



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

# TAGE DER STANDORTAUSWAHL 2024

Vorträge der BGE

STANDORTAUSWAHL

Goslar, 18.04.2024

# AGENDA

## Vorträge der BGE



01

EINLEITUNG

02

ERMITTLUNG VON STANDORTREGIONEN I

03

ERMITTLUNG VON STANDORTREGIONEN II

04

planWK UND BERICHTSWESEN

05

ÜBERGANG PHASE II (söPA UND GENEHMIGUNG)

# AGENDA

Vorträge der BGE



06

ERKUNDUNG

07

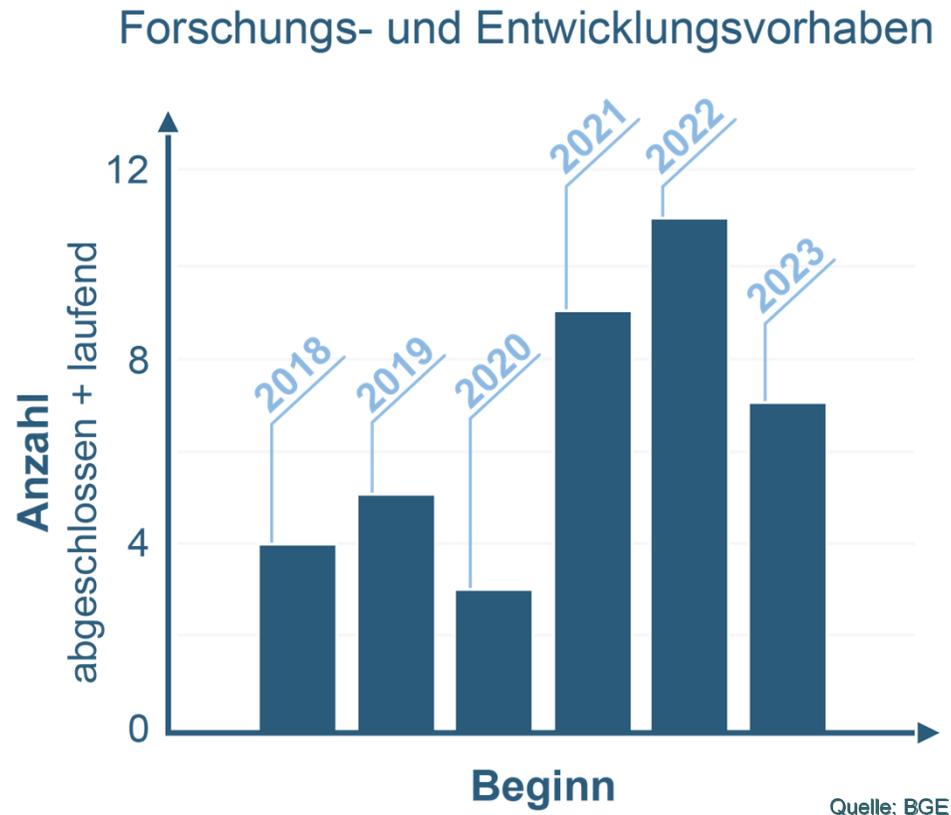
BEHÄLTER UND ANLAGEN

The image features three large, dark, crystalline mineral specimens, possibly halite, arranged on a reflective surface. The crystals exhibit sharp, geometric facets and a translucent, glassy appearance. The background is a solid, muted blue-grey color. The text 'EINLEITUNG' is overlaid in white, bold, sans-serif font across the middle of the image.

