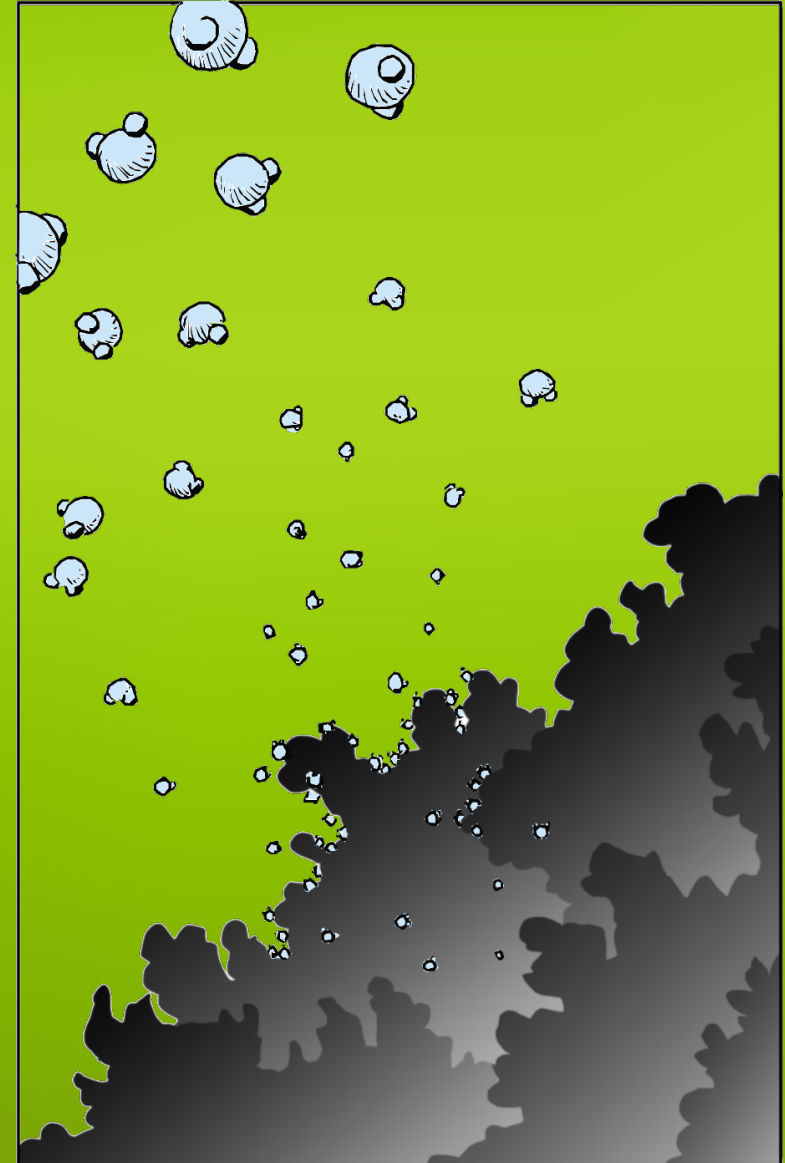


Materialentwicklungen für CO₂-Abscheidung – Möglichkeiten, Chancen und Herausforderungen

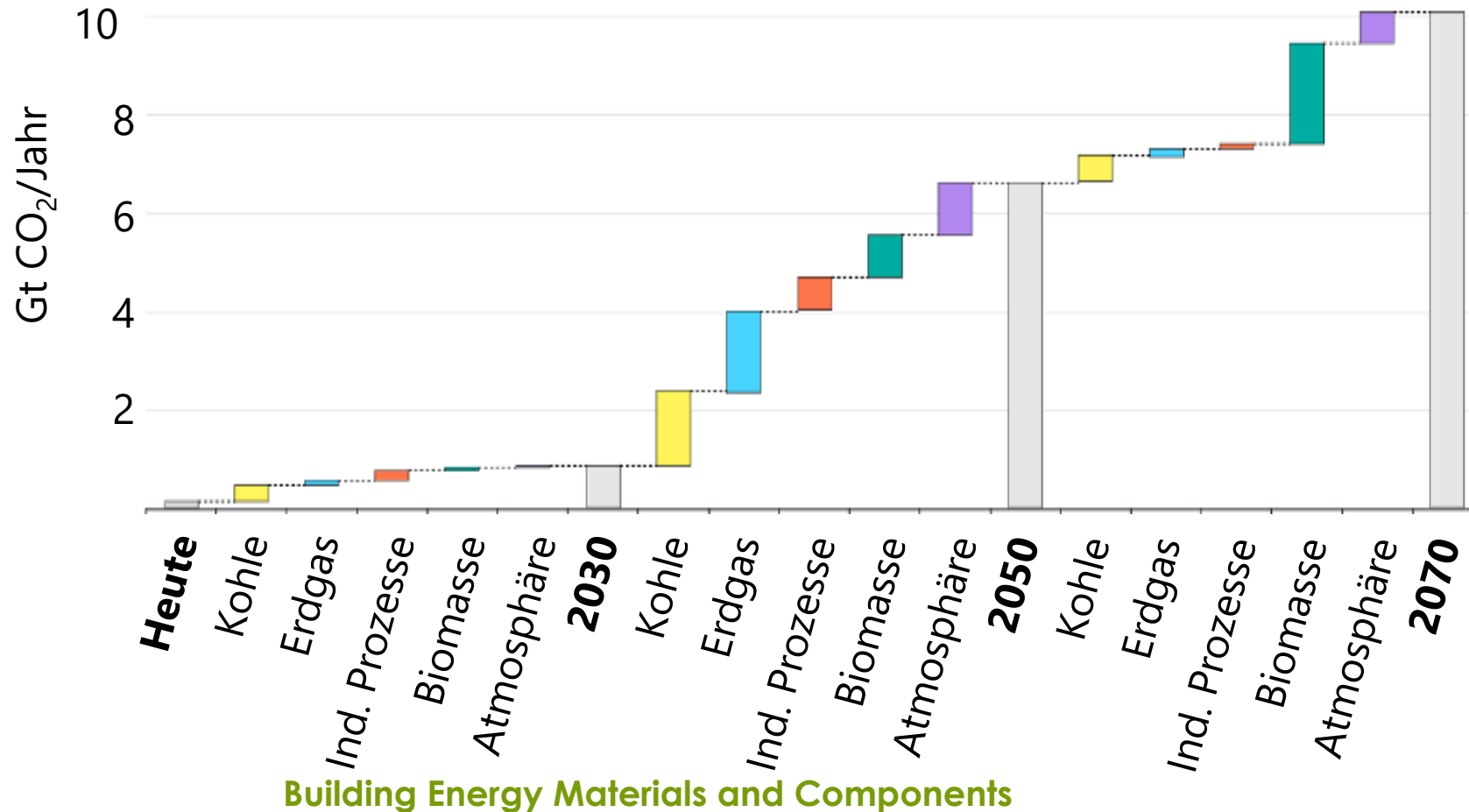
Sandra Galmarini, Emanuele Piccoli, Romain Civioc,
Samarth Agrawal, Mattia Turchi

