

Chair of Reservoir Engineering

F&E Aktivitäten im Themenfeld Carbon Storage

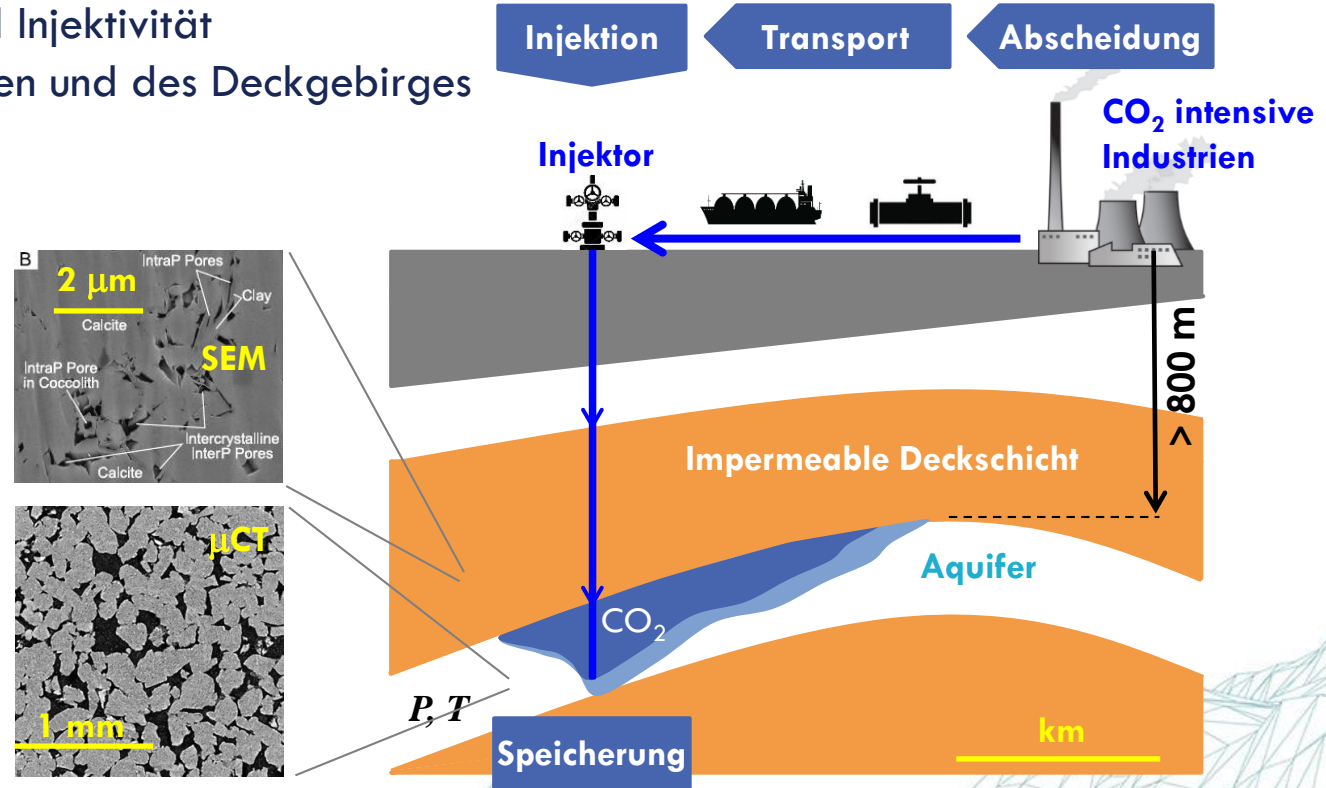
- Zu berücksichtigende Aspekte
- MUL Themen/Expertise
- Forschungsschwerpunkte (Reservoir Engineering)
- Notwendige F&E

