



**BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG**

**Berlin, 15.11.2019, 2. Statuskonferenz Endlagerung**

**Standortauswahlverfahren – Methoden und Arbeitsfelder der BGE**

Dr. Jörg Tietze

- Einführender Impulsvortrag
- Weiterführende Einführung und Diskussion an den Postern

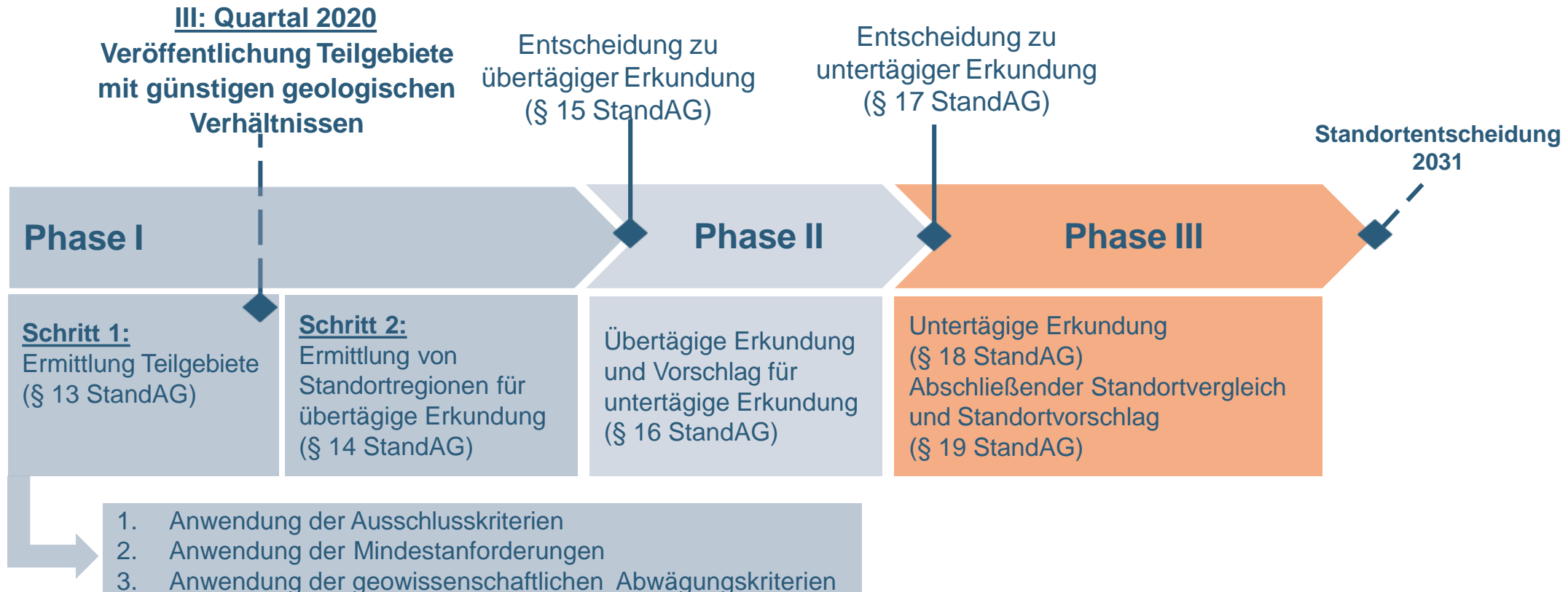


- Bereich und Abteilungen leiten
- Belange des Bereiches Standortauswahl nach Außen und Innen vertreten
- Gesamtplanung und –steuerung
- Lektoren des Zwischenberichtes Teilgebiete
- und vieles mehr ...