BUILDING ENERGY
MATERIALS AND COMPONENTS





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

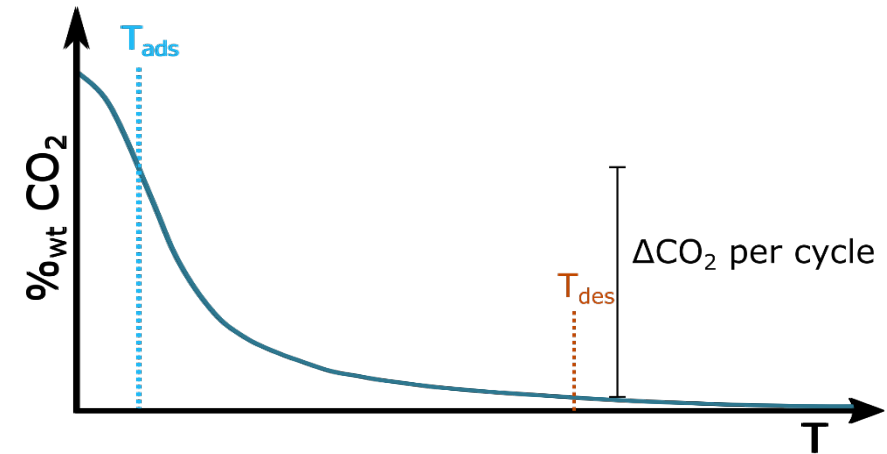
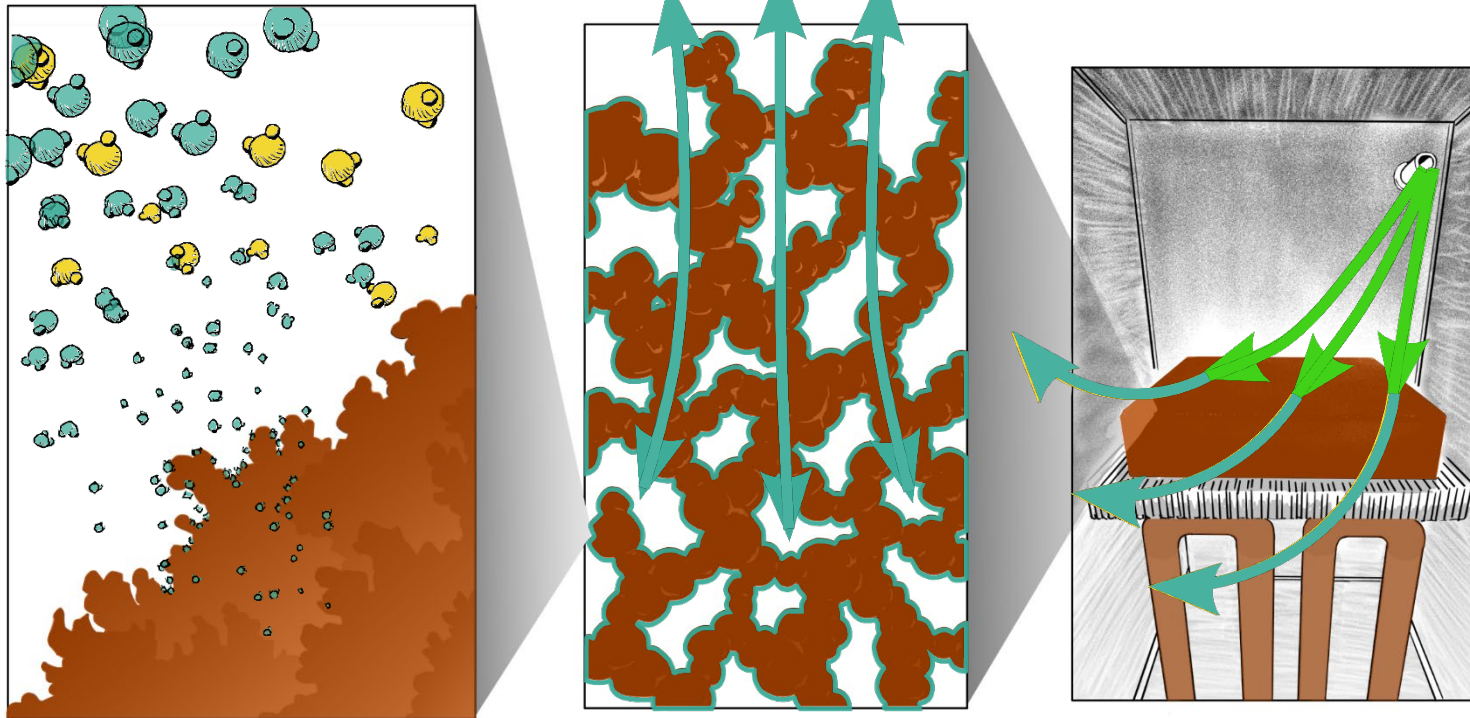