Austrian Energy Agency (online), 26.09.2023

Holger Ott

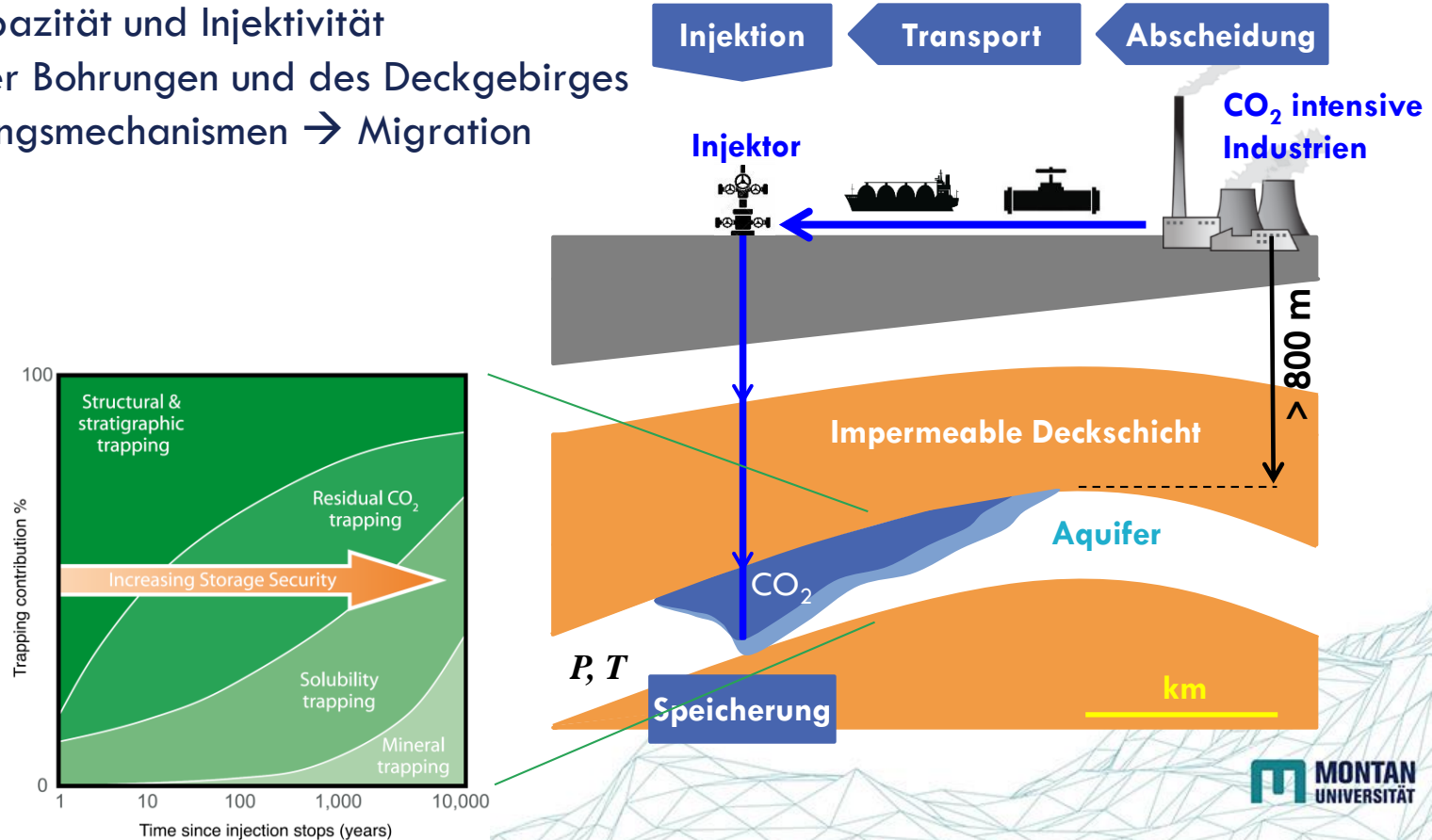
To be Considered

- ❑ Speicherkapazität und Injektivität
- ❑ Integrität der Bohrungen und des Deckgebirges



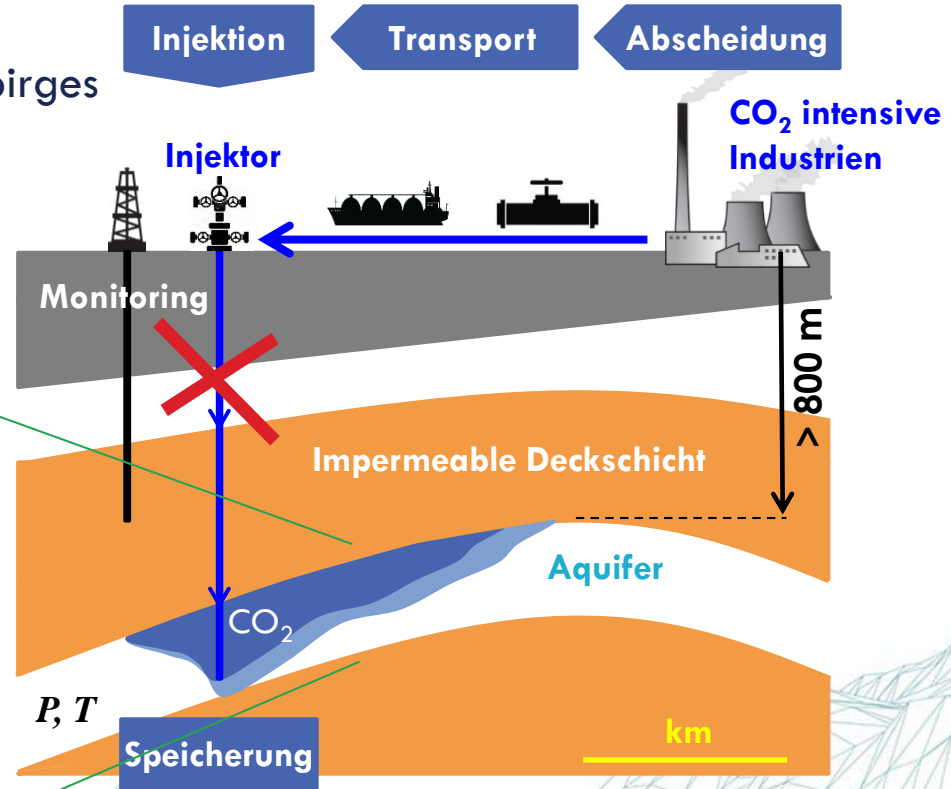
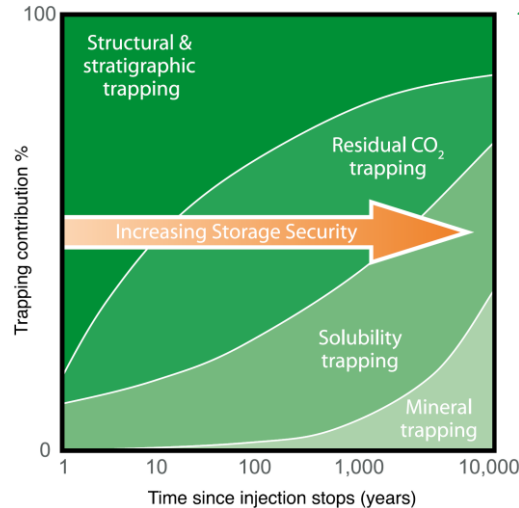
To be Considered

- ❑ Speicherkapazität und Injektivität
- ❑ Integrität der Bohrungen und des Deckgebirges
- ❑ CO₂ Strömungsmechanismen → Migration



To be Considered

- ❑ Speicherkapazität und Injektivität
- ❑ Integrität der Bohrungen und des Deckgebirges
- ❑ CO₂ Strömungsmechanismen → Migration
- ❑ Monitoring/Überwachung
- ❑ Schließung, langfristige Sicherheit und Nachhaltigkeit des Standorts



MUL Themen/Expertise

Department Geoenergy*



Drilling and Completion Engineering
Gerhard Thonhauser



Geoenergy Production Engineering
Keita Yoshioka



Reservoir Engineering
Holger Ott
(Head of Department)



Expertise:

Holistic upstream outfit

Mission:

Sustainable energetic
use of the underground

* from 2024

Autumn School on CCUS

Carbon Capture Utilization and Storage

<https://dpe.ac.at/ccus-2023>

geoenergy@unileoben.ac.at

08.10.2023 ▪ Holger Ott

SAVE THE DATE

Autumn School on CCUS

Carbon Capture Utilization and Storage

When: November 6–10, 2023

Where: Montanuniversität Leoben (in presence)

What: Carbon capture technologies, CO₂ transport systems and networks, CO₂ utilization options, CO₂ geological storage: Geology, CO₂ containment and integrity, subsurface processes, ongoing CCS projects, and future options for Austria

Who: For stakeholders, decision-makers, implementers and interested parties
From: MUL experts from the various disciplines

Limited number of participants

Pre-register at: geoenergy@unileoben.ac.at

Questions? holger.ott@unileoben.ac.at



Speakers



Holger Ott
(Organizer)
Reservoir Engineering
and CCS projects



Keita Yoshioka
Geomechanics
and Seismicity



Kris Ravi
Well integrity and
life-cycle assessment



Davis Misch
Regional geology
and seal integrity



Jakob Kulich
Regional geology
and storage potential



Markus Lehner
Carbon utilization



Markus Ellerdorfer
CO₂ capture and
transport



Thomas Kienberger
CO₂ distribution networks

Forschungsschwerpunkte RE

Technisch

„Abgeschlossene“ Projekte

Persönlich:

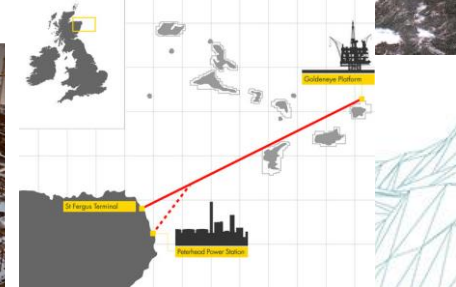
- ❑ ~17 Jahre industrielle und akademische Erfahrung im Bereich CCS
- ❑ Aufbau und wissenschaftliche Leitung der experimentellen Forschung in Shell (geologische Speicherung)
- ❑ Mitwirkung an industriell/akademischen CCS Forschungsprojekten und an der Entwicklung von CCS Projekten (Shell)
- ❑ Aufbau eines MSc Studienganges in Geoenergy Engineering mit Focus auf CCS etc.
- ❑ Kurse CCS und Klimaschutz für Studium und Industrie

08.10.2023 ▪ Page 10

QCCSRC – bis dato größte externe Forschungsprojekt in Shell
2011-2017/QP/ICL/Shell

Goldeneye/Peterhead (UK):
Gas power station – not operational

Quest (Canada):
Blue Hydrogen for upgrading of tar sands ~1Mt CO₂/a



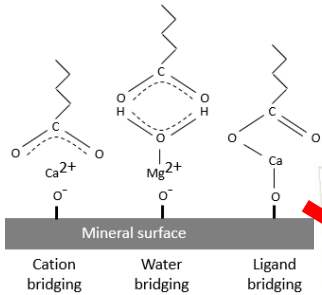
- ❑ CCS ist eine **ausgereifte Technologien** (weitgehend TRL 9) – auch die geologische Speicherung in tiefen Aquiferen und HC Feldern

- ❑ **Wozu F&E** wenn CCS ausgereift ist?
 - Auch wenn Technologien zur Öl- und Gasgewinnung als ausgereift gelten wird weltweit daran geforscht

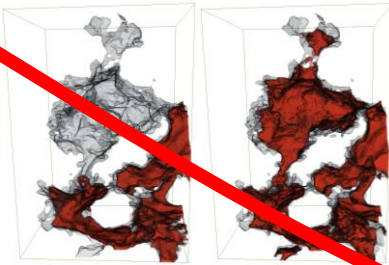
- ❑ Wir müssen besser werden:
 - **Besseres Verständnis des Österreichischen Untergrunds** → feldspezifisches R&D und Exploration
 - **Effektivere Simulationsmethoden** → Screening, bessere Vorhersagen, besseres Monitoring → verbesserter Response
 - **Digitalisierung**, z.B. digital field – Integration von Information

