yr** Reference Years: **2018–2021**



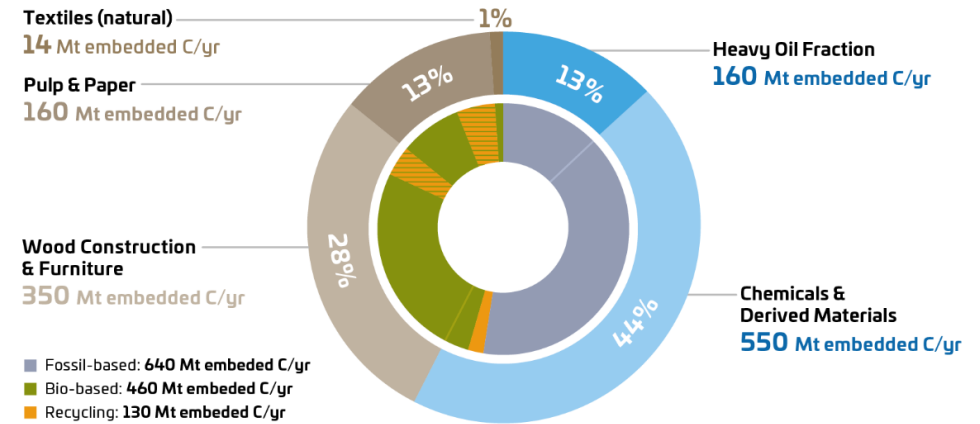
available at www.renewable-carbon.eu/graphics

Main sources: Own data based on Eurostat prodcom 2022, NACE class C20.1, Eurostat energy balance 2018, JRC biomass flows 2020, Mantau 2012, CEPI 2020, Plastics Europe 2022

© nova-Institut.eu | 2023

Global Demand for Carbon Embedded in Materials and Chemicals

Total: **1200 Mt embedded C/yr** Reference Years: **2015–2022**



available at www.renewable-carbon.eu/graphics

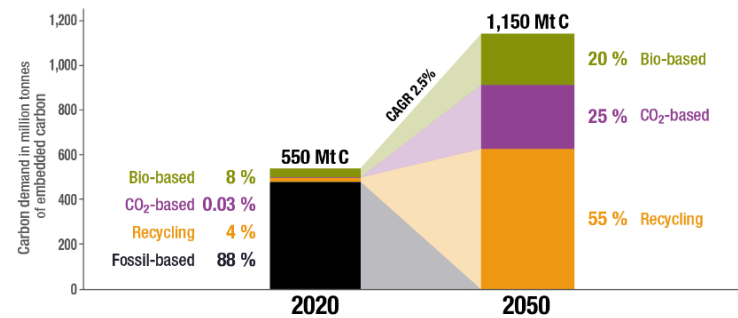
Main Sources: updated data using methodology based on Piotrowski et al. 2015, Levi and Cullen 2018, Plastics Europe 2022b, Skoczniński et al. 2020, FAO Global Forest Resource Assessment 2020

© nova-Institut.eu | 2023



Aktivkohle: Quelle: Ravedave (Diskussion) - Eigenes Werk, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1038326>

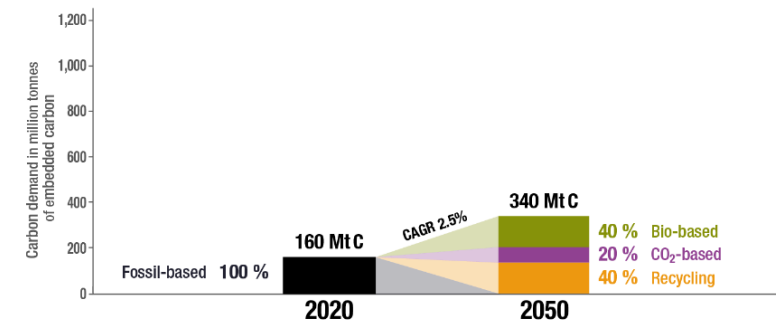
Carbon Embedded in Chemicals and Derived Materials



Forum Economy 2023

Carbon Embedded in the Heavy Oil Fraction

(Bitumen, Lubricants, Paraffin Waxes)



HydroMetha

Leitprojekt zur Entwicklung eines stationären Stromspeichersystems mit Hochtemperatur-Elektrolyse & katalytischer Methanisierung