- Zwei Anwendungsbereiche: Abscheidung aus Abgasquellen oder aus der Atmosphäre.
- Existierende Technologien:
 - Aminwäsche / Absorption
 - ✓ Ausgereifte Technologie
 - ✗ Benötigte Chemikalien
 - ✗ Hoher Energiebedarf
 - Membran-Abscheidung
 - ✓ Tiefer Energiebedarf
 - ✗ Technologie in Entwicklung
 - ✗ Probleme mit Verunreinigungen und tiefem CO₂ Partialdruck
 - Adsorption
 - ✓ Gute CO₂ Reinheit
 - ✓ Tieferer Energiebedarf
 - ✗ Tiefe Technologiereife

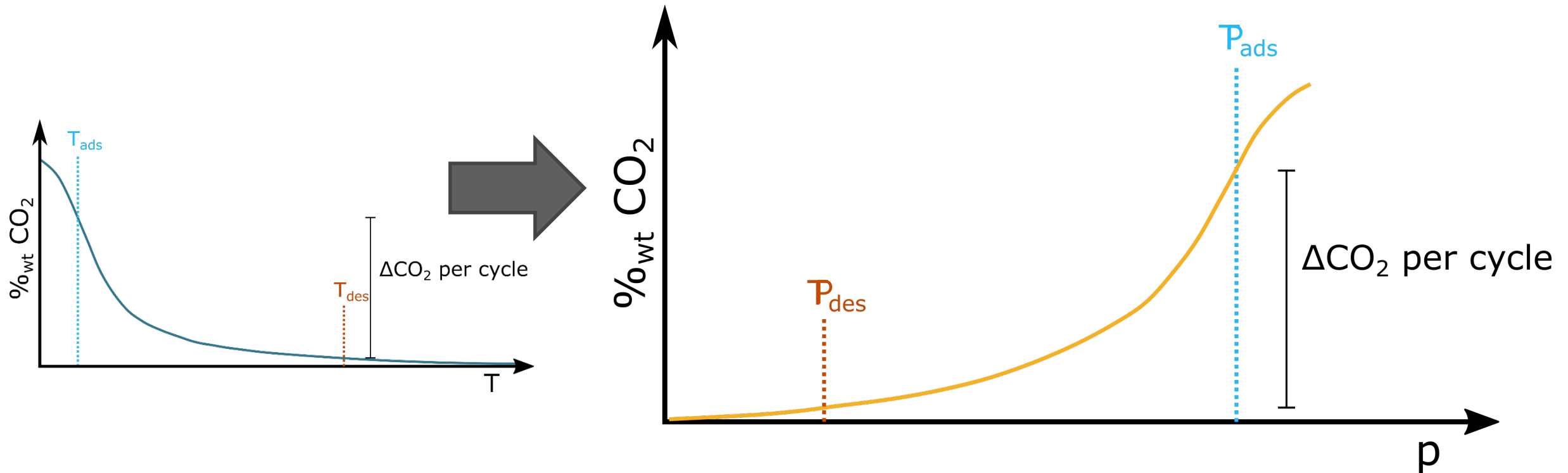
Temperaturwechsel-Adsorption

Building a sustainable future





- Bei der Druckwechsel-Adsorption, wird das Gasmisch mit hohem Druck ad- und tiefem Druck desorbiert.





- Hohe CO₂ Adsorption im gewünschten Bereich
- Selektivität vor allem gegenüber H₂O (Gleichgewicht oder dynamisch)
- Hoher Massen- und Wärmetransfer
- Tiefer Energieverbrauch pro Zyklus
- Langlebigkeit



Mikrometrische Kristalle

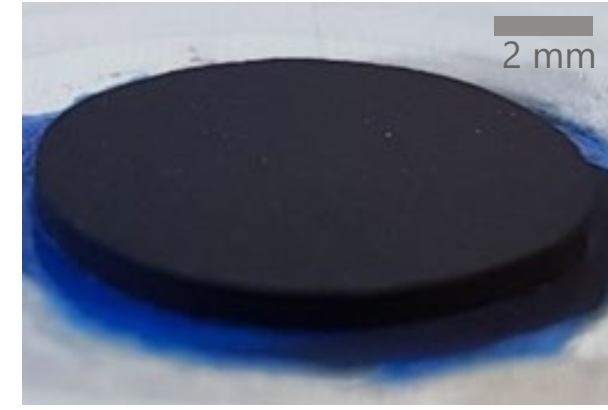
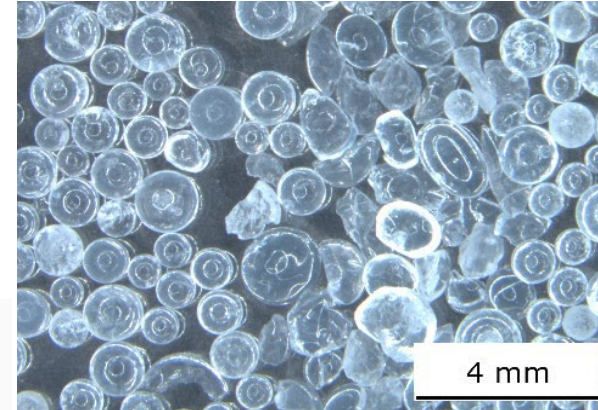
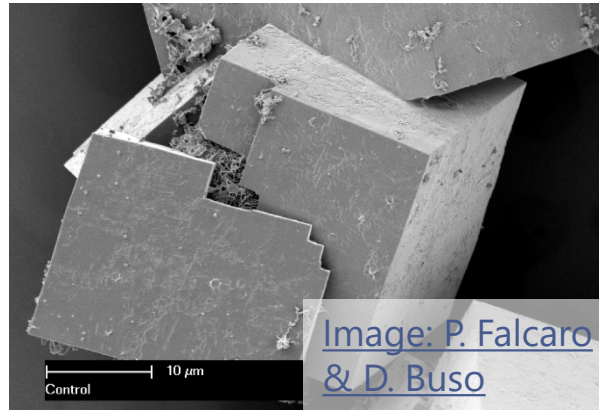
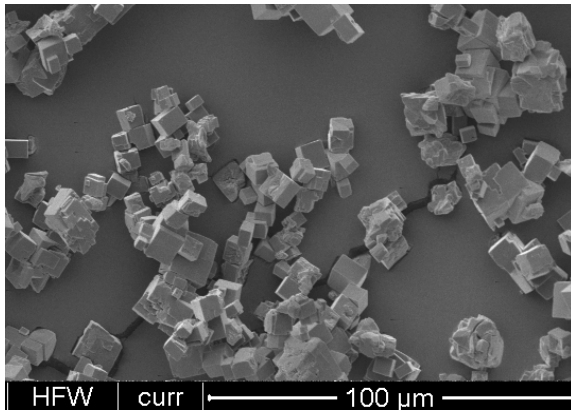
Amorphe Materialien mit unterschiedlicher Form

