

Wirtsgesteinsspezifische Herausforderungen bei der Einengung von Teilgebieten zu Standortregionen

Forum Endlagersuche
AG 7 Methodenentwicklung

Dr. Matthias Niemeyer

Mainz, 21. Mai 2022

Aufgabenstellung (vgl. § 14 (1) StandAG)

- Ermittlung von Standortregionen für übertägige Erkundung
 - ohne zusätzliche Erkundung, ausgehend von Teilgebieten
 - Teilgebiete wurden nach § 13 StandAG auf Basis vorhandener Daten ermittelt
 - Gesamtfläche der Teilgebiete: 240'874 km² (54% der Fläche von Deutschland)
- Ziel: Gesamtfläche der Standortregionen: 100 – 3000 km²
 - 10 – 30 Teilgebiete à 10 – 100 km²
 - Begründung: Aufwand, Handhabbarkeit im Verfahren
 - das heißt: «Eindampfen» der Teilgebiets-Fläche auf 0,05 % bis ca. 1 %
- Weg: repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen (rvSU)
 - Methodik vor der allgemeinen Anwendung festzulegen (Wettbewerb!)

Werkzeuge für rvSU (von BGE zu entwickeln)

(skizziert: Grundlagen EndlSiUntV, Methodenbeschreibung BGE)

- Erneute Anwendung der Kriterien §§ 22 – 24 StandAG
 - (auf Basis fortlaufend gesammelter «Bestandsdaten»)
- Geosynthese mit regionalen Daten, Teiluntersuchungsräume
 - → Ausscheiden Kategorien C, D; Reduktion der Fläche (Schätzung: auf ca. 20%?)
- FEP-Katalog, Szenarientwicklung
 - Keine stark beeinträchtigenden Prozesse zu erwarten (da Teilgebiet!)
- Sicherheitskonzept, Endlagerauslegung, Flächenbedarf eWG
 - → Ausscheiden zu kleiner Regionen, Wahl bevorzugter Teufenlagen
- **Quantitative Bewertung des sicheren Einschlusses (§ 4 EndlSiAnfV)**
 - Bringt das «neue» Kriterien, zusätzlich zu § 24 StandAG?
 - Ermöglicht das eine ausreichende Differenzierung zwischen Teiluntersuchungsräumen?
 - Nur dann ist eine weitere Reduktion der Flächen zu erwarten!

Wirtsgestein Tongestein

Steckbrief

- Günstige Eigenschaften (vgl. Anlagen zu § 24 StandAG)
 - Geringe hydraulische Leitfähigkeit → Grundwasserströmung und –Angebot
 - Kleine Diffusionsgeschwindigkeit (insbesondere für Anionen Cl, Se, I)
 - i.A. gute räumliche Charakterisierbarkeit, Homogenität
 - i.A. geringe Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten, Rückbildbarkeit
 - Gutes Sorptionsvermögen für die meisten Kationen
- → Durchströmung irrelevant, diffusiver Radionuklidtransport zu erwarten
- Quantifizierung «sicherer Einschluss» (mit Modellrechnungen):
 - Vereinfacht: [Diffusionsgeschwindigkeit (Cl, Se, I) x 1 Mio. Jahre < ½ Mächtigkeit]
 - $\sqrt{D_p \cdot t_{BZ}} < \frac{H}{2}$; → «Kennzahlen» ((@BGE: Gaspfad ¹⁴C?))

Wirtsgestein Tongestein

Herausforderungen; Risiken für Phasen 2 und 3

- Differenzierung zwischen Untersuchungsräumen schwierig
 - Standortspezifische Daten: Nur Mächtigkeit unmittelbar zugänglich, i.A. günstig (d.h. mit guten Reserven)
 - Diffusionsgeschwindigkeit indirekt über Lithologie, Konsolidierung (Teufe)
- bereits bei geowissenschaftlichen Kriterien berücksichtigt
 - → auf welcher Grundlage Teilgebiete einengen?
 - Berechnete Unterschiede in Kennzahlen nicht überinterpretieren
- Risiken: «Überraschungen» bei späterer Erkundung
 - Inhomogenitäten (z.B. Sandlinsen, Kalkbänke)
 - Steilstehende Klüfte → vertikaler advektiver Transport?
 - Ungünstige mechanische Eigenschaften bzgl. Bau / Betrieb

