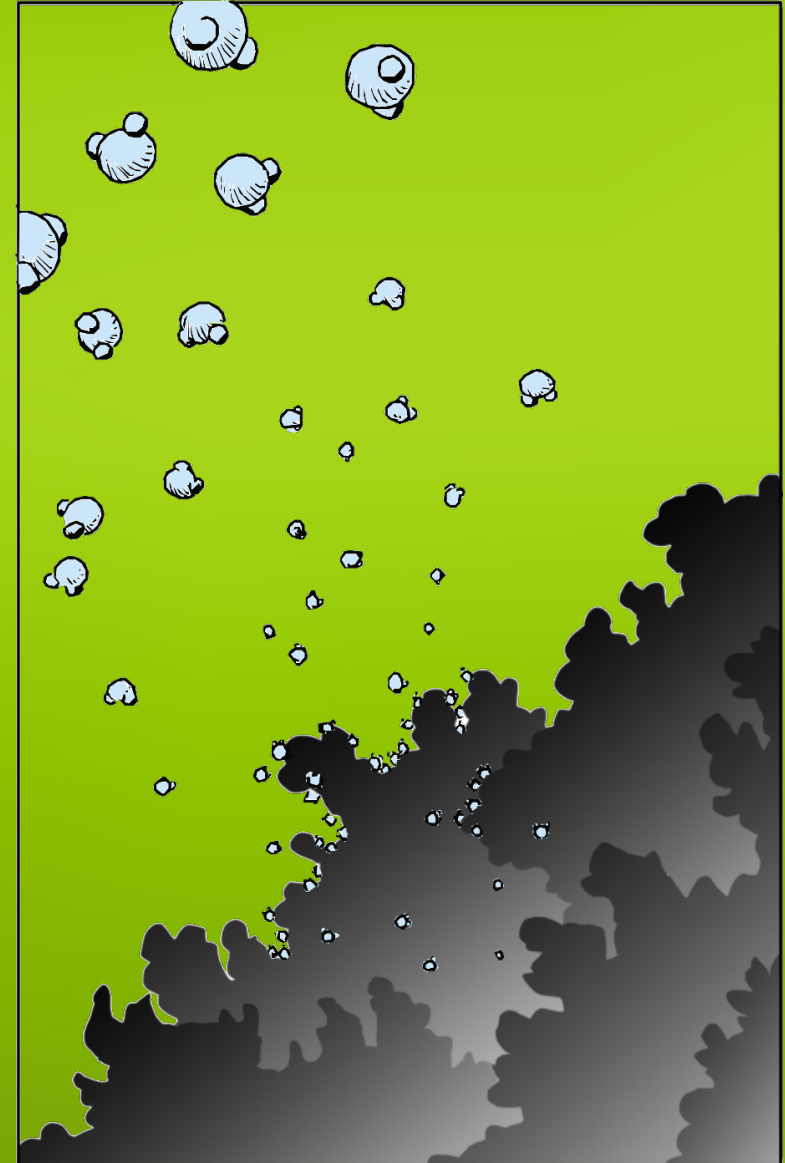


Technologische Lösungen um CO₂ einzufangen

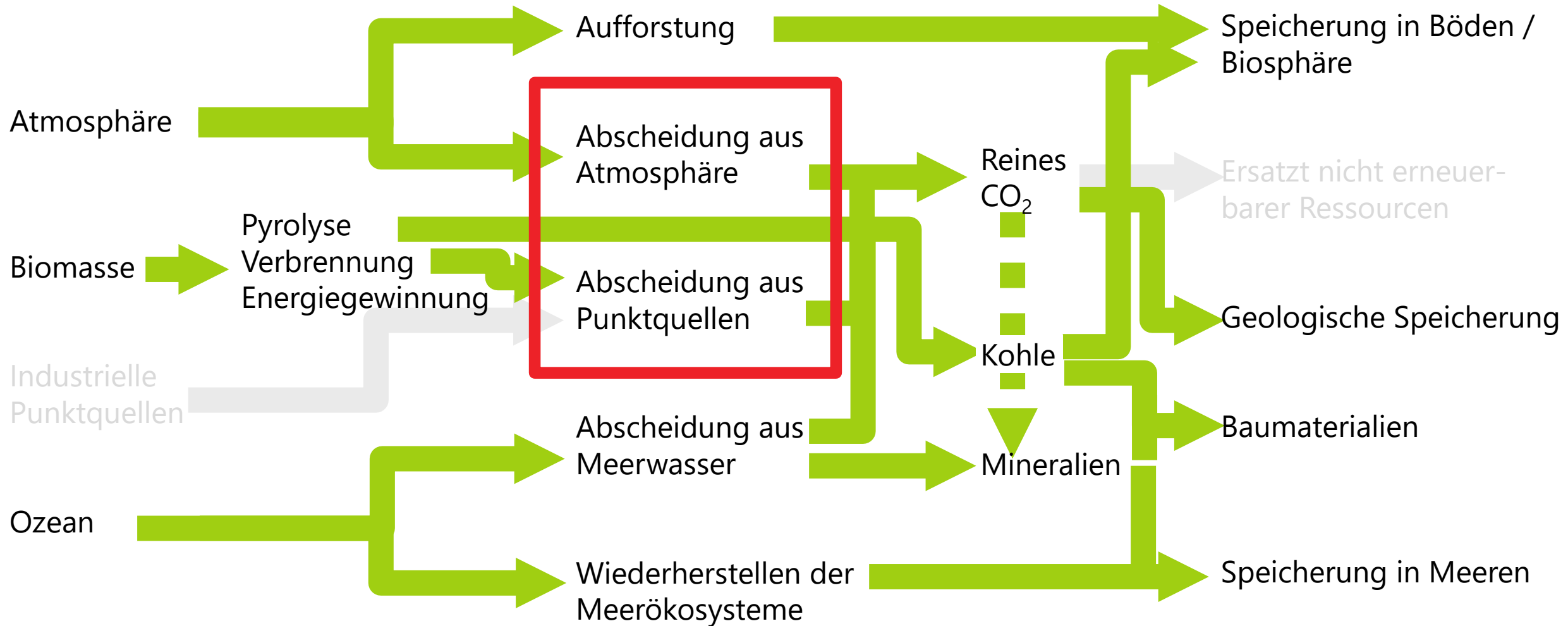
Sandra Galmarini

BUILDING ENERGY
MATERIALS AND COMPONENTS



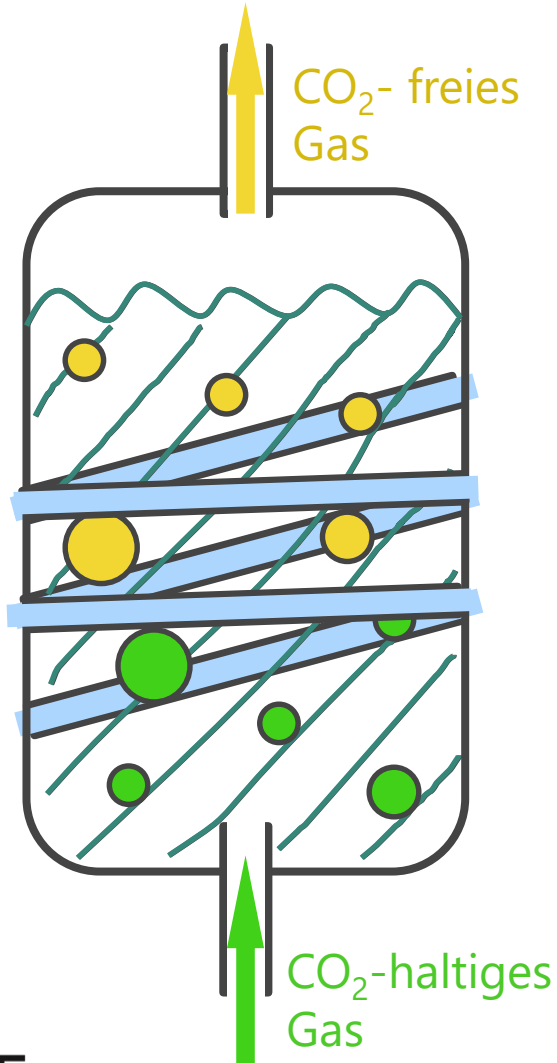
CO₂ Negativemissionsmassnahmen

Building a sustainable future

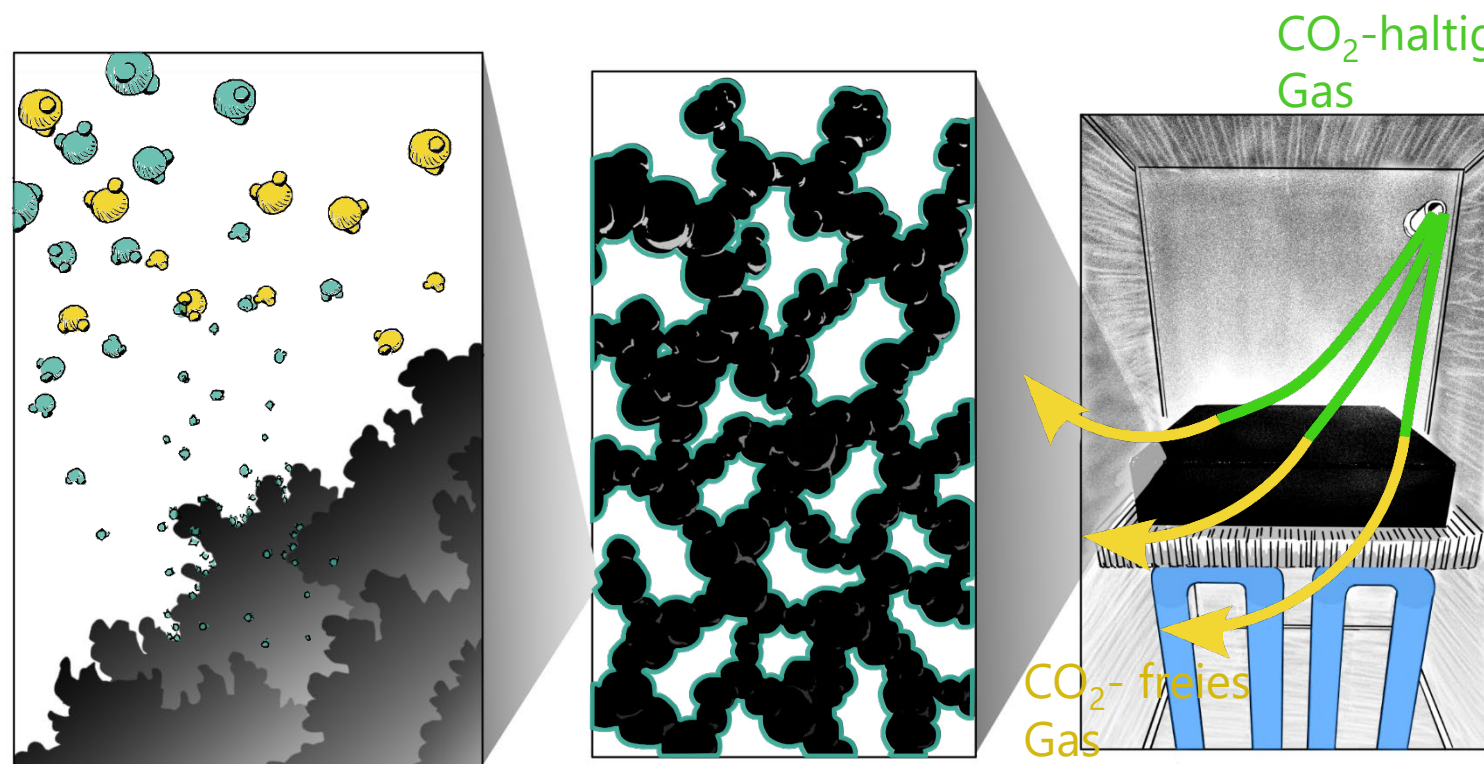




- Aufbau von Infrastruktur und Logistikketten für CO₂ Negativemissionen. Die Anforderungen an die Technologie für die CO₂ Abscheidung hängen von der **Endanwendung / der Logistikketten** ab.
- Vor allem für die Abscheidung aus der **Atmosphäre** braucht es sehr selektive Technologien. Typischerweise ist in Bodennähe zum Beispiel **20 mal mehr Wasser** in der Atmosphäre als CO₂.
- Der **Energiebedarf** der Abscheidung ist noch hoch, diese müssen aus erneuerbaren Quellen kommen und treiben die Kosten.
- Die **Kosten** sind vermutlich zum aktuellen Zeitpunkt das grösste Hindernis für grössere CO₂-negativ Technologien.
- **Sofortige, lokale, überprüfbare Wirkung.**