# EINLEITUNG

# 01

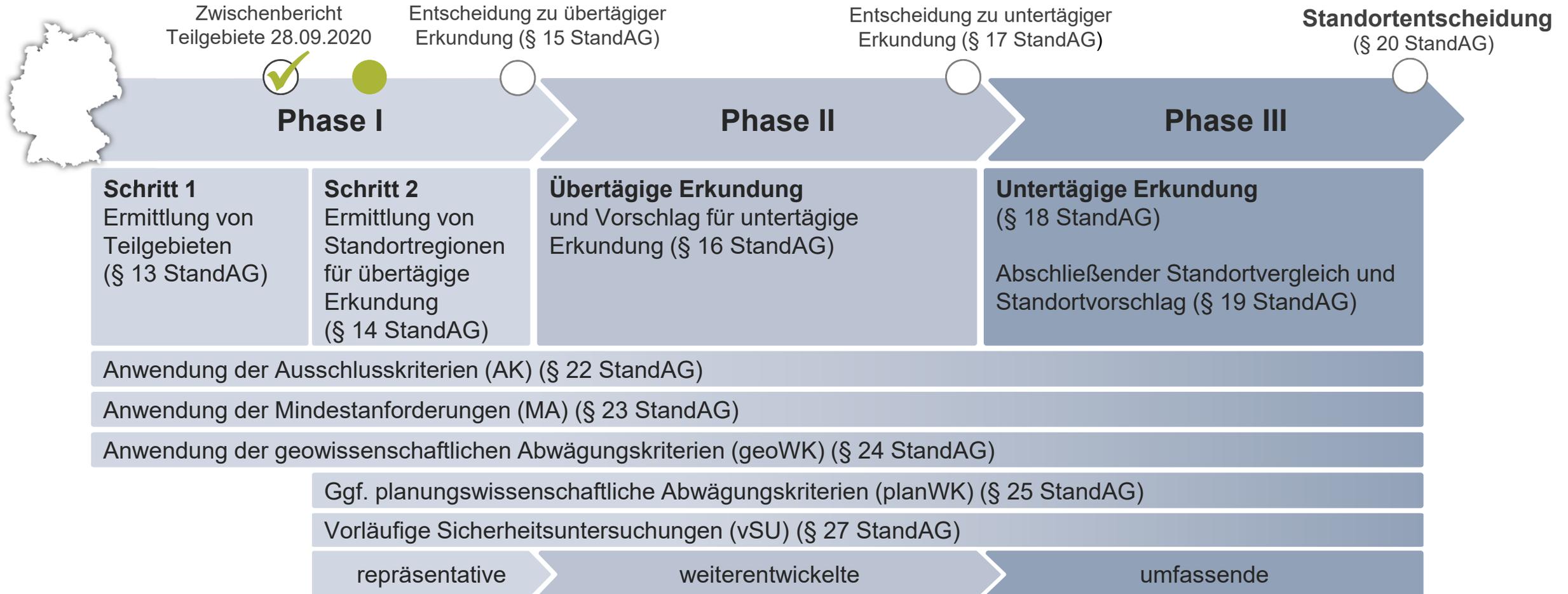
# FORSCHUNG IM VERFAHREN



- Der Anstieg an Beauftragungen ab dem Jahr 2021 resultiert aus dem Beginn der rvSU.
- Im Jahr 2023 hat die Anzahl an Beauftragungen, verglichen mit den beiden Vorjahren abgenommen, da ein Großteil der für die rvSU benötigten Themen bereits bearbeitet werden.
- Mit einem weiteren Anstieg an Vergaben kann in der Phase 2 des Standortauswahlverfahrens gerechnet werden.
- Gegenwärtig laufen 28 F&E Vorhaben.

