

CCUS Workshop
Österreichische Energieagentur
28.9.2023 (online)



CCUS Aktivitäten des Instituts für Verfahrens- und Energietechnik (BOKU)

Teil 1: CO₂ Abscheidung inhärent und end-of-pipe

Tobias Pröll und Gerhard Soja
Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Verfahrens- und Energietechnik

Website: boku.ac.at/map/ivet

→ Institut für Verfahrens- und Energietechnik

← Department für Materialwissenschaften und Prozesstechnik (MAP)

Institut für Verfahrens- und Energietechnik (IVET)

- Personen
- Lehrveranstaltungen
- Forschung
- Lehre >
- Bakkalaureats-, Master/Diplomarbeiten
- 3D Druck Service >
- Services & Equipment >
- Arbeitsgruppe Verfahrenstechnik nachwachsender Rohstoffe >
- Arbeitsgruppe Thermodynamik und Verfahrenstechnik >
- Arbeitsgruppe Energietechnik und Energiemanagement >

Institut für Verfahrens- und Energietechnik (IVET)
BOKU-Start > Department für Materialwissenschaften und Prozesstechnik (MAP)
> Institut für Verfahrens- und Energietechnik (IVET)

ETEM Arbeitsgruppe Energietechnik und Energiemanagement Univ. Prof. Dr. Tobias Pröll	PTNR Arbeitsgruppe Prozesstechnik nachwachsender Rohstoffe Univ. Prof. Dr. Christoph Pfeifer	THVT Arbeitsgruppe Thermodynamik und Verfahrenstechnik Ao. Univ. Prof. Martin Wendland
Lehre	3D Druck Service	

Website: boku.ac.at/map/ivet

→ AG Energietechnik und Energiemanagement (ETEM)

← Institut für Verfahrens- und Energietechnik (IVET)

Arbeitsgruppe Energietechnik und Energiemanagement

- Energy Engineering >
- Energy Management >
- Zero Emission Technologies >

Arbeitsgruppe Energietechnik und Energiemanagement

BOKU-Start > Department für Materialwissenschaften und Prozesstechnik (MAP)
> Institut für Verfahrens- und Energietechnik (IVET) > Arbeitsgruppe Energietechnik und Energiemanagement

Energy Engineering

smart heat grids, energy integration, process simulation, exergy optimization, heat pump systems, heat pump testing station, refrigeration and cooling technologies, process simulation, energy/ heat integration, exergy analysis and optimization, energy management systems, smart heat

Energy Management

Energy efficient buildings, energy analysis and monitoring, HVAC optimization, energy indicators, renewable energy use, optimized process control, user awareness training, sustainable energy use in buildings

Zero Emission Technologies

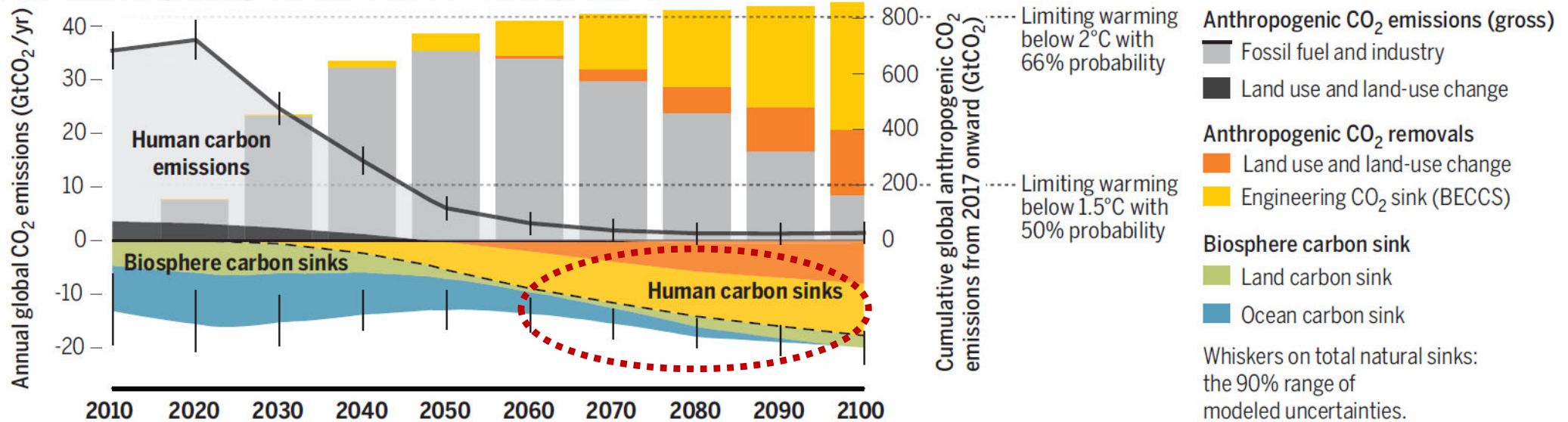
Carbon capture, Chemical looping, Temperature swing adsorption

BOKU / ETEM – Themen im Überblick

- Energieeffiziente Gebäudetechnik und Energiemanagement
- Exergieoptimierte Produktionsprozesse (Wärme- und Kälte)
- Photovoltaik und elektrische Energiespeicher (System-Ebene)
- Elektromobilität speziell für Nutzfahrzeuge (CNL)
- Null- und Negativemissionstechnologien
(CO₂-Abscheidung, Biokohle, Verfahrensvergleiche)
- Verfahrenstechnische Prozesse
 - Verbrennungsprozesse / Wirbelschichttechnik
 - Trocknung
 - Thermische Behandlung (Hygienisierung)

Null- und Negativemissionstechnologien

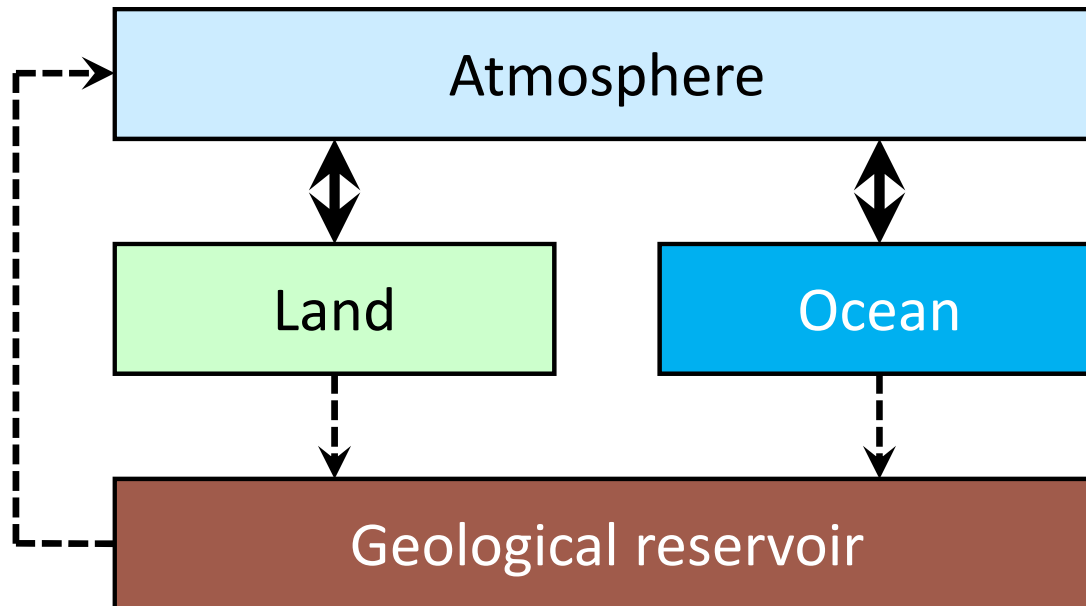
Decarbonization pathway consistent with the Paris agreement