Zeolithe

**Metall-Organische
Gitterverbindungen (MOFs)**

Amin-Funktionalisierte Gele
(Silika/nf-Zellulose)

Aktivkohle



Vielfalt durch Zusammensetzung / Kristallstruktur
[Strukturdatenbank](#)

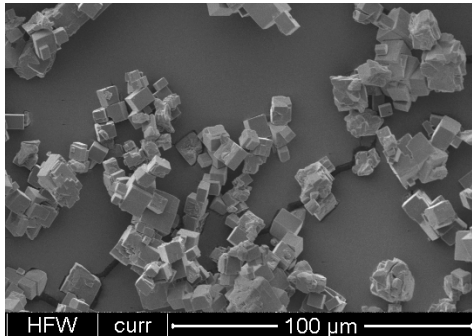
Vielfalt durch Porenstruktur / Oberflächen

Enge Porengrößenverteilung im
Nanometerbereich

Hierarchische Porenstruktur



Zeolithe



++ hohe CO₂ Adsorption
- Selektivität schwierig

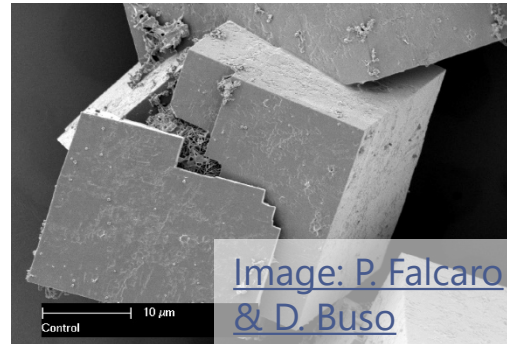
Intrakristalliner
Massentransfer langsam

mittlerer Preis

++ langlebig

mittlere Regenerationstemp.

Metall-Organische Gitterverbindungen (MOFs)



++ hohe CO₂ Adsorption
- Selektivität schwierig

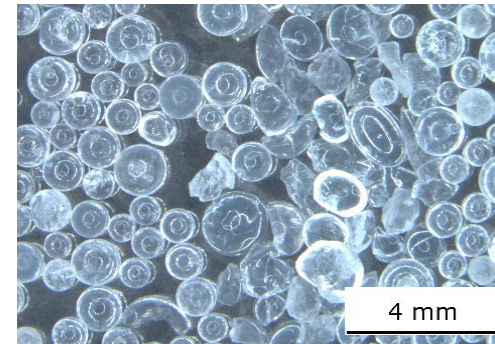
Intrakristalliner
Massentransfer langsam

- teuer

- Stabilitätsprobleme

mittlere Regenerationstemp.

Amin-Funktionalisierte Gele (Silika/nf-Zellulose)



++ hohe CO₂ Adsorption
++ gute Selektivität

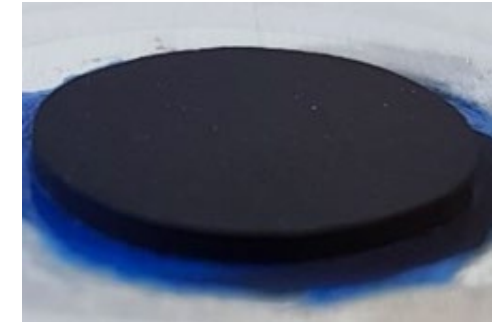
Temperaturtransfer zwischen
Körnern langsam

mittlerer Preis

langlebig

mittlere Regenerationstemp.

Aktivkohle



- mittlere CO₂ Adsorption
gute Selektivität

gute Massen-/Temperatur-
transferbalance möglich

mittlerer Preis

langlebig

+ tiefe Regenerationstemp.

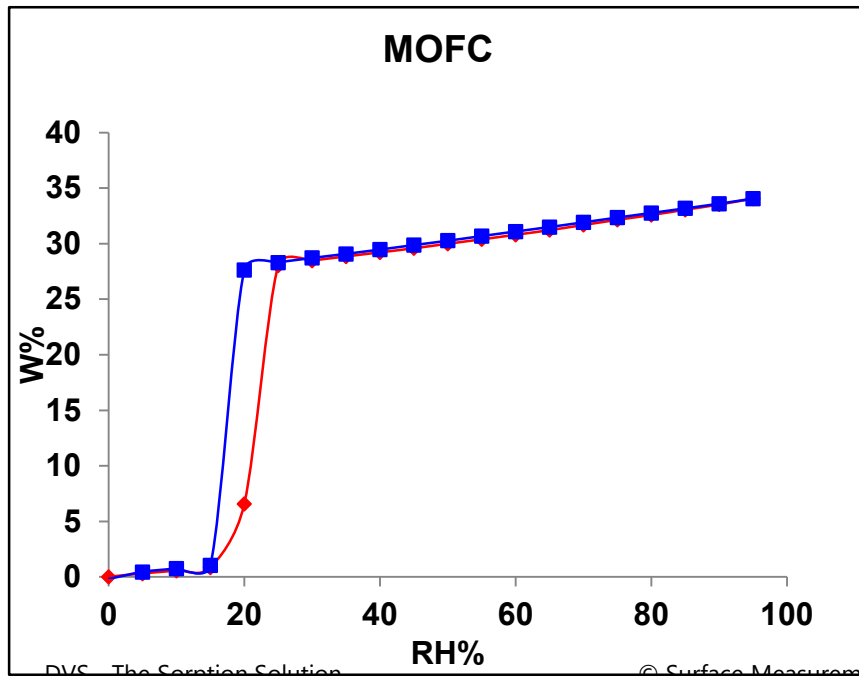


- Charakterisierung und Modellierung von Adsorbentien (aller Typen)
- Entwicklung Amorpher Adsorbentien