# EINLEITUNG

## Ablauf der Verfahrensschritte



# MEILENSTEINE BIS ZUR ÜBERMITTLUNG DES STANDORTREGIONENVORSCHLAGS



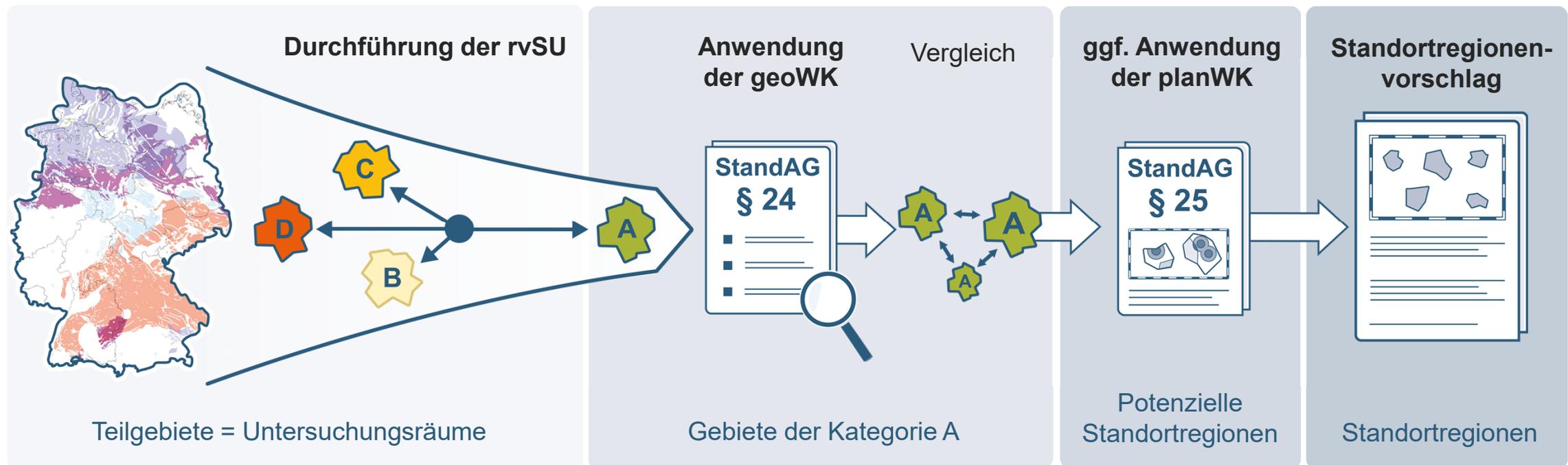


# DIE ERMITTLUNG VON STANDORTREGIONEN

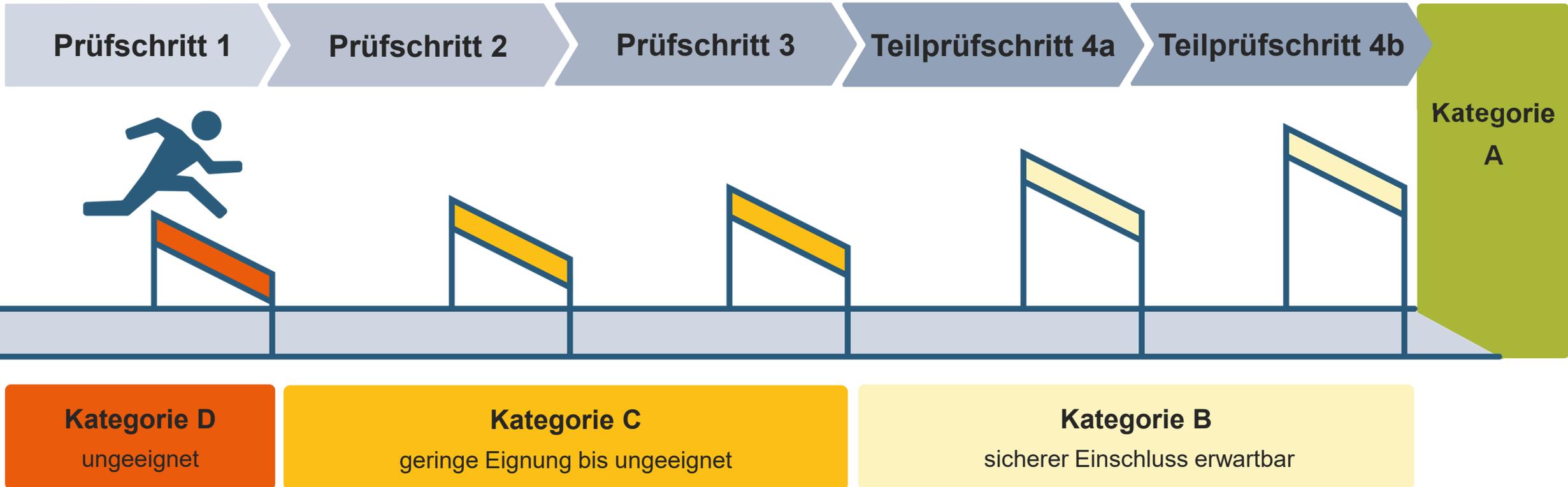
# 02

# AKTUELLES AUS DER GEOWISSENSCHAFTLICHEN STANDORTSUCHE

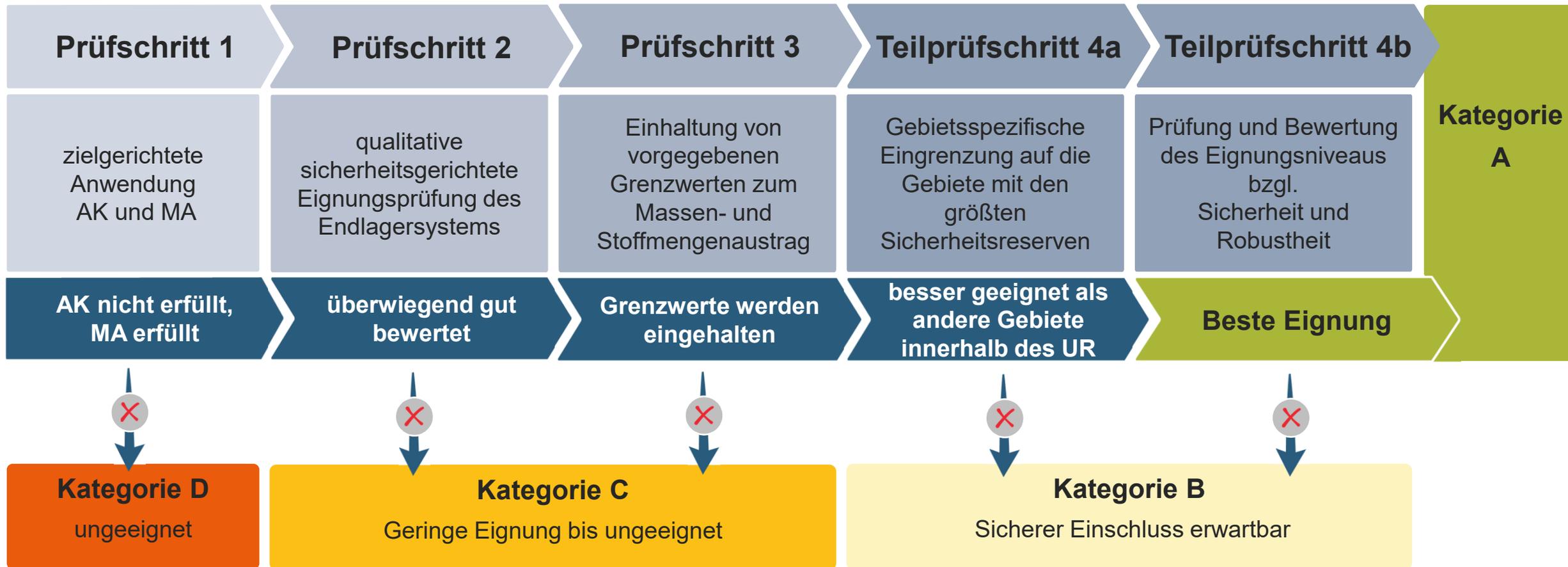
## Die Ermittlung von Standortregionen aus den Teilgebieten