- Langfristige Wirtschaftlichkeit

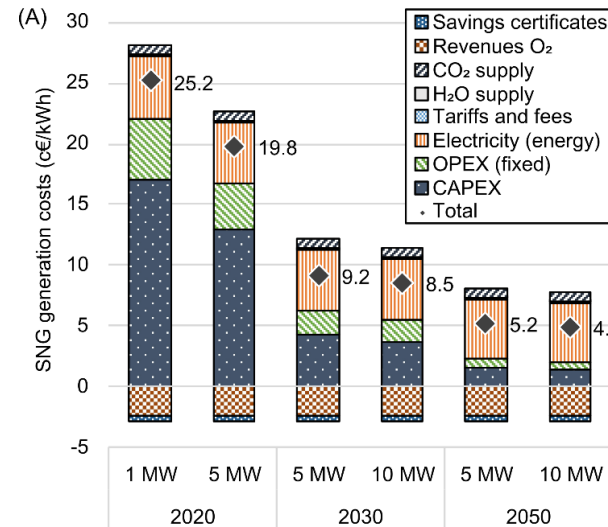
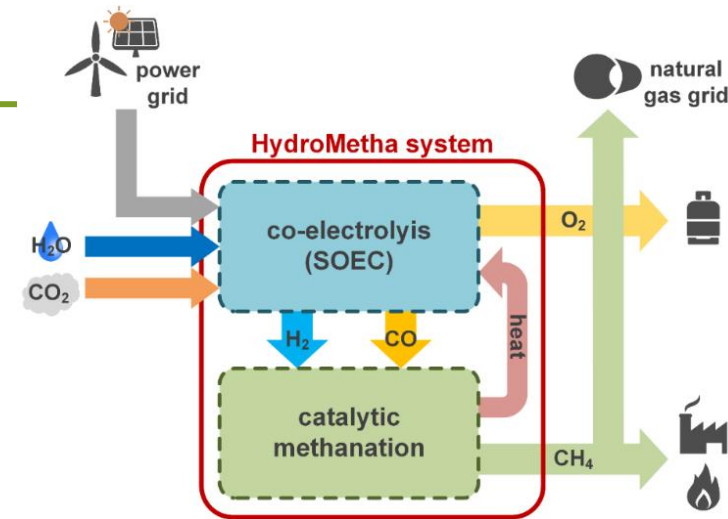
- Hohe produzierte Kapazitäten (Skaleneffekte)
- Optimale Wärmeintegration
- Günstige erneuerbare Stromproduktion
- Verwertung von Nebenprodukten (O₂)

→ Kostentreiber: CAPEX (+ fixe OPEX) & Stromkosten

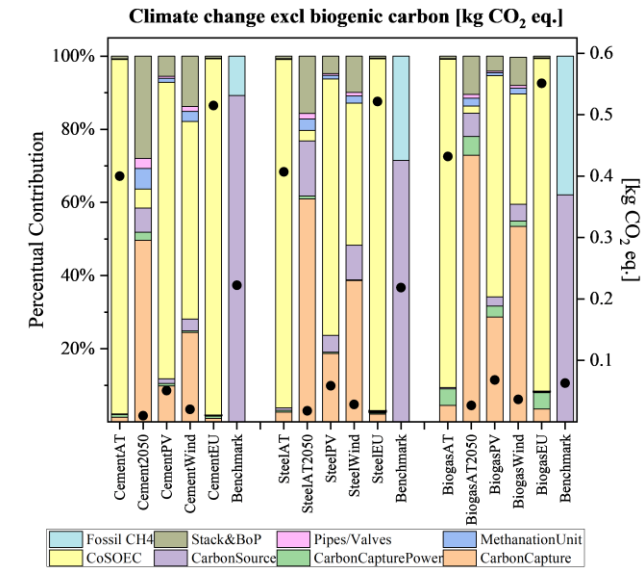
- Ökologische LCA

- THG-Reduktion mit erneuerbarem Strom
- Heutige Strommixe erhöhen THG-Emissionen ggü. Benchmark
- Einfluss CO₂-Quelle eher gering
- Betrieb größter Einflussfaktor auf GWP in Vgl. zur Herstellung des Systems

Vergleichbare Ergebnisse auch in anderen Projekten, z.B. CO₂EXIDE – elektrokatalytische Umwandlung von CO₂ zu Ethenoxid



Quelle: Böhm, H., et al. (2021) "Techno-Economic Assessment of Thermally Integrated Co-Electrolysis and Methanation for Industrial Closed Carbon Cycles", *Frontiers in Sustainability* 2021;726332