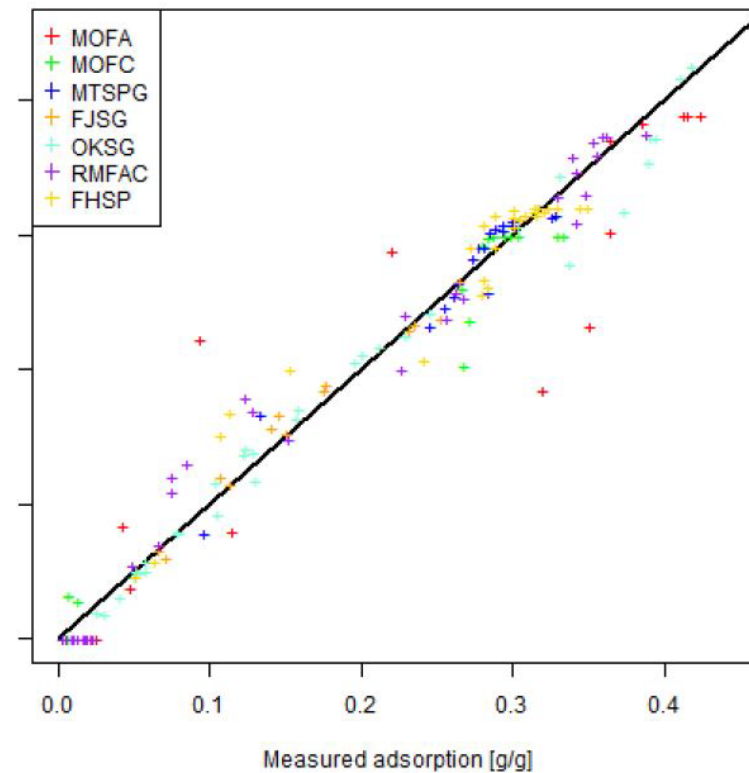


Dubinin-Astakhov
modell:

$$W(F, T) = W_0 * \exp\left(\frac{F}{C}\right)^n$$

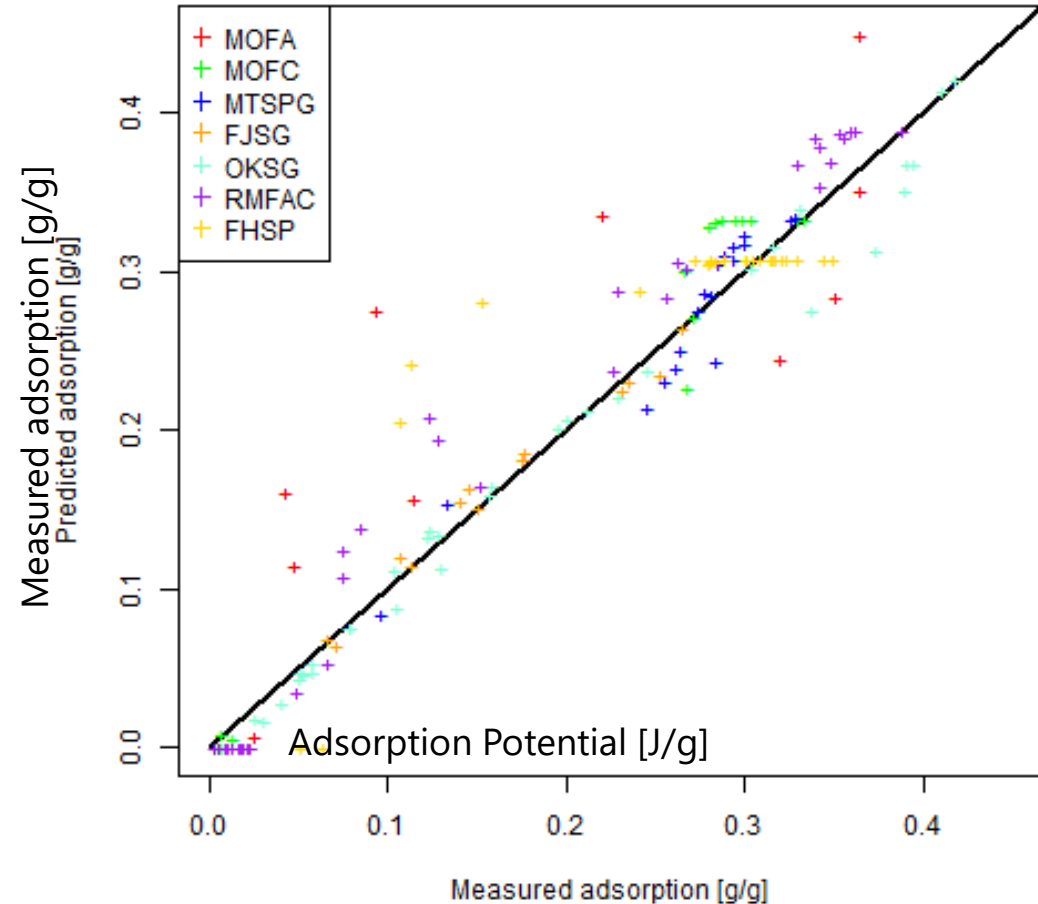
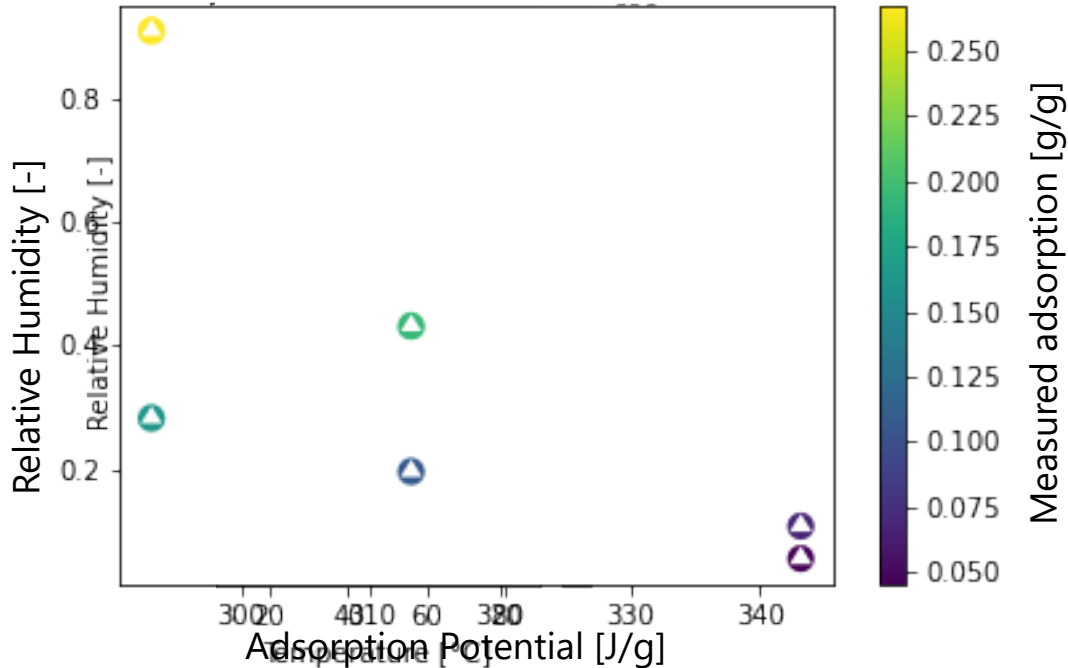