F&E Interesse – Holistischer RE Workflow

Grenzflächenchemie



Porenskalen Physik
Digitale Gesteinsphysik



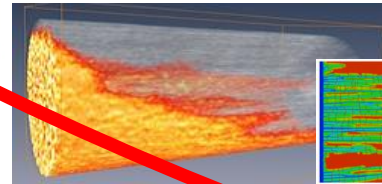
$\mu\text{m}/\text{ms}$

Modellentwicklung

Feedback

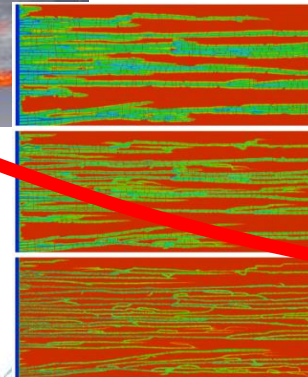
Handshake
zum Projekt

Experimentelle Skala



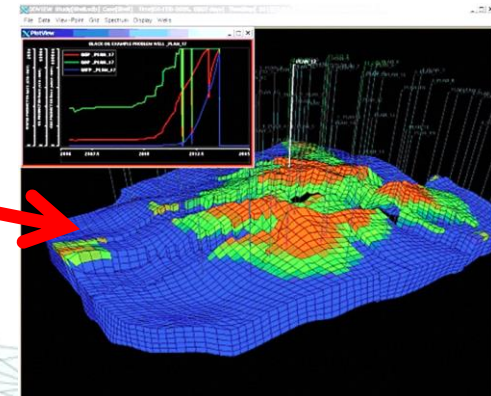
$\text{m}/\text{Stunden}$

Kontinuum Modelle



km/Jahre

Vorhersage auf der Feldskala



Verständnis, Strömungsmodellen
Optimierung von Prozessen

Makroskopisch

Experiment – Simulation – Implementierung

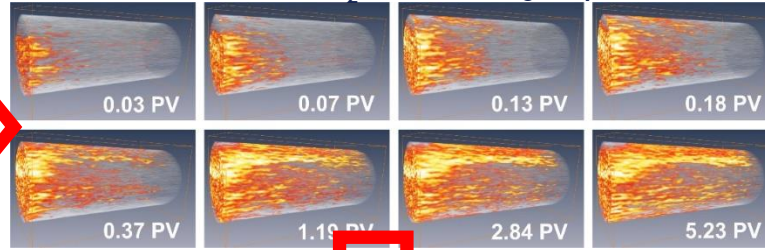
Modelle auf der Kontinuum Skala

Patrick Jasek
Mikrobielle H₂ Konversion

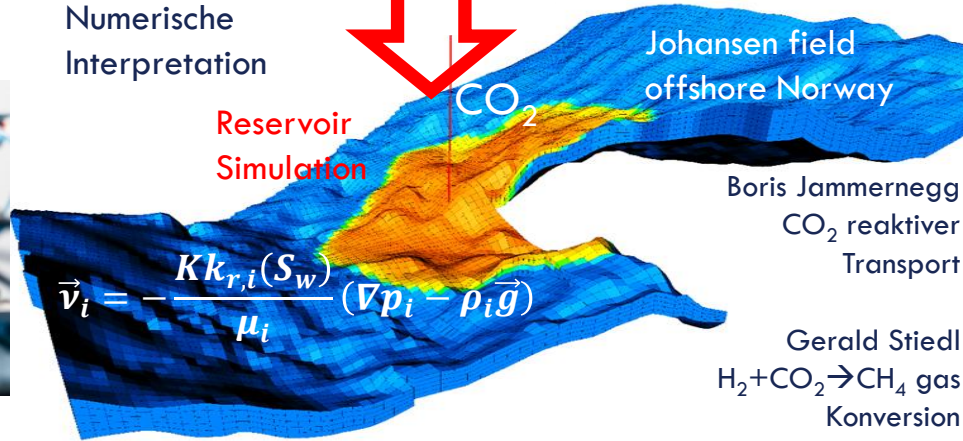


Medical CT-base
core flooding
meter scale

CO₂ Kernflutung Experimente



Numerische
Interpretation



H. Ott et al., *IJGGC*
(2013, 2015)

B. Jammerneegg et
al., *SCA* (2023)

Boris Jammerneegg
CO₂ reaktiver
Transport



Gerald Stiedl
H₂+CO₂→CH₄ gas
Konversion



Ziele: Vorhersage

Feldentwicklung und Injektionsstrategie
Vorhersage der CO₂ Migration und Trapping

→ **Speicherkapazität und langfristige
Speichersicherheit**

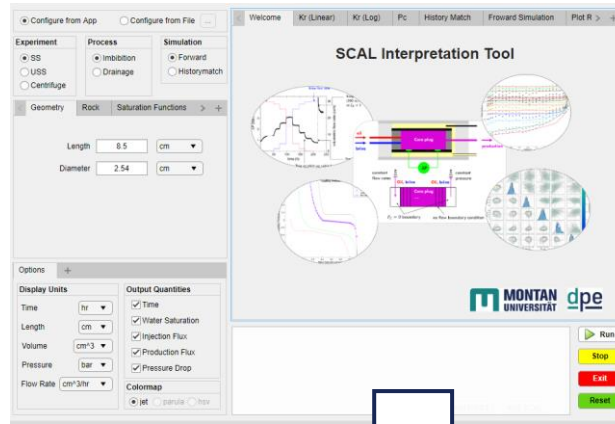
- Strömungsmechanik & reaktiver Transport
- Kopplung and Geomechanik
- Heterogenität und Skalierung

Stochastische Bewertung und Simulation

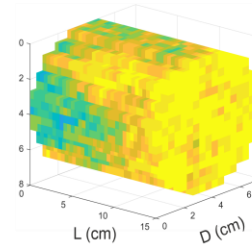


Omidreza Amrollahi
Boris Jammerneegg

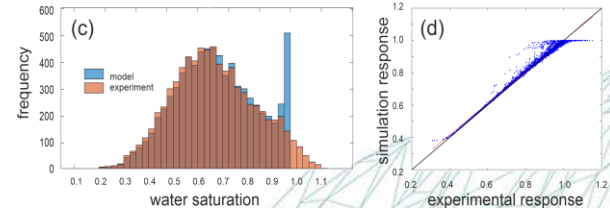
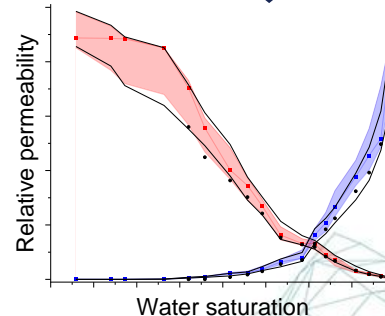
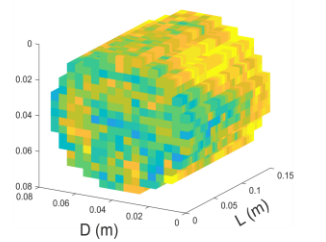
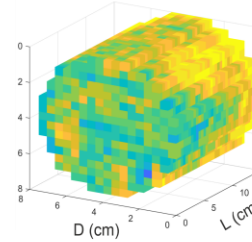
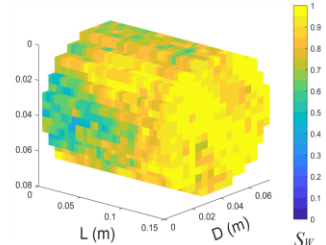
- ☐ Stochastische Interpretation experimentelle Daten
 - ☐ Einfluss von Heterogenitäten und Hochskalierung
- **Zeit- und Ressourcenintensiv**