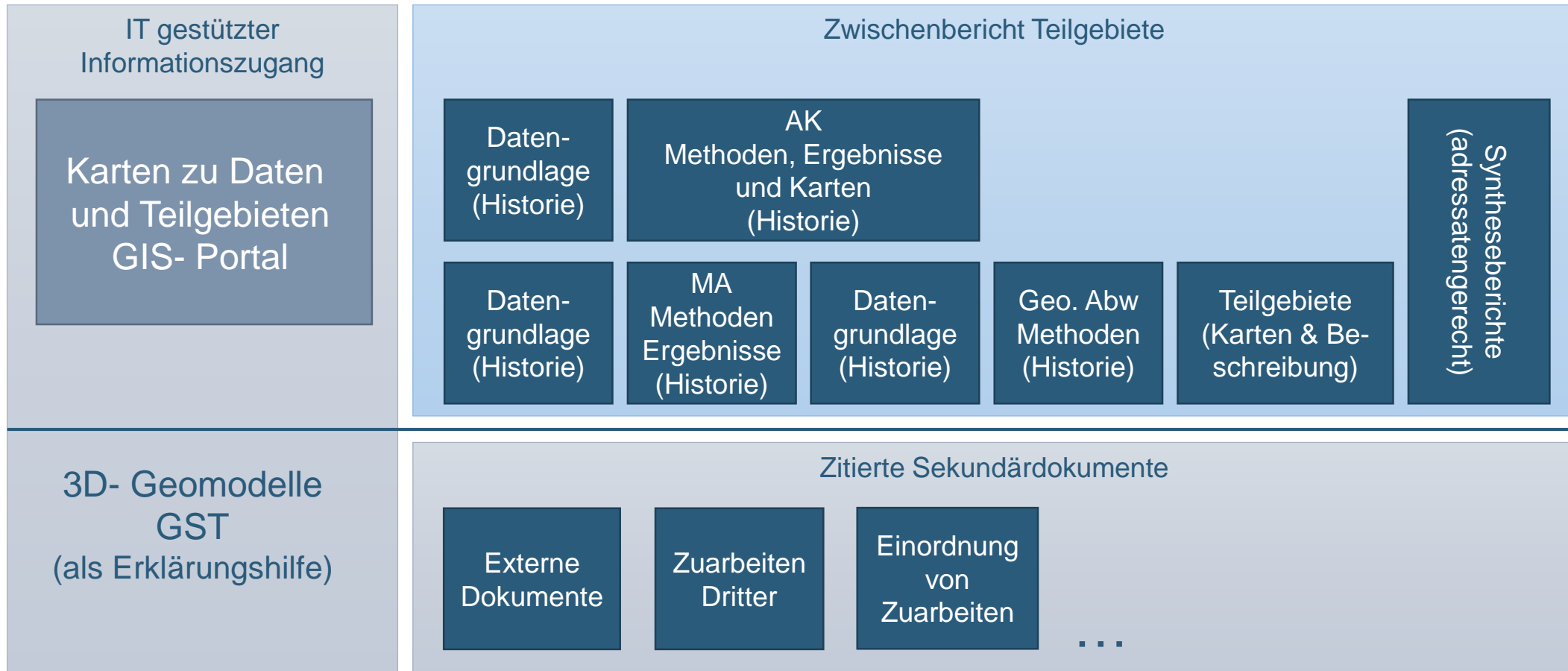


- Gesamtablaufplan erstellen und fortschreiben
- (Finanz-) Controlling und Berichtswesen
- Erstellen von Syntheseberichten des Zwischenberichtes Teilgebiete
- Prozessmanagement und (Verfahrens-) Dokumentation
- Kommunikation und Forschung
- und vieles mehr ...

# Phasen der Standortauswahl



# Zwischenbericht Teilgebiete



AK: Ausschlusskriterien, MA: Mindestanforderungen, Geo.Abw.: geowissenschaftliche Abwägungskriterien



- Erforderliche Daten besorgen und aufbereiten
- planen, entwickeln und anwenden der der Anwendungsmethoden für alle Ausschlusskriterien
- Fachdokumente „Ausschlusskriterien“ für den Zwischenberichtes Teilgebiete entwerfen und schreiben
- und vieles mehr ...

*(1) Ein Gebiet ist nicht als Endlagerstandort geeignet, wenn mindestens eines der Ausschlusskriterien nach Absatz 2 in diesem Gebiet erfüllt ist.*

*(2) Die Ausschlusskriterien sind:*

- 1. großräumige Vertikalbewegungen*
- 2. aktive Störungszonen*
- 3. Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit*
- 4. seismische Aktivität*
- 5. vulkanische Aktivität*
- 6. Grundwasseralter*



# §22 Ausschlusskriterien

*(1) Ein Gebiet ist nicht als Endlagerstandort geeignet, wenn mindestens eines der Ausschlusskriterien nach Absatz 2 in diesem Gebiet erfüllt ist.*

*(2) Die Ausschlusskriterien sind:*

- 1. großräumige Vertikalbewegungen*
- 2. aktive Störungszonen*
- 3. Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit*
- 4. seismische Aktivität*
- 5. vulkanische Aktivität*
- 6. Grundwasseralter*



Quelle: BGE  
Asse II – 725-m-Sohle

§ 22 (2) 3.

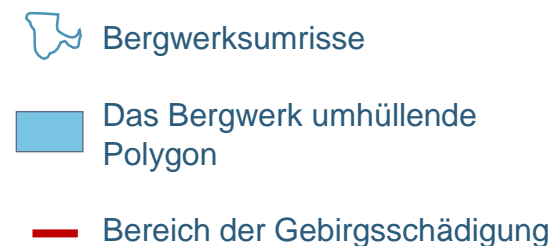
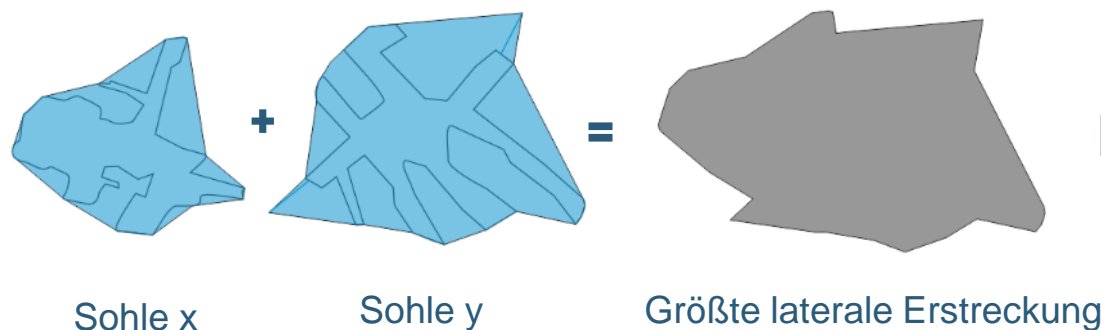
*... das Gebirge ist durch gegenwärtige oder frühere bergbauliche Tätigkeit so geschädigt, dass daraus negative Einflüsse auf den Spannungszustand und die Permeabilität des Gebirges im Bereich eines vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs oder vorgesehenen Endlagerbereichs zu besorgen sind ...*

# 3a. Bergwerke – Ausschlussmethodik

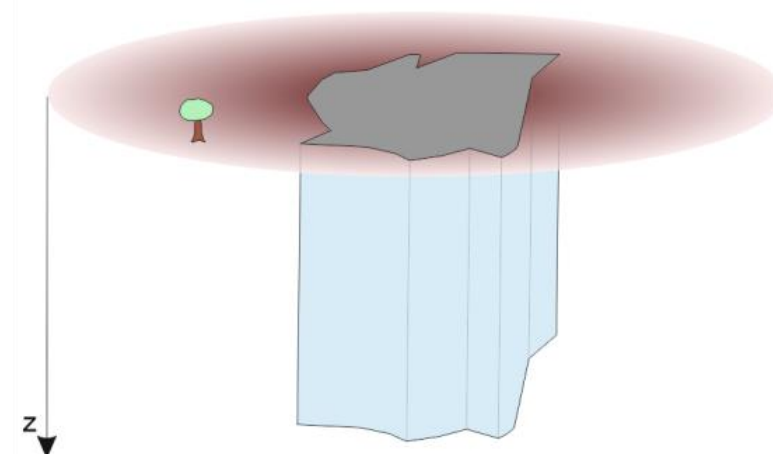
- Benötigte Mindestinformationen:

1. *Größte laterale Erstreckung des Bergwerks inkl. ausgewiesener Gebirgsschädigung*