D-A model prediction scattering





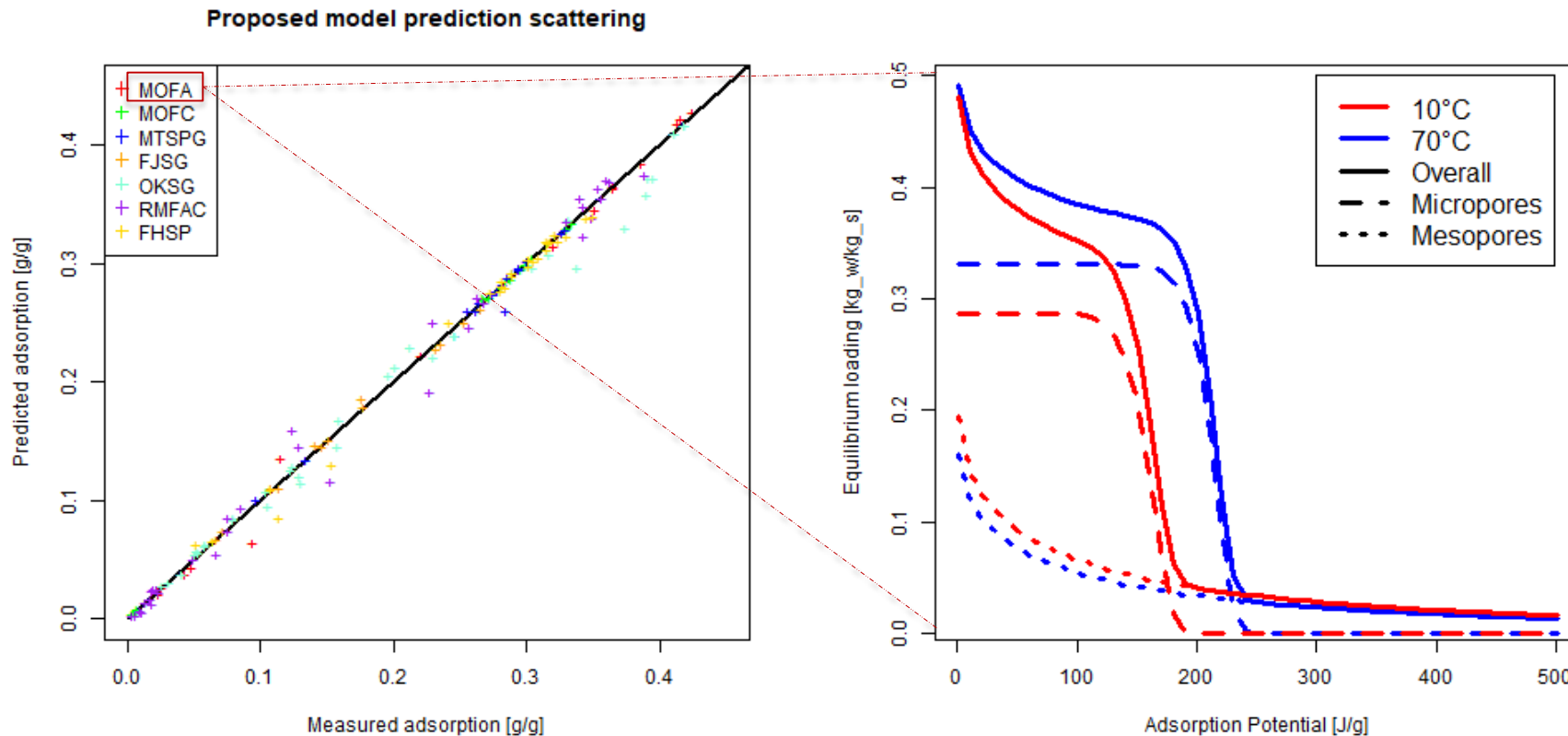
- Gleiche Genauigkeit mit weniger Messpunkten
- Indikation von vernachlässigten Effekten (T, hysteresis)

