



2. Statuskonferenz Endlagerung

Forum 2:

Wie ist der Stand der Forschung zur Standortauswahl?

Impulsvortrag

Aufgabenbezogene Forschung und Projekte des BfE

Dr. Axel Liebscher

Leiter Fachgebiet „Forschung bezüglich Standortauswahl und Öffentlichkeitsbeteiligung; Forschung nukleare Entsorgung/kerntechnische Sicherheit (übergreifende Themen)“

Berlin, 14.11.2019

BfE als Bundesbehörde mit Forschungs- und Entwicklungsaufgaben

- betreibt wissenschaftliche Forschung auf den Gebieten der
 - Planfeststellung, Genehmigung und Überwachung von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle
 - **Entsorgung radioaktiver Abfälle**
 - Beförderung und Aufbewahrung radioaktiver Stoffe
 - kerntechnischen Sicherheit
- unterstützt BMU als Fachbehörde für Fragen der nuklearen Entsorgung sowie der kerntechnischen Sicherheit
- stellt Kompetenzerhalt und wo notwendig –aufbau sicher
 - hat umfassenden Forschungsauftrag im Bereich der nuklearen Sicherheit
 - Primat der Sicherheit**
 - maßgebliche Beteiligung an ihrer Koordinierung

Transparenz und Partizipation in der Forschungsplanung



Information, Dialog, Mitgestaltung:
Öffentlichkeitsbeteiligung
zu Forschungsstrategie und -agenda des BfE

- > 60 Seiten online Kommentare
- Öffentlicher Workshop mit 92 Experten und Expertinnen in 4 Fachforen
- Strategie und Agenda online veröffentlicht

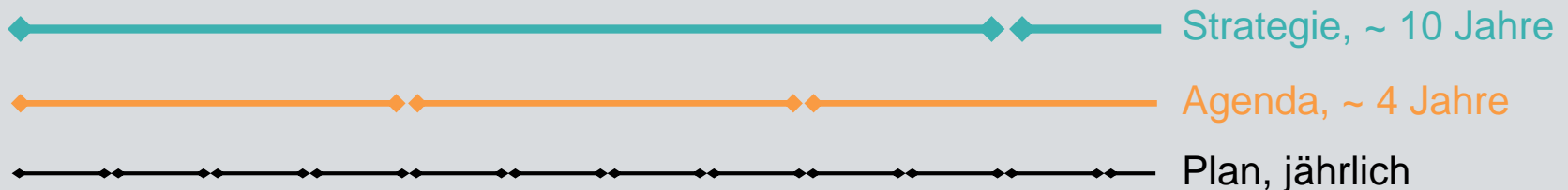


Forschungsstrategie definiert sieben Ziele

- offene Fragen untersuchen / Wissenslücken schließen
- Konzepte / Modelle hinterfragen
- regulatorische / aufsichtliche Kompetenzen stärken
- Kompetenzerhalt und -aufbau sichern / Diversität in der Forschungslandschaft stärken
- nationale und internationale Vernetzung stärken
- Partizipation unterstützen
- Zeithorizonte zur weiteren Verbesserung der Sicherheit nutzen



Forschungsplanung in drei Stufen:



Forschungsagenda betrachtet vier große Themenfelder

- Reaktorsicherheit
- Zwischenlager und Transporte
- **Endlagerstandort mit der bestmöglichen Sicherheit**
- **Sozialwissenschaftliche und soziotechnische Fragestellungen**

Identifikation von Forschungsbedarfen / Ableitung von Forschungsvorhaben:

- Anforderungen StandAG / Rechtsverordnungen
- Verfolgung von Stand von W&T
- Verfolgung aktueller Forschungsarbeiten
- Forschungsprogramme / -aktivitäten anderer Institutionen und Organisationen
- Einbindung fachliche und nicht-fachliche Öffentlichkeit



Forschung zu aktiven Störungzonen

StandAG § 22 (2) Nr. 2 [Ausschlusskriterien]:

Die Ausschlusskriterien sind: „aktive Störungzonen

- in den Gebirgsbereichen, die als Endlagerbereich in Betracht kommen, einschließlich eines abdeckenden Sicherheitsabstands, sind geologisch aktive Störungzonen vorhanden, die das Endlagersystem und seine Barrieren beeinträchtigen können.“

