



# Optionen und Herausforderungen der H<sub>2</sub>-Speicherung im Untergrund Thüringens

---

SANDRA FRANKE

JENA-GEOS-INGENIEURBÜRO GMBH

# Bedeutung der Wasserstoffspeicherung in TH



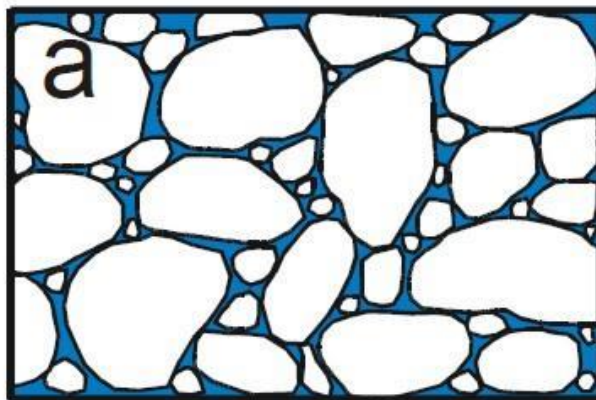
- Abhängigkeit von Gasimporten vermindern
- Dekarbonisierung
- Aufbau H<sub>2</sub>-Infrastruktur
- Nutzung für industrielle Prozesse und zur Fernwärme-Erzeugung
- H<sub>2</sub> für umliegende Tankstellen (Mobilität)
- H<sub>2</sub>-Speicherung aus Ferngasnetz (Backbone-Netz)
- **Notwendigkeit von Speicherstrukturen**



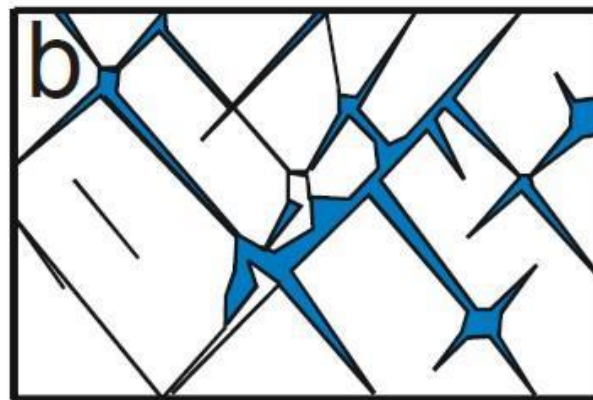
Quelle: <https://www.th2eco.de/#projekt>, Stand 15.05.2023

# Aquifer-Speichertypen

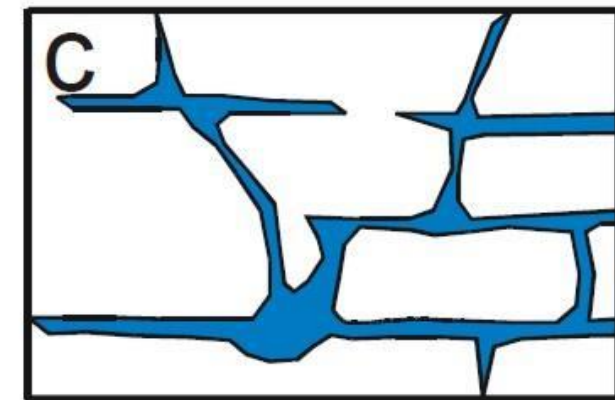
**Porenaquifer/Porenspeicher:**  
bestehen aus Gesteinen, deren Porenraum von Grundwasser durchflossen wird



**Klüftiger Aquifer/Kluftspeicher:**  
bestehen aus undurchlässigen Gesteinen, die durchflusswirksame Klüfte und Gesteinsfugen besitzen