Quelle: J. Röckström et. al., 2017, Science, 355, 1269-1271.

- Netto-Negativemissionen ab 2050 erforderlich für 1.5°C-Ziel
- Abscheidung von gasförmigem CO₂ und Speicherung nötig
- Hoher Energieaufwand für Abscheidung und Konzentration

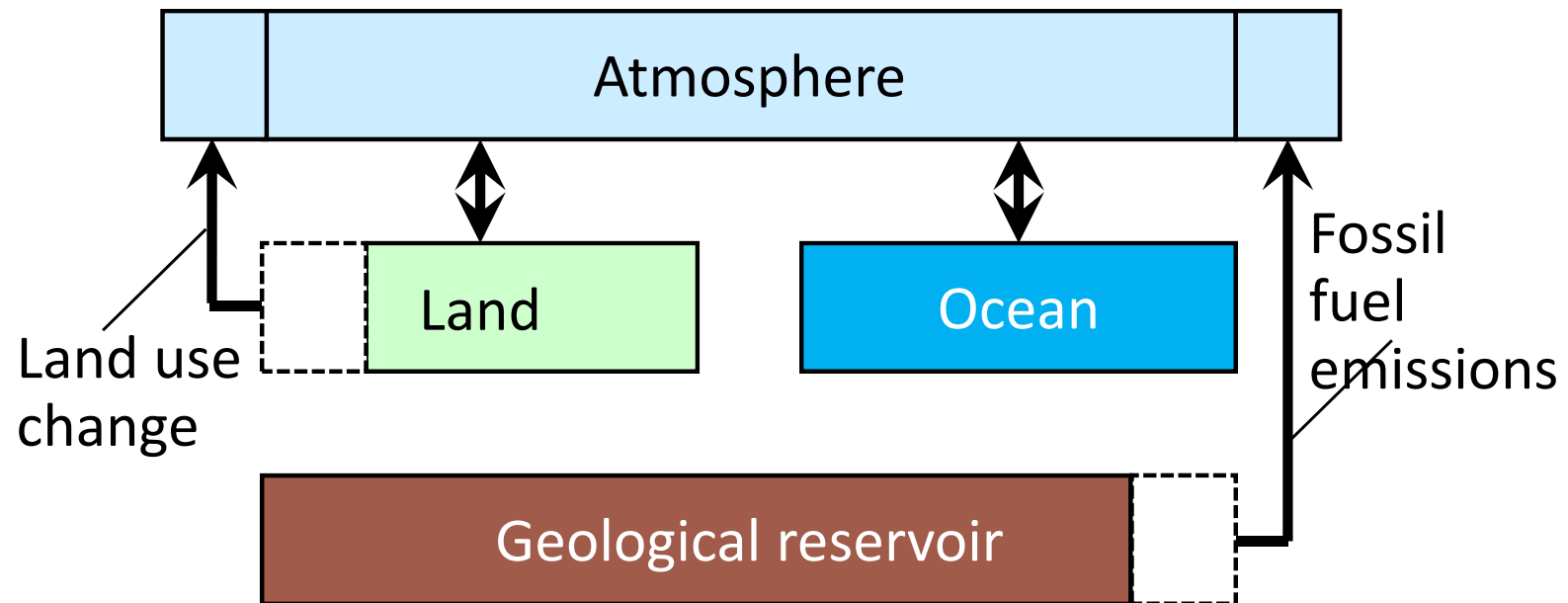
Unperturbed carbon cycle



→ Bold arrows indicate active equilibria

→ Broken-lined arrows indicate slow geological processes

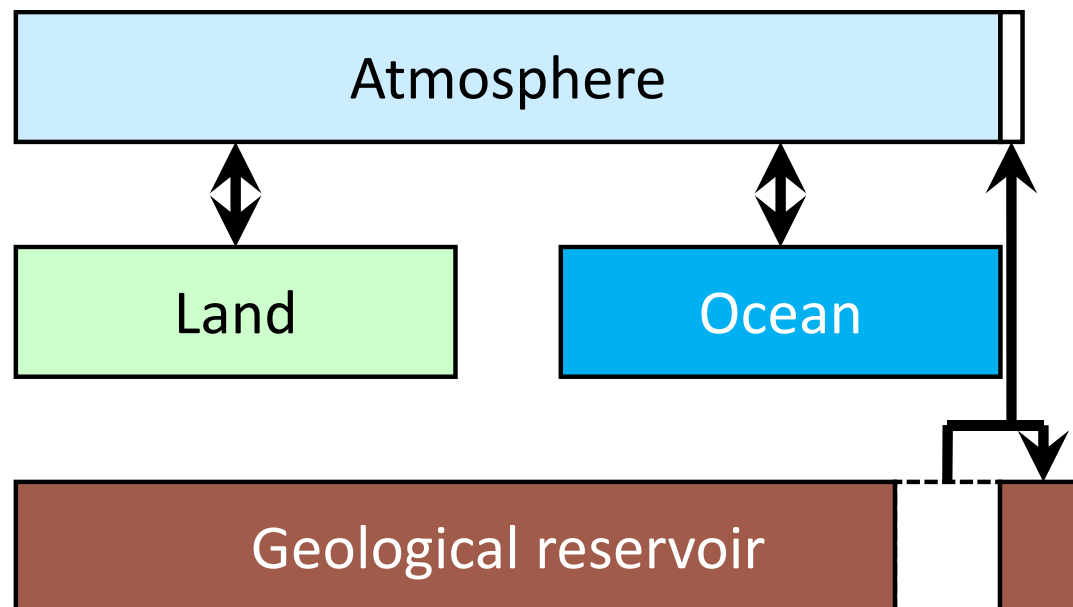
Currently: land use change and fossil fuels