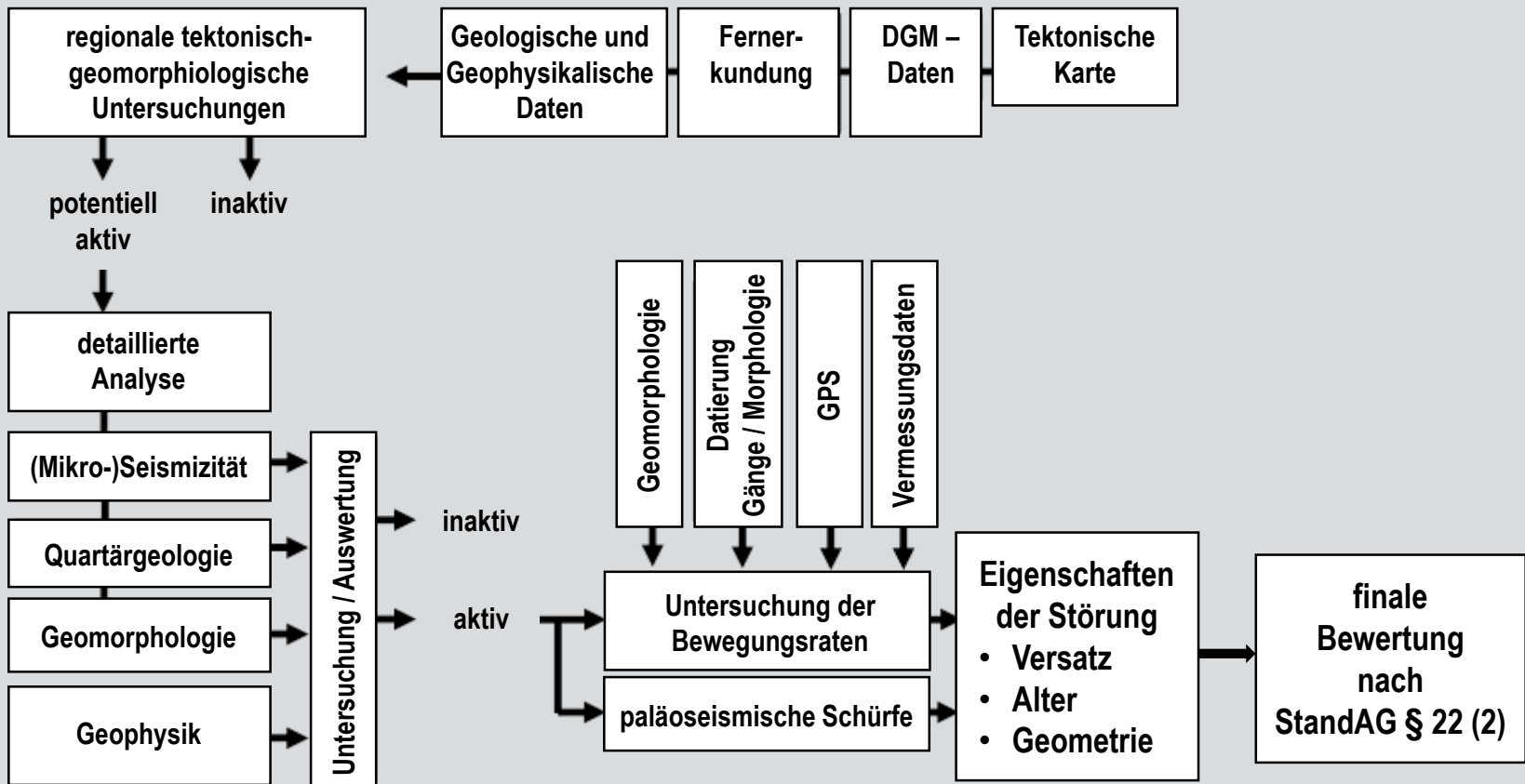
Vorhaben „**KaStör**“

Evaluierung des Kenntnisstandes von aktiven Störungzonen in Deutschland

- Kenntnisstand zu aktiven Störungzonen in Deutschland evaluieren und Literaturdatenbank aufbauen
- Methoden für die Identifizierung von aktiven Störungzonen erfassen und beschreiben
- Wissenslücken unter Heranziehung auch internationaler Erfahrungen identifizieren

Auftragnehmer: Beak Consultants GmbH, Plejades GmbH

Forschung zu aktiven Störungszonen



- direkte Bewegungsmessungen erfordern lange Messreihen
- Auswertung von Seismik, Kartierung sowie Datierung