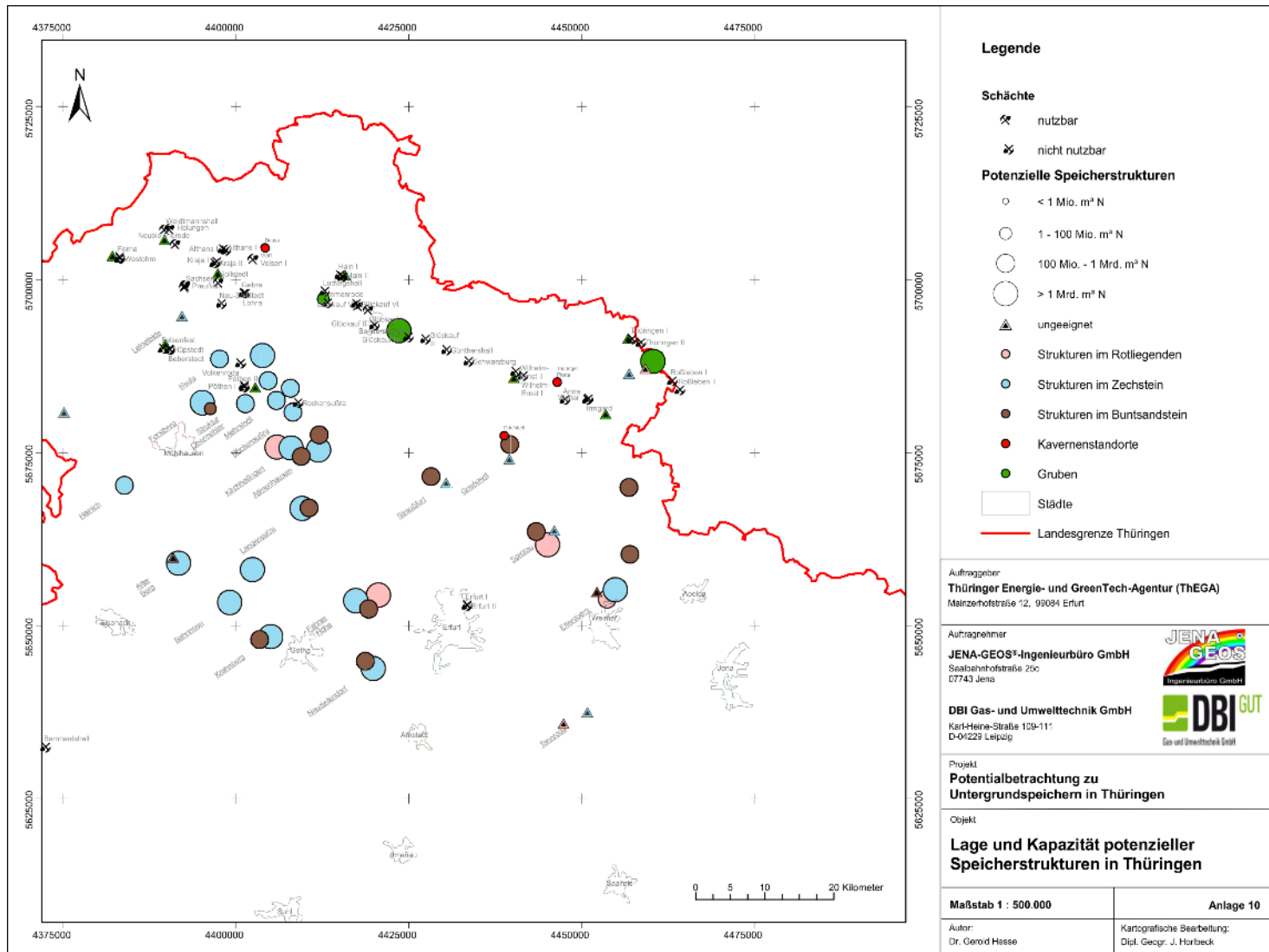
**Karstaquifer:**  
bestehen aus Karbonatgesteinen mit durchflusswirksamen Verkarstungen



Verschiedenen Arten von Hohlräumen im Gestein: (a) Poren, (b) Klüfte und (c) Verkarstung (nach Hurter & Holl, 2002).



# Speicherstrukturen in TH



Hesse et al. (2014)



# Stand der Technik zur geol. H<sub>2</sub>-Speicherung

## Allgemein

- Grundparameter: Tiefe der Struktur, Mächtigkeit, Dichtheit, Reservoirdruck, Porosität, Permeabilität, geomechanische Eigenschaften, Deckgebirgseigenschaften, Temperatur
- bezieht sich auf tiefe Porenspeicher im Sandstein (Aquifere), Salzkavernen oder Nachnutzung von Altbergbau (alte Kohleminen), ausgebeutete Öl- und Gasfelder
- bisherige Projekte in UK, Teeside und USA, Golfküste Texas, seit 70'er und 80'er als sichere Salzkavernenspeicher (400 m tief, 50 bar, 95 % H<sub>2</sub>, 3-4 % CO<sub>2</sub>) sichere Langzeitspeicherung
- saliner Aquiferporenspeicher in FR, Beynes, (GDF) 1956-72 (Kohlegas 50 % H<sub>2</sub>), intensive Methanogenese
- bisheriger Kenntnisstand: keine veröffentlichten Daten zu H<sub>2</sub>-Speicherung in (karbonatischen) Kluftspeichern
- jeder Speicher ist individuell aufgrund geologischer Gegebenheiten