→ Increasing CO₂ concentration in the atmosphere

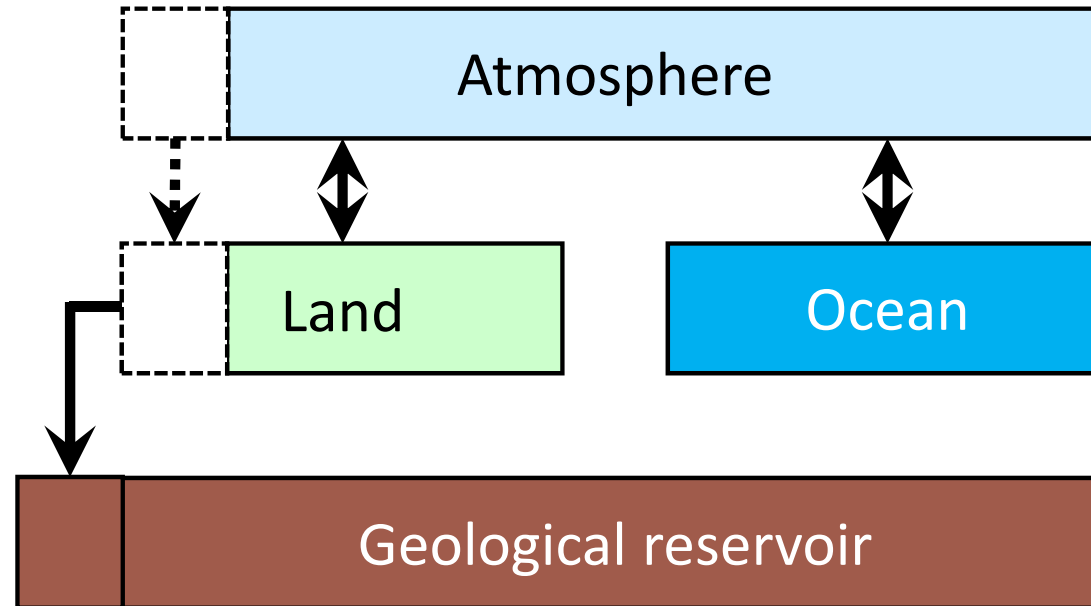
→ Increasing CO₂ concentration in the ocean via equilibrium

Carbon capture and storage (CCS)



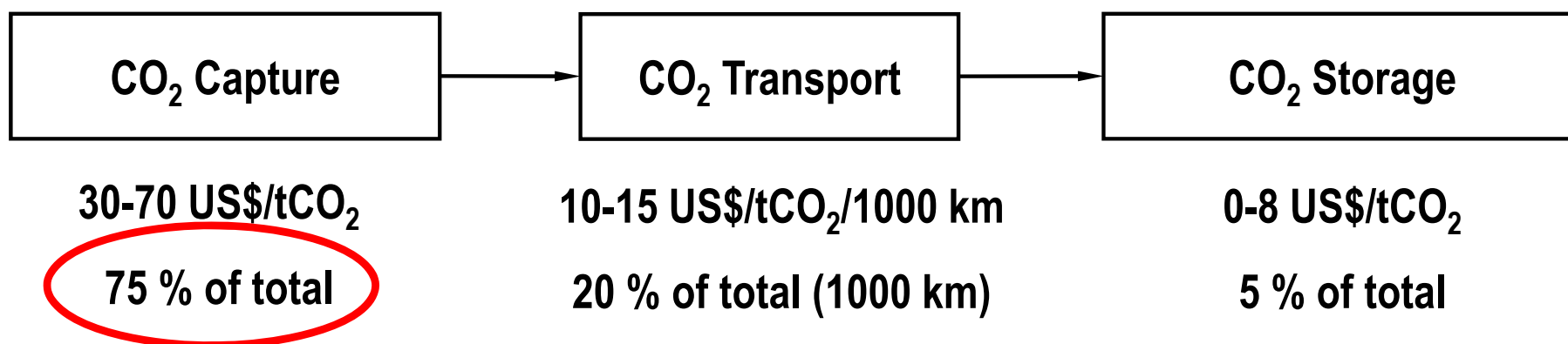
- Classical CCS: Partially avoids CO₂ emissions from fossil fuels
- Roughly 20% of the fuel energy required for CO₂ capture

Bioenergy with CCS (BECCS)



- Pre-concentration of carbon in biomass using sunlight
- Biomass converted to energy, CO₂ captured and stored
- Lower energy output compared to bioenergy without CCS

Aufwand entlang der CCS Prozesskette



Technische Hauptherausforderung: Abscheidung, Aufkonzentrierung und Verdichtung

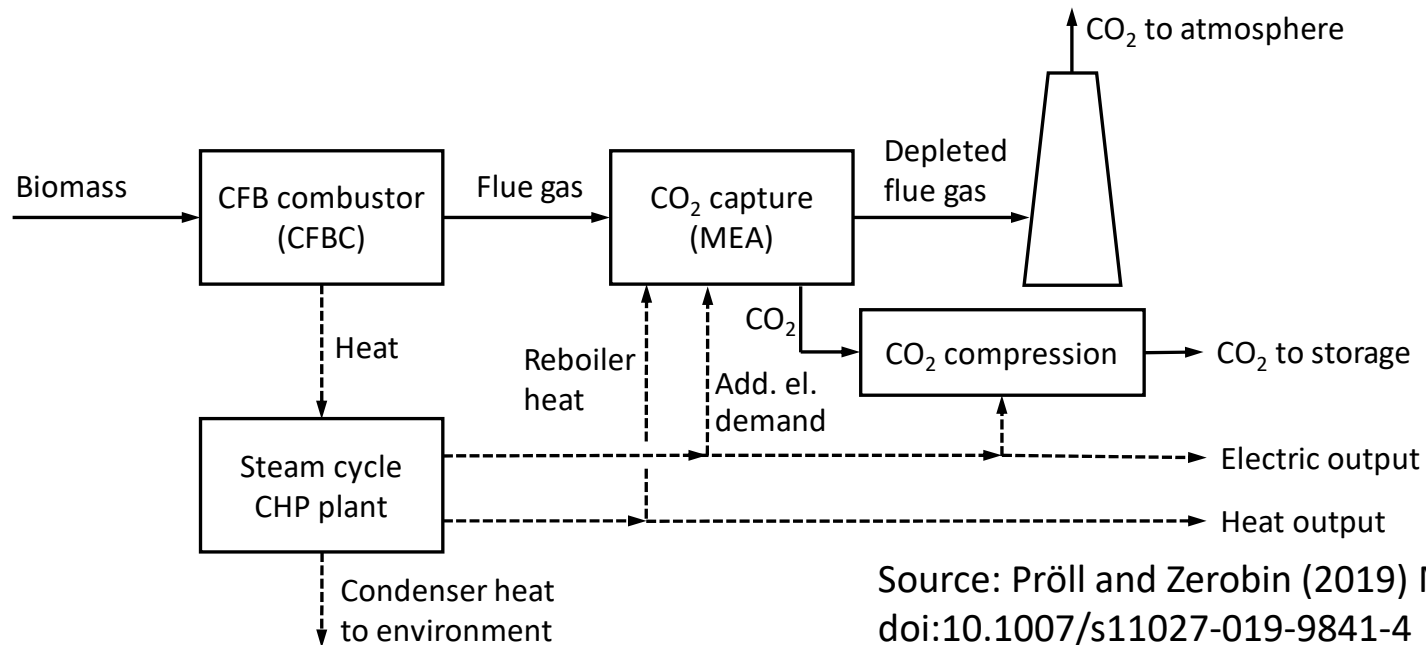
→ **Kosten am Standort der Industrieanlage**