(alle Daten/Ergebnisse: Beak Consultants GmbH, Plejades GmbH)

Forschung zu Behälteraußentemperaturen

StandAG § 27 (4) [vorläufige Sicherheitsuntersuchungen]:

„Solange die maximalen physikalisch möglichen Temperaturen in den jeweiligen Wirtsgesteinen aufgrund ausstehender Forschungsarbeiten noch nicht festgelegt worden sind, wird aus Vorsorgegründen von einer Grenztemperatur von 100 °C an der Außenfläche der Behälter ausgegangen.“

Vorhaben **Grenztemperatur**

„Untersuchungen zu den “maximalen physikalisch möglichen Temperaturen” gemäß § 27 StandAG im Hinblick auf die Grenztemperatur an der Außenfläche von Abfallbehältern“

- Stand von W&T zur Wärmeverträglichkeit der potentiellen Wirtsgesteine (Steinsalz, Ton- und Kristallingestein) in Deutschland darstellen
- Mögliche sicherheitsrelevante temperaturabhängige Prozesse und Eigenschaften identifizieren
- Einfluss Temperaturbedingungen für „Rückholbarkeit, Bergung / Handhabbarkeit“ der Abfallbehälter untersuchen

Auftragnehmer: GRS gGmbH

Forschung zu Behälteraußentemperaturen

Bausteine und Ablauf einer Sicherheitsanalyse



Zu betrachtende **Thermisch-Hydraulisch-Mechanisch-Chemisch-Biologische**-Prozesse (THMCB) und Eigenschaften auf Basis existierender FEP (*Features, Events, Processes*) Kataloge für die verschiedenen Wirtsgesteine festlegen

Steinsalz: Wolf et al. (2012): FEP-Katalog für VSG

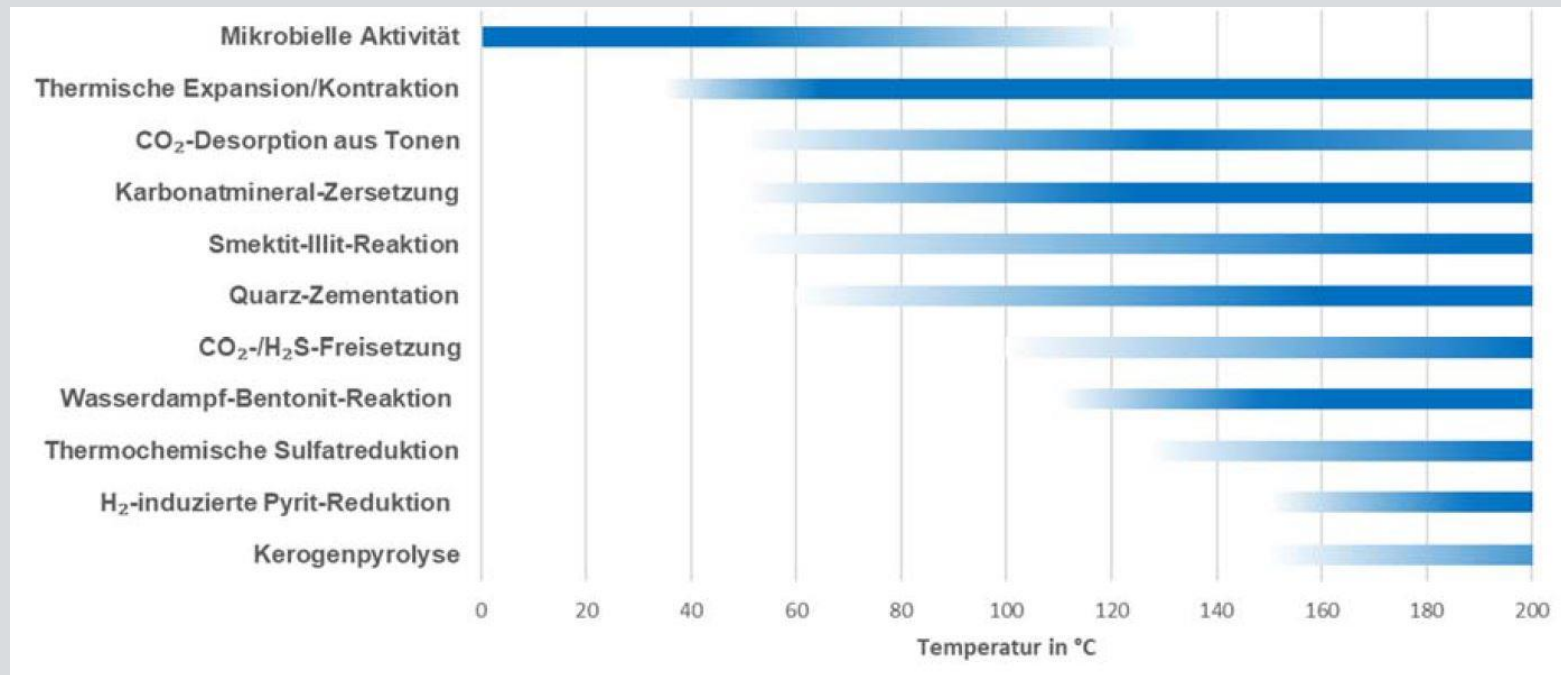
Tongestein: Jobmann et al. (2017) Projekt ANSICHT

