Bericht
Sachverständiger

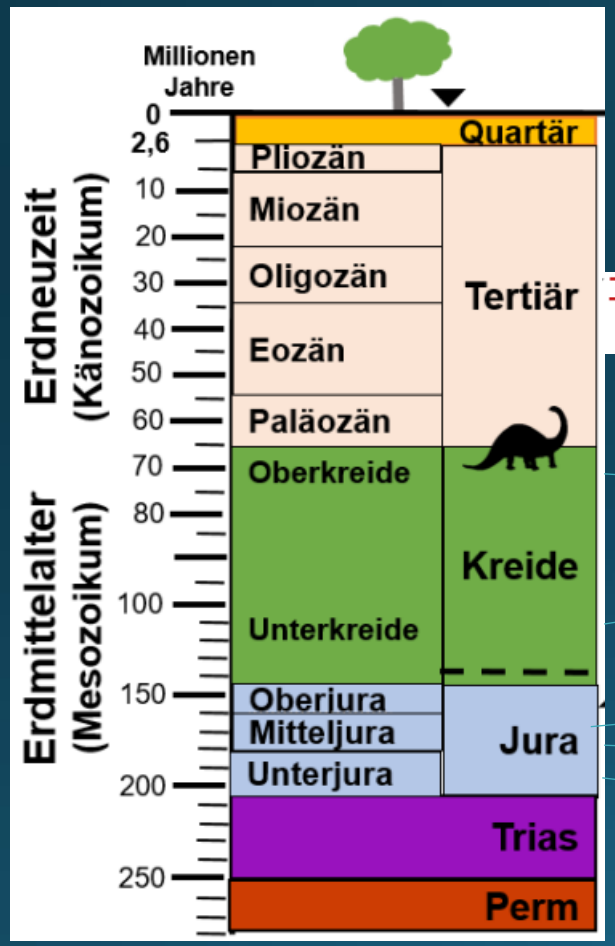
Dr. Jürgen Grötsch

Gutachten zur Methodenentwicklung für die rvSU – Wirtsgestein Ton

64. Sitzung des NBG

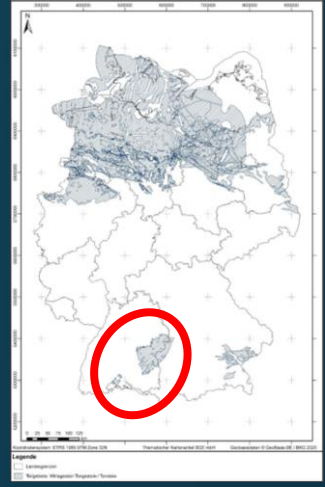
Berlin
19.07.2022

Übersicht Wirtsgestein Tongestein: 8 Teilgebiete



Quelle: verändert nach BGE, 2020

Rupel
28 – 34 Millionen Jahre



- 003_00TG_046_00IG_T_f_tUMj (j. Unt. Meeresmolasse)
- 002_00TG_044_00IG_T_f_tUMa (ä. Unt. Meeresmolasse)
- 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg (Paläogen)
- 008_01TG_204_01IG_T_f_kro (Obere Kreide)
- 007_00TG_202_02IG_T_f_kru (Untere Kreide)
- 005_00TG_055_00IG_T_f_jm (Mittlerer Jura)
- 001_00TG_032_01IG_T_f_jmOPT (Opalinuston) ~ 170 Ma
- 006_00TG_188_00IG_T_f_ju (Unterer Jura)

Aufgabenstellung Gutachten

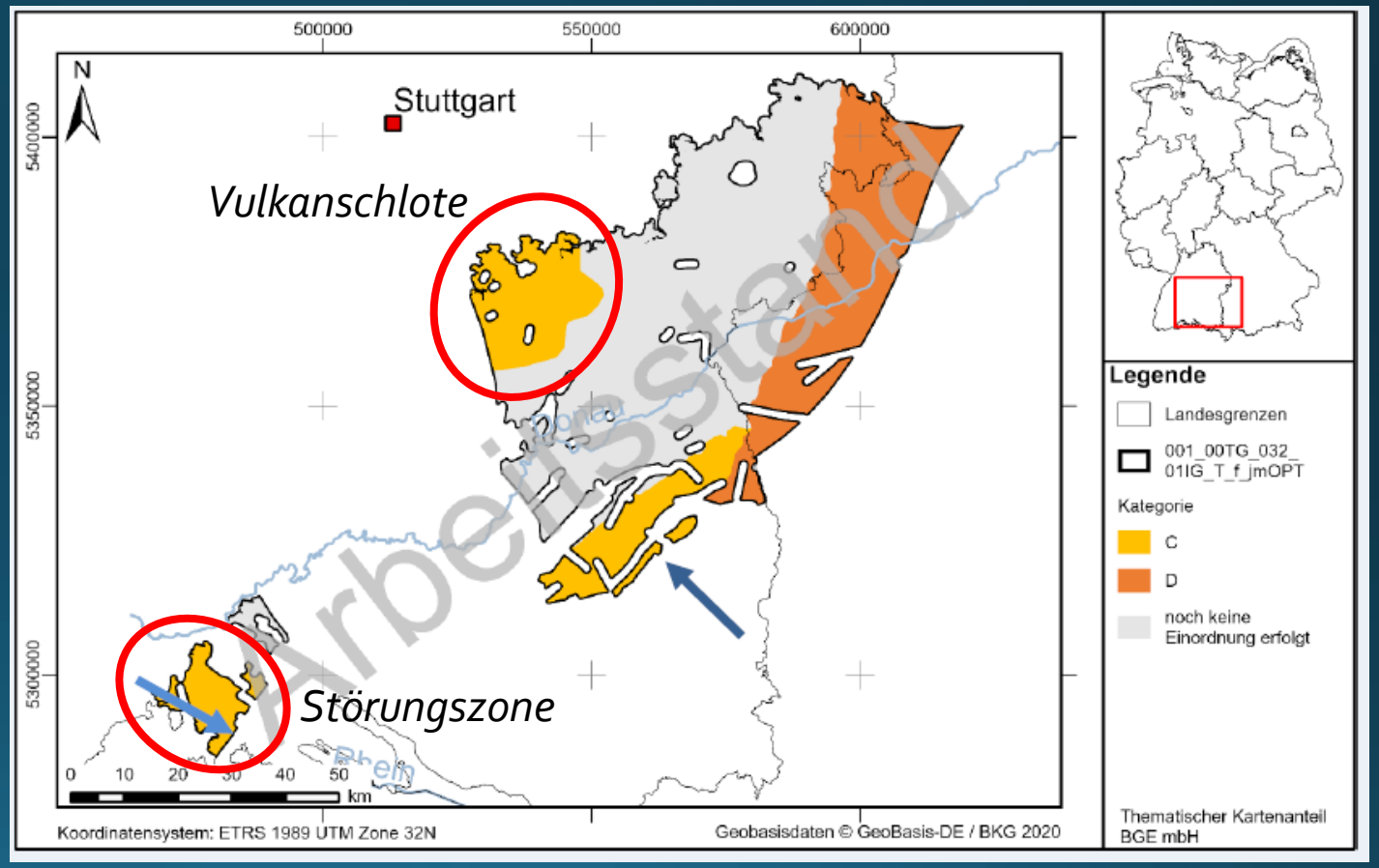
1. Festlegung Untersuchungsräume (TUR) – Kriterien und Neueinteilung?
2. Geologische Aspekte der rvSU – Fokussierung auf die wichtigen Fragen?
3. rvSU und Verwendung der geoWK – Kategorisierung und Vergleichbarkeit?
4. Ungewissheiten und Referenzdaten – Arbeitsschritte ausreichend?

rvSU: Positive Ansätze – einige Beispiele

- Teilgebiete (TG) in Teiluntersuchungsräume (TUR) zu unterteilen - *zielführend*
- 4 Prüfschritte, 4 Kategorien A-D - *gut strukturiert*
- Geogene Prozesse und geowissenschaftliche Langzeitprognose – *Analyse und Studien*
- Analyse der vulkanischen Tätigkeiten (Urach, Hegau) – *Ausschluss TUR gut begründet*
- Geosynthese – *Wissensstand zusammenfassen, auch für andere Disziplinen*
- Inventarisierung und Quantifizierung der Abfälle und der Radionuklide
- 1D Transportmodelle der Radionuklide im Gestein – *aber: Geologie 3D/4D Fragestellung*
- Auslegung Endlager anhand von verschiedenen Typen – *ein Ausbautype pro Wirtsgestein*

Unterteilung Teilgebiete in Teiluntersuchungsräume (TUR)