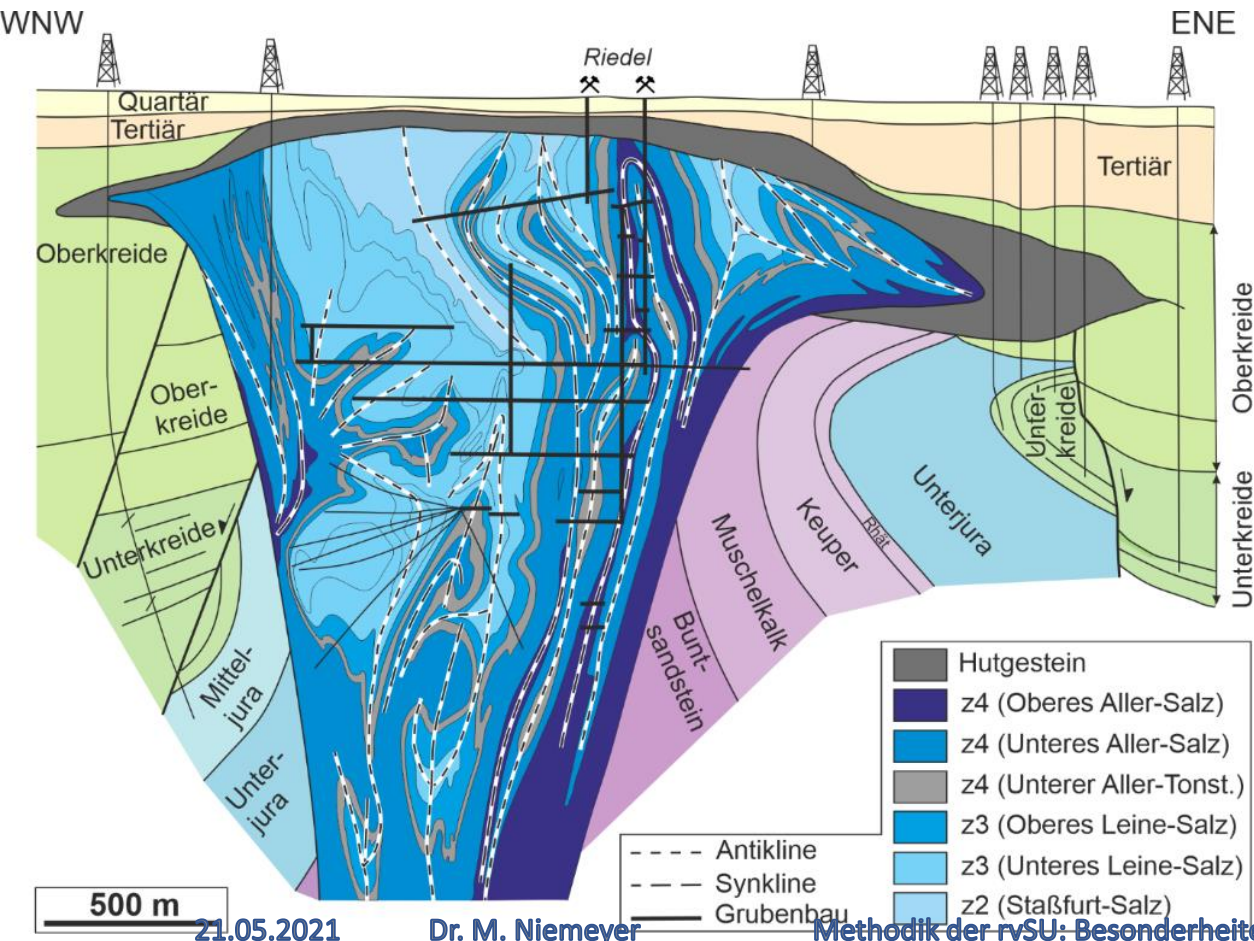
Wirtsgestein Steinsalz (steile und flache Lagerung)