Kristallingestein: GRS gGmbH (2018) Projekt CHRISTA-II

(alle Daten/Ergebnisse: GRS gGmbH, 2019)

Forschung zu Behälteraußentemperaturen

Temperaturbereiche verschiedener relevanter THMCB-Prozesse
(hier beispielhaft für Tongestein; geotechnische Barriere in Kristallingestein analog)

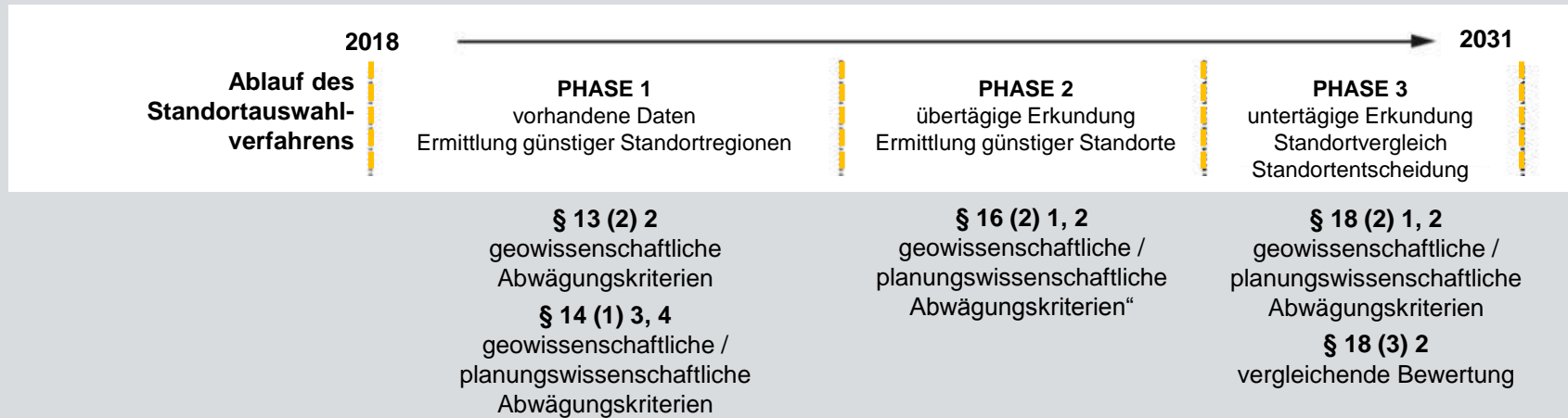


- die sicherheitsgerichtete Festlegung einer Grenztemperatur erfordert ein wirtsgesteins-/standortbezogenes Endlager- und Sicherheitskonzept

(alle Daten/Ergebnisse: GRS gGmbH, 2019)

Forschung zu Vergleichsmethoden

§ 1 (2) 2 StandAG: „... der Standort, der im Zuge eines vergleichenden Verfahrens ...“



Vorhaben **MABeSt**:

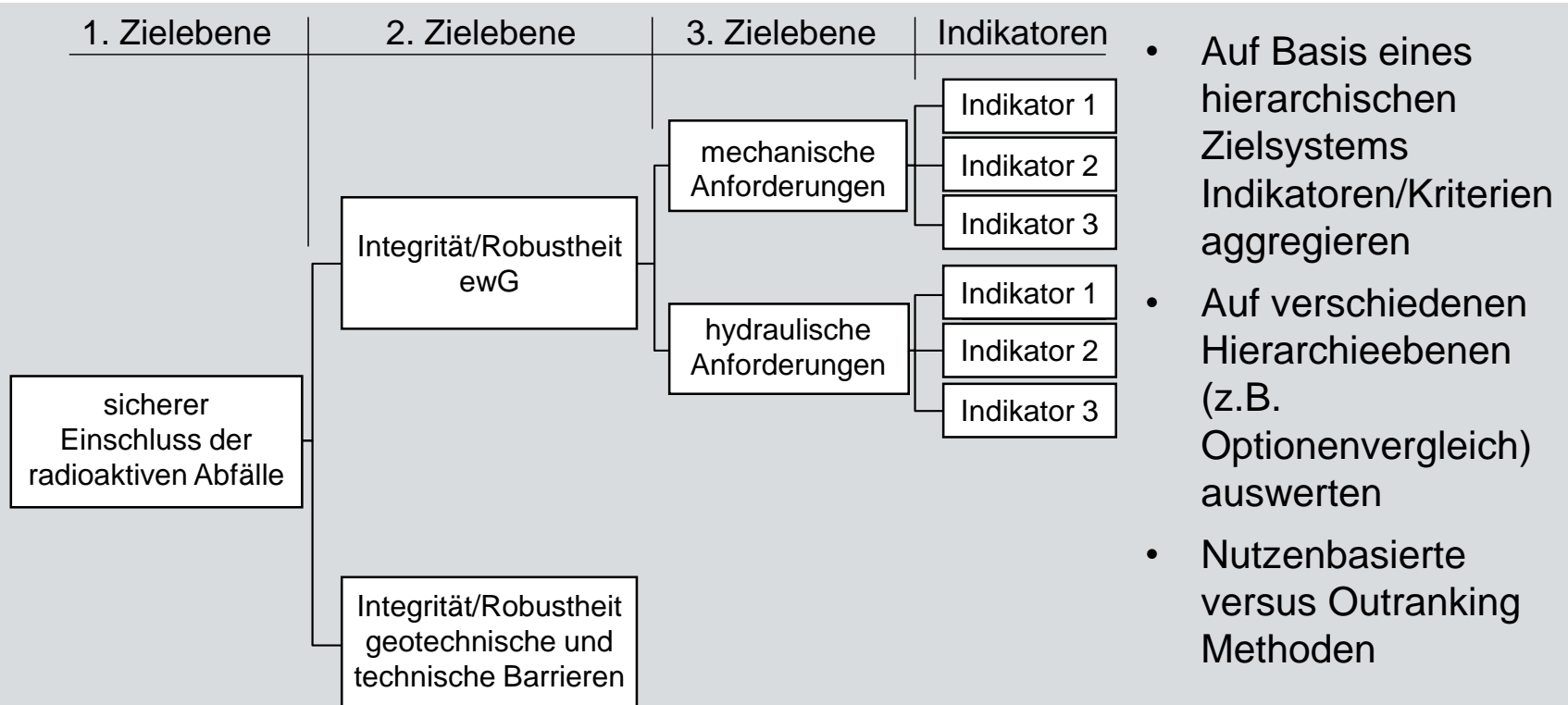
„**M**ethoden für sicherheitsgerichtete **A**bwägungen und vergleichende **B**ewertungen im **S**taudortauswahlverfahren“

- Geowissenschaftliche und planungswissenschaftliche Informationen abwägen
- sicherheitsgerichteter Vergleich

➤ multikriterielles Entscheidungsproblem

(alle Daten/Ergebnisse: GRS gGmbH, 2019)

Forschung zu Vergleichsmethoden



- Auf Basis eines hierarchischen Zielsystems Indikatoren/Kriterien aggregieren
- Auf verschiedenen Hierarchieebenen (z.B. Optionenvergleich) auswerten
- Nutzenbasierte versus Outranking Methoden