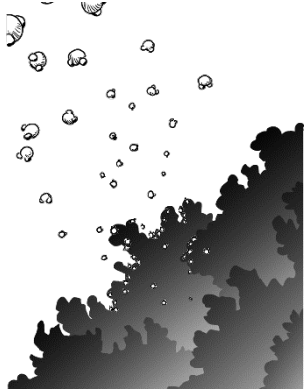




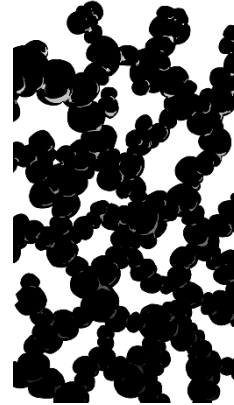
Genauerer universales Modell:

$$W(F, T) = \sum_{i=micromeso} \left[W_i(T) * \exp\left(\frac{F}{C_i(T)}\right)^{n_i(T)} \right]$$

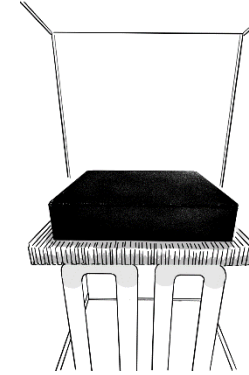




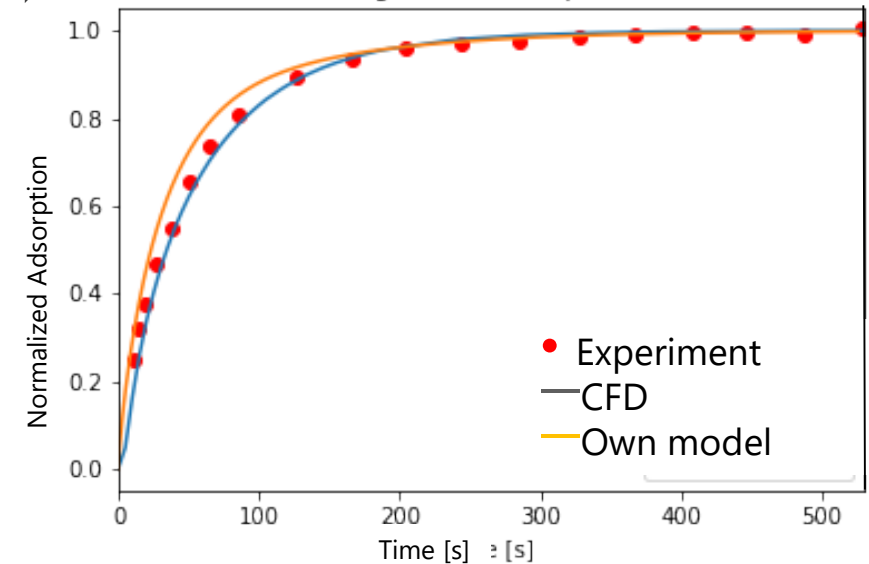
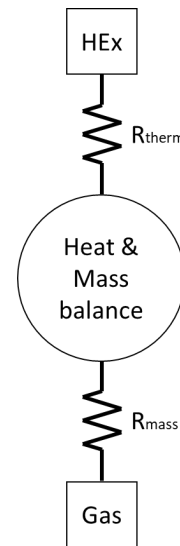
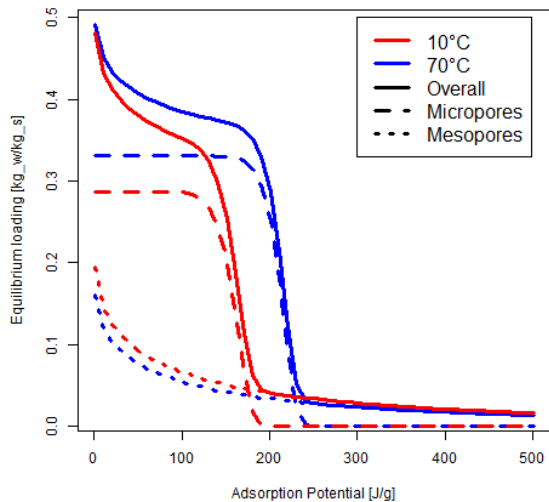
Charakterisierung des nanoporösen Materials