# Herausforderungen der H<sub>2</sub>-Speicherung

## Mikrobielle Aktivität verursacht H<sub>2</sub>-Entzug

- Enzyme (Hydrogenasen) spalten H<sub>2</sub>, wird verstoffwechselt
- pH-Wert-, Druck, Temperatur-Abhängigkeit
- **u.a. Methanogenese** bei steigendem Methangehalt ist Domäne *Archaea* aktiv, **Acetogenese** unter Beteiligung von Bakterien + CO<sub>2</sub>
- **Mikrobielle Eisenreduktion** relevant für Bildung von H<sub>2</sub>S und bspw. Pyrrhotit
- mikrobielle Reaktion von Calcit und H<sub>2</sub>
- potenzielle Reaktion von H<sub>2</sub> mit flüss. Restgasen und mikrobieller Aktivität → H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>-Bildung

## Mineralische Reaktionen verursachen H<sub>2</sub>-Entzug

- Redox-Reaktionen, bspw. Umwandlung von eisen- und schwefelhaltigen Mineralen mit H<sub>2</sub> → Verringerung des H<sub>2</sub>-Volumens + Ausfällungen + H<sub>2</sub>S-Bildung bei Temp. >150 °C, Druck > 30 bar
- Calcit- und Anhydrit-Löslichkeit in H<sub>2</sub>-angereicherten Wässern bei Temp. > 100 °C, Druck >150 bar → Ausfällungen
- Löslichkeit von Wasserstoff mit steigender Salinität der Formationsfluide zu
- H<sub>2</sub>-Adsorption an kalzitreichen Gesteinsoberflächen

## Chemisch-physikalische Eigenschaften

- Reaktionsfreudigkeit
- hohe Flüchtigkeit durch geringe Molekülgröße und höheren Diffusionskoeffizient als Methan
- steigende Löslichkeit bei steigendem Druck
- steigende Viskosität bei steigender Temperatur