Politische Hauptherausforderung: Speicherung im Untergrund

→ **Sicherheitsbedenken in der Bevölkerung**

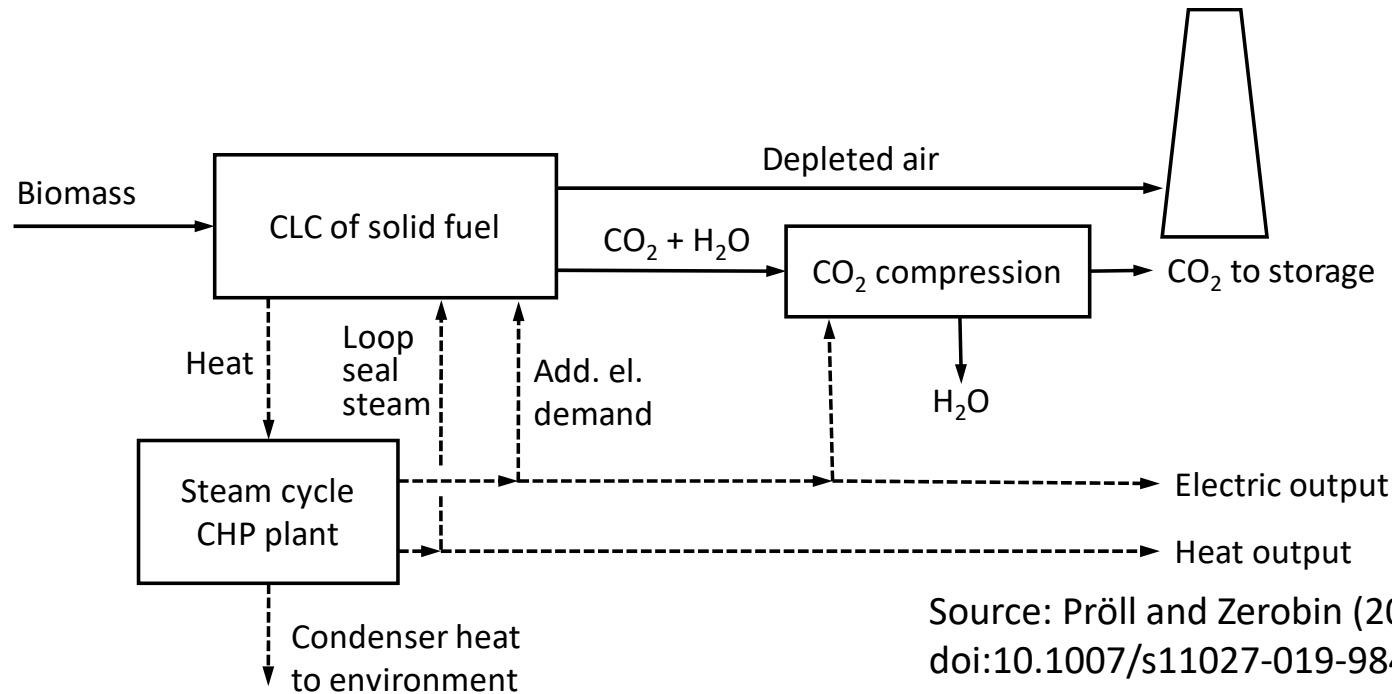
[IPCC Special Report on CCS, 2005]

BECCS for heat and power (CHP)



Parameter	Unit	CHP	MEA	CLC
Max. electric efficiency with CO ₂ compr. (90% capture)	%	37.1	27.0	31.4
Maximum heat efficiency	%	53.0	25.1	47.7
El. efficiency in max. heat case with CO ₂ compr.	%	26.5	22.0	21.9
Maximum fuel power utilization rate with CO ₂ compr.	%	79.5	47.1	69.6

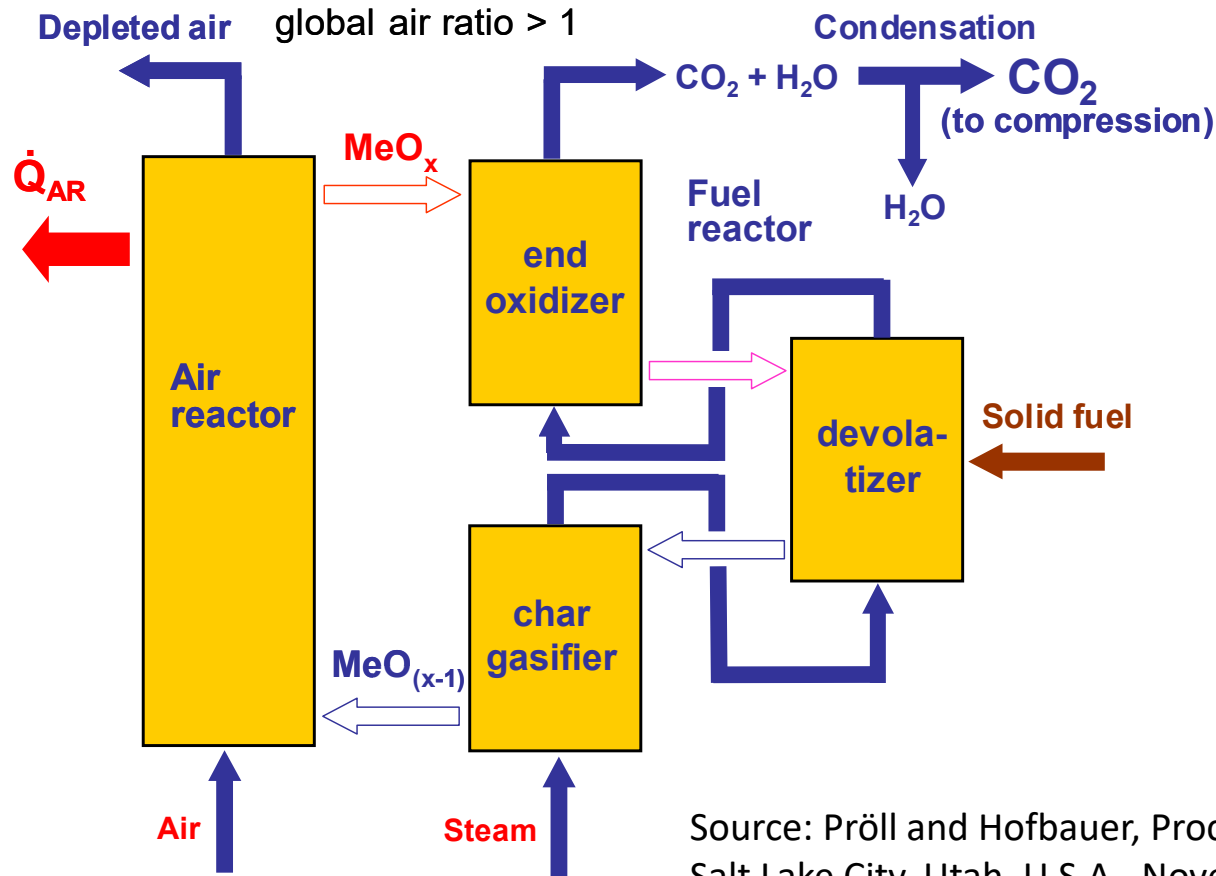
BECCS with Chemical Looping Combustion (CLC)