2. *Maximale Tiefe des Bergwerks*



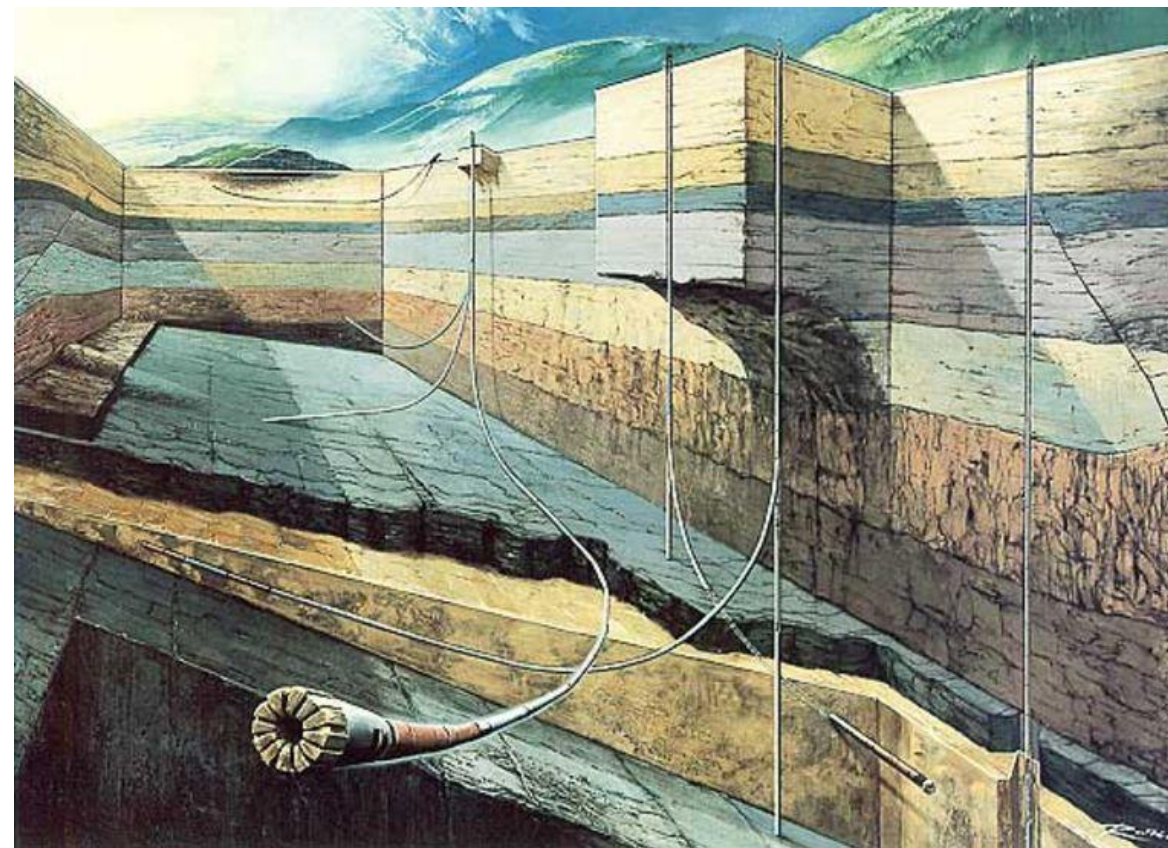
- Ergänzung des Einwirkungsbereichs der bergbaulichen Tätigkeit
- Modellierung eines dreidimensionalen Körpers, der die vereinfachte Geometrie des Ausschlusskörpers repräsentiert
- Anwendung mind. bei allen aktiven, unter Bergaufsicht stehenden, Bergbaubetriebe
- Herausforderungen:
  - Beschaffung von Untergrundinformationen
  - Einheitliche Ausweisung von Bereichen der Gebirgsschädigung



## 3b. Bohrungen

§ 22 (2) 3. „... vorhandene alte Bohrungen dürfen die Barrieren eines Endlagers, die den sicheren Einschluss gewährleisten, in ihrer Einschlussfunktion nachweislich nicht beeinträchtigen.“

- Große Datenmengen: mehrere zehntausend endlagerrelevante Bohrungen
- Aufwändige Homogenisierung aufgrund der heterogenen Datenqualität (v.a. Koordinaten, Bohransatzhöhen und Ablenkungsdaten)
- Häufig Konstruktion von Bohrpfeifen nötig



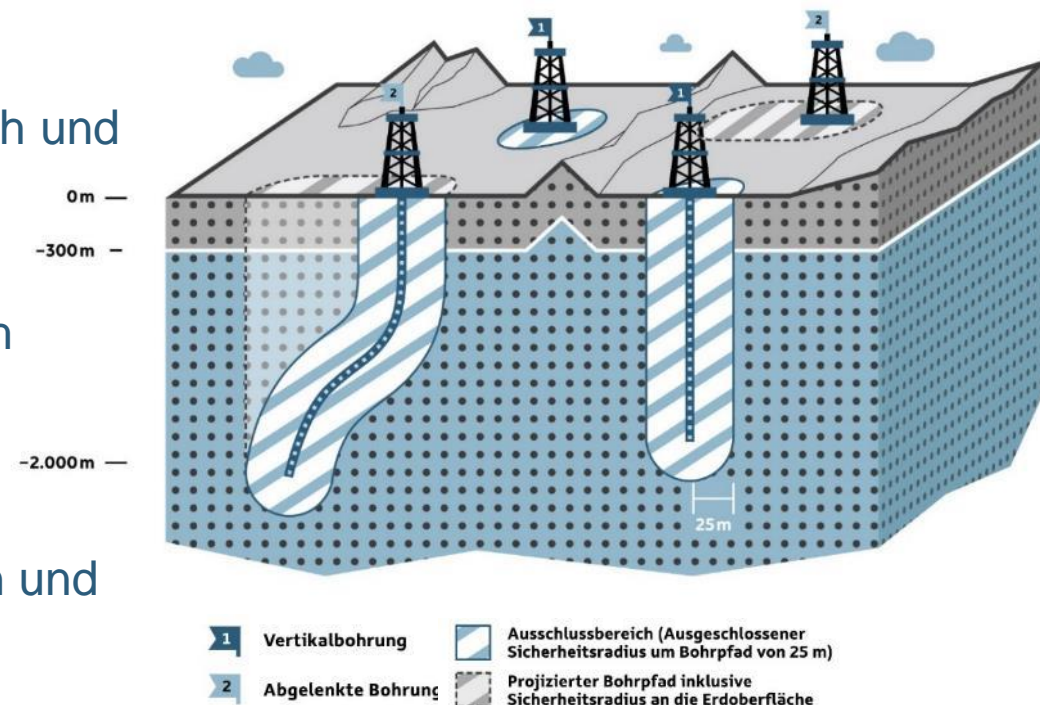
Quelle: <https://www.bveg.de/Erdgas/Technik-Standards/Aufsuchung-und-Bohren/Bohrtechnik>