(a) Experiment



(b) Simulation

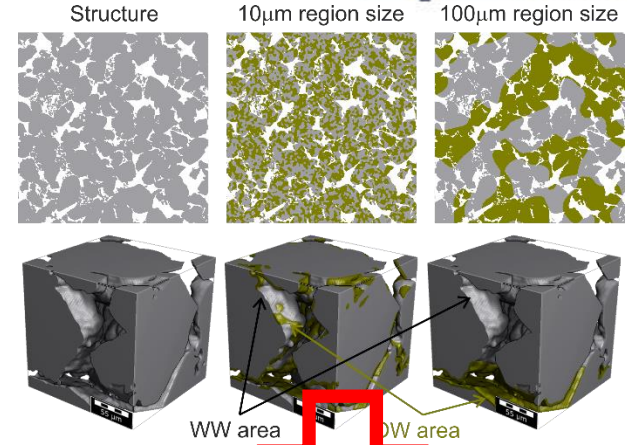
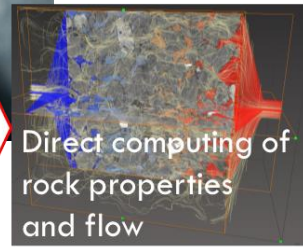
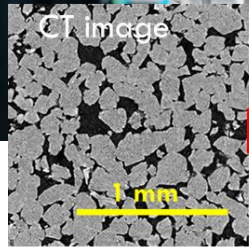


Pore-Scale Physics/Digital Rock

Inputparameter und Reservoir Screening

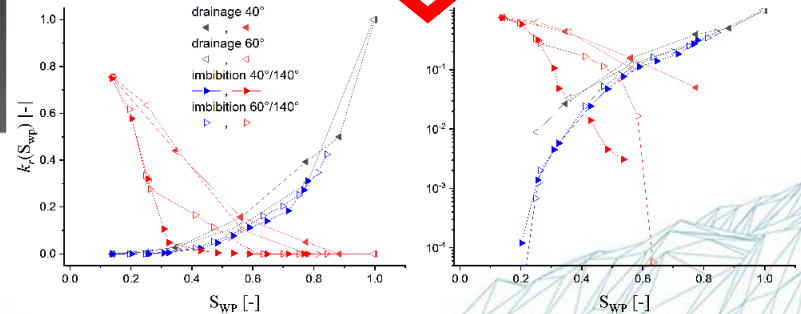
Porenskalen und Digitale Gesteinsphysics

Bianca Brandstätter
PhD – Porenskalen
Physik und digitale
Gesteinsphysik



Numerische Simulationen auf digitalen Zwillingen
von Lagerstättengesteinen

- Entwicklung von zeit- und kosteneffiziente Simulationsmethoden
- Erfassung von Unsicherheiten → Input für Stochastische Reservoir Simulationen

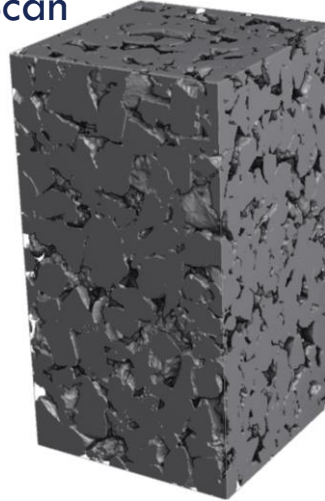


P. Arnold et al.,
Advances in Water Resources (2023)

CO₂ Trapping Potential in Ö

Entwicklung
schneller/effizienter
Simulationsmethoden zur
Simulation elementarer
Strömungsprozesse auf
digitalen Zwillingen

Digitaler Zwilling
aus μ CT Scan



Aktuelles Projekt:
CO₂ Trappingpotential
Österreichischer
Reservoir Gesteine

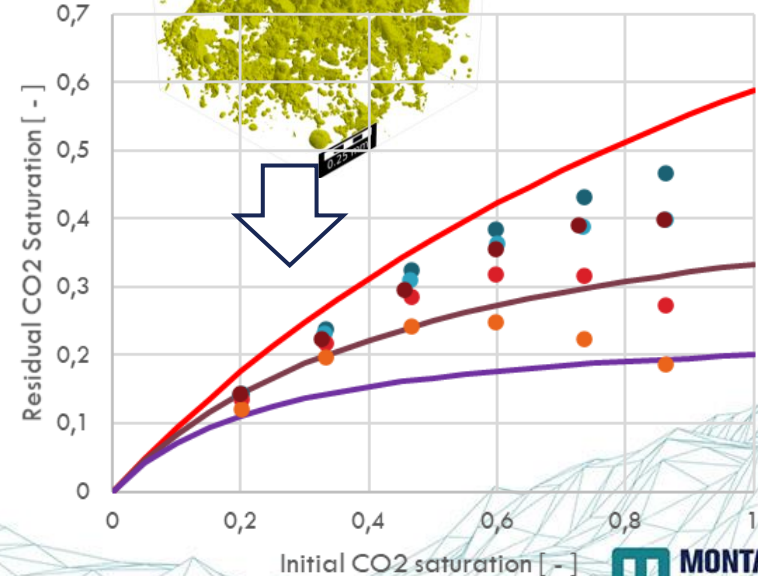
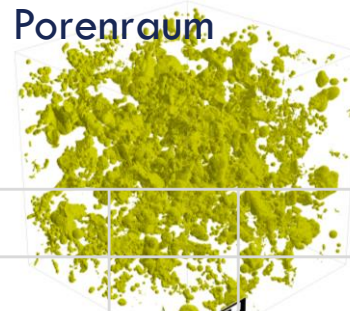


Bianca
Brandstätter



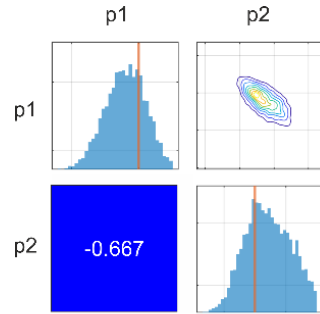
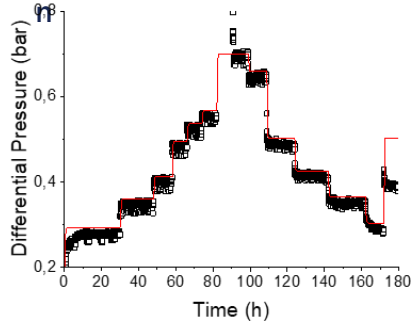
Pit Arnold