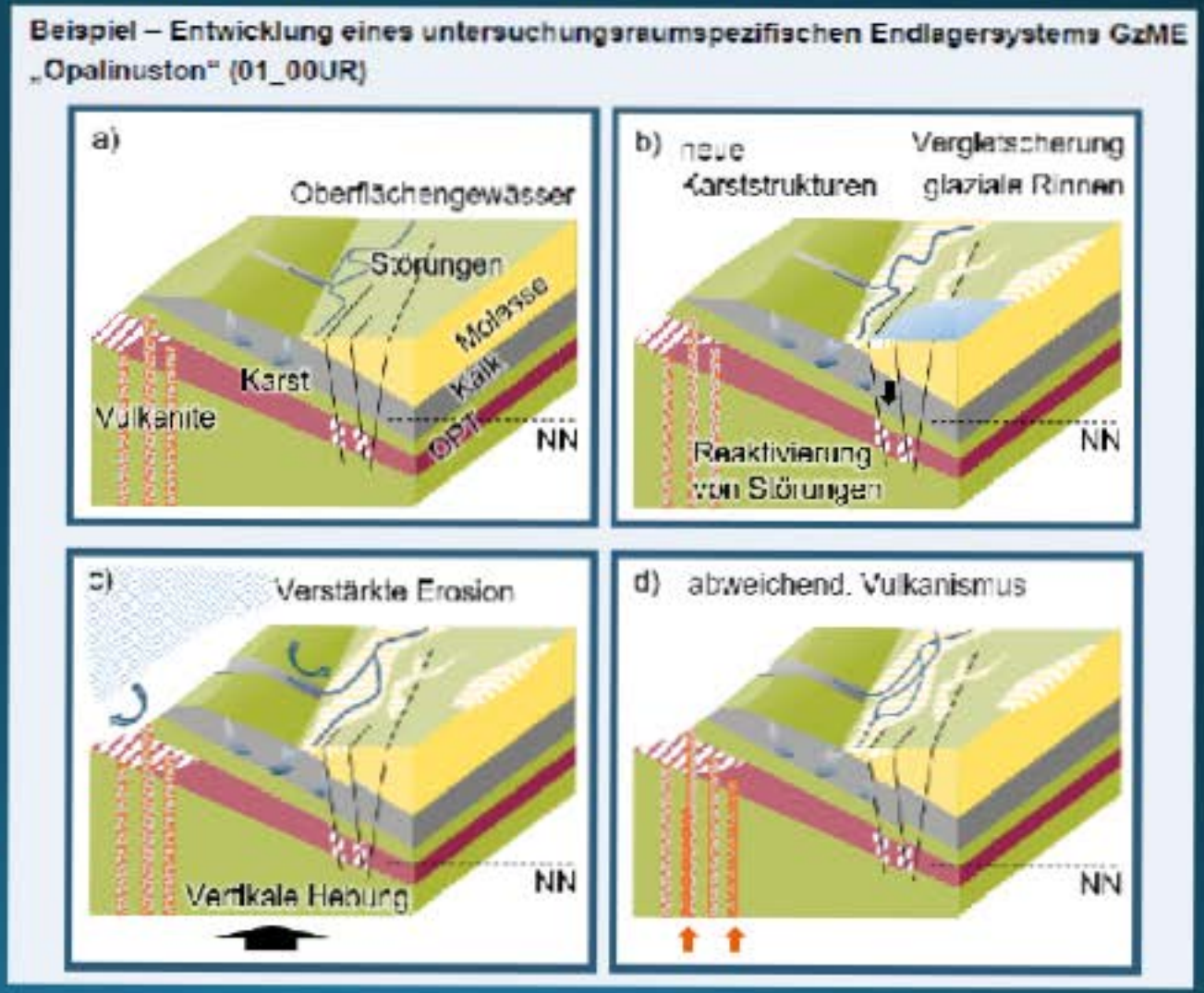
- TG1 Opalinuston
- Prüfschritt 1: AK & MA
- Prüfschritt 2: qualitative Bewertung
- Kat C/D = Ausschluss
- Gut begründet - zielführend



Geogene Prozesse - TG1 Opalinuston

- Fluviatile Erosion
- Lösungserosion (Karst)
- Glaziale Rinnen
- Albtrauf-Erosionsraten
- Vulkanismus
- Aktive Störungszonen
- Reaktivierung von Störungen

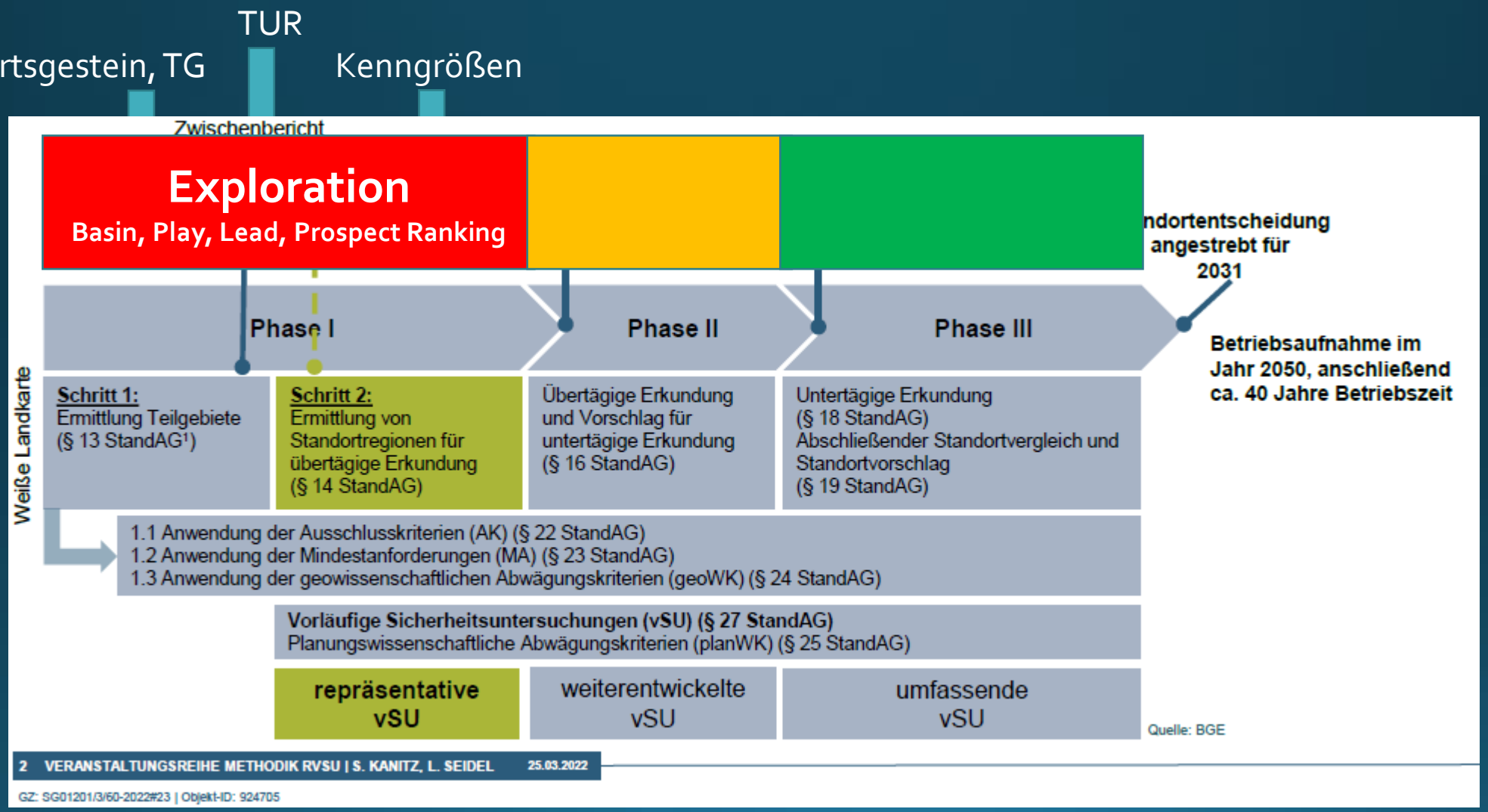
- Gute Analyse und Studien initiiert



Arbeitsschritte in Untergrundprojekten - **Exploration**

- Unterschied zwischen Endlagersuche Deutschland und in anderen Ländern (z.B. Finnland, USA)
- Empfehlung: KW-Explorationsprozesse übertragen - Arbeitsschritt fehlt in rvSU
- „**Play based exploration**" und „prospect ranking" = Vergleichende Betrachtung aller Bereiche/UR/TUR unter Berücksichtigung der Ungewissheiten
- Arbeitsschritte (sprich Exploration der verbliebenen Bereiche):
  - „Play based exploration" = ähnlicher Workflow kann auch für Standortregionen gebraucht werden
  - ✓ Basin = Wirtsgesteine
  - ✓ Play = Teilgebiete
  - ✓ Prospect = Bereiche/TURs
  - Risking = Identifikation und Quantifizierung der Ungewissheiten mit Hilfe von Kenngrößen
  - Common Risk Segment Maps = überlagernde Kartendarstellungen von Kenngrößen
  - Confidenz vs Probability of Success = Vertrauen vs Wahrscheinlichkeit zur Eignung als Standortregion
  - Bullhorn plot = Vertrauen in Klassifizierung pro Bereich/UR/TUR