Source: Pröll and Zerobin (2019) MITI, doi:10.1007/s11027-019-9841-4

Parameter	Unit	CHP	MEA	CLC
Max. electric efficiency with CO_2 compr. (90% capture)	%	37.1	27.0	31.4
Maximum heat efficiency	%	53.0	25.1	47.7
El. efficiency in max. heat case with CO_2 compr.	%	26.5	22.0	21.9
Maximum fuel power utilization rate with CO_2 compr.	%	79.5	47.1	69.6

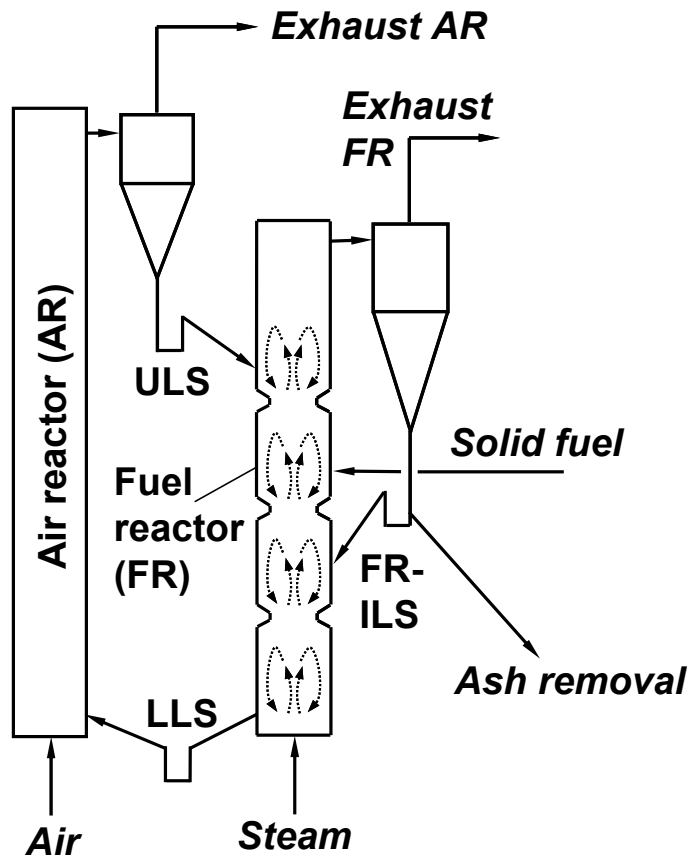
Chemical-looping combustion (CLC) of solid fuels - Theory



- Oxidation of both volatiles and charcoal
- Control on gas and solids residence time distribution → counter-current contacting pattern
- Fluidized bed systems

Source: Pröll and Hofbauer, Proceedings of the AIChE Annual Meeting 2010, Salt Lake City, Utah, U.S.A., November 7-12, 2010