Steckbrief

- Günstige Eigenschaften (vgl. Anlagen zu § 24 StandAG)
 - Steinsalz ist hydraulisch dicht → kein Radionuklidtransport im Wirtsgestein
 - Steinsalz ist plastisch: «Zukriechen» von Auflockerungszonen und Streckenversatz aus Salzgrus
 - Hohe vertikale Mächtigkeit von Salzstöcken → große «Reserven» gegenüber lösendem Angriff von Grundwasser
- Heterogenität: Wechsellagerung mit Anhydrit und Kalisalzen; **bei steiler Lagerung:**
 - Anhydrit: spröde, geklüftet → **Lösungsbringer**
 - Kalisalze: sehr leicht löslich → **voraussetzende Subrosion (=Auflösung, gefolgt von Lösungszutritt)**
 - **Salzstock (Diapir): durch Diapirismus verfaltet, zerblockt**
- Quantifizierung «sicherer Einschluss»: binäres System
 - Entweder: vollständiger Einschluss (Null-Freisetzung) ((*diffusiver Transport BGE: Stand W&T?*))
 - Oder: Lösungszutritt, -Auspressung, schlechte Barriere

Wirtsgestein Steinsalz (steil)

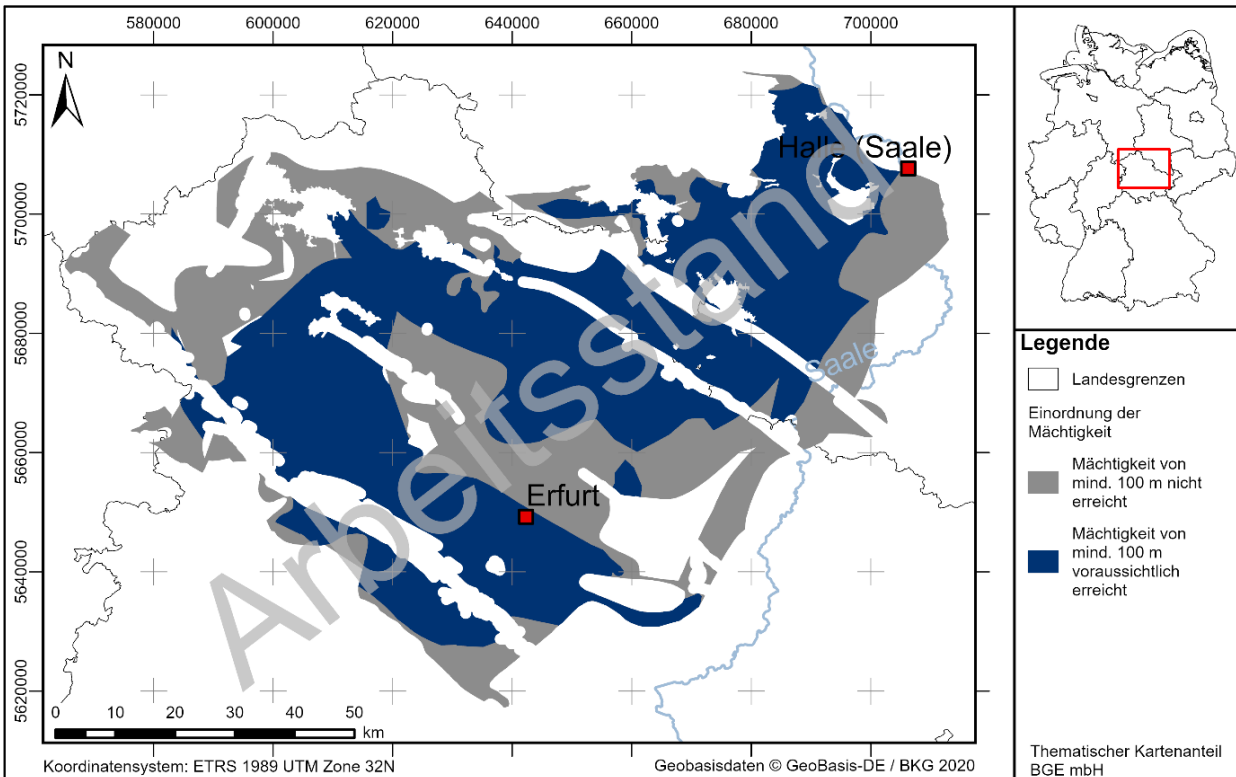
Herausforderungen; Risiken für Phasen 2 und 3