# Herausforderungen der H<sub>2</sub> Speicherung

## Mögliche Folgen & Risiken

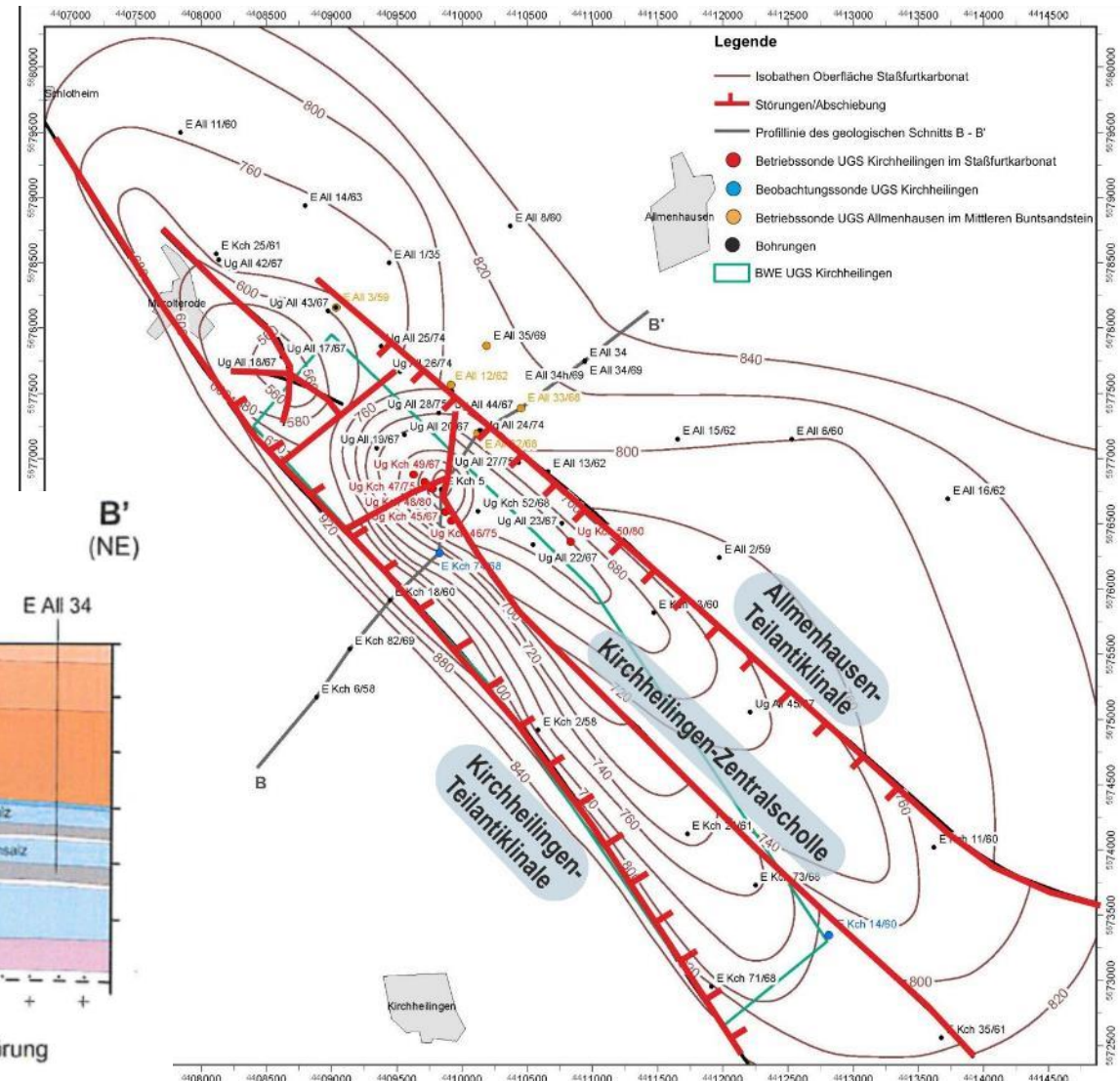
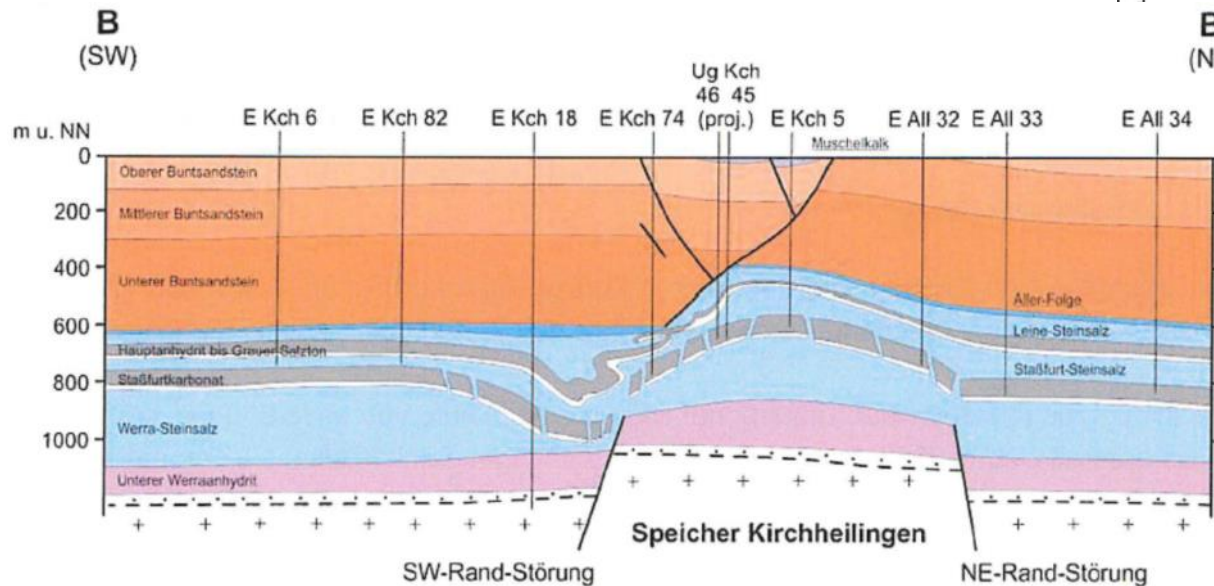
- Änderung der Gaszusammensetzung
- Versauerung, unkontrollierte und unerwünschte Methan- und Schwefelwasserstoffbildung und -austritte → (Sicherheitsaspekt und Speicherdruckreduktion)
- Bildung von H<sub>2</sub>S, stark giftig und korrosiv, erhöhter Gasreinigungs- und Monitoringaufwand, sowie stärker erhöhte Materialanforderungen
- Mikrobienmatten-Bildung und Verstopfung von Linern & Rohrleitungen
- Minerallösung und Veränderung der gesteinsphysikalischen Reservoirparameter (Permeabilität, Porosität), Veränderung des Speichersystems
- Einfluss salinärer Lösungen auf H<sub>2</sub>-Gehalt/-Qualität und mikrobielle Aktivität
- Induzierte Seismizität → seismisches Monitoring