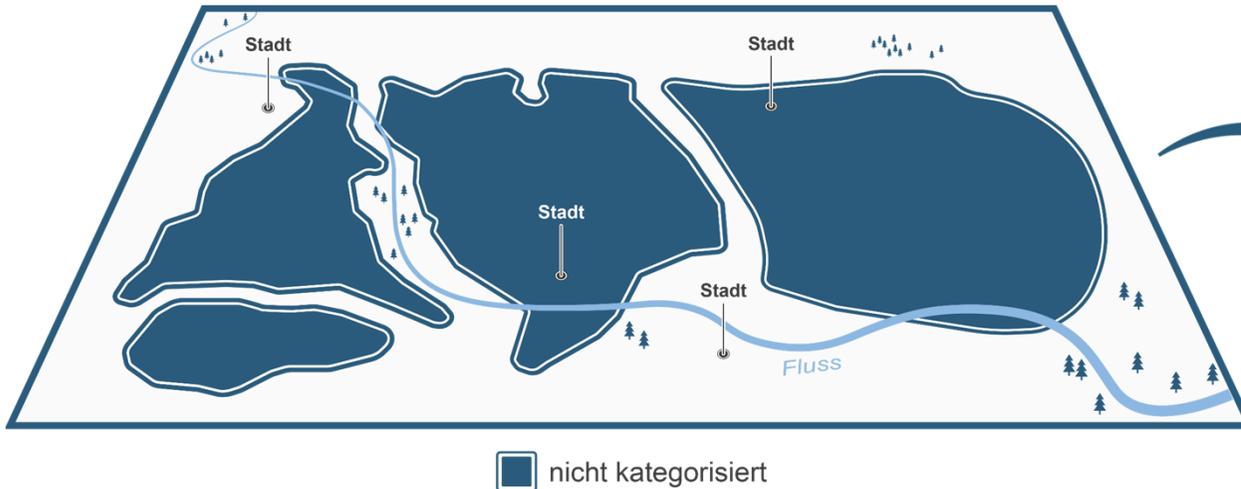
# DURCHFÜHRUNG DER rvSU: PRÜFSCHRITTE (1/2)



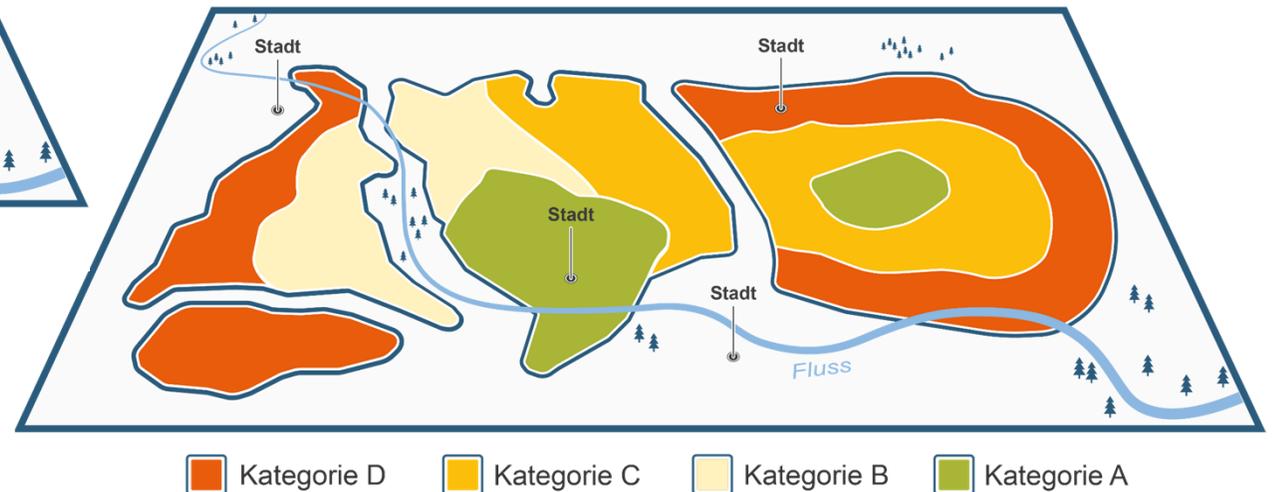
# DURCHFÜHRUNG DER rvSU: PRÜFSCHRITTE (2/2)