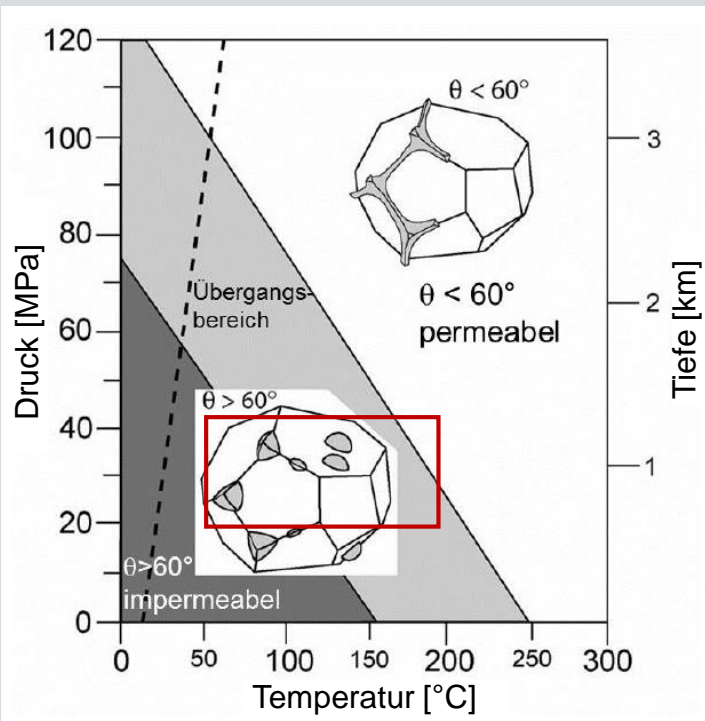
- verbal-argumentative Bewertung geeignet / notwendig für:
 - z. B. Kriterien-Gewichtung, Robustheitsbewertung
 - abschließende Abwägung bzw. Bewertung der Ergebnisse
- Aggregationsmethode nur Werkzeug der Entscheidungsunterstützung

(alle Daten/Ergebnisse: GRS gGmbH, 2019)

Forschung zur Perkolations im Steinsalz

Hypothesen zur Fluidwegsamkeit in Steinsalz auch unterhalb des Minimalspannungskriteriums (Lewis & Holness 1996; Ghanbarzadeh et al. 2015):

- i) Änderung des Benetzungswinkels mit Druck (P) und Temperatur (T)
- ii) dynamische Rekristallisation



Vorhaben **peTroS**

„Überprüfung des **per**kolationsgetriebenen **T**ransports von Fluiden im Wirtsgestein **S**teinsalz unter relevanten Bedingungen für ein Endlager“

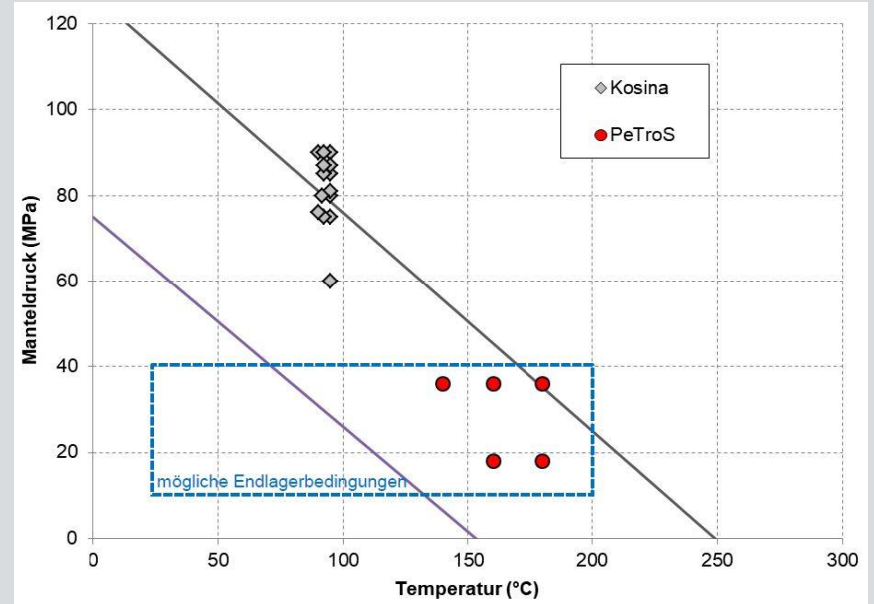
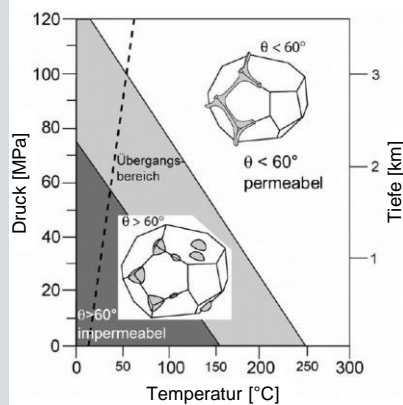
Experimentelle Überprüfung

- können die postulierten Fluidwegsamkeiten bei relevanten P und T nachgewiesen / bestätigt werden?
- existiert auch bei diesen Bedingungen eine Perkolationschwelle?