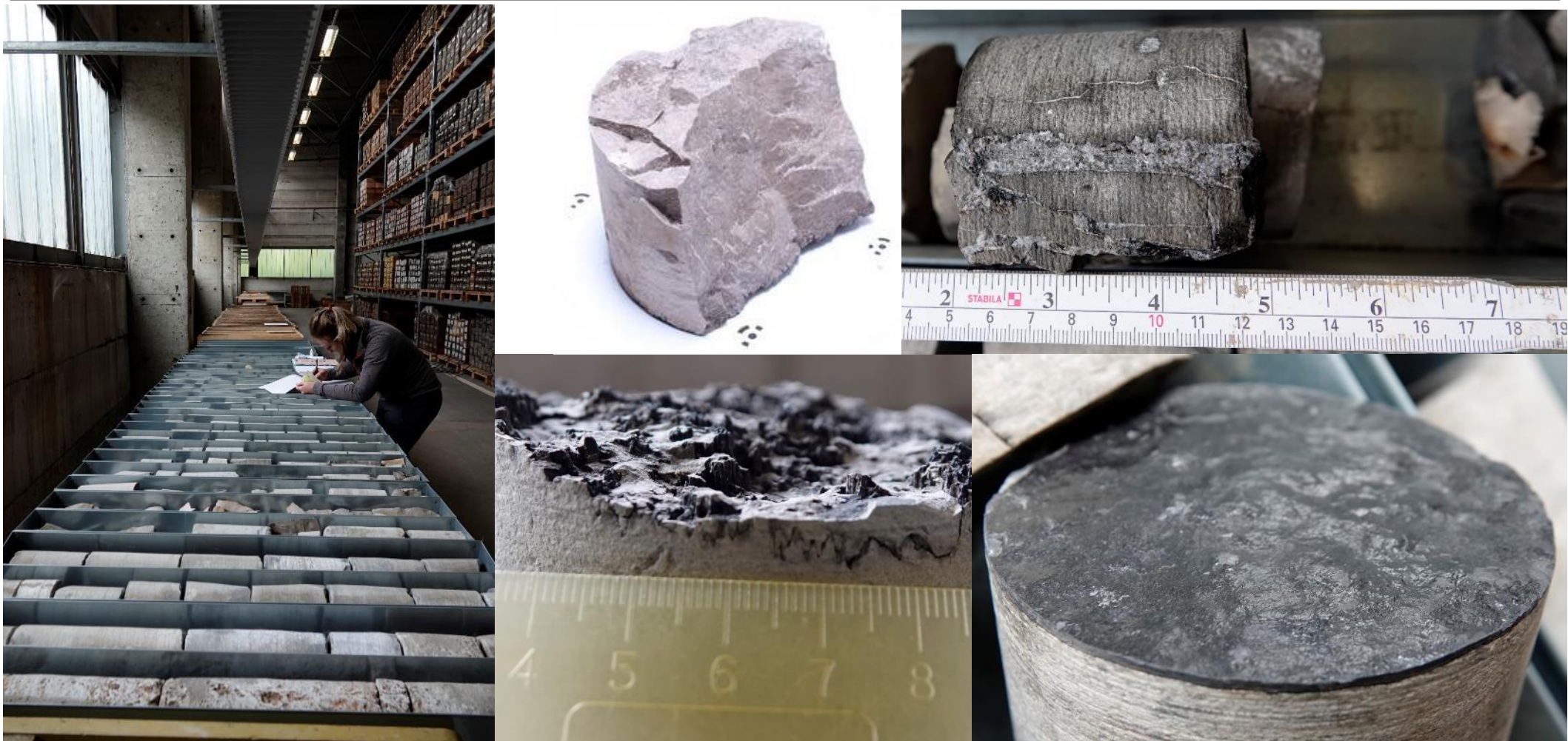
# Optionen: Speicher Kirchheilingen

- Zusammenarbeit mit TEAG
- Schlotheim-Tennstedter Antiklinale streicht herzynisch (NW-SE)
- Im Scheitelbereich: Y-förmiger Schlotheimer Graben
- Speicherhorizont im Staßfurtkarbonat
- Abdeckhorizont ist Leinesteinsalz
- Kluftspeicher