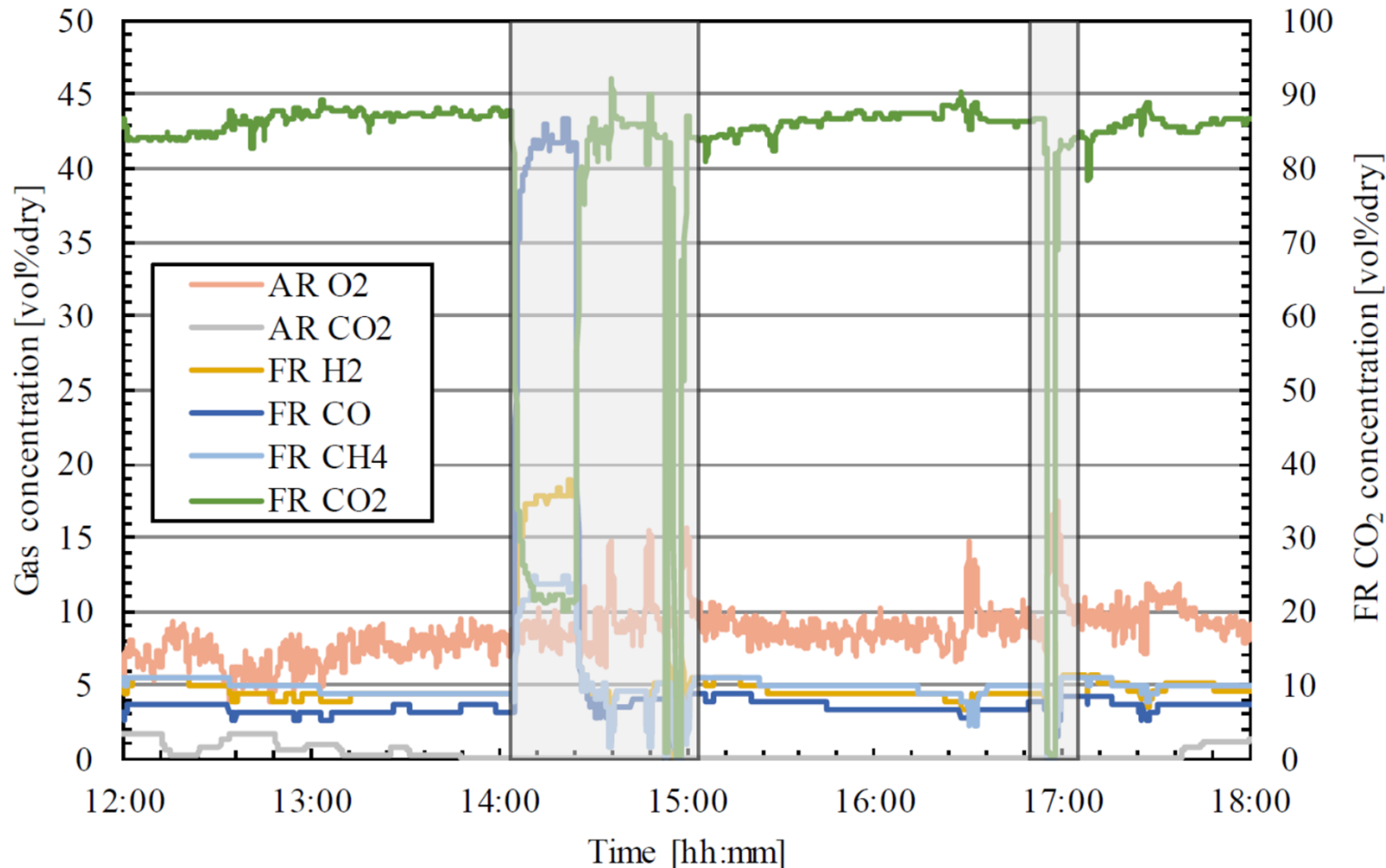
CLC of solid fuels – reactor system



- Fuel reactor divided in vertical sections by flow obstacles reducing the cross section
- Fast fluidization regime in the reduced cross section, bubbling to turbulent regime in the zones between
- Consecutive dense zones
- Gas-solid counter-current flow behavior
- Particle size separation possible

Source: Pröll and Hofbauer, Proceedings of the AIChE Annual Meeting 2010, Salt Lake City, Utah, U.S.A., November 7-12, 2010

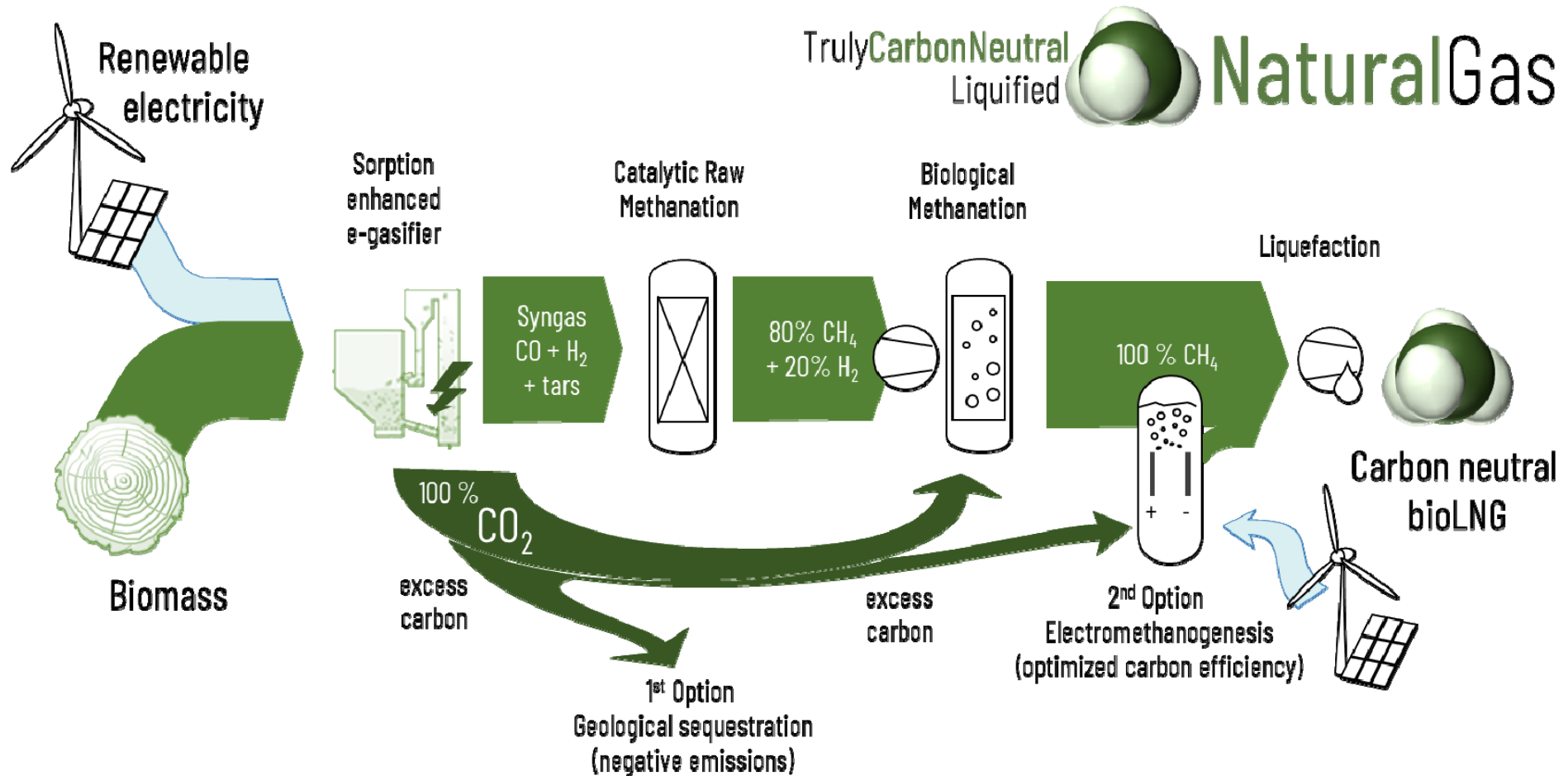
Biomass CLC first results @ TU Wien (Penthor et al.)