# DURCHFÜHRUNG DER rvSU: FIKTIVES BEISPIEL



## Durchführung der rvSU

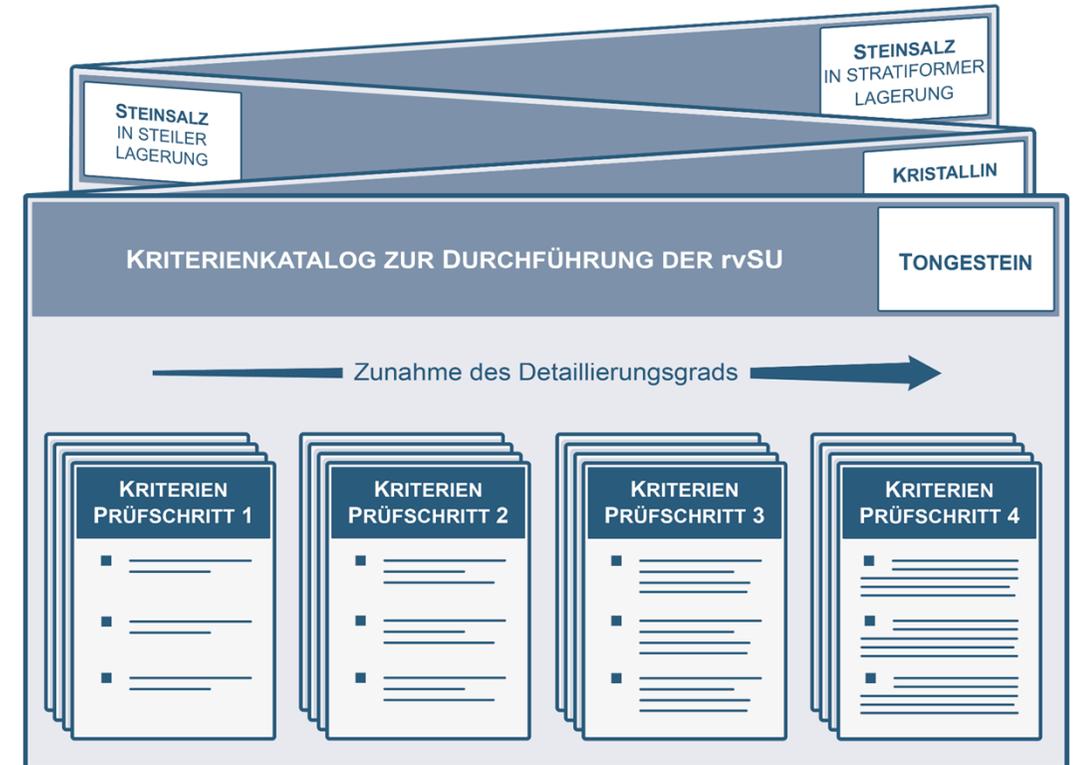


Beispielhafte zusammenfassende kartografische Darstellung von Gebieten der Kategorien D bis A in einem fiktiven Untersuchungsraum (UR)

# DURCHFÜHRUNG DER rvSU

## Kriterienbasiertes Vorgehen: Warum werden Kriterien für die Bewertung entwickelt?

- Ermöglicht systematische Prüfung und Bewertung jedes Gebiets
- Gewährleistet die Vergleichbarkeit der Gebiete eines Wirtsgesteintyps
- Die Verordnung gibt keine detaillierten Kriterien für die Bewertung der Sicherheit und Robustheit vor. Definierte Kriterien unterstützen die Darlegung des „safety cases“ und die vergleichende Bewertung