## 3b. Bohrungen

### Aktuelle Ausschlussmethodik:

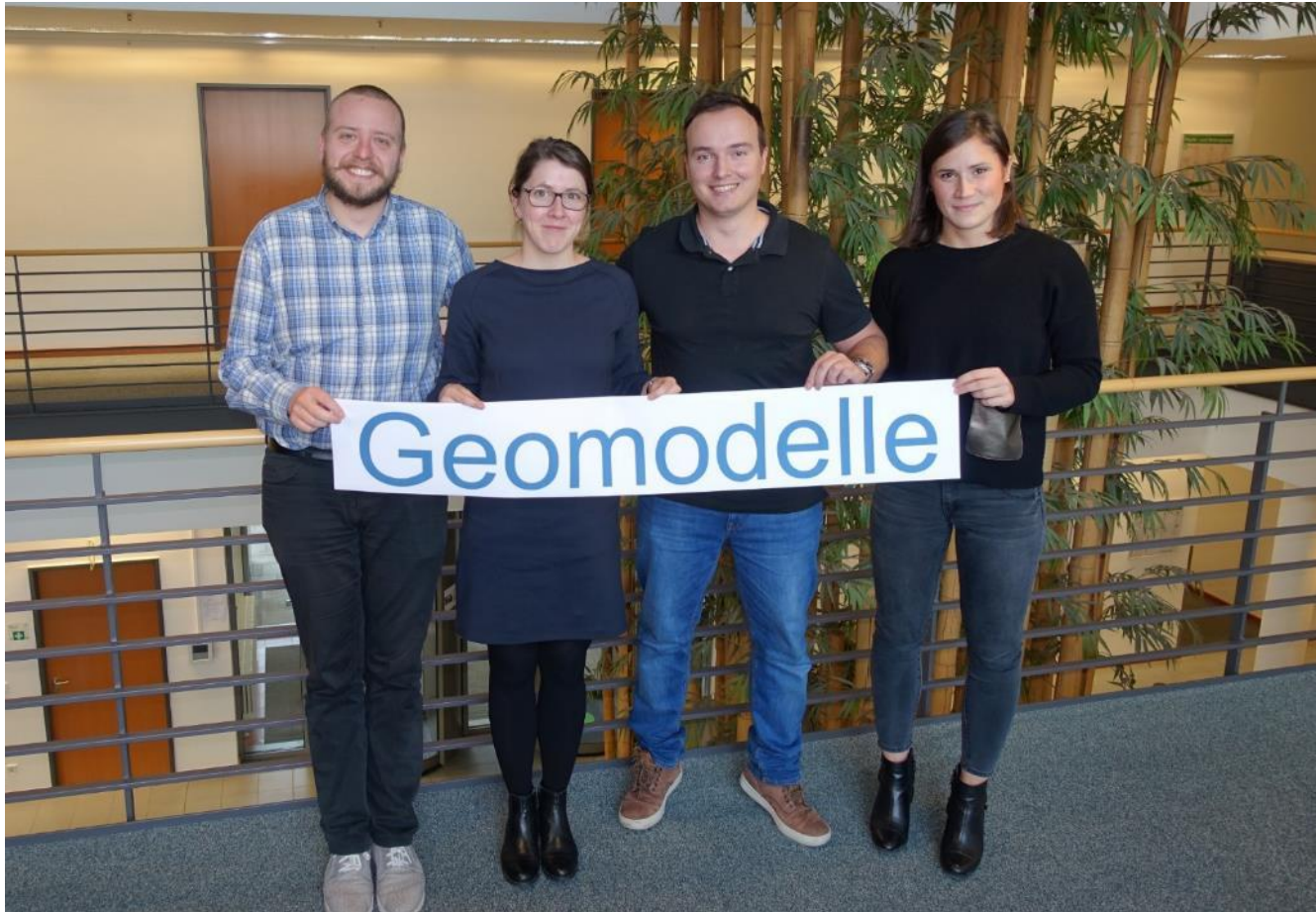
- Es wird ein Ausschlussradius von 25 m um den gesamten Bohrfad festgelegt (berücksichtigt den Schädigungsbereich und Lageungenauigkeiten).
- Zwei verschiedene Visualisierungsarten:
  1. Vertikalbohrungen, die den endlagerrelevanten Bereich komplett durchteufen, werden als ausgeschlossen dargestellt.
  2. für die Darstellung von Vertikalbohrungen, die den endlagerrelevanten Bereich nicht komplett durchteufen und abgelenkten Bohrungen wird der Bohrfad inkl. Ausschlussradius an die Oberfläche projiziert.