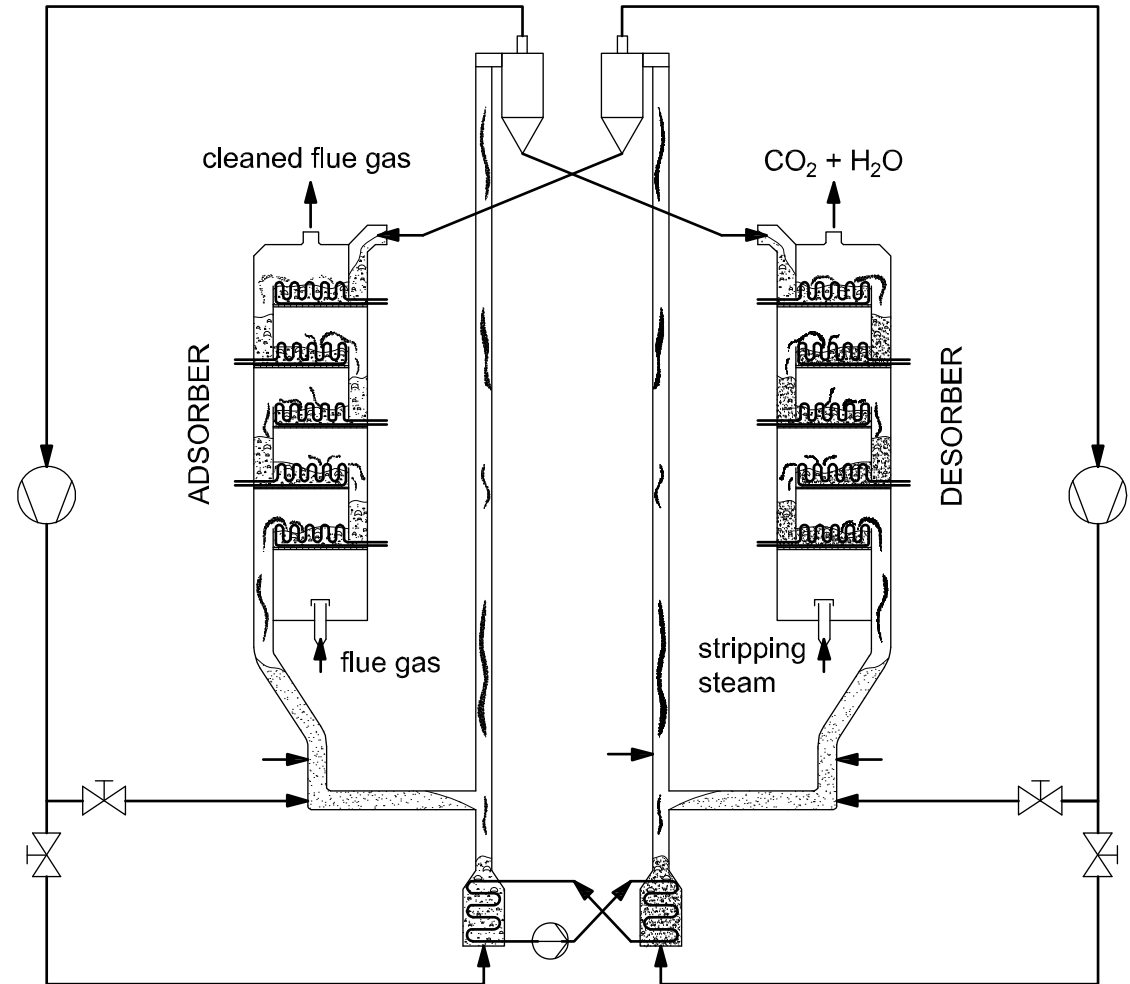
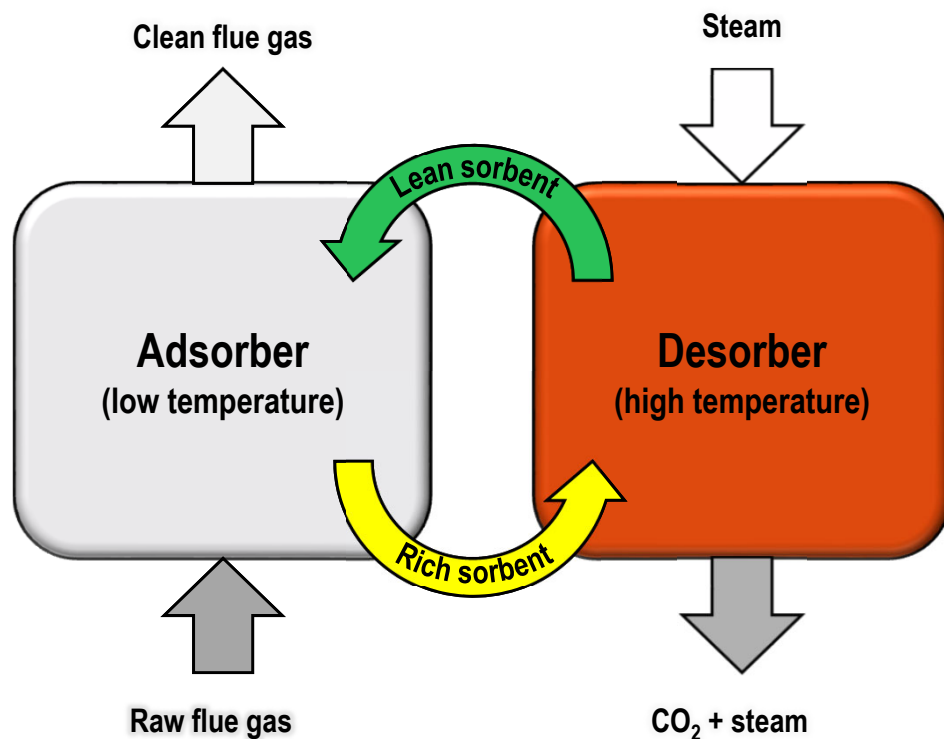
- Dual fluidized bed gasifier pilot plant @ 80 kW fuel input
- 85% CO₂ in FR exhaust gas
- No CO₂ from AR exhaust gas
- World record in solid fuel CLC performance

Source: Penthor et al., 5th International Conference on Chemical Looping, 24-27 September 2018, Park City, Utah, USA

Horizon Europe Projekt *CarbonNeutralLNG* (2022-2025)