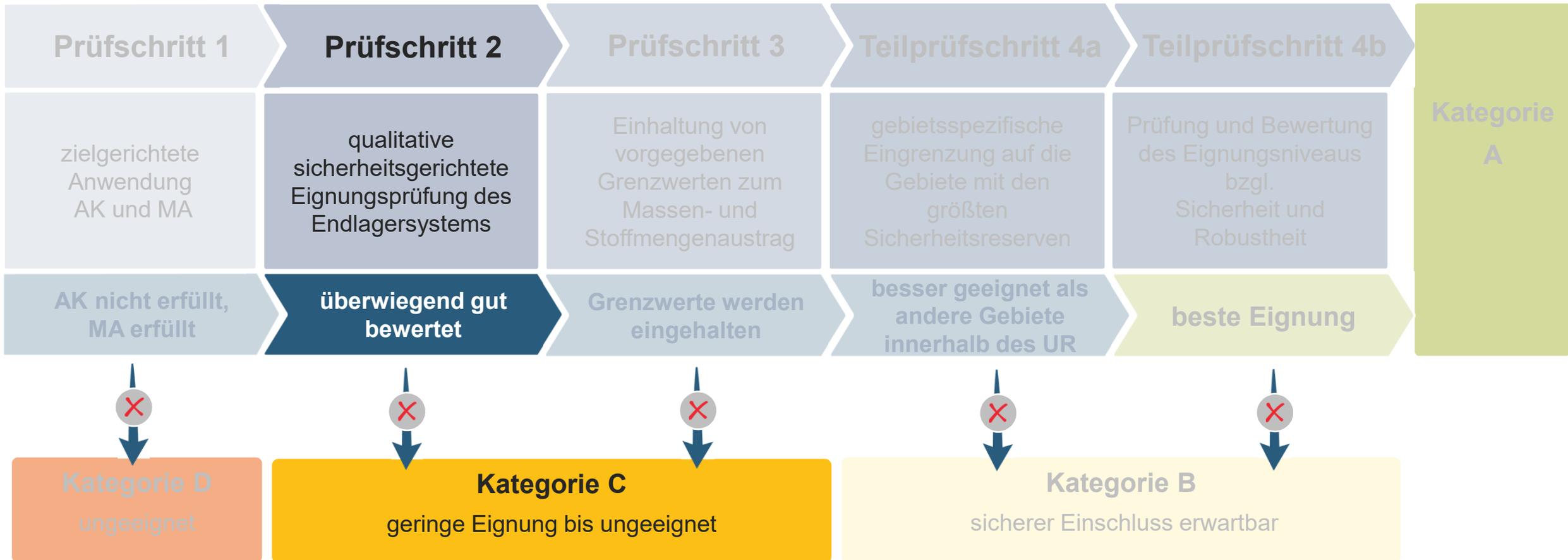


Die Kriterien werden **zunehmend detaillierter**

**„die Hürde wird höher“**

# METHODE SCHRITT 2, PHASE I

## rvSU – Prüfschritt 2



# AUSZUG AUS KRITERIENKATALOG

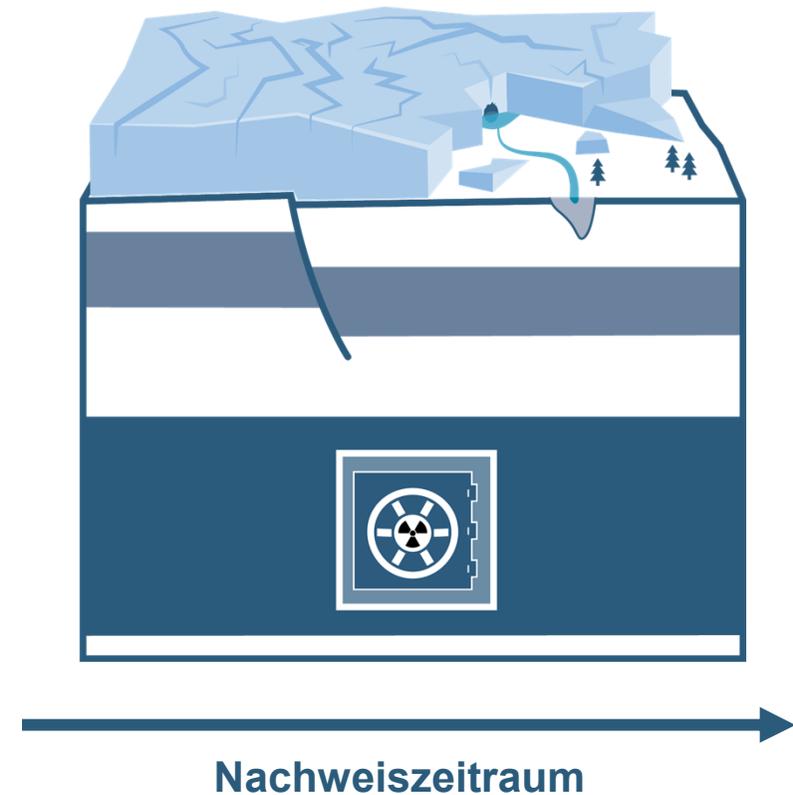
## Prüfschritt 2 – weitere rvSU-Kriterien

rvSU-Kriterium	Anwendung in	Forschungsbezug
Ungünstige Tiefenlage des Endlagerbergwerks	Tongestein – ggf. weitere Wirtsgesteine	<i>MATURITY</i> (Festigkeiten Tongestein)
Ungünstige Geometrie des WbB – Mindestbreite	Tongestein – Kristallin – Salz (stratiform)	
Ungünstige Tiefenlage in Gebieten mit glazialer Überprägung	in allen Wirtsgesteinen	<i>Suchtiefe</i> (Karte mit glazialen Erosionstiefen)
Sicherheitsabstände zu Bohrungen	in allen Wirtsgesteinen	
Ungünstige tektonische Gesamtsituation	Tongestein – Kristallin – Salz (stratiform)	<i>Neotektonik</i> (Bezug bei Begründung von ungünstigen tektonischen Verhältnissen)
Ggf. Querschnittsfläche des potenziellen Homogenbereichs	Salz (steil)	<i>Methode zur Prognose der internen Komplexität</i>
Kohlenwasserstoff-führende Tongesteine	Tongestein	
Ungünstige Tiefenlage Steinsalz (Subrosion)	Salz (stratiform) – Salz (steil)	<i>Subrosion</i> (Referenz für Ableitung von Subrosionstiefen)
Ungünstige Tiefe in kristallinen Wirtsgesteinen	Kristallin	
Kristalline Wirtsgesteinskomplexe mit unzuverlässiger Vorhersagbarkeit ihrer Eigenschaften	Kristallin	