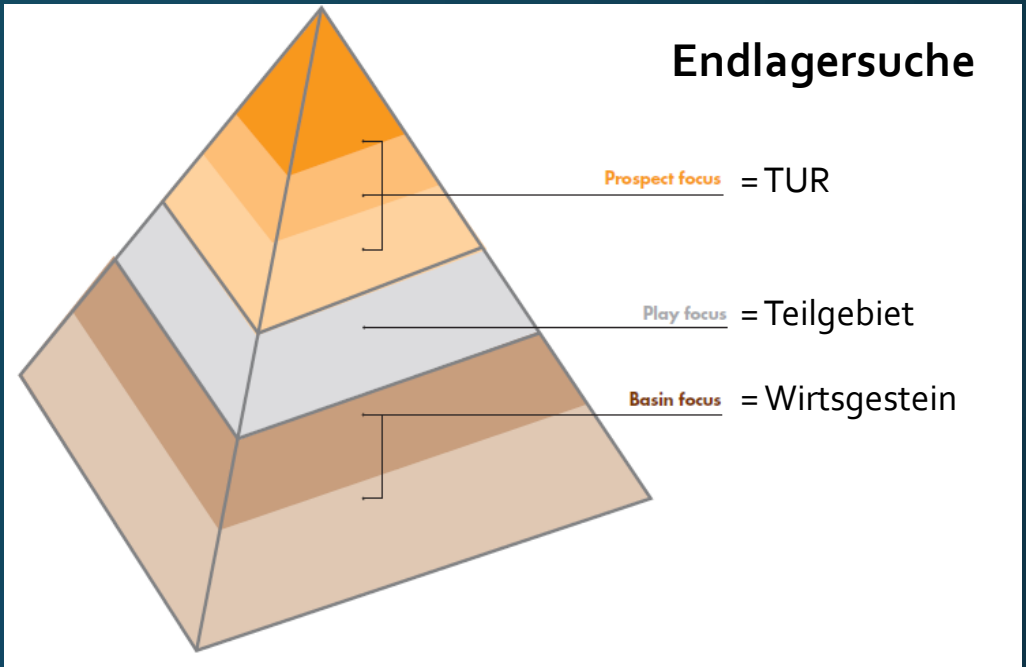
Untergrundprojekte – ähnliche Arbeitsabläufe

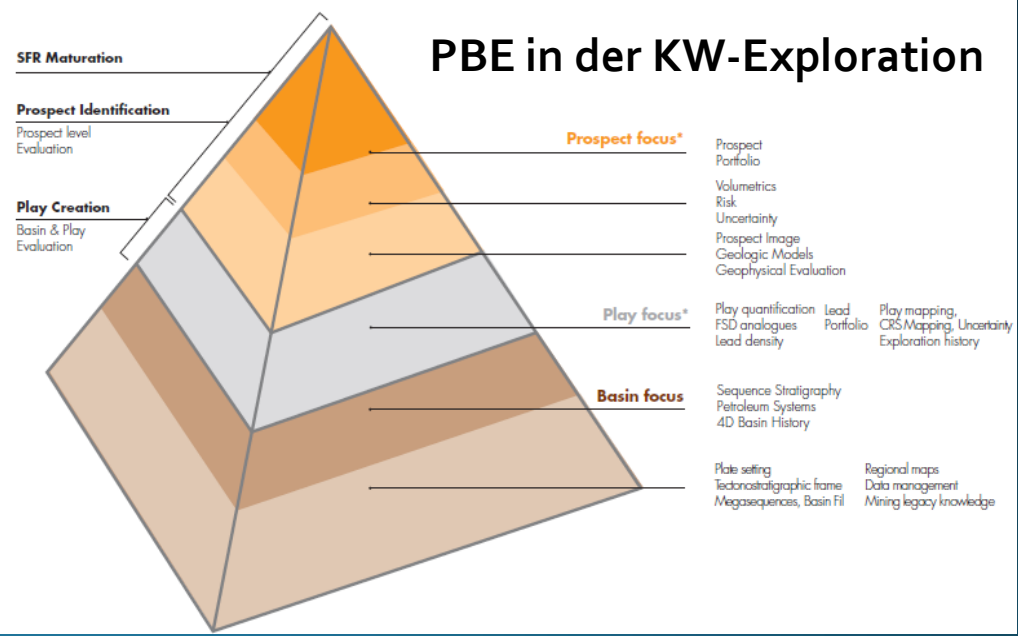


rvSU Methode – TG/TUR

- Wirtsgesteine = Basin
- Teilgebiet = Play
  - „Play fairway mapping" im Teilgebiet
- TUR = Prospect
  - Prospect ranking

- Ermöglicht quantitative Evaluierung





Ref.: AAPG Student Award

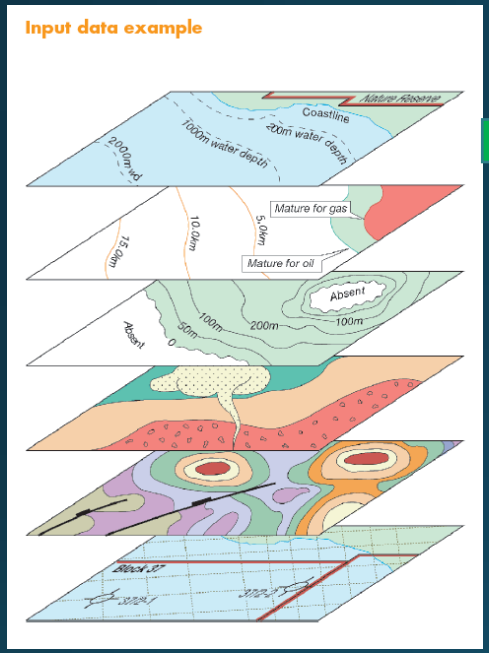
Play Based Exploration - Energiewirtschaft

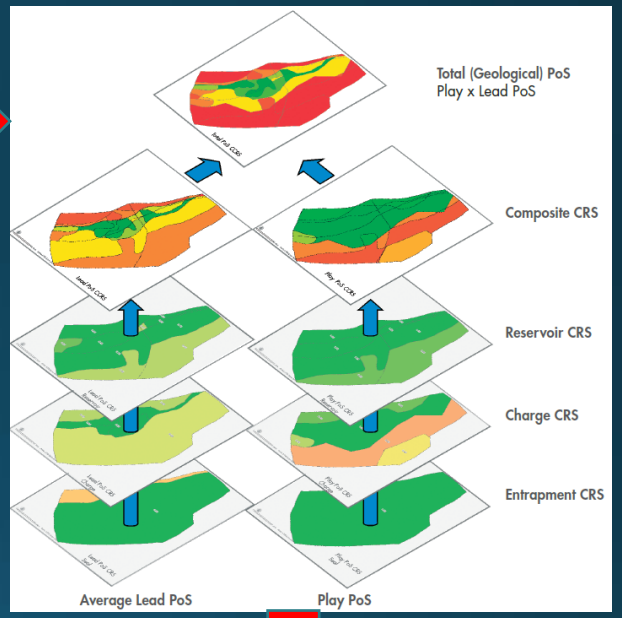
Common Risk Segment (CRS) – „mapping“ und „risking“ mit Kenngrößen

Wirtsgestein, TG, Geosynthese

UR

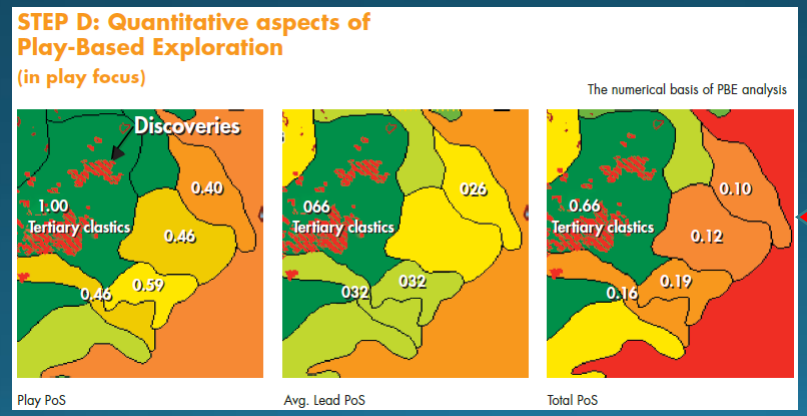
(Kenngrößen)





TUR

Teilgebiet



teils vorhanden

fehlt

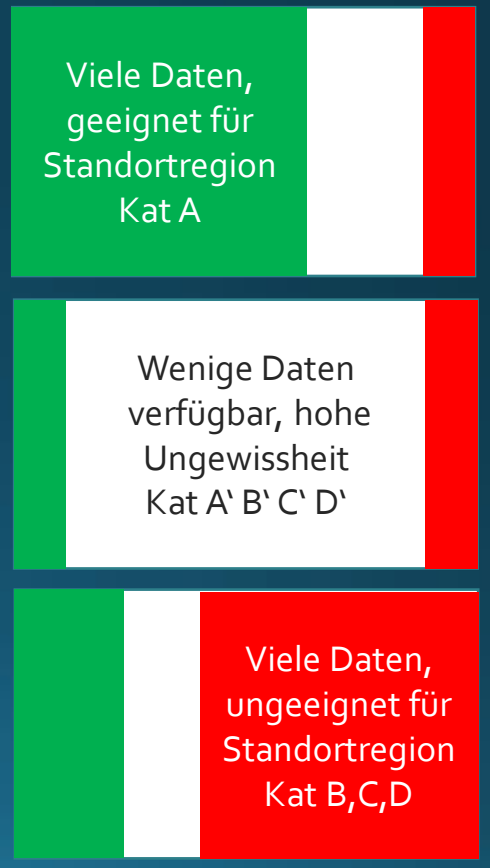
Ref.: AAPG Student Award (2022)