→ ausgeschlossenes 3D-Objekt im Untergrund, kein Ausschluss für den gesamten endlagerrelevanten Teufenbereich

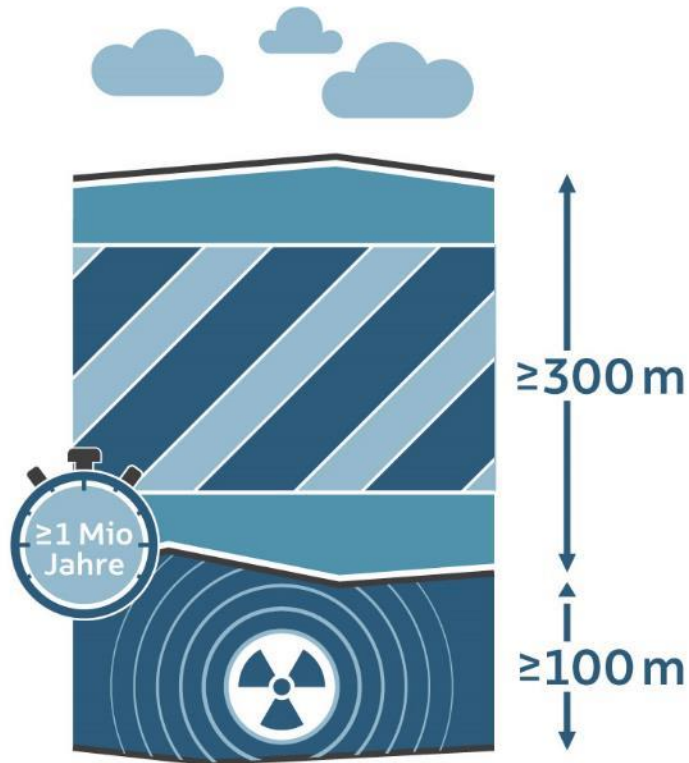




- planen, entwickeln und anwenden der der Anwendungsmethoden für alle Mindestanforderungen
- Fachdokumente „Mindestanforderungen“ für den Zwischenberichtes Teilgebiete entwerfen und schreiben
- und vieles mehr ...



- erstellen, weiterentwickeln und pflegen von 3D- Modellen zum geologischen Untergrundes nebst Visualisierung
- Identifikation von entscheidungs-erheblichen Geodaten (z.B. Bohrungen und deren Schichtenverzeichnisse)
- und vieles mehr ...



- **Geringe Gebirgsdurchlässigkeit**
- **Mächtigkeit mindestens 100 Meter** (Ausnahme Kristallin)
- Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG) muss **mindestens 300 m unter der Geländeoberfläche** liegen<sup>2</sup>
- **Geeignete Flächenausdehnung**
- **Erhalt der Barrierewirkung für 1 Million Jahre**

<sup>1</sup> für Salzgestein in steiler Lagerung und Kristallin gelten besondere Anforderungen

<sup>2</sup> ggf. tiefer falls exogene Prozesse zu erwarten sind



## Steinsalz



Quelle: Pixabay.com

## Tonstein



Quelle: ETH Zürich

## Kristallingestein



Quelle: Pixabay.com

# Bearbeitung in geologischen 3D-Modellen

## Datenbasis:

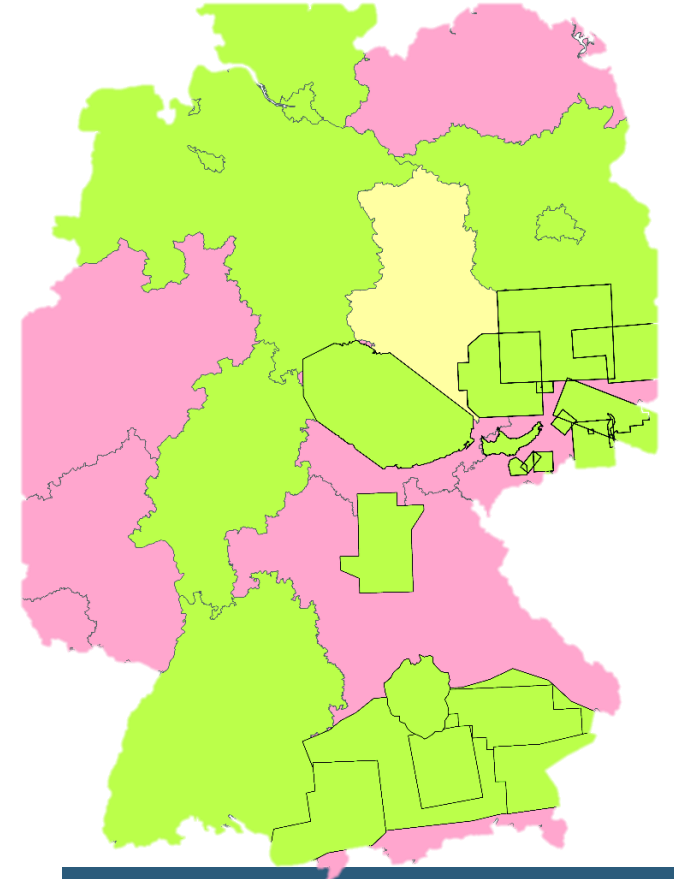
- geologische 3D-Modelle der Staatlichen Geologischen Dienste
- Bohrungen mit Schichtenverzeichnissen

## Software:

- SKUA-GOCAD™ der Firma Paradigm®

## Pilotprojekte:

- Überprüfung unserer Methodik in Gebieten mit etablierten Studien
  - Tonstein (Baden-Württemberg)
  - Steinsalz in stratiformer Lagerung (Hessen)
  - Kristallingestein



- Schritt 1: (minimale Teufe des ewG): Auswahl von Gebieten mit Wirtsgesteinsvorkommen zwischen > 300 m bis < 1500 m
- Schritt 2: (Mächtigkeit des ewG): Auswahl von Barrieregesteinen<sup>1</sup> mit mehr als 100 m Mächtigkeit (Ausnahme Kristallin)
- Schritt 3: (Fläche des Endlagers): Ausweisung der Nichteignung aufgrund zu kleiner Flächen bezogen auf den Flächenbedarf (siehe Begründung des StandAG<sup>2</sup>)
- Schritt 4: (Erhalt der Barrierewirkung): Prüfung der Integrität des ewG

Die notwendige Unterschreitung einer Gebirgsdurchlässigkeit von  $10^{-10}$  m/s wurde bereits bei der Inventarisierung berücksichtigt. Eine detaillierte Berücksichtigung kann erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

<sup>1</sup>vorerst nur Steinsalz, Tonstein oder Kristallingestein

<sup>2</sup> Steinsalz (3 km<sup>2</sup>), Kristallingestein (6 km<sup>2</sup>), Tonstein (10 km<sup>2</sup>)