# FORSCHUNG IM RAHMEN DER rvSU

## Unterscheidung von vier Themenschwerpunkten (1/3)

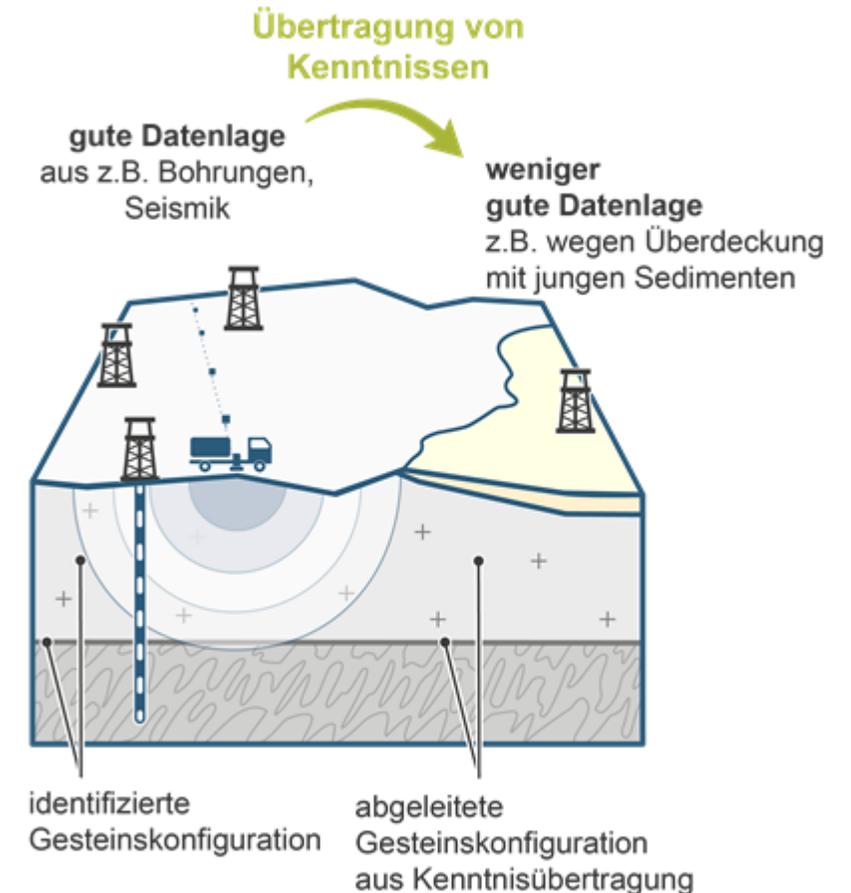
- 1) **Geogene Prozesse:** Beispiel: Subrosion, fluviatile und glaziale Erosion, tektonische Prozesse, Spannungsänderungen in Salzstrukturen durch Vergletscherungsprozesse



# FORSCHUNG IM RAHMEN DER rvSU

## Unterscheidung von vier Themenschwerpunkten (2/3)

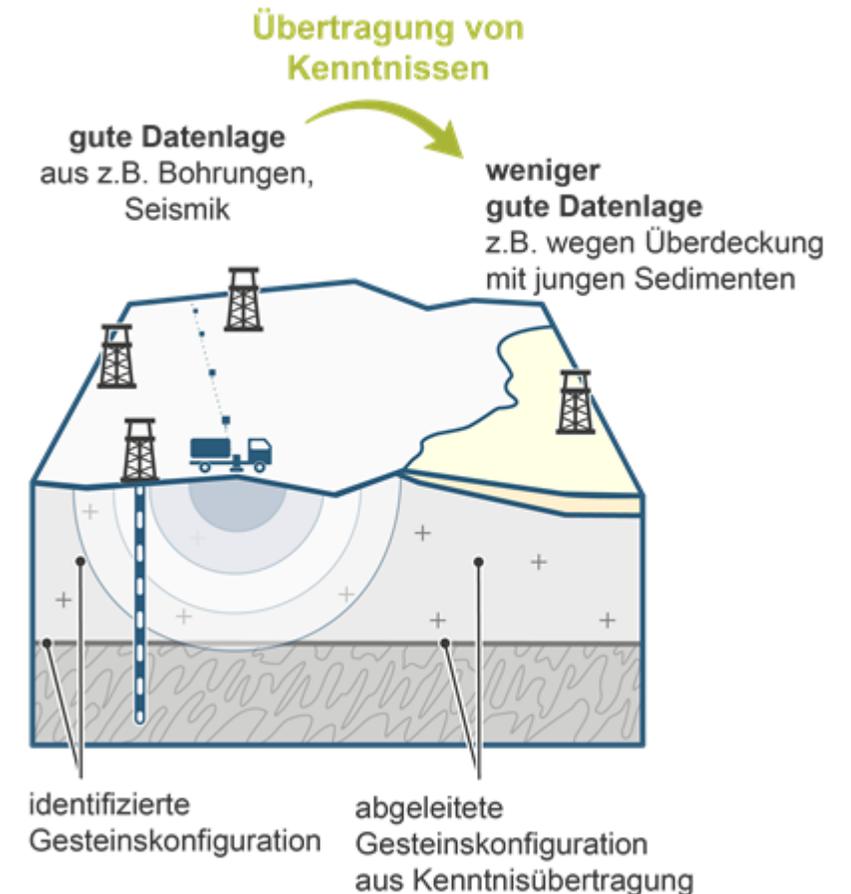
- 1) **Geogene Prozesse:** Beispiel: Subrosion, fluviatile und glaziale Erosion, tektonische Prozesse, Spannungsänderungen in Salzstrukturen durch Vergletscherungsprozesse
- 2) **Analogiebetrachtungen:** Übertragung von Kenntnissen, wenn ortsspezifische Daten fehlen. Beispiele: Gesteinseigenschaften, Internbau von Salzstrukturen