Geringe Datenlage und hohe Ungewissheiten

„Die Italienische Flagge“ und der „weiße Raum“

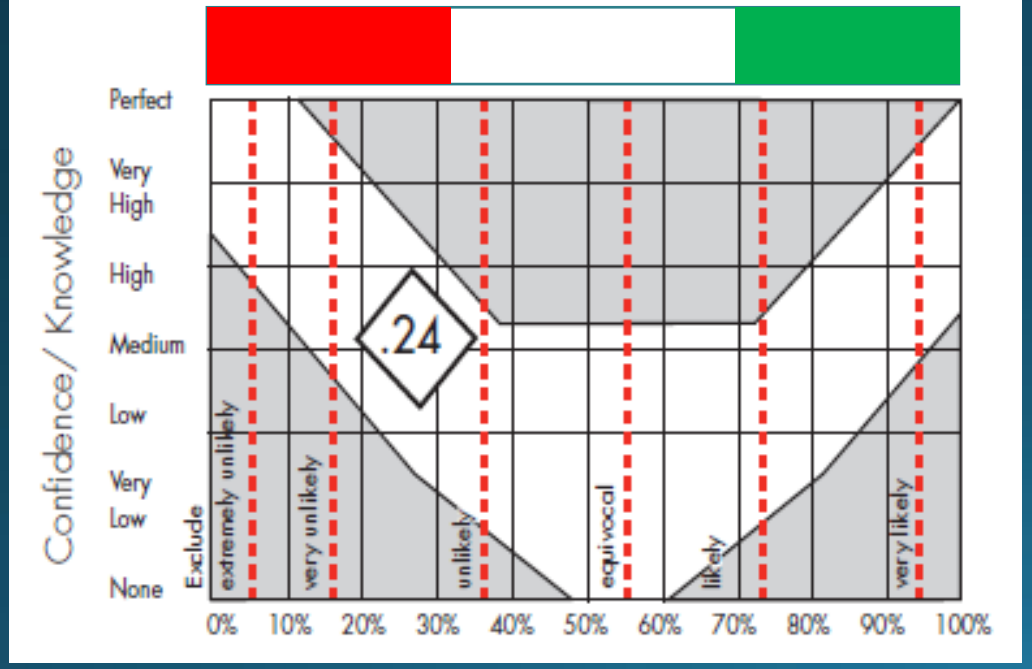
- Übersicht für alle TUR notwendig
- Vergleichbare Darstellung von Datenlage und Ungewissheiten im Untergrund
- Verwendung von Kenngrößen & Kartendarstellung notwendig

Das Konzept der „Italienischen Flagge“



Konfidenz ewG: Quantifizierung via „bull horn“ plot

Endlager	Kohlenwasserstoffe
ewG	Example Reservoir (below):
	Medium Confidence,
Teilgebiet	Play PoS = 0.8
TUR	Lead PoS = 0.3
	Total PoS = 0.8 x 0.3 = 0.24)



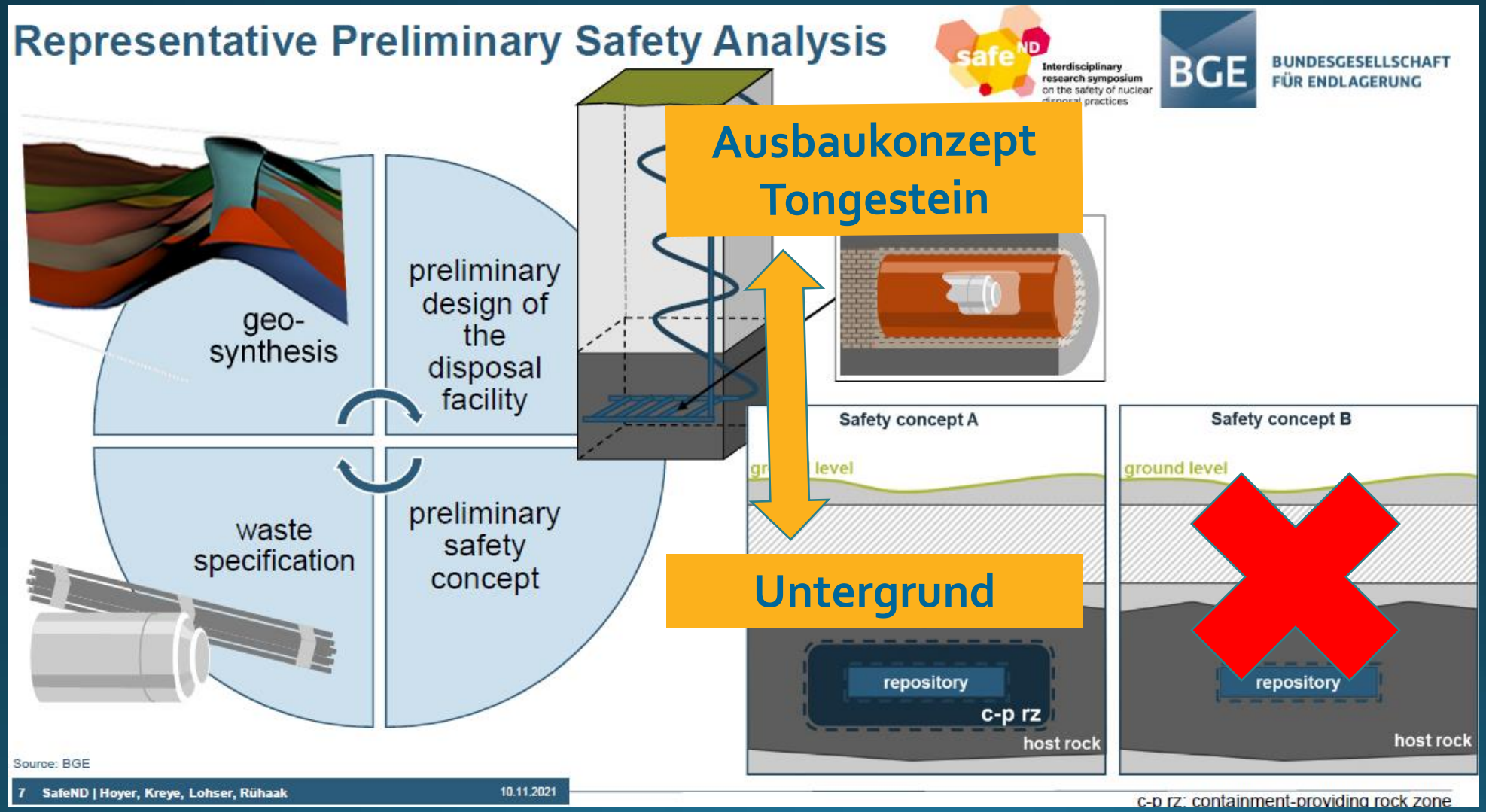
- ewG Parameter – ohne Ausbau
  - Qualität Barriere(n)
  - Größe
  - Tiefenlage
  - Geomechanische Eigenschaften
  - Daten
- „ Kenngrößen“ notwendig
- Konfidenz vs Wahrscheinlichkeit
- Nicht nur verbal-argumentativ

Ref.: AAPG Student Award Training material

Arbeitsschritte in Untergrundprojekten - **Entwicklung**

- Risikoanalysebasierender Ansatz (risk-based approach; siehe BGE Studie)
- Arbeitsschritte (Entwicklungsplan):
  - ✓ Projektplan (mit Projekt- und Statusübersicht) – StandAG, BGE
  - ✓ Qualitätssicherung – z.B. BGE interne Modell-Reviews, Rest unklar
  - ✓ Beitrag der verschiedenen Disziplinen (z.B. Geologen erstellen Geosynthese)
  - ✓ Ungewissheiten-Register – Erfassungstabelle vorhanden, noch nicht gezeigt
  - ✓ Risiko-Register – bei BGE vorhanden, aber nicht durchgehend verwendet
  - Entscheidungsregister – nicht gezeigt
  - Szenario-Manager (basierend auf Untergrundrealisationen und Entwicklungskonzept-Archetyp)
  - Benchmarking – vergleichende Analysen (Schweiz, Finnland, Schweden, Frankreich, USA etc.)
  - Dokumentation und Daten – geplant, ?digital und öffentlich
  - Stakeholder Management Plan – Non-Technical Risk (NTR), Ansätze erkennbar

Repräsentative vorläufige Sicherheits-Untersuchung (rvSU) - Ton



Quelle: Hoyer et al. (2021)