CO₂ Verteilung im
Porenraum

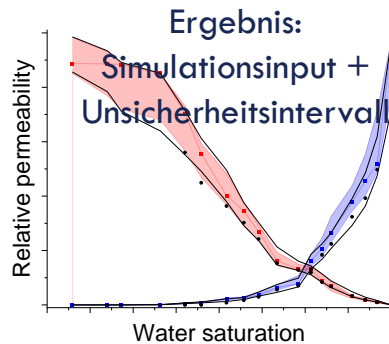
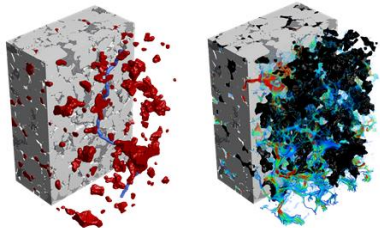


Front-End Information → Risiko Management

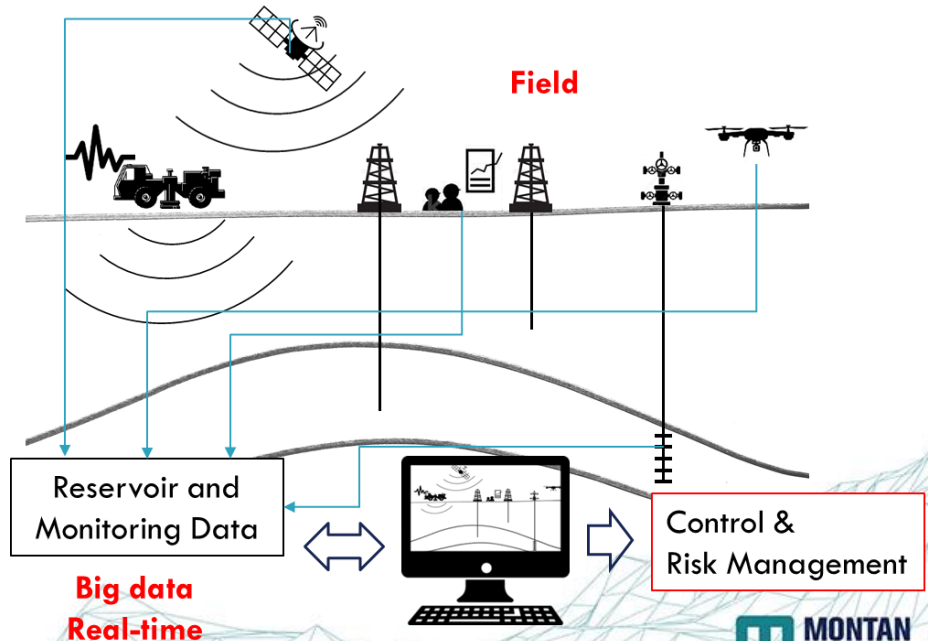
Numerische Analyse von
Kernflutungsexperimente



Strömungssimulationen
auf der Porenskala



- Umfassendes Verständnis der Unsicherheiten
- Grundlage für stochastische Sicherheitsanalyse
- Risikomanagement



CO₂ Reaktive Transport Modelle

CO₂ reaktiver Transport

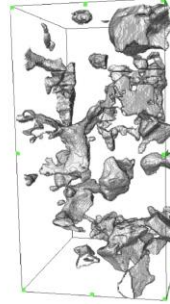
- ❑ Salzausfällungen am Injektionspunkt
- ❑ Mineralauflösung

Molekulare-Dynamik Simulationen

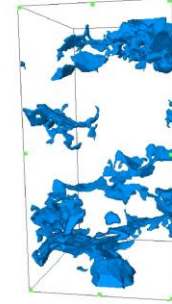
Öl-Wasser-CO₂ Interaktionen
Grenzflächen- und
Oberflächeneigenschaften