# Endlagerrelevantes Kristallingestein

## Datengrundlage:

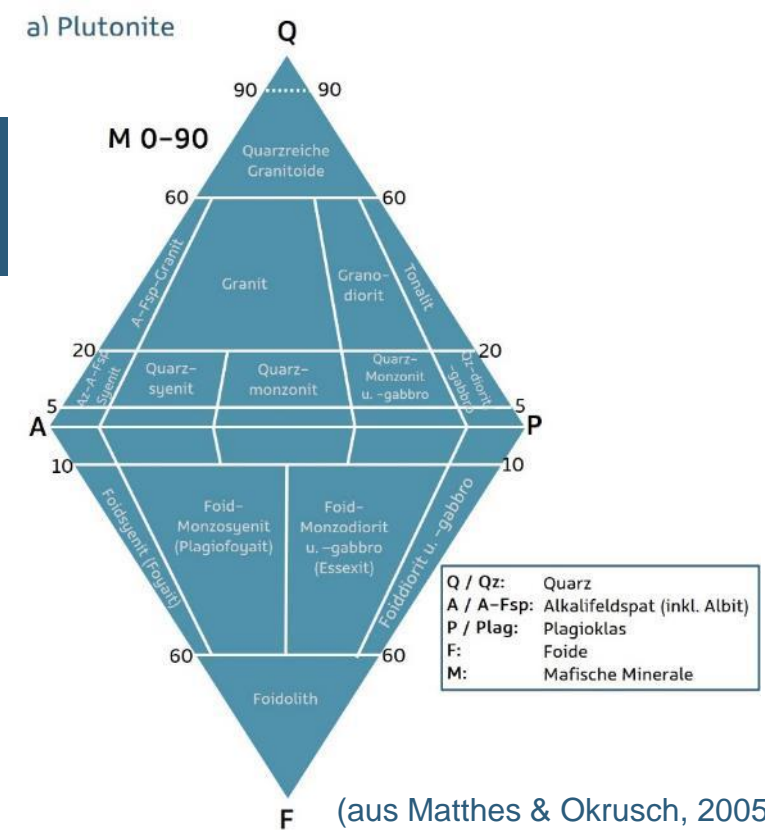
- 331 Bohrungen mit Schichtenverzeichnissen
- Geologische Übersichtskarte (GUEK 250)

## Ausnahmeregelungen für die Mindestanforderungen:

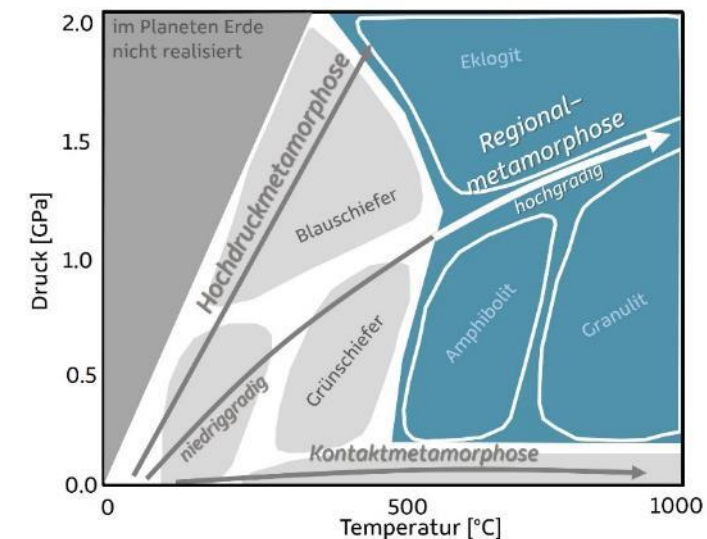
- geringere Mächtigkeit zulässig → Gewährleistung des sicheren Einschlusses durch (geo-)technische Barrieren

## Begriffsbestimmung:

- Endlagerrelevantes Kristallingestein = Plutonite & hochgradig regionalmetamorphe Gesteine



b) Hochgradig regionalmetamorphe Gesteine



- Schritt 1: ist für das Gebiet flächendeckend ein oder mehrere AK erfüllt? Wenn ja, keine weitere Veranlassung
- Schritt 2: gibt es im Gebiet potentielle Wirtsgesteine\*?
- Schritt 3: wenn ja, Literatur- und Datensichtung und ggfs. Datenbeschaffung
- Schritt 4: wenn MA nicht erfüllt sind, keine weitere Veranlassung
- Schritt 5a: wenn MA erfüllt sind, Erstellung eines 3D-Modells auf Basis der Ergebnisse der Literatur- und Datensichtung oder
- Schritt 5b: wenn erforderliche Datendichte nicht vorhanden → Gebiete mit nicht hinreichenden Daten

Für ca. 20 % der Fläche Deutschlands ist kein 3D-Modell verfügbar (dies sind: Saarland, Rheinland-Pfalz, Südteil Sachsen-Anhalts, südwestliches Thüringen, kleine Bereiche Sachsens, Teile Bayerns)

MA: Mindestanforderungen; \*vorerst nur Steinsalz, Tonstein oder Kristallingestein