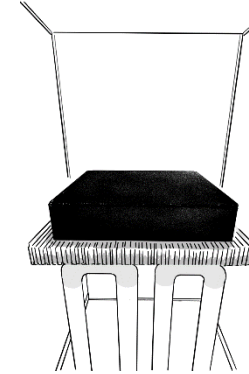
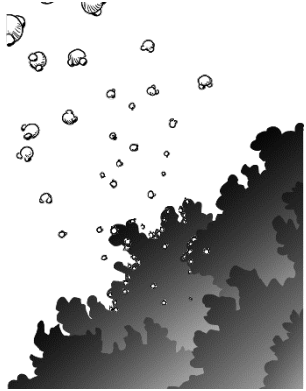
- CO₂-haltiges Gas wird unter Umgebungsdruck und Temperatur durch eine meist aminhaltige Lösung geparlt.
- Die Lösung absorbiert das CO₂ aus dem Gasmischung, das gereinigte Gas entströmt.
- Nach Sättigung der Lösung wird die Temperatur erhöht und/oder der Druck abgesenkt, das CO₂ wird wieder freigegeben.
- Vor- und Nachteile
 - ✓ Ausgereifte Technologie
 - ✗ Benötigte Chemikalien / Wasserbedarf
 - ✗ Hoher Energiebedarf
- Aktuelle Forschungsrichtungen
 - Effiziente, nachhaltige, langlebige Amin- oder äquivalente Lösungen



- CO₂-haltiges Gas wird unter Umgebungsdruck und Temperatur an einem porösen Adsorber vorbeigeströmt
- Das CO₂ wird in den Poren adsorbiert, das gereinigte Gas entströmt.
- Nach Sättigung der Poren wird die Temperatur erhöht und/oder der Druck abgesenkt, das CO₂ wird wieder freigegeben.
- Vor- und Nachteile
 - ✓ Gute CO₂ Reinheit
 - ✓ Tieferer Energiebedarf
 - ✗ Tiefe Technologiereife

Poröse Adsorber – unsere Forschungsaktivitäten

Building a sustainable future



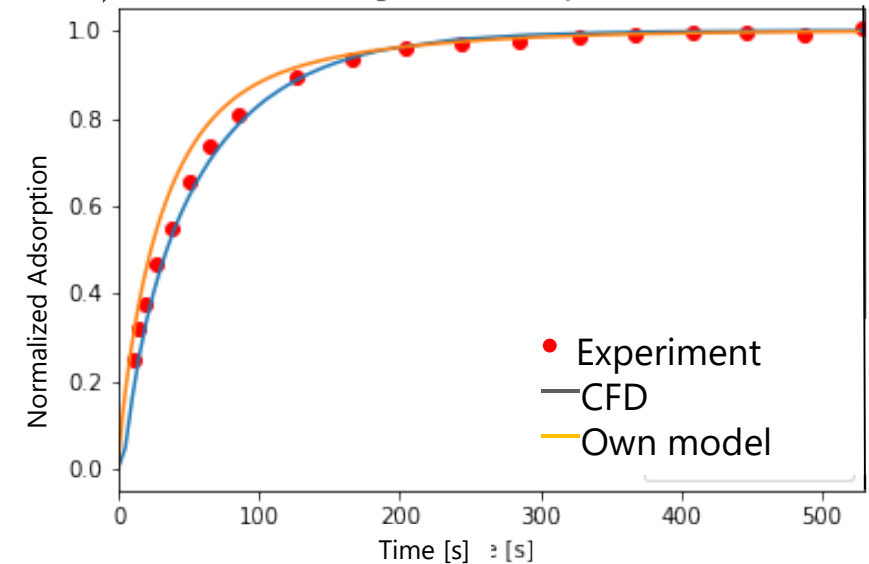
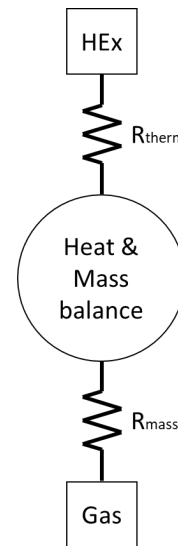
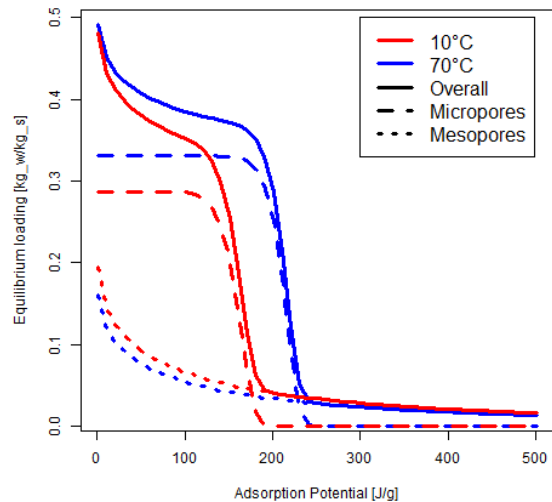
Adsorber Charakterisierung
und Entwicklung