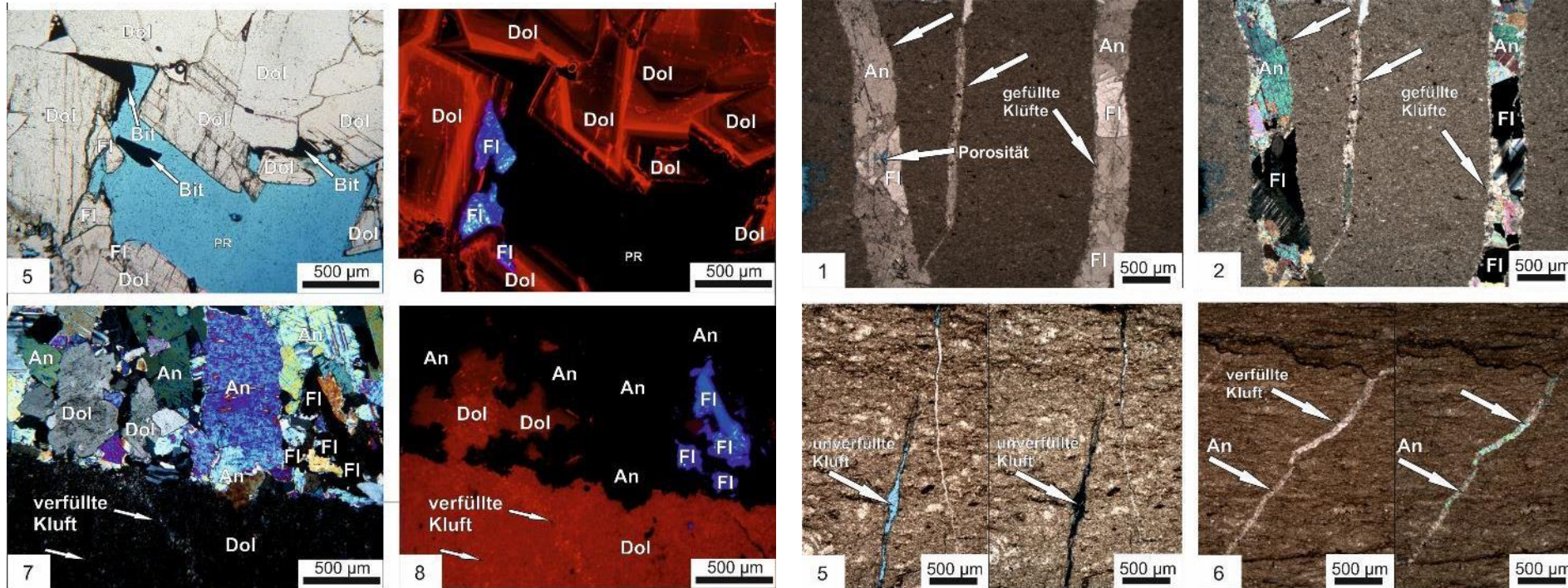
# Geochemische Charakterisierung - Kernbefahrung



Kernbefahrung im Kernlager Niederpölnitz (TLUBN) im August 2022



# Geochemische Charakterisierung - Kluffüllung



- Untersuchungen mit KL, Durchlichtmikroskopie, XRF (Geochemie), REM-EDX
- Charakterisierung des Hauptgesteins und der Klüfte inkl. Füllungen

# Zusammenfassung

- Zahlreiche Speicherstrukturen in TH vorhanden
- Alter Datenbestand, ggf. ungenügend → Forschungsbedarf, z.B. Autoklavenversuche, Geochemie
- 3 pot. Speicherhorizonte: BS, Zechstein, Rotliegend
- Natürliche Strukturen: ausgebeutete Öl- und Gaslagerstätten
- künstlich: Kavernen, Gruben
- Empfehlung <sup>1)</sup>: Gasfelder mit CO<sub>2</sub>-armen Resterdgas, Speichergesteine sulfat- und karbonatarm, kurze Füll- und Förderzyklen begrenzen bakteriellen Metabolismus
- Eine Option in TH: Nachnutzung von Speicherstrukturen, Bsp. Karbonatischer Kluftspeicher Kirchheilingen
- **Thüringen hat Potenzial für die Wasserstoffspeicherung!**



1) nach Warnecke und Röhling (2021)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Sandra Franke

JENA-GEOS-Ingenieurbüro GmbH

franke@jena-geos.de