Beispiel – Ungewissheiten, Risiken, Modelle, Maßnahmen

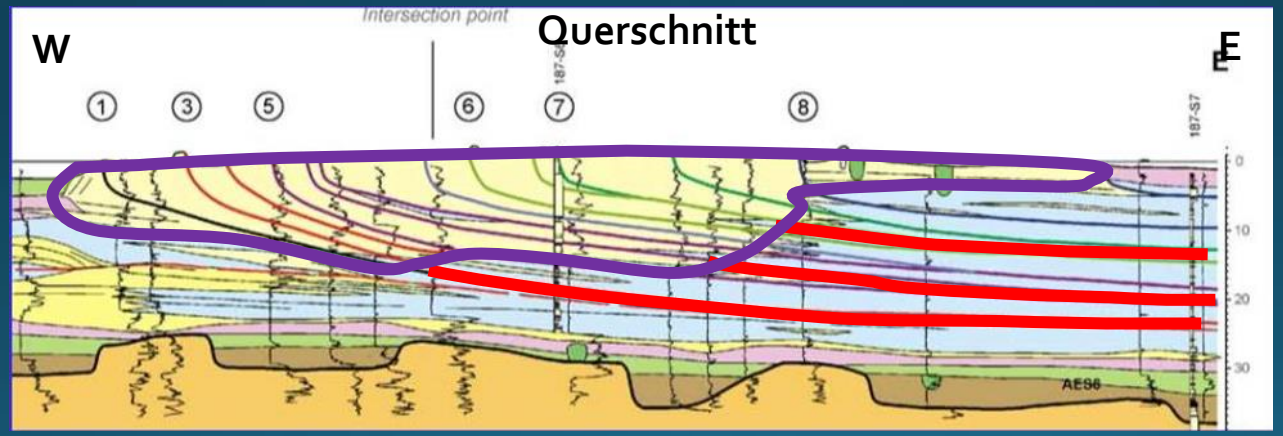
- **Ungewissheit**: Sandverteilung in den marinen Ablagerungsräumen des Wirtsgestein Ton
- **Risiko**: Dünnbankige aber oft großräumige, deltaische Sandsteinkörper können eine höhere Gesteinsdurchlässigkeit (Permeabilität = K) aufweisen.
  - 1D Modelle sind nur aussagekräftig mit Bezug auf vertikalen Transport von Radionukliden.
  - In sedimentären Systemen wie im Opalinuston ist vertikale K << horizontale K
  - Lateraler Transport kann wesentlich schneller vonstatten gehen („thief zones", „high-K streaks").
  - Sequenzstratigraphische Realisationen und hochauflösende 3D Modelle/Analoge notwendig
- **Modelle**: müssen an Ungewissheiten und Risiken angepasst werden
- **Maßnahmen**: Ableitung des Erkundungsbedarfes muss an die Ungewissheit und das Risiko geknüpft sein. Hier: Studien zur Sandverteilung in den Ablagerungsräumen der Teilgebiete mit Wirtsgestein Ton notwendig (z.B. Prof. Erbacher-Studie).

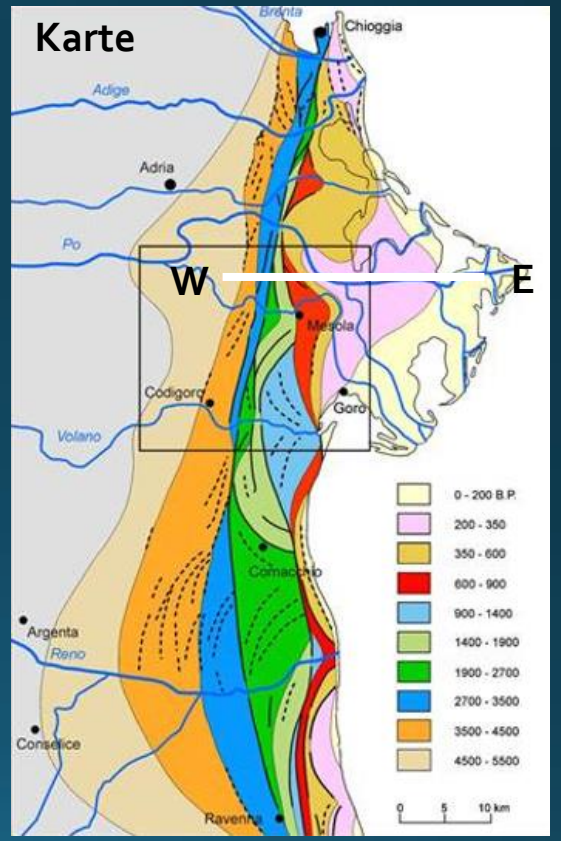
Sandverteilung – Opalinuston?

Analog: Po Flussdelta, Nord-Italien

- Barrieren vs Leiter
- Dünne, durchlässige Sandlagen (rote Linien) sind verbunden mit permeablen Sandkörpern (pink umrandet)
- Sequenzstratigraphie notwendig (z.B. Book Cliffs)

Google, 2022





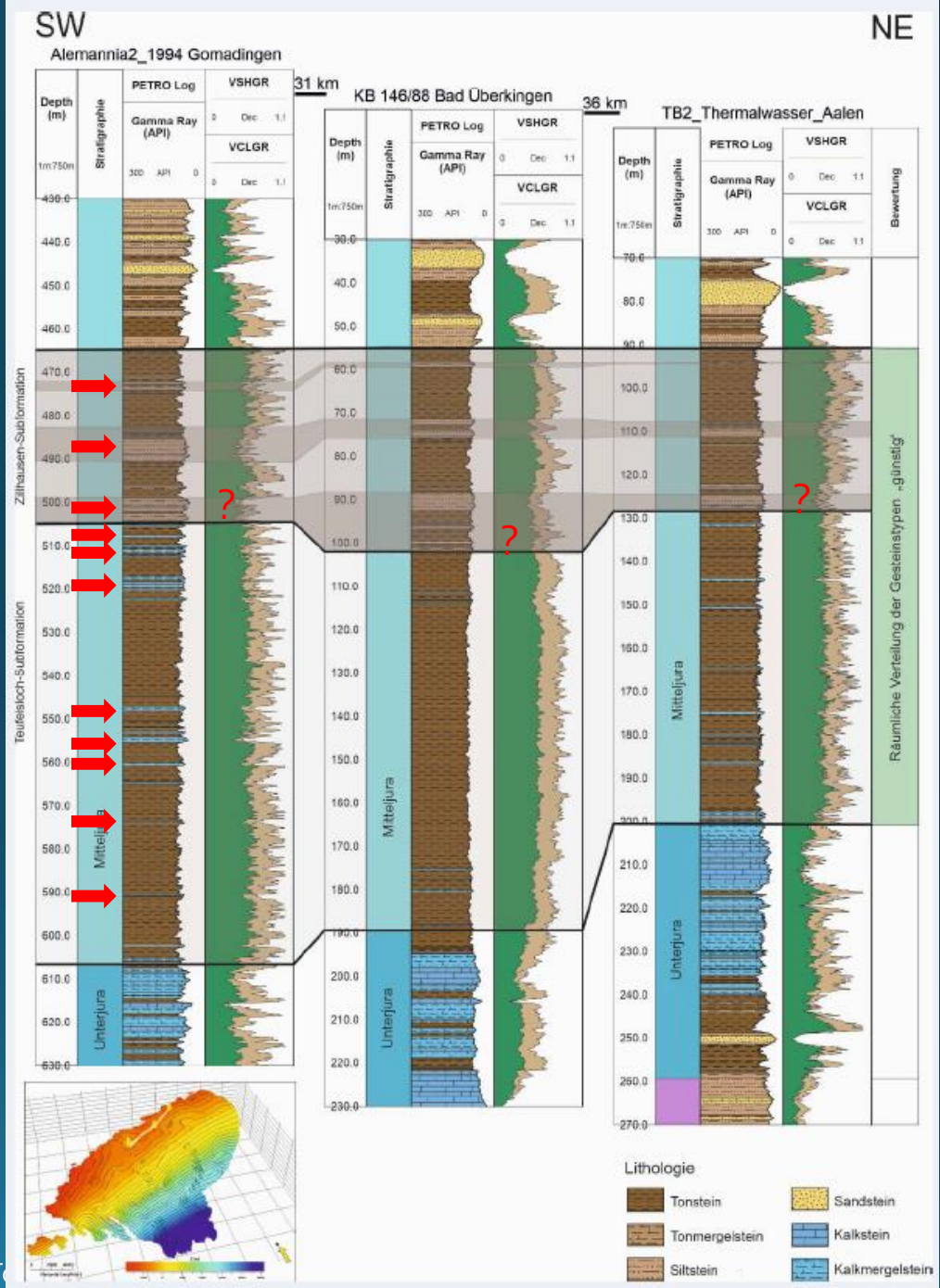
Stefani & Vincenzi, 2005

Dünnbankige Kalk-/Sand-Lagen

- Opalinuston (Mittlerer Jura)
- Mariner Ablagerungsraum
- Wo ist der Sand? Wo kommt er her?
- Wie ist die laterale Verteilung von dünnen "Lagen"

- Bohrlochmessungen mit variabler Qualität und unzureichender, vertikaler Auflösung