(nach Lewis & Holness 1996)

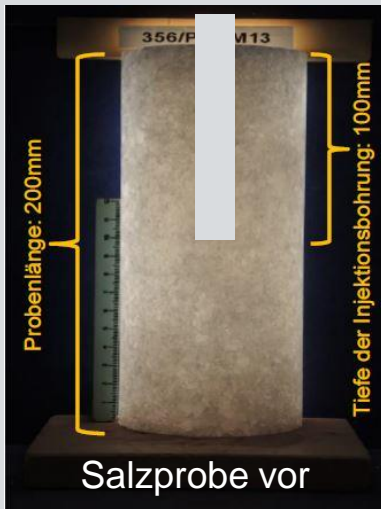
Auftragnehmer: IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH (Leipzig)

Forschung zur Perkolation im Steinsalz



zentrale Injektionsbohrung

P_{fl}



Versuchsbedingungen,

pro P-T Bedingung

1 x N₂ (Gas)

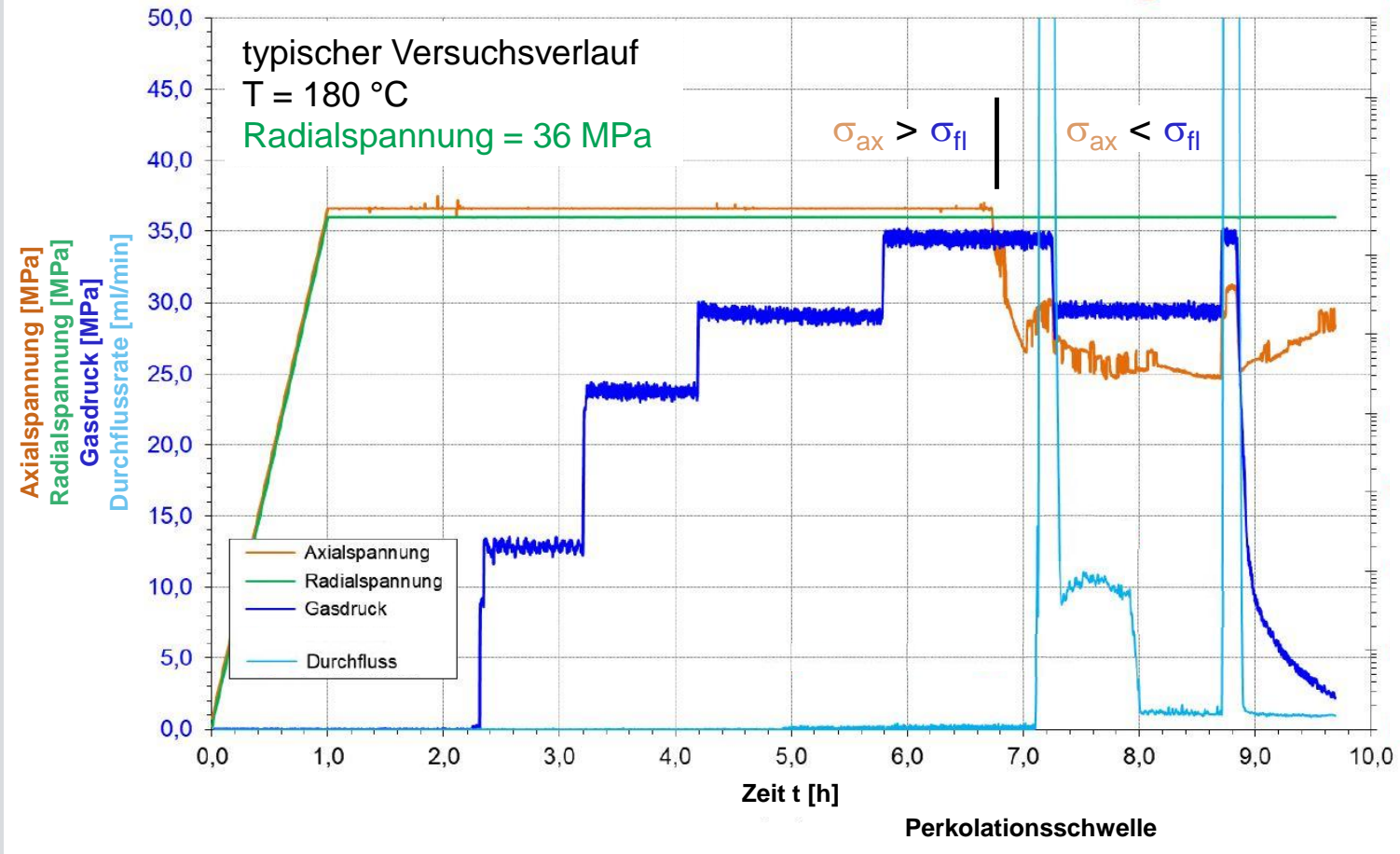
1 x NaCl-Lösung

Steinsalzproben
unterschiedlicher
Herkunft

Ø = 10 cm, l = 20 cm

(alle Daten/Ergebnisse: IfG GmbH, 2019)

Forschung zur Perkolationschwelle im Steinsalz



- bei Überschreitung des Minimalspannungskriteriums Fluidfluss
- Beleg für Perkolationsschwelle

(alle Daten/Ergebnisse: IfG GmbH, 2019)

Forschung zur Öffentlichkeitsbeteiligung

Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Endlagersuche – Herausforderungen eines generationenübergreifenden, selbsthinterfragenden und lernenden Verfahrens

Dialogorientierte Öffentlichkeitsbeteiligung

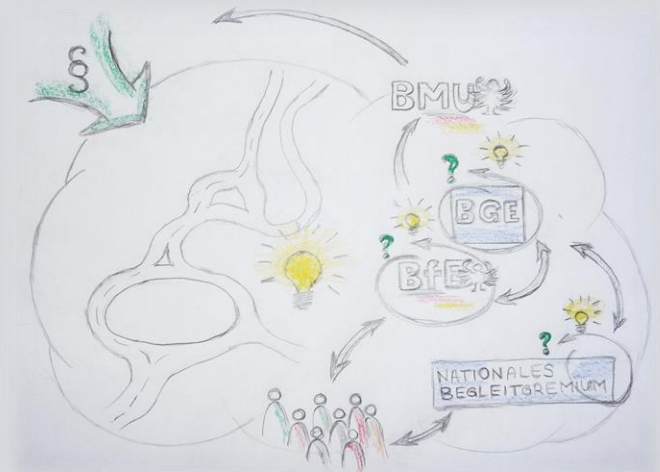
- Diskussion der theoretischen und methodischen Paradigmen
- Identifizierung von Erfolgsfaktoren

Selbsthinterfragendes und lernendes Verfahren

- Wissenschaftliche Analyse zum Forschungsstand
- Anforderungen an lernende Organisationen