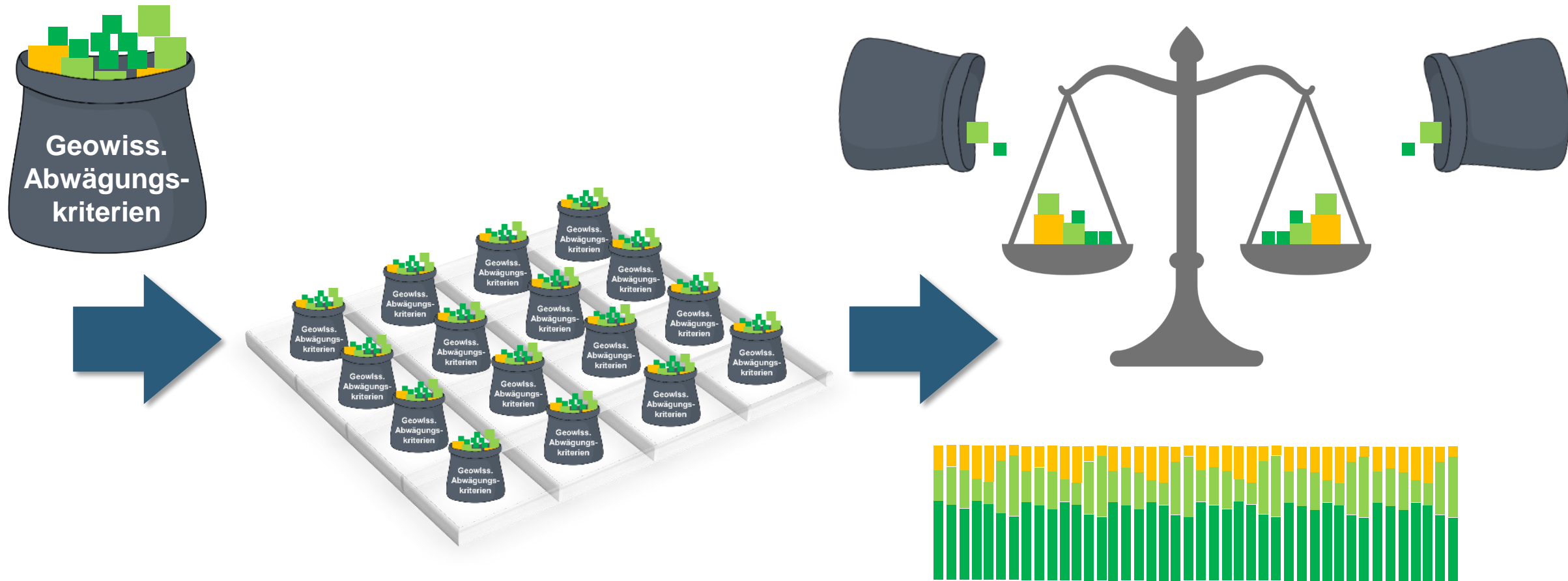
- Umsetzung der Verordnung über die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle (aktuell Forschungsvorhaben u.a.m.) vorbereiten (Schritt 2 der Phase I)
- heute die Methode zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien entwerfen, erproben und anwenden
- Fachdokumente „geowissenschaftliche Abwägungskriterien“ für den Zwischenberichtes Teilgebiete schreiben
- und vieles mehr ...

**§ 13 StandAG: „Aus den identifizierten Gebieten ermittelt der Vorhabenträger durch Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien nach § 24 die Teilgebiete, die sich auf Basis der Abwägung als günstig erweisen.“**

**§ 24 StandAG: „Anhand geowissenschaftlicher Abwägungskriterien wird jeweils bewertet, ob in einem Gebiet eine günstige geologische Gesamtsituation vorliegt.“**

**§ 24 StandAG: „Die günstige geologische Gesamtsituation ergibt sich nach einer sicherheitsgerichteten Abwägung der Ergebnisse zu allen Abwägungskriterien“**

# Abwägungsprozess





# Kriterienübersicht

Insgesamt gibt es:

- 3 Kriteriengruppen
- 11 Kriterien
- 20 Bewertungsrelevante Eigenschaften
- 40 Bewertungsgrößen/Indikatoren
- Bei zwei Kriterien Wertungsgruppe „ungünstig“ statt „weniger günstig“.
- Bei einigen Kriterien gibt es nur zwei Wertungsgruppen.
- Bei einigen Kriterien gibt es qualitative Beschreibungen für die Bewertung z.T. ohne Wertungsgruppen.

Kriterium			
1	Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator	Wertungsgruppen
2	Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator	Wertungsgruppen
		Bewertungsgröße bzw. Indikator	Wertungsgruppen
⋮	⋮	⋮	⋮
11	Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator	Wertungsgruppen

## Kriteriengruppe 1

### Krit. 1

RN-Transport durch GW-Bewegung im ewG

### Krit. 2

Konfiguration der Gesteinskörper

### Krit. 3

Räumliche Charakterisierbarkeit

### Krit. 4

Langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse

## Kriteriengruppe 2

### Krit. 5

Günstige gebirgsmechanische Eigenschaften

### Krit. 6

Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten

## Kriteriengruppe 3

### Krit. 7

Gasbildung

### Krit. 8

Temperaturverträglichkeit

### Krit. 9

Rückhaltevermögen im ewG

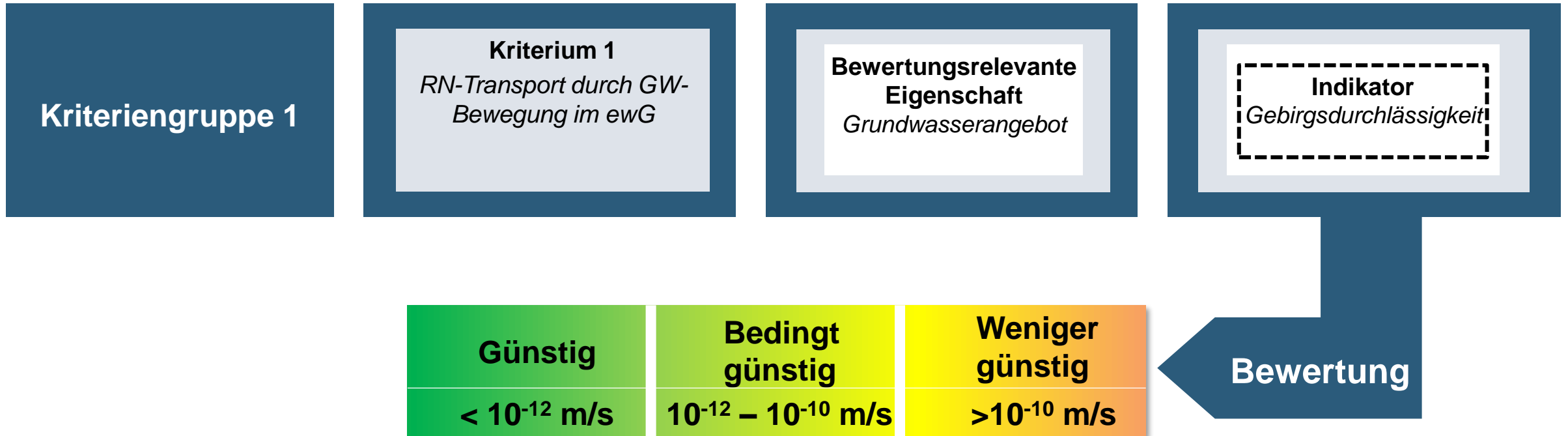
### Krit. 10


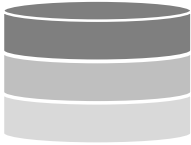
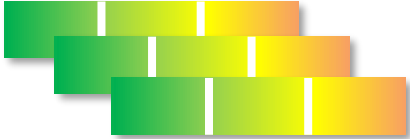
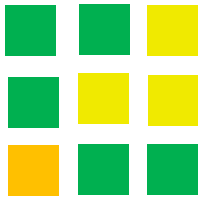
Hydrochem. Verhältnisse