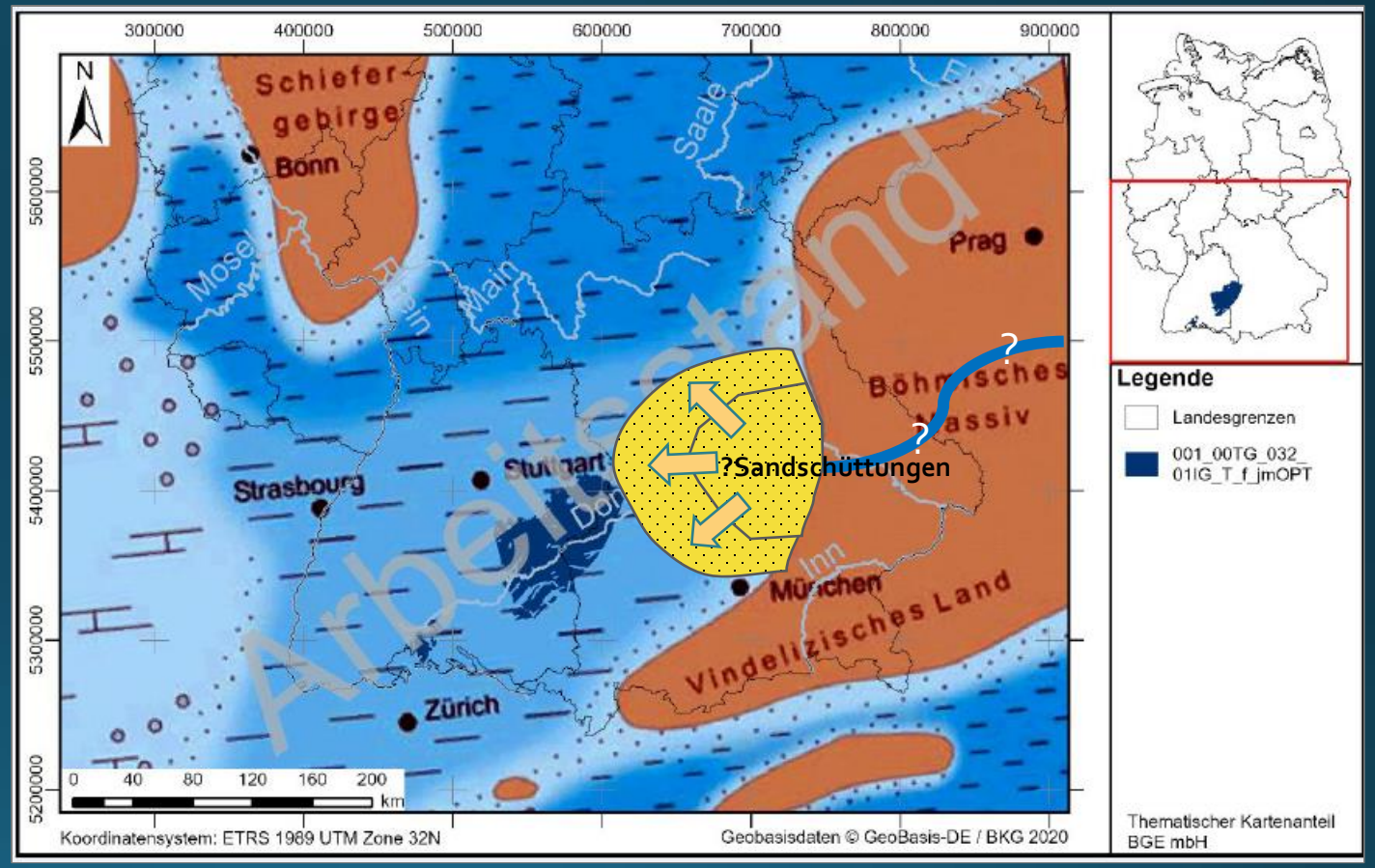
- Marker: Top Teufelsloch-Subformation unklar



ldung 110: Räumliche Korrelation von Bohrungen im GzME „Opalinuston"

Hypothetische Position eines Deltagebietes im Jurameer

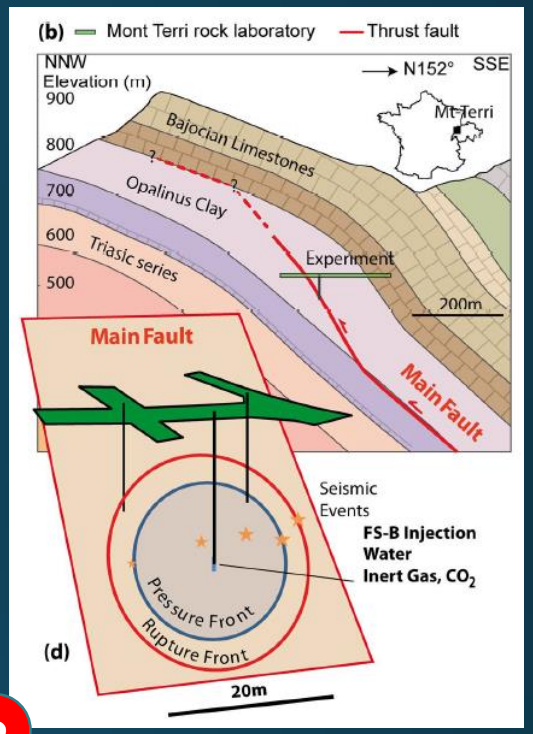
- Bewertung: **Günstig**
- Aber: Sandige Lagen
- Nach N im UR mehr Sand
- Mont Terri: hard grounds, andere Fazies
- Paläogeographische Karten nicht detailliert genug
- Wo sind Schüttungsgebiete (Fluss-Deltas)?
- Keine Sequenzstratigraphischen Modelle vorhanden
- 1D Modelle sind nicht aussagekräftig in 3D (geoWK: Rückhaltevermögen, Konfiguration, Transport Radionuklide)



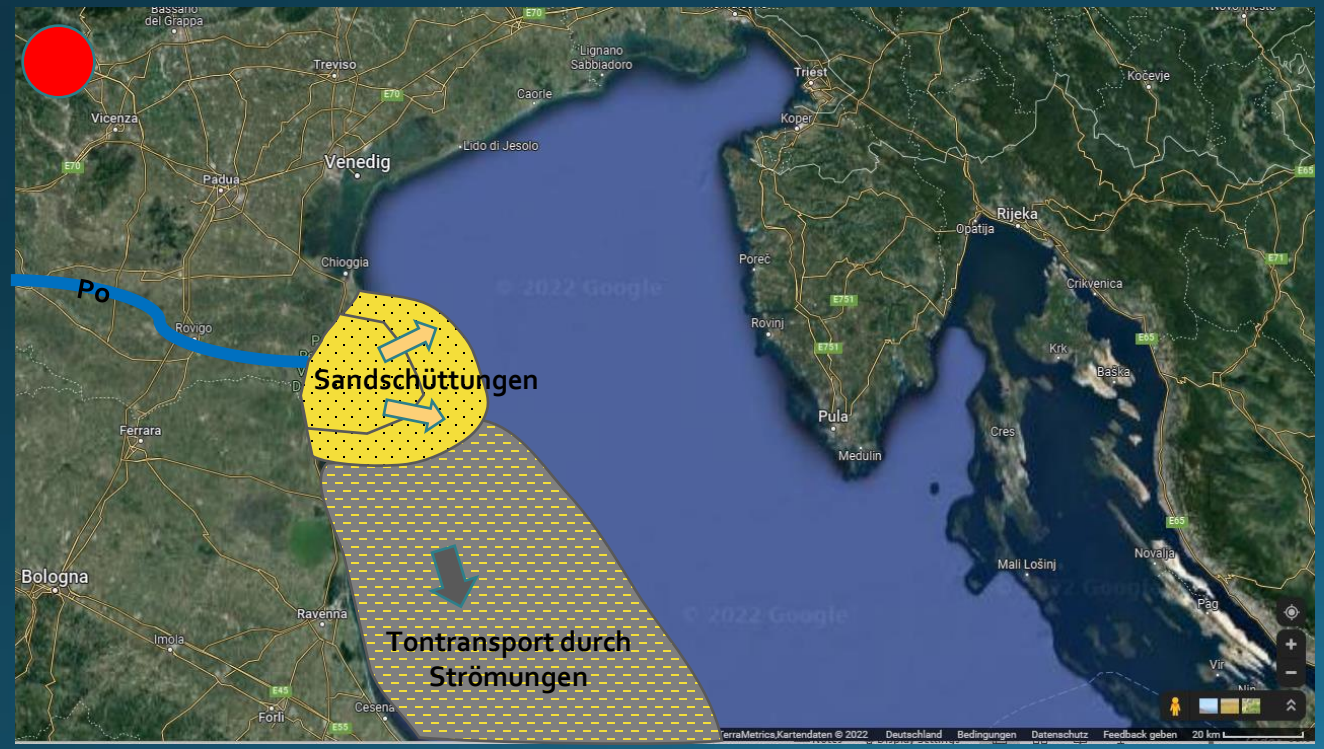
Barrieren und **Leiter** im Wirtsgestein Ton

- **Leiter** für den Transport von Radionuklide
  1. Horizontal ausgedehnte, sandige oder kalkige **Sedimentkörper**
  2. Vertikale **Klüfte** und (kleine) **Störungen -** Risiko geringer in Tongestein