"Lumped" Adsorber Modell



Simulation des Massen- und Wärmetauschers

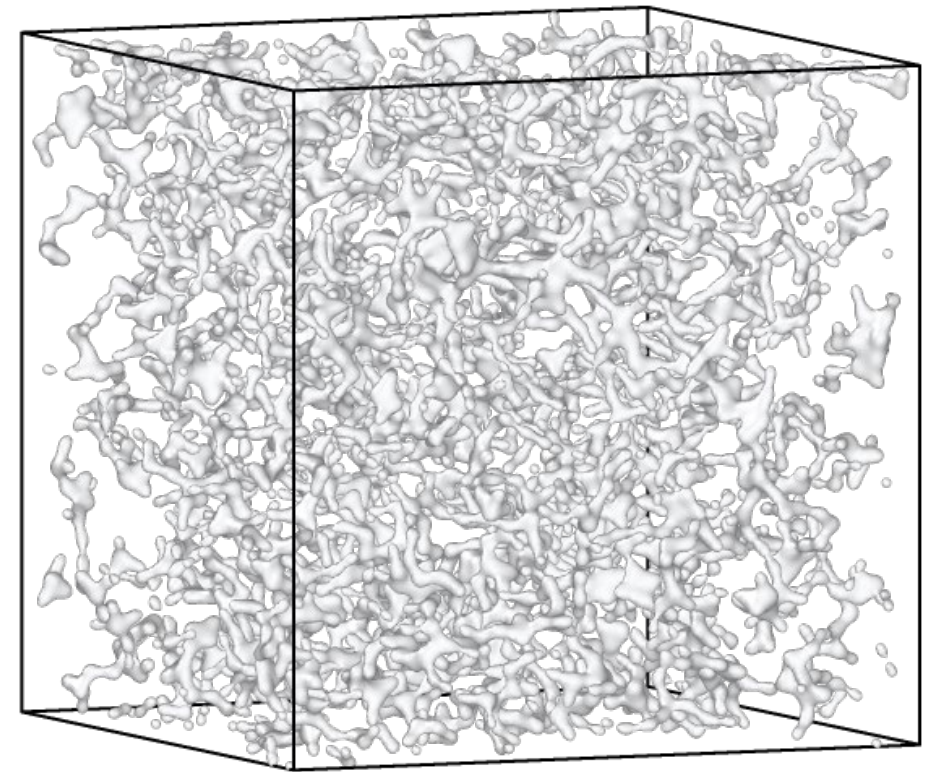
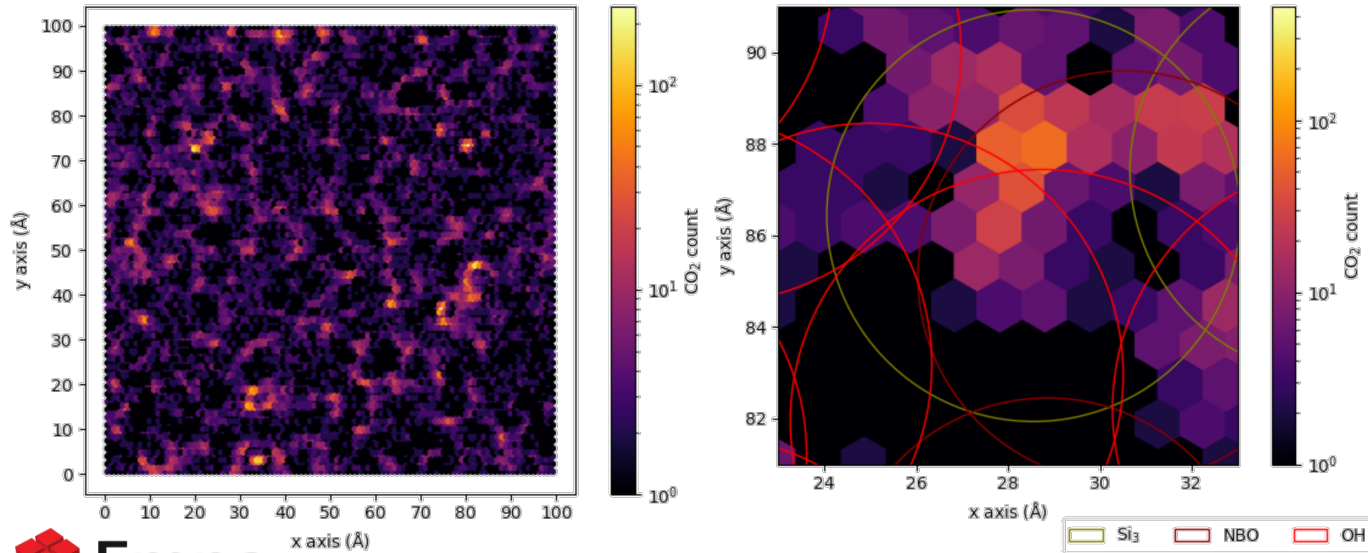
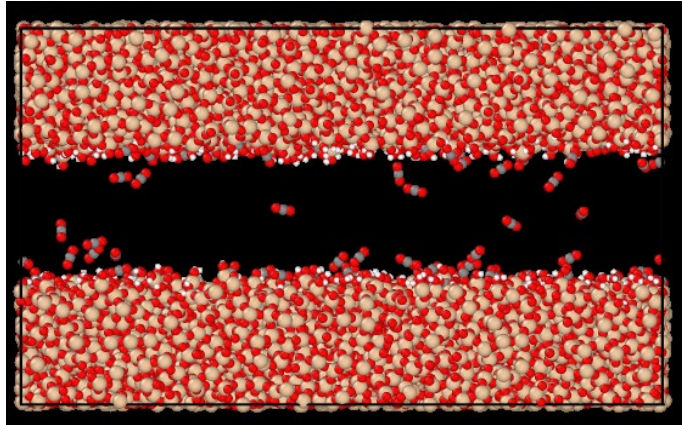


Computer gestützte Studie amorpher Sorbentien

Building a sustainable future



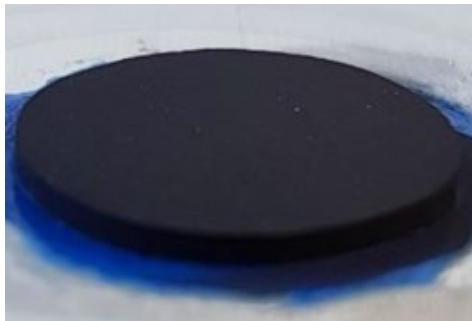
- Zusammenhang lokale Oberflächenstruktur-CO₂ Adsorption
- Verbessertes Verständnis der Porenstruktur





- Neuste Aktivität
- Keine definitiven Resultate, erste Messungen. Interessant aber mehr Entwicklung und Charakterisierung nötig

Stickstoffhaltige Aktivkohle



Amin-funktionalisierte Silika-Gele



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

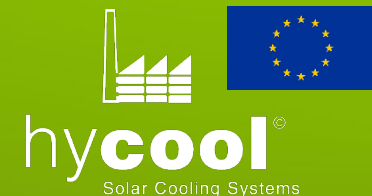


Materials Science and Technology

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

Dank geht an:
Ivan Lunati (Empa)
IBM (Bruno Michel, Patrick Ruch)
EPFL (François Maréchal)

Ein Teil der gezeigten Arbeiten wurde
finanziert durch:



HyCool has received funding
from the European Commission
H2020 Program under Grant
agreement No. 792073

**BUILDING ENERGY
MATERIALS AND COMPONENTS**

Building a sustainable future