Narrative und Zukunftsbilder

- Analyse von Narrativen auf Basis von Experteninterviews
- Darauf aufbauend Reflexions-Workshop und Entwicklung von Zukunftsbildern



(Öko-Institut, 2018)

Auftragnehmer: Öko-Institut, Team Ewen, ITAS

Forschung: weitere Aktivitäten

Vorhaben **AREhS**:

„**A**uswirkungen sich ändernder **R**andbedingungen auf die **E**ntwicklung hydrogeologischer **S**ysteme: Numerische Langzeitmodellierungen unter Berücksichtigung thermisch-hydraulisch-mechanisch (-chemisch) gekoppelter Effekte“

Vorhaben **EWident**:

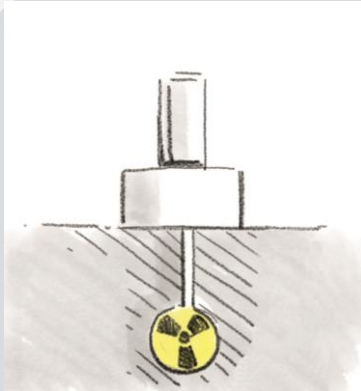
„**E**ndlagersuche in Deutschland: **W**issen, Einstellungen und **B**edarfe – wiederholte repräsentative Erhebung“

Partnerschaft mit Felslabor Mont Terri, Schweiz



- Untersuchung zu Gastransport Modellen und das Verhalten von Tongestein unter Gasdruck
- Diffusion in einem thermischen Gradienten
- Stahlkorrosion in Bentonitumgebung

Herausforderung Endlagerforschung



- Naturwissenschaftliche, sozialwissenschaftliche und soziotechnische Fragestellungen miteinander verbunden
- Inter- / transdisziplinärer Austausch und öffentliche Diskussion notwendig