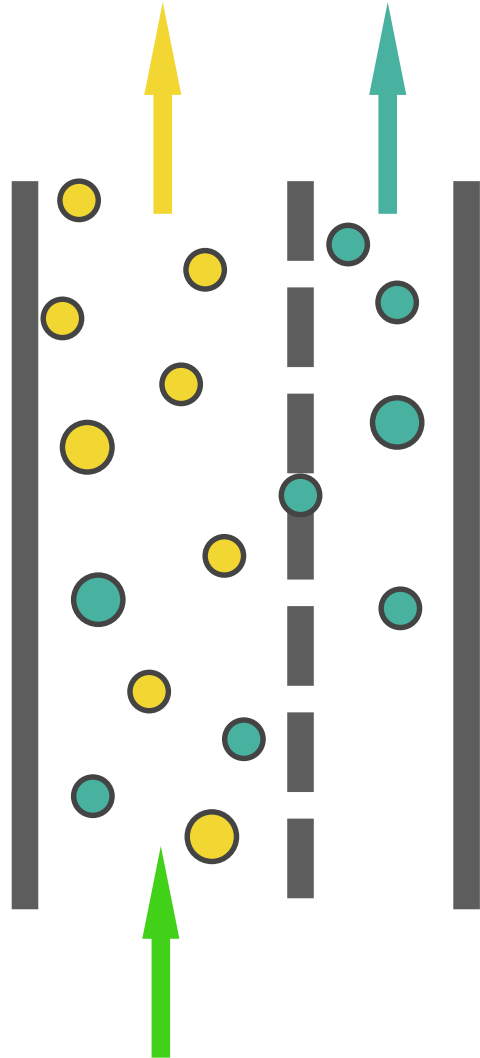


Modellentwicklung und
theoretisches Verständnis



Simulation des Verhaltens
der Adsorber





- CO₂-haltiges Gas wird einer nur für CO₂ durchlässigen Membran vorbeigeströmt
- Membran-Abscheidung
 - ✓ Tiefer Energiebedarf
 - ✗ Technologie in Entwicklung
 - ✗ Probleme mit Verunreinigungen und tiefem CO₂ Partialdruck