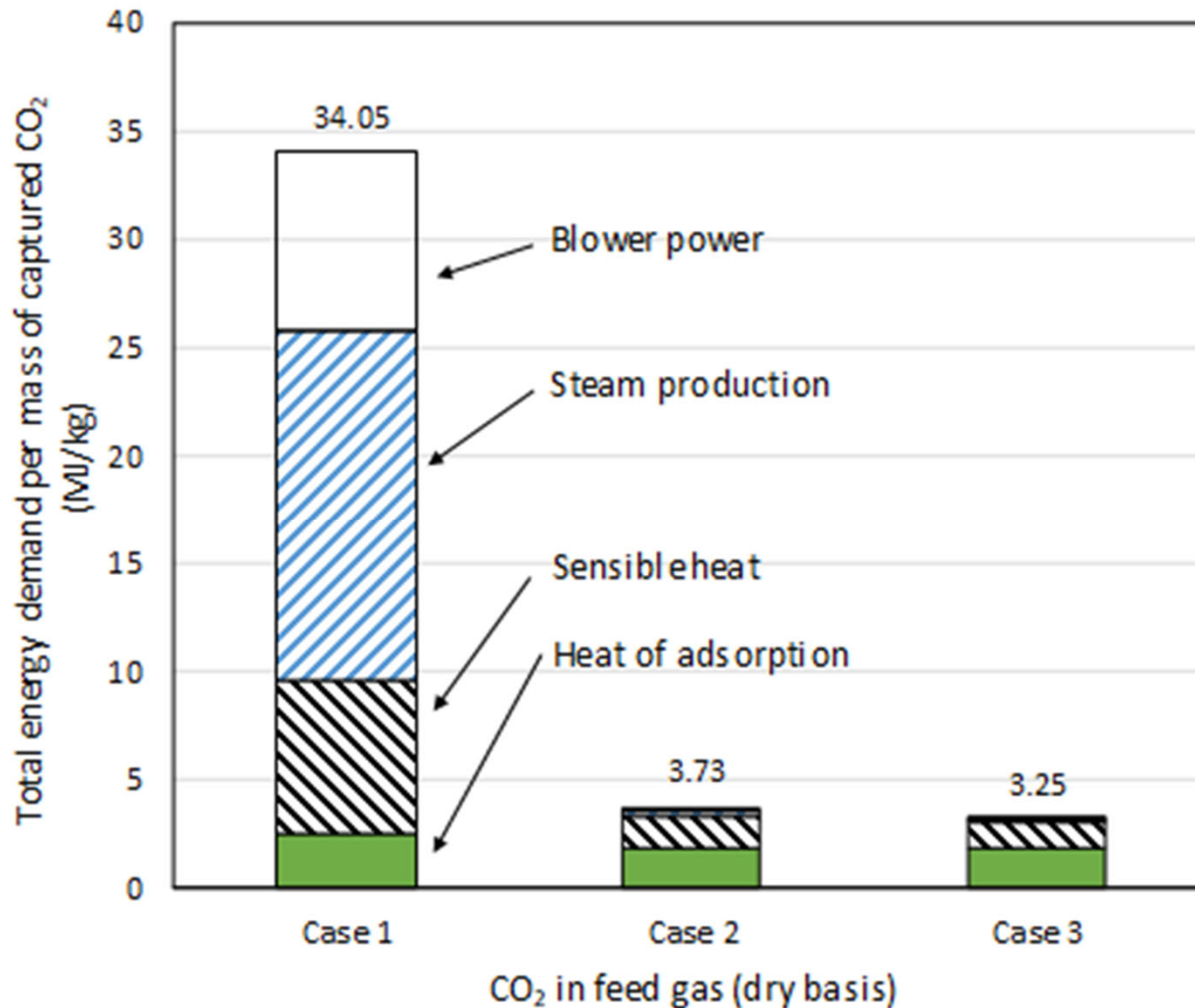


Klimafonds Leitprojekt ViennaGreenCO₂ – Entwicklung kontinuierliche Temperaturwechseladsorption Shell, TU Wien, BOKU, Wien Energie, etc. 2015-2019



- Pilotanlage für Abscheidung rund 1 Tonne CO₂/Tag

Energieaufwand zur Abscheidung mittels TSA



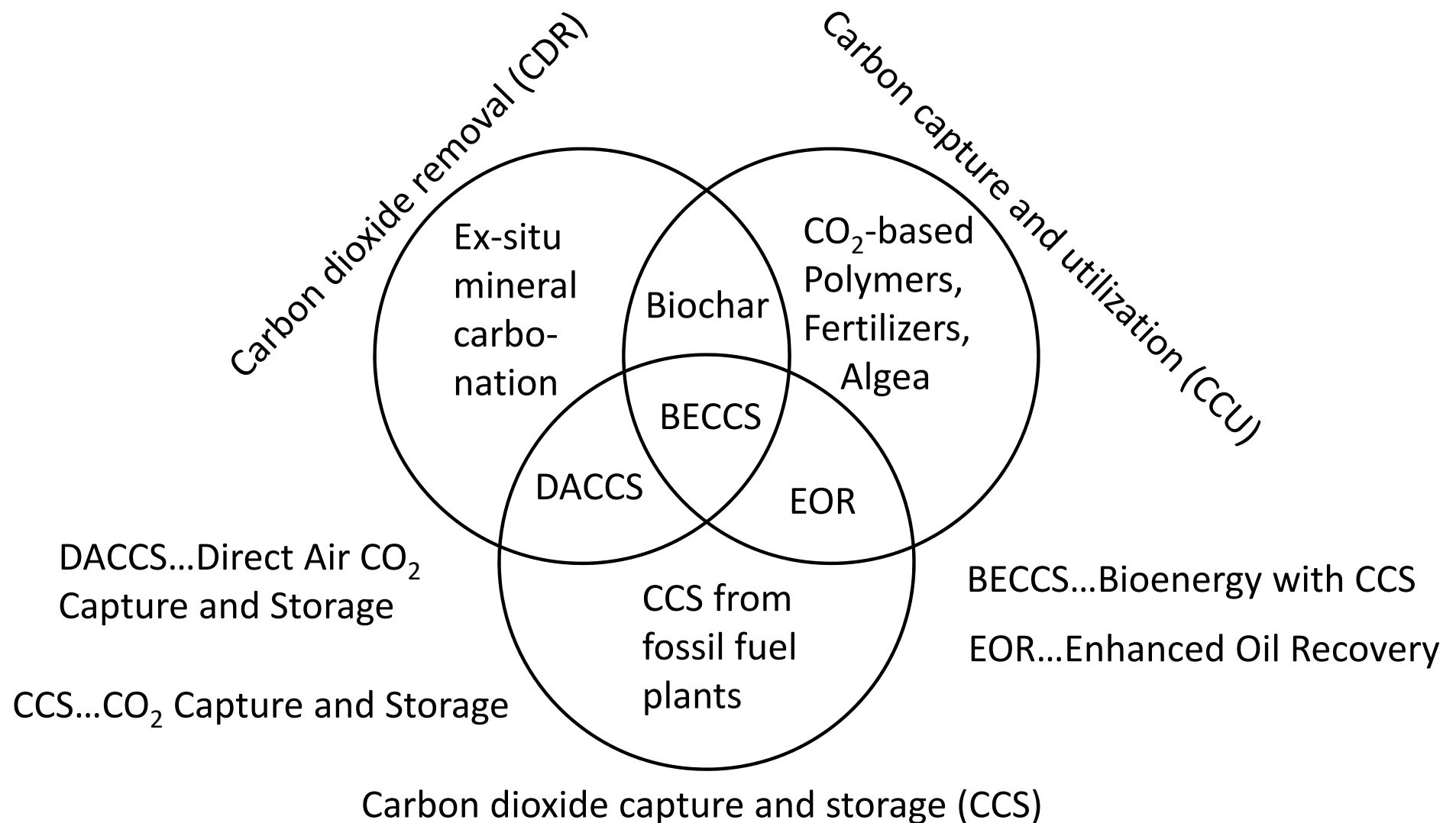
Case 1:
Umgebungsluft
(0.04 vol% CO₂)

Case 2:
Abgas GuD
(4 vol% CO₂)

Case 3:
Abgas Biomasse
(10 vol% CO₂)

Quelle: Zerobin&Pröll, 2020, Ind. Eng. Chem. Res. 59, 9207–9214.

Versuch einer Systematik der Begriffe



Quelle: Hepburn et al., 2019, Nature 575, 87-97. → Supplementary Figure S1

Forschungsbedarf

Klimakrise = Energiekrise (keine Kohlenstoffkrise!)

- Entwicklung/Optimierung energieeffizienter CO₂-Abscheidetechnologien aus industriellen Anlagen
- Kompression und Endaufbereitung von CO₂ für Transport
- CO₂ Transportinfrastruktur – Demos
- Gesamtwirtschaftliche Beurteilung von „Carbon Management“ Systemen