Querschnitt

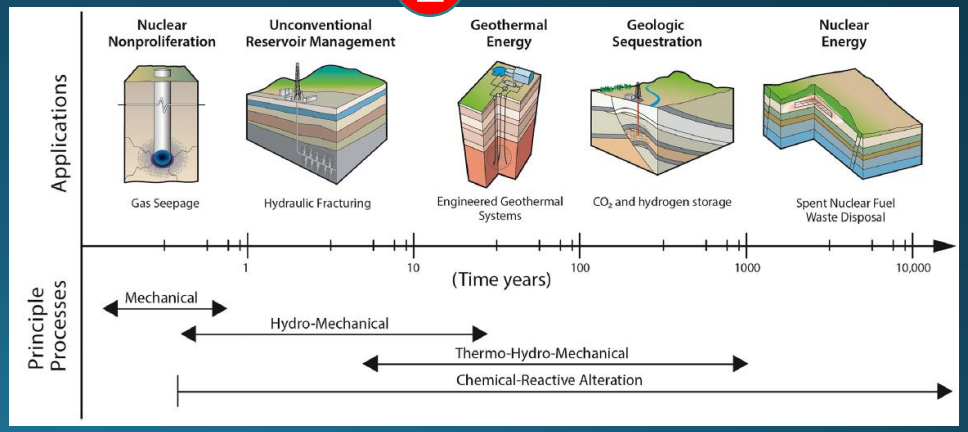


Karte



Google, 2022

2

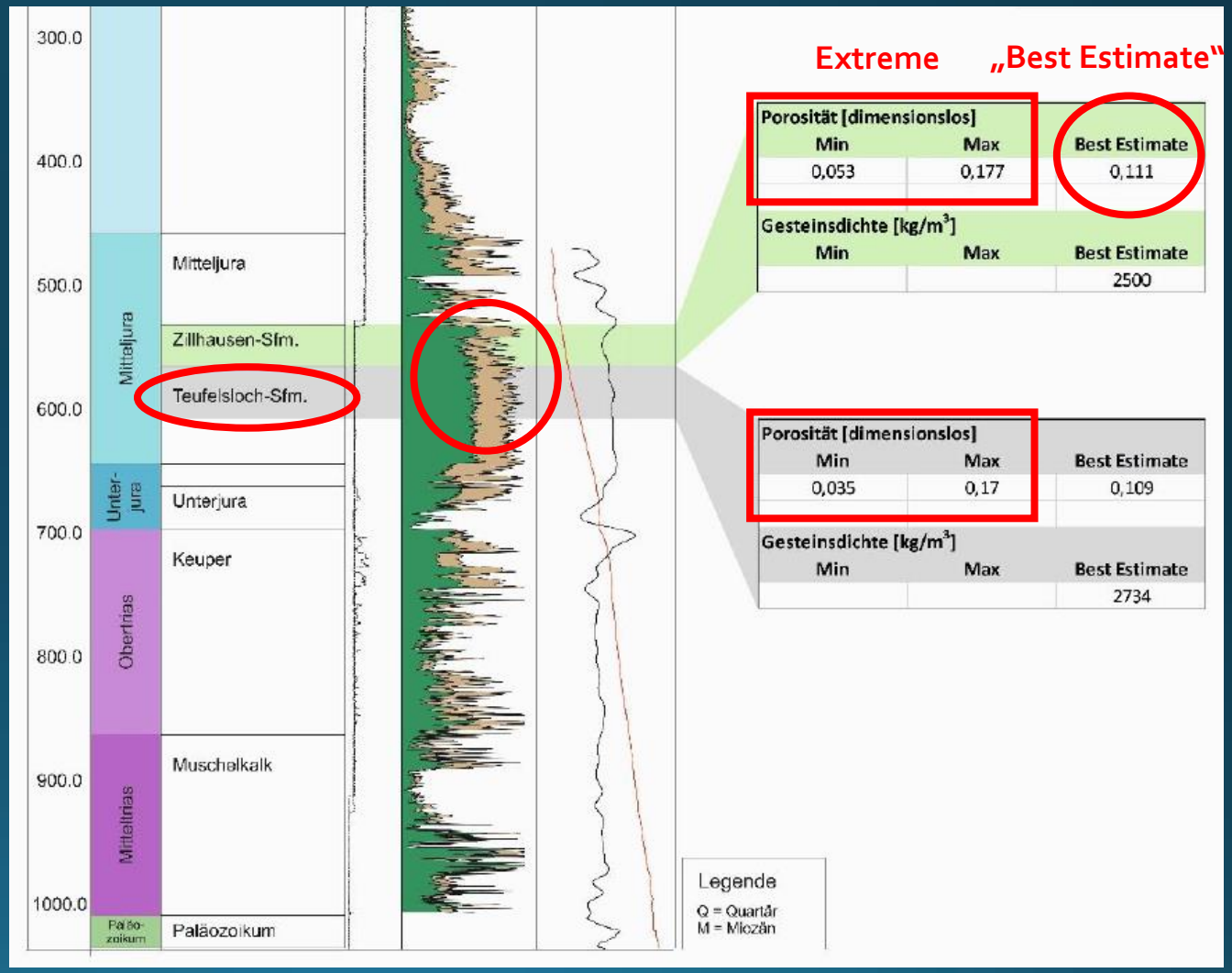


Ref.: Viswanathan et al (2022)

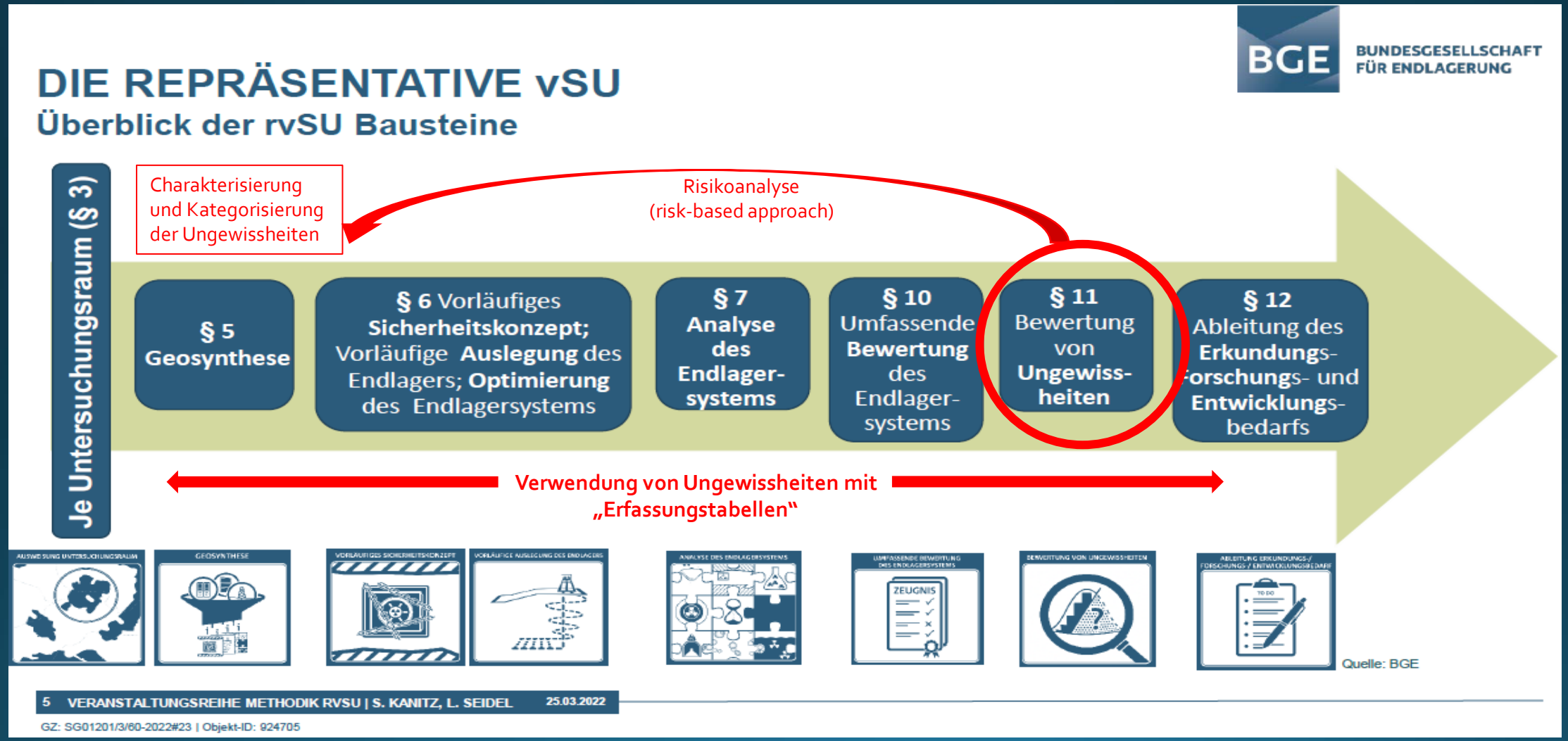
Gesteinseinheiten und Modelleinheiten – „Best Estimates“

- **Bohrung Donautherme Neu-Ulm**
- Bohrlochmessungen (begrenzte, vertikale Auflösung)
- Keine Bohrkerne, nur Bohrklein
- Porosität weniger wichtig als Permeabilität (Durchlässigkeit) – Daten nicht vorhanden
- Gibt es „thief zones“ (höher permeable Lagen)?