Existierende Umsetzungsprojekte

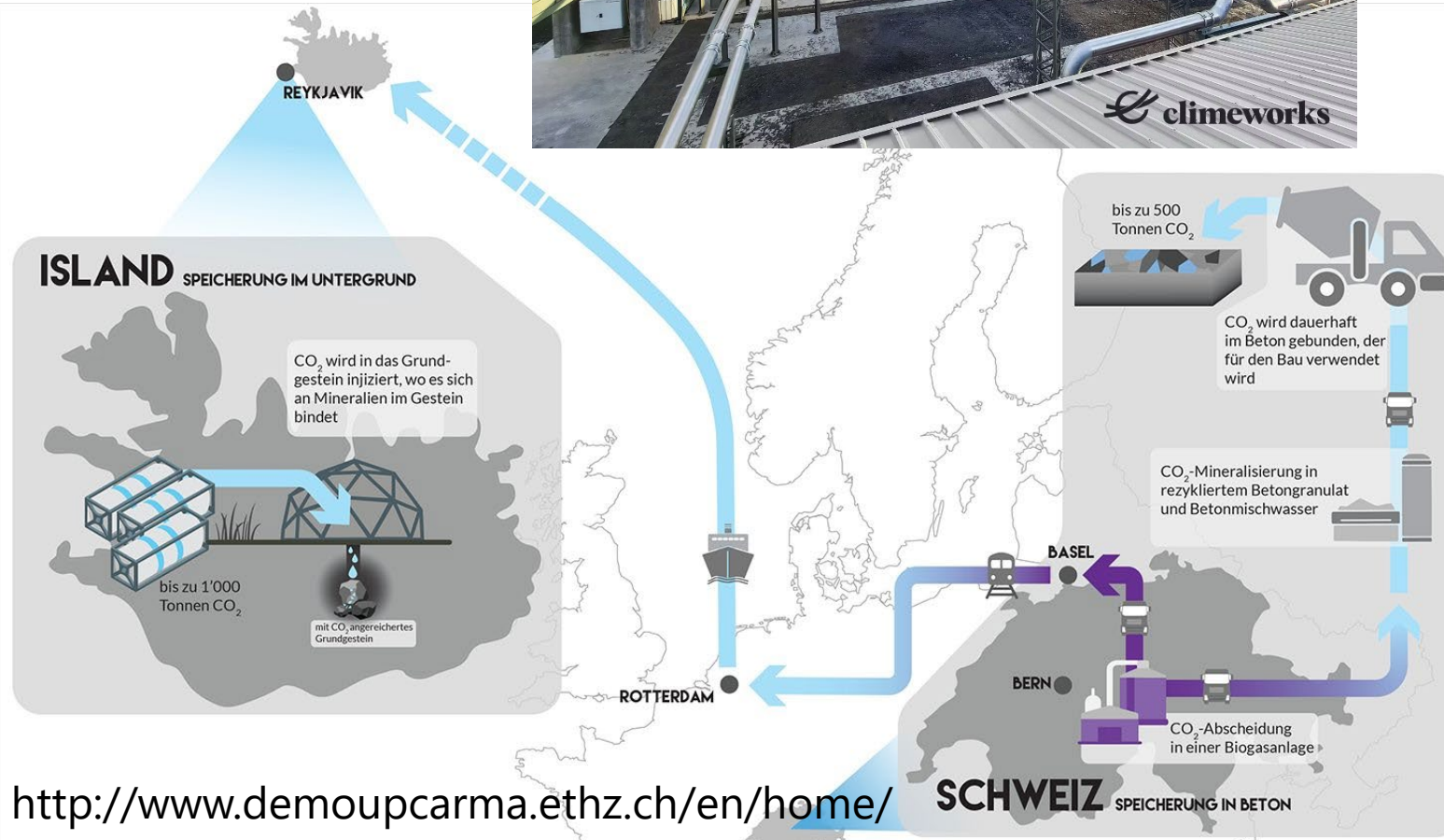
Building a sustainable future



- Orca: Pilotanlage (in Betrieb) in Island zur Abscheidung und geologischer Speicherung von CO₂ aus der Atmosphäre. (Climeworks, CarbFix)
<https://www.inspiredbyiceland.com/business/worlds-largest-carbon-capture-plant-opens-in-iceland>



- DemoUpCarma&Storage: von der ETH Zürich geleitetes Pilotprojekt.
<http://www.demoupcarma.ethz.ch/en/home/>





- SCENE: Schweizer Kompetenzzentrum zu Netto Null Emissionen
<https://www.scene-project.ch/>



- ACCSESS: EU-Projekt zur CO2 Abscheidung und Speicherung
<https://www.projectaccess.eu>



- ZAR CO2 Kompetenzzentrum
<https://zar-ch.ch/zar/kompetenzenprojekte/co2-kompetenzzentrum/>