- Internbau ohne Erkundung ungewiss
- Forschungsprojekt BGR initiiert
 - Stand W&T?
 - Erfolgsaussichten?
- Verbleibende Prognoseungewissheit
 - Unangenehme Überraschungen
 - Risiko «Lösungsbringer Anhydrit»
 - Zeit- und Geldverlust
 - Mögliches Image-Problem für BGE

Wirtsgestein Steinsalz (flach)

Herausforderungen; Risiken für Phasen 2 und 3



- Geringere Mächtigkeiten
- (Prognostizierbarkeit i.A. gut)
- Zukünftige menschliche Aktivitäten
 - Nutzungskonflikte (Rohstoff, Kavernen)
 - Altbergwerk \triangleq zukünftiges Bergwerk; Zeitraum 1 Million Jahre
 - Regulatorien: «Optimierung; nachrangig»
 - Debatte spätestens beim Vergleich von Standorten an verschiedenen Wirtsgesteinen (Phase 3)

Wirtsgestein Kristallingestein

Steckbrief, zwei Konfigurationen

- Eigenschaften (vgl. Anlagen zu § 24 StandAG)
 - Intaktes Wirtsgestein hydraulisch undurchlässig
 - Mechanisch stabil
 - Störungen und Klüfte → Durchströmung, Scherbewegungen möglich
 - Sorptionsvermögen an Kluftoberflächen («Matrixdiffusion»): Rückhaltung
- Mit Sedimentüberdeckung
 - Störungen verdeckt
 - 👎 Erkundung erschwert
 - Kleine hydraulische Gradienten
 - 👍 Gute Barrierenwirkung
- Ohne Sedimentüberdeckung
 - Störungen aufgeschlossen
 - 👍 Einfachere Erkundung
 - Höhere hydraulische Gradienten
 - 👎 schlechtere Barrierenwirkung

Wirtsgestein Kristallingestein

Konfigurationen; vgl. StandAG, § 23 (1) und § 23 (5) 2.

- Einheitlicher eWG
 - Voraussetzung: großer Abstand zwischen Störungen
- Multipler eWG
 - Wirtsgesteinsblöcke zwischen Störungen zu klein für gesamtes Endlager
 - Geotechnische Barrieren zwischen den Teil-eWG erforderlich
- Kein eWG: Behälter-Konzept
 - deutlich höhere Anforderungen an die Langzeitintegrität des Behälters

Wirtsgestein Kristallingestein

Herausforderungen; Risiken für Phasen 2 und 3

- Identifikation ausreichend großer Wirtsgesteinsblöcke
 - Position und Verlauf steilstehender Störungen schwer zu erkunden
- Risiken: «Überraschungen» bei Erkundung und ggf. Errichtung
 - Risiko: Untertägiges Anfahren auslegungsbestimmender Klüfte:
Rechtzeitiges Erkennen, Ausweichen und Umplanen = Stand W&T?

Konsequenzen und mögliche Auswege:

- Erkundung erst in Phase 2 (StandAG): → Ungewissheiten heute groß
 - Evtl. große Anzahl / Gesamtfläche der Standortregionen nach rvSU
 - Widersprüche Prognose ↔ Erkundung zu erwarten (z.B. «Internbau»)
- 1. **Priorisierung von «guten» Regionen mit guter Datenlage**
 - Vermeiden zeit- und kostenintensiver Fehlschläge
- 2. **Abgestuftes Vorgehen bei übertägiger Erkundung**
 - Frühzeitiges Zurückstellen von Regionen bei ungünstigen Ergebnissen
- 3. **Öffentlicher Diskurs: «Standort mit der bestmöglichen Sicherheit [...] im Zuge eines vergleichenden Verfahrens [...]» § 1 (2) StandAG**
- 4. **Chancen für genehmigungsfähigen Standort nach EndlSiAnfV intakt**
 - Vgl. Endlagerprojekte im Tonstein (Andra/Frankreich, Nagra/Schweiz)