Exemplarische Ergebnisse für GWP. Quelle: HydroMetha, Energieinstitut an der JKU Linz

CCED - Carbon Cycle Economy Demonstration



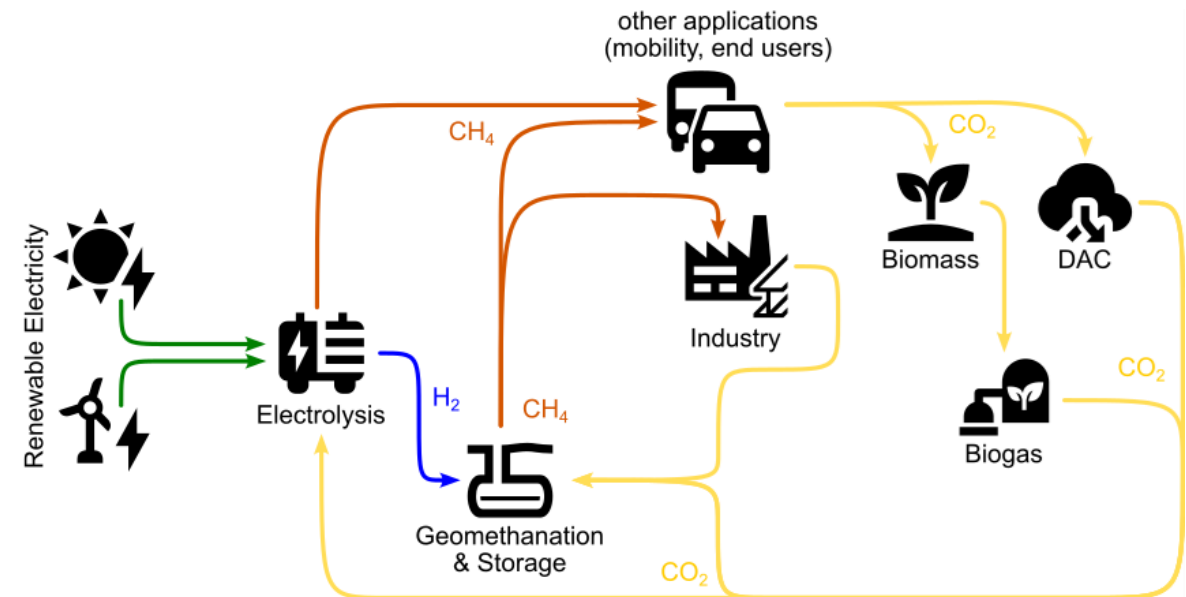
Leitprojekt zu Demonstration und Kopplung unterschiedlicher Carbon Capture & Utilization (CCU) Technologien

→ Etablierung eines nachhaltigen und geschlossenen CO₂-Kreislaufs

- Abscheidung CO₂ aus langfristigen industriellen Quellen (hard-to-abate)
- Evaluierung Verwertungspfade innerhalb der gesetzten Systemgrenzen
- Einbindung (saisonaler) Zwischenspeicher (u.a. Geomethanisierung)