- Swiss Carbon Removal Platform
<https://www.carbon-removal.ch/>

- VBSA Klimafond
<https://vbsa-co2.ch/>



- IEA Studie
<https://www.iea.org/reports/ccus-in-clean-energy-transitions/ccus-in-the-transition-to-net-zero-emissions>
- Ocean visions
<https://oceanvisions.org/>
- Europäischer Report: The State of Carbon Dioxide Removal
<https://www.stateofcdr.org/>
- CDR primers
<https://cdrprimer.org/read>
- TA-SWISS Studie zu Technologien für Negativemissionen
<https://www.ta-swiss.ch/technologien-fuer-negativemissionen>

Danke für Ihre Aufmerksamkeit
Thanks for your attention
Grazie dell'attenzione



Empa

Materials Science and Technology

Ich freue mich auf Ihre Fragen und
Anregungen
sandra.galmarini@empa.ch

**BUILDING ENERGY
MATERIALS AND COMPONENTS**

Building a sustainable future





Mikrometrische Kristalle

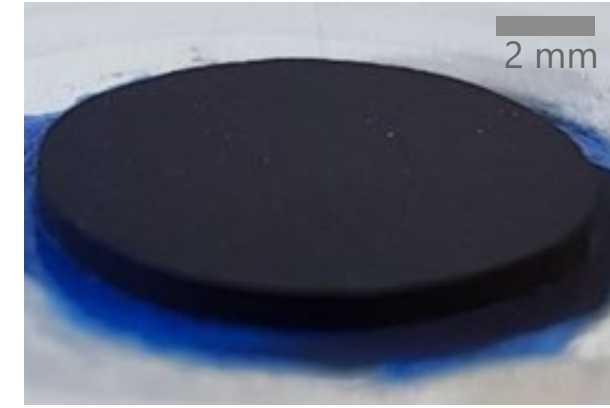
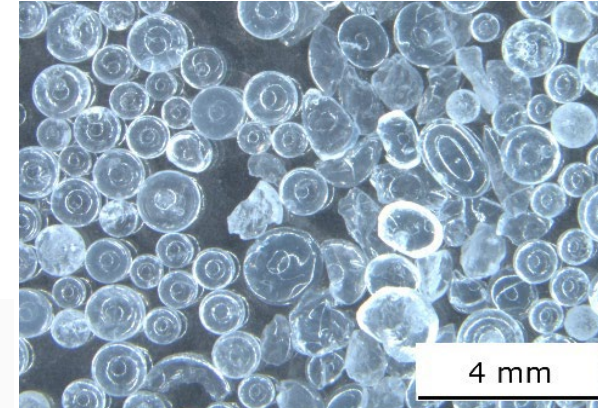
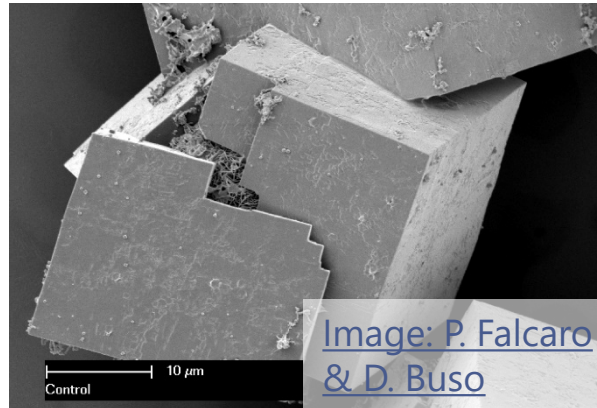
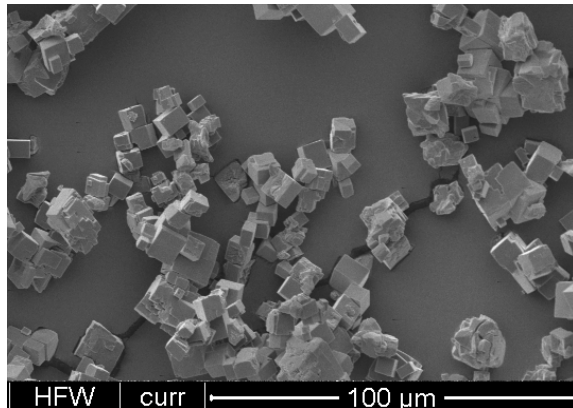
Amorphe Materialien mit unterschiedlicher Form