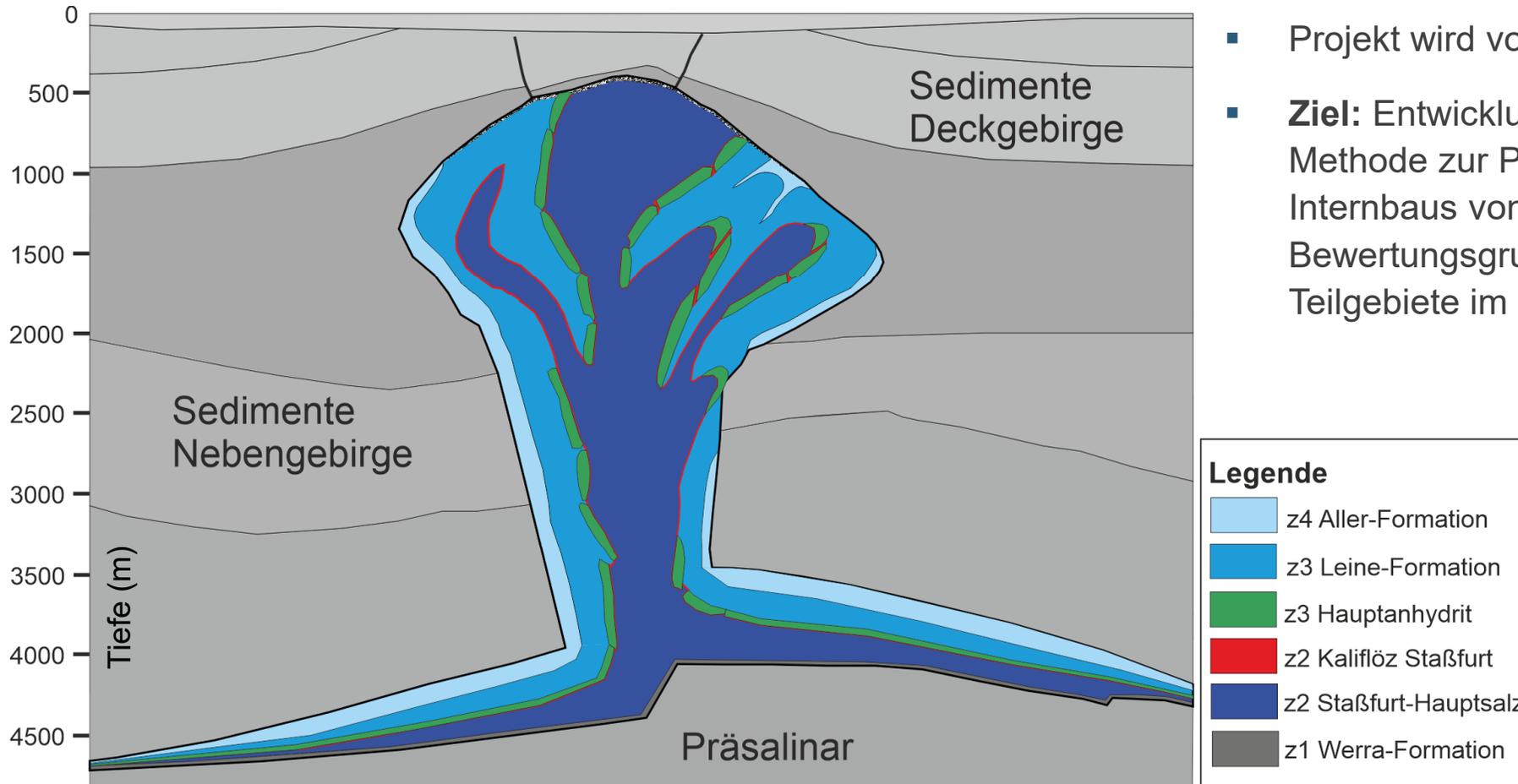
# FORSCHUNG IM RAHMEN DER rvSU

## Unterscheidung von vier Themenschwerpunkten (3/3)

- 1) **Geogene Prozesse:** Beispiel: Subrosion, fluviatile und glaziale Erosion, tektonische Prozesse, Spannungsänderungen in Salzstrukturen durch Vergletscherungsprozesse
- 2) **Analogiebetrachtungen:** Übertragung von