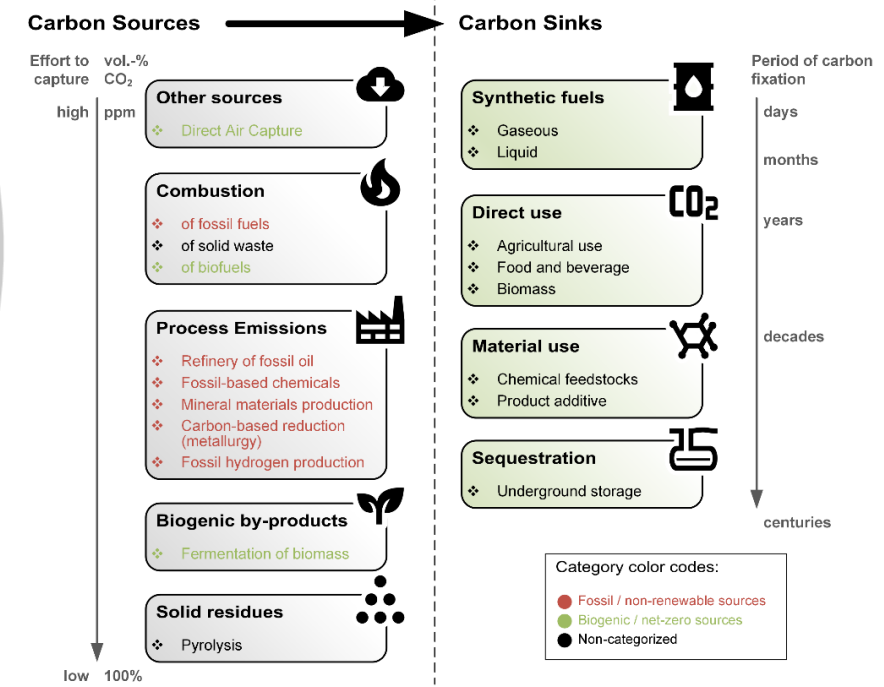
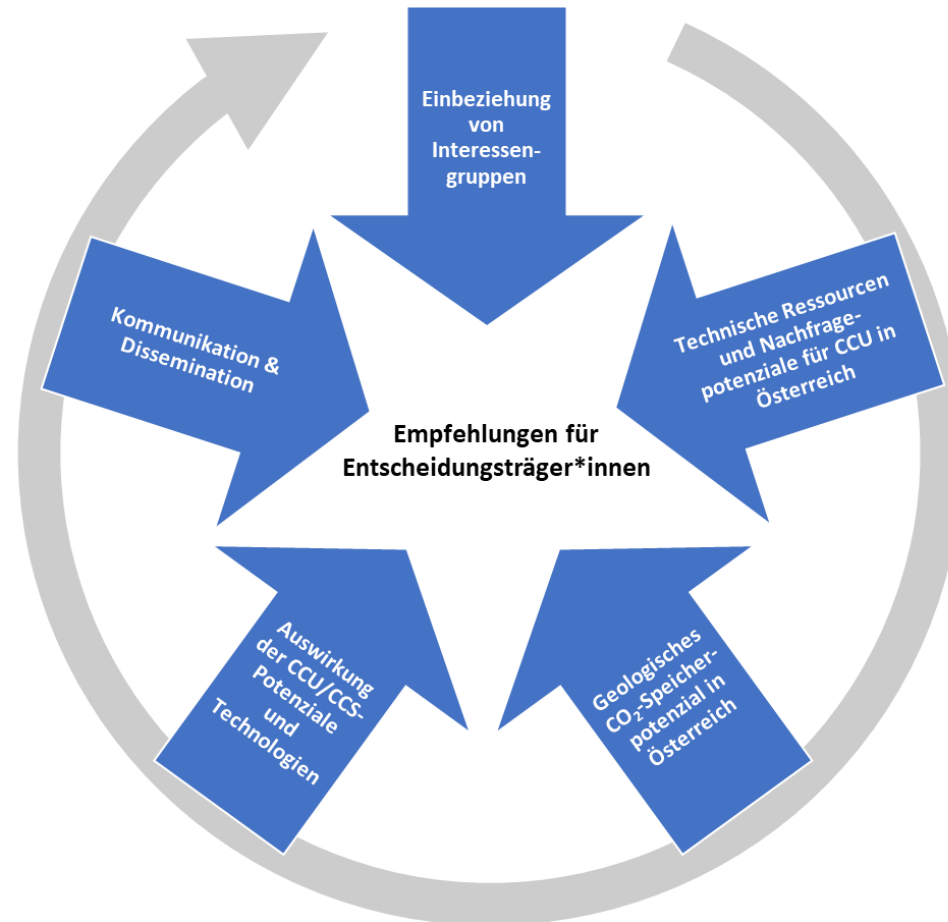
Impact Assessment

- Bewertung relevanter Use-Cases - langfristige Verfügbarkeit:
 - vorhandener CO₂-Quellen
 - erneuerbarer Energie
 - potenzieller Speicherkapazitäten
 - Anbindung an bestehende Infrastruktur (CO₂- und Gasnetze)
- Erfolgsfaktoren & Barrieren nachhaltiger CO₂-Kreisläufe
- Ökologische & ökonomische Implikationen
- Rechtliche Möglichkeiten, Einschränkungen und Unsicherheiten



CaCTUS – Carbon Capture, Transformation, Utilization and Storage

- Umfassende Datenbasis zu Potenzialen, Kosten und Auswirkungen von CCU & CCS in Österreich
- Nachvollziehbare Ableitung politischer Empfehlungen zur Unterstützung nachhaltiger Anwendungen von CCU & CCS in Österreich



Potenzielle CO₂-Quellen und -Senken mit einer qualitativen Angabe des Abscheideaufwands und der Bindungsdauer. Quelle: Eigene Darstellung.

Erste Ergebnisse im Herbst 2023!