Zeolithe

**Metall-Organische
Gitterverbindungen (MOFs)**

Amin-Funktionalisierte Gele
(Silika/nf-Zellulose)

Aktivkohle



Vielfalt durch Zusammensetzung / Kristallstruktur
[Strukturdatenbank](#)

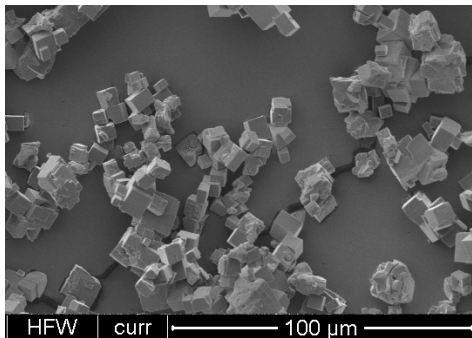
Vielfalt durch Porenstruktur / Oberflächen

Enge Porengrößenverteilung im
Nanometerbereich

Hierarchische Porenstruktur



Zeolithe

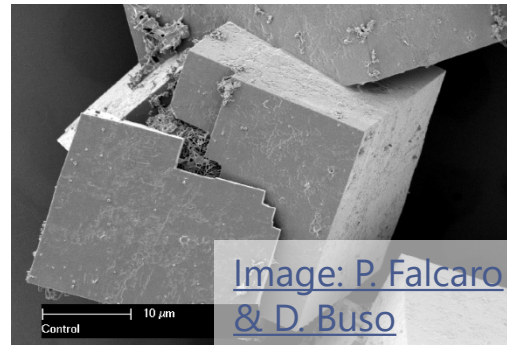


++ hohe CO₂ Adsorption
- Selektivität schwierig

Intrakristalliner
Massentransfer langsam

mittlerer Preis

Metall-Organische Gitterverbindungen (MOFs)

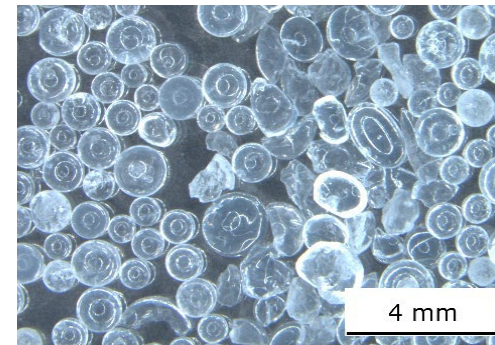


++ hohe CO₂ Adsorption
++ gute Selektivität

Intrakristalliner
Massentransfer langsam

- teuer

Amin-Funktionalisierte Gele (Silika/nf-Zellulose)

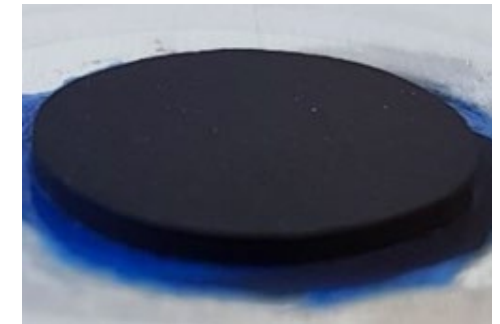


++ hohe CO₂ Adsorption
+ gute Selektivität

Temperaturtransfer zwischen
Körnern langsam

mittlerer Preis

Aktivkohle



- mittlere CO₂ Adsorption
mittlere Selektivität

gute Massen-/Temperatur-
transferbalance möglich

mittlerer Preis

mittlere Regenerationstemp. mittlere Regenerationstemp. mittlere Regenerationstemp. + tiefe Regenerationstemp.

CO₂ Negativemissionsmassnahmen

Building a sustainable future



- Wert 1 t vermiedener CO₂ Abgase nach Nicolas Stern: ~ 1'000 \$. Angestrebte Kosten der Abscheidung 100 \$/t
- [Entwicklungsszenario des Markts nach IEA](#)