Konvertierung von CO₂ und H₂ in
erneuerbares Methan
Bioreaktiver Transport

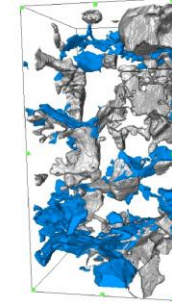
(f) 3D: CO₂ channels



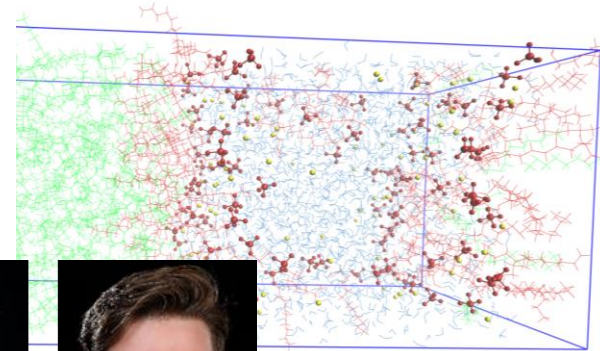
(g) location of precipitate



(h) combined

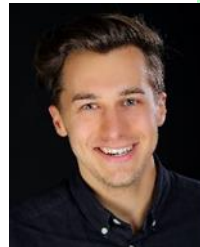


Boris
Jammerneegg



Ali
Mirzaalian

Gerald
Stiedl



Patrick
Jasek



Forschungsschwerpunkte RE

Systemisch

Evaluation des ö. CCUS Potentials

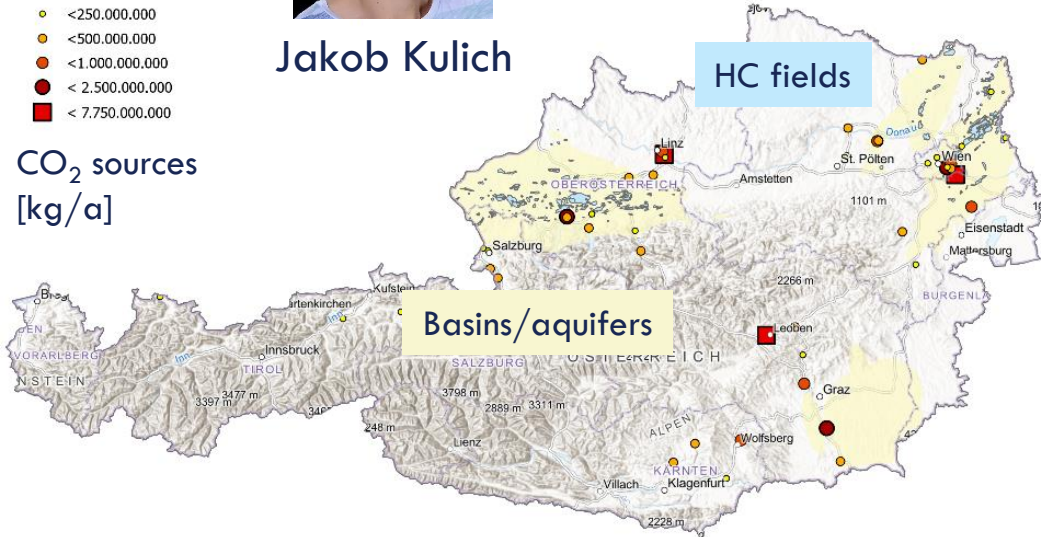


Jakob Kulich



- <250.000.000
- <500.000.000
- <1.000.000.000
- < 2.500.000.000
- < 7.750.000.000

CO₂ sources
[kg/a]



- Identifizierung/Quantifizierung des Potentials von CCU/CCS gemäß dem "Nationalen Energie- und Klimaplan,,
- Identifizierung von quellspezifischen Klimaeffekten und senkenbezogenen Netto-Minderungspotenziale, Technoökonomische Bewertung und Beitrag zur Klimaneutralität
- Bewertung der Hindernisse bei der Umsetzung und der rechtlichen Situation
- Empfehlungen für Entscheidungsträger

Starkes interdisziplinäres Konsortium:



➔ Input für den **Austrian Assessment Report (AAR2)**

Was muss getan werden?

Kohlenwasserstofffelder (kleinere Speicherkapazität, gut erschlossen – dynamische Modelle vorhanden → daher kürzere Entwicklungszeiten)

→ Detaillierte Evaluation der dynamische Speicherkapazität

Erforderlich: Datentransparenz, Evaluation der Historie, dynamische Simulationen

→ Identifikation geeignete Kandidaten

Tiefe Aquifere (höhere Speicherkapazität – längere Entwicklungszeiten)

→ Exploration nach geeigneten Strukturen

→ Umfassende Charakterisierung und Bewertung

Standort spezifisch

Erste Barriere (Grundvoraussetzung)

Integrität des Deckgebirges

Mechanische Integrität

- Spannungs-Regimes / Störungen → makro, dynamisch
- Kapillarität → Labor

Chemische Integrität → Trocknung/Reaktionen and der Reservoir Grenzfläche → Labor

Integrität von Bohrungen

Prinzipielle Schwachstellen eines Reservoirs – Erfahrung von CO₂-EOR Standorten:

Bohrlochintegrität ist technisch beherrschbar

- Neue Injektionsbohrungen → Entwicklung neue Materialien/Technologien
- Alte Bohrungen (aktiv/stillgelegt)
 - Potentielle Schwachstelle → Überarbeitung erforderlich – Methoden =?
 - Bewertungskriterien – Datentransparenz erforderlich
- In-well Überwachungstechnologien anpassen

Ziel: Vorhersage des Verbleibs und Zustands des CO₂ im Untergrund → Voraussetzung für die kurz- mittel- und langfristige Speichersicherheit

Entwicklung solider dynamischer Modelle zur stochastischen Reservoir Simulation

Reservoir Charakterisierung:

Fokus auf

- Gesteins-Fluid Interaktionen** → reaktiver Transport – Änderungen der Fluid-dynamischer und gesteinsmechanischer Eigenschaften
- Fluid-Fluid Interaktionen** → Öl/Wasser/CO₂ Phasenverhalten

→ **Screening nach einem geeigneten Kandidaten**

Digitalisierung – Digital Field

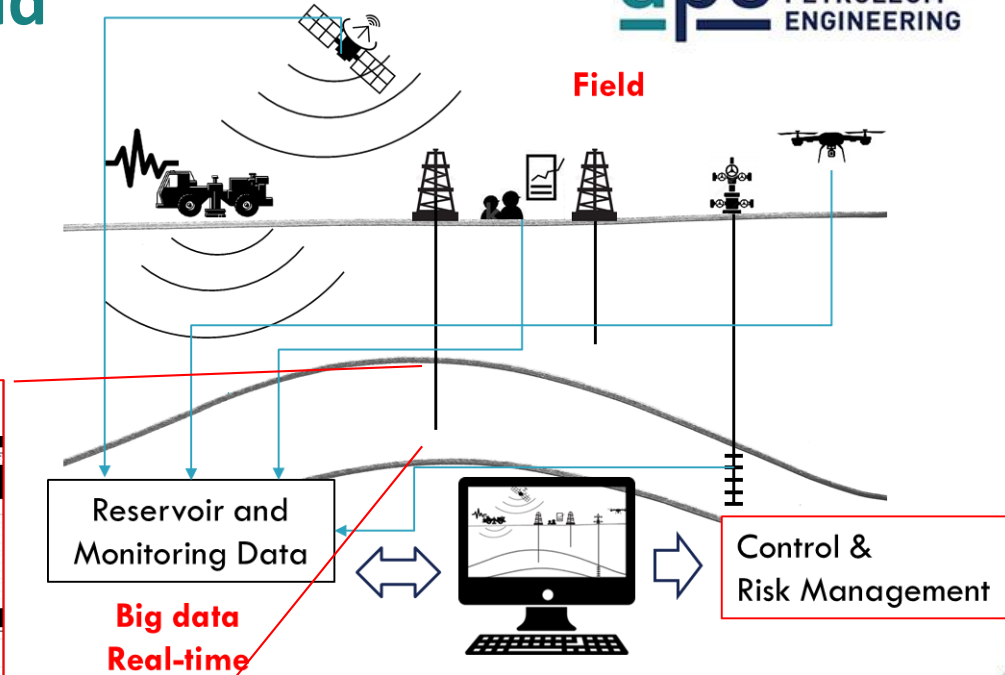
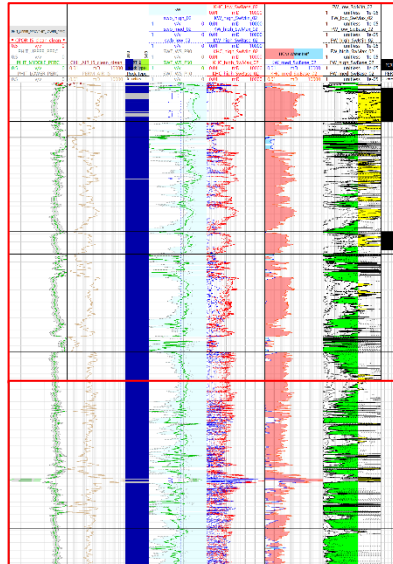
- Datenintegration
- Stochastische Modellierung der Prozesse
- Monitoring Daten und Reaktionsmatrix