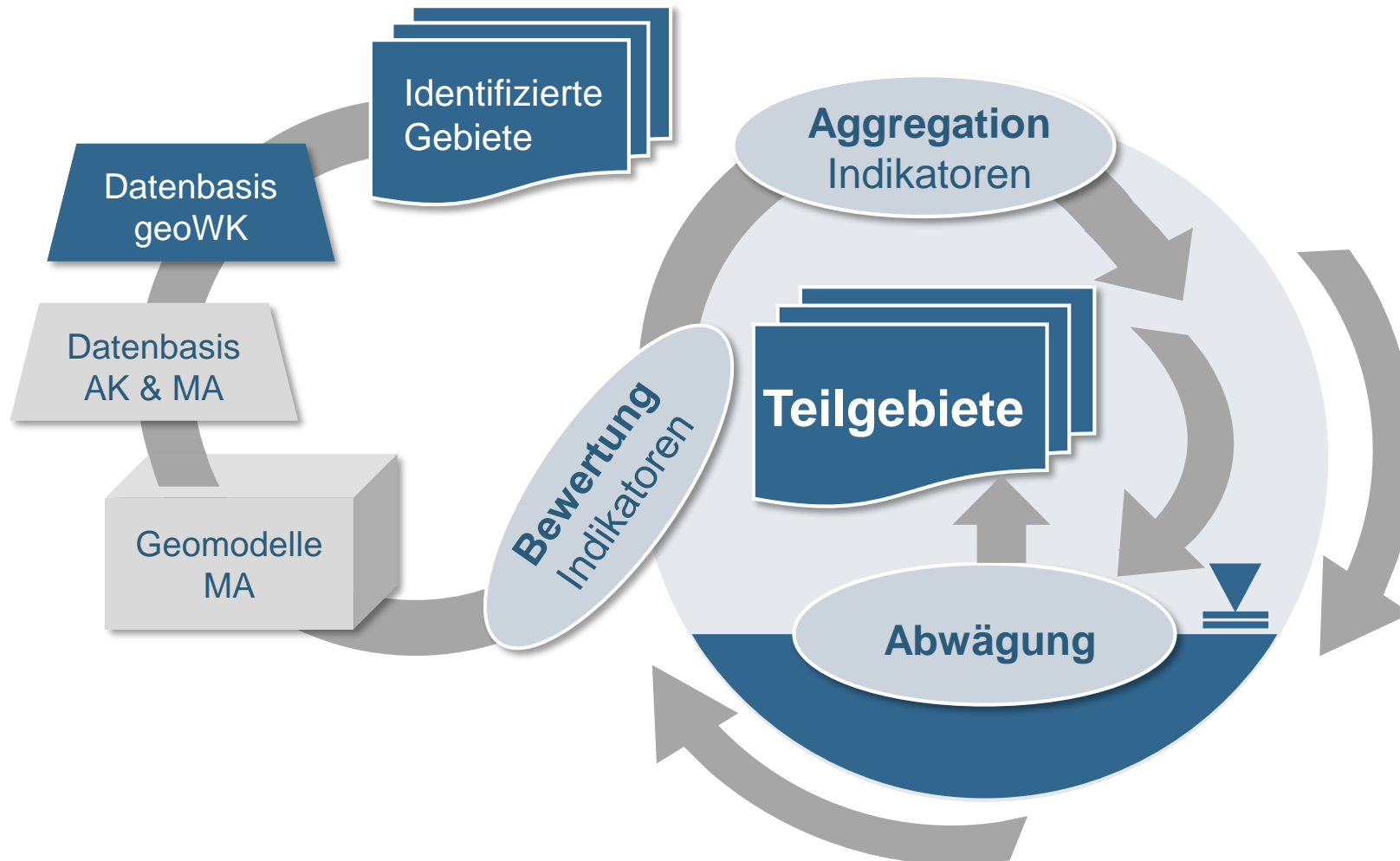
### Krit. 11

Schutz des ewG durch Deckgebirge

# Beispiel (1) für Wertungsgruppen der Indikatoren



- **Erfassen und Prüfen** → Unterschiedlicher Detaillierungsgrad im Laufe des Verfahrens  
Unterschiedliche räumliche Quantität und Qualität der Daten
- **Prozessierung der Eingangsdaten** → Unterschiedliche Formate  
Mögliche Unstimmigkeiten 
- **Bewertung der Indikatoren** → Entwicklung eines Bewertungsmoduls, das Gebietsexperten  
interaktiv durch den Prozess der Datenvereinheitlichung und  
verbalargumentativen Indikatorenbewertung führt 
- **Aggregation** → Anwendung des Bewertungsmoduls  
Umgang mit Datenlücken 
- **Abwägung** → Zusammengefasste Kriterienbewertung auf Grundlage des  
Bewertungsmoduls 
- **Abwägung** → Sicherheitsgerichtete Abwägung der  
Kriterien für die identifizierten Gebiete



## Poster

- Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit (Bergwerke und Bohrungen)
- Mindestanforderungen nach §23 StandAG
- Konzept & Vorgehensweise für die Mindestanforderungen
- Geowissenschaftliche Abwägungskriterien nach § 24 StandAG
- Konzeptioneller Workflow für die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



## Kontakt

Bundesgesellschaft für Endlagerung  
mbH (BGE)

Eschenstr. 55

31224 Peine

+49 05171 43-0

[dialog@bge.de](mailto:dialog@bge.de)

[www.bge.de](http://www.bge.de)