- **1D Transportmodelle von Radionukliden**
- Verwendung von „Best Estimate“
- Durchschnittswerte verwendet – Extremwerte eliminiert

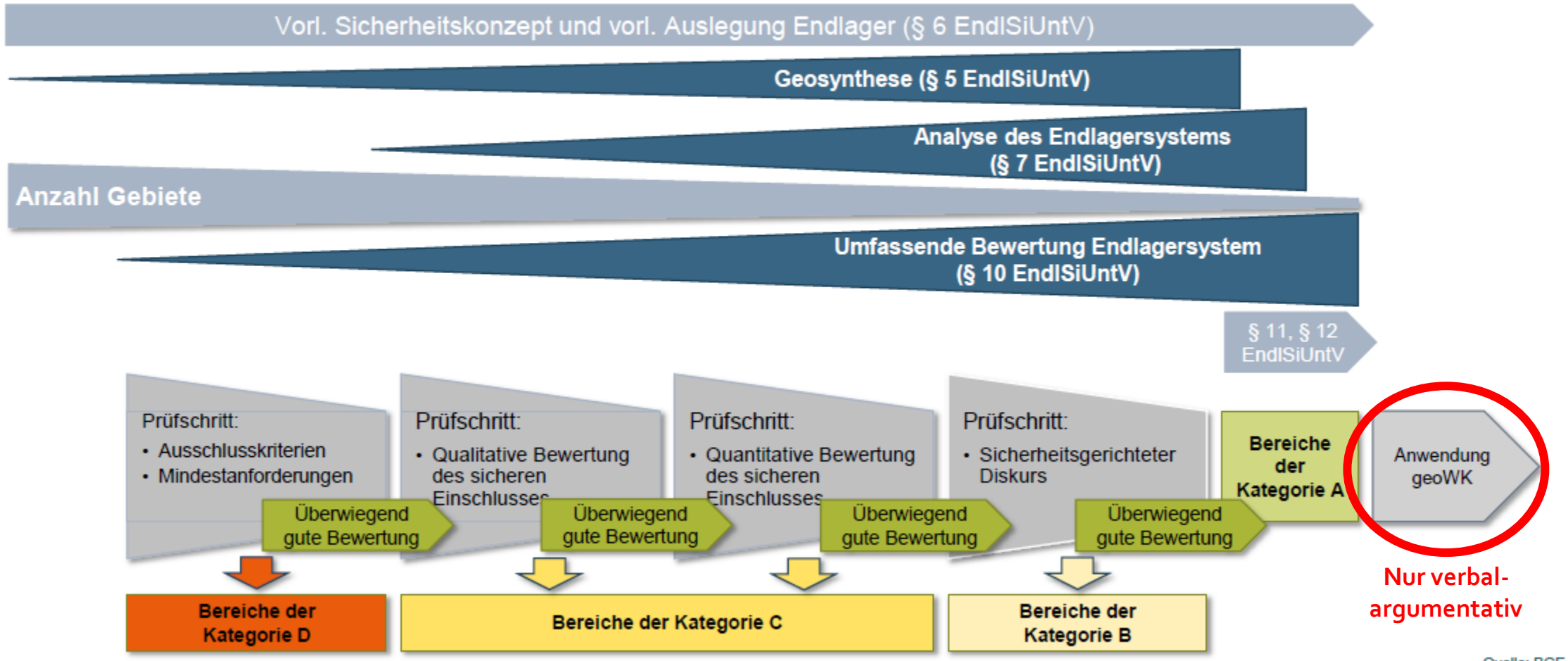


Ungewissheiten: Management und Anwendung



DIE REPRÄSENTATIVE vSU

Erläuterung prozessualer Ablauf rvSU



8 VERANSTALTUNGSREIHE METHODIK RVSU | S. KANITZ, L. SEIDEL 25.03.2022

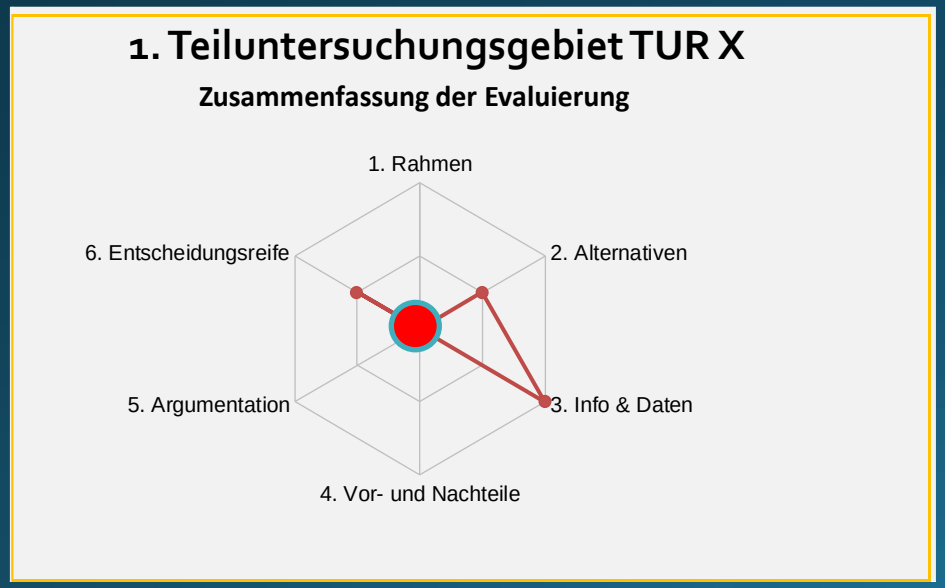
GZ: SG01201/3/60-2022#23 | Objekt-ID: 924705

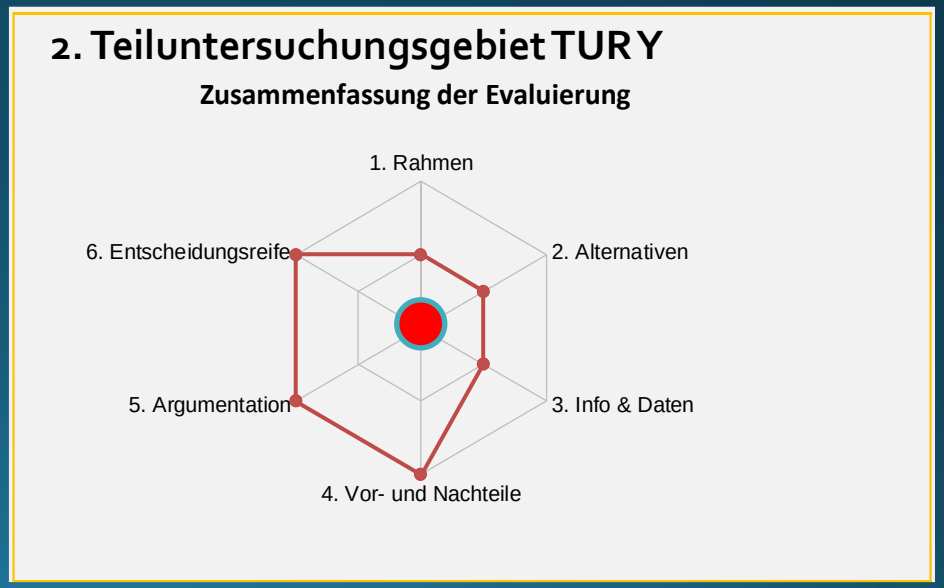
Anwendung geoWK - Entscheidungsqualität zur Quantifizierung

1. Rahmenbedingungen der Entscheidung
2. Abwägungskriterien und Alternativen
3. Zur Verfügung stehende Informationen und Daten
4. Klares Verständnis der Vor- und Nachteile
5. Schlüssigkeit der Argumentation
6. Entscheidungsreife (in Bezug auf TUR)

Skala 1-3

- Ausreichend
- Akzeptabel mit verbleibenden Empfehlungen
- Ungenügend





Gesamtbeurteilung

Methodenentwicklung
Wirtsgestein Ton

Status Methodenentwicklung - Das wichtigste in Kürze

- ✓ Gute Ansätze in Teilschritten des Arbeitsablaufes der rvSU Methode
  - ✓ Neueinteilung der Teilgebiete (TG) in „Teiluntersuchungsräume" (TUR)
  - ✓ Geogene Prozesse etc.
- Fehlende Arbeitsschritte in rvSU
  - „Explorations"-Arbeitsschritt – Bewertung der TUR
  - ✓ Entwicklung und Analyse des Endlagersystems
  - ✓ Verwendung von Modellen: 1D Transportmodel-Lösung (gut) - aber Geologie ist ein 3D Problem
  - Ungewissheiten, Risiken, Modelle, Maßnahmen – Verbindung fehlt
- TUR Evaluierung und die Verwendung von Kenngrößen - unklar
  - Italienische Flagge – „white space" verdeutlichen
  - Bullhorn plots (= Stierhorn-Grafik) - Quantifizierung
  - Decision quality (= Entscheidungsqualität, EQ) – bessere Vergleichbarkeit
- Ungewissheiten schon früher anwenden (via „Erfassungstabellen")
- Risikomanagement der BGE auch für technische Risiken gebrauchen (z.B. Geo-Daten)
- Verbalargumentative Zusammenfassung schwer vergleichbar – Entscheidungsqualität verwenden

Fragen & Antworten