Vorhersage:
Kapazität, CO₂ Rate
und Migration,
Speichersicherheit



Risiko Management



Kritische Aspekte

- ❑ Erarbeitung von Monitoring Konzepten
- ❑ Erarbeiten von Kriterien für die Schließung und langfristige Sicherheit und Nachhaltigkeit eines Standorts → Übergabe von Verantwortung
- ❑ CCS-Projekte scheitern in der Regel nicht an den technischen Aspekten, sondern an der öffentlichen Wahrnehmung und dem daraus resultierenden politischen Willen

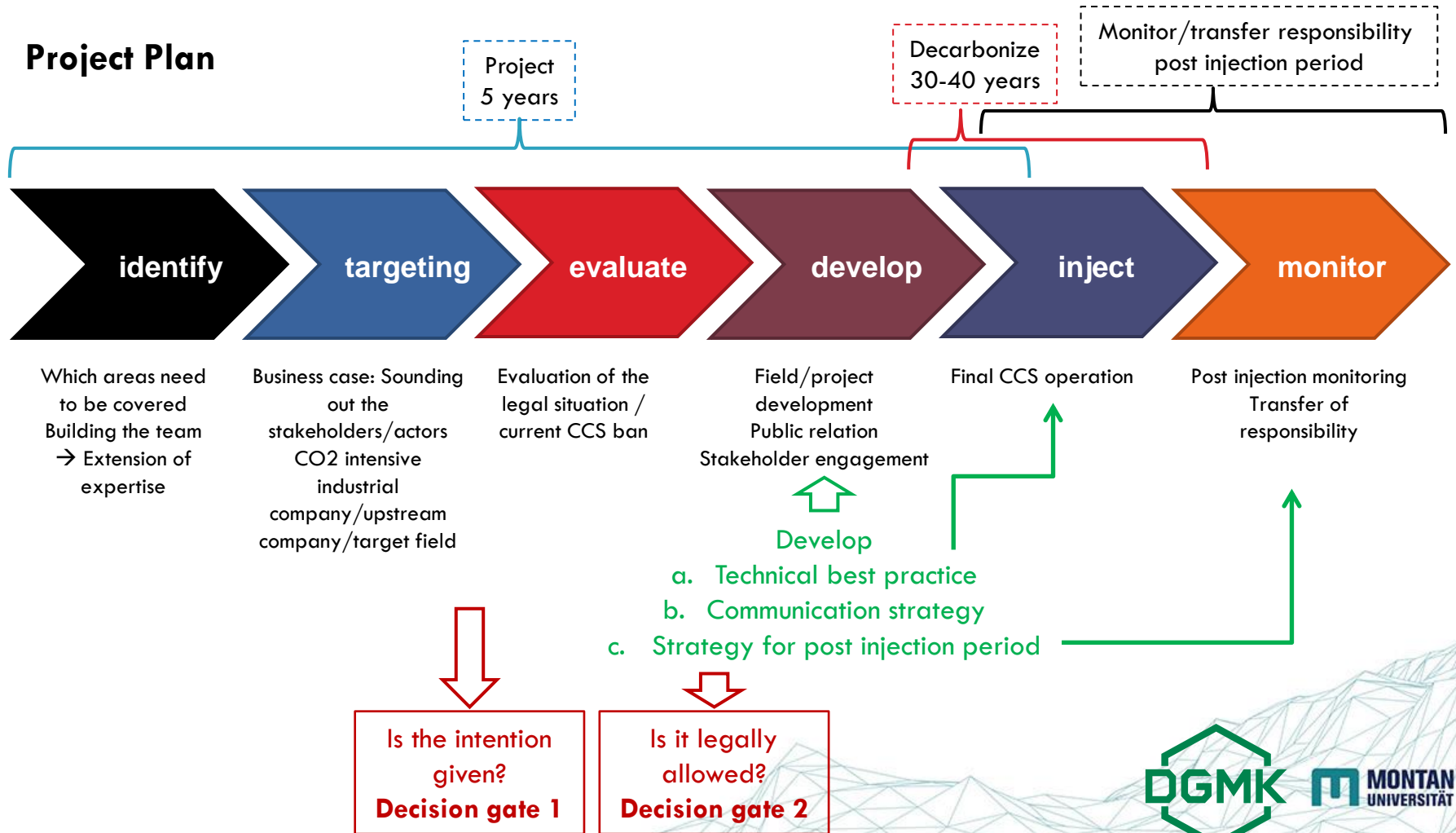
➤ **Pilotprojekt als Blaupause zur Implementierung von CCS**



Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für nachhaltige Energieträger, Mobilität und Kohlenstoffkreisläufe e.V.

CCS: an essential contribution to a climate-neutral and competitive Germany/Austria - A holistic path to implementation

Project Plan



Fragen?

holger.ott@unileoben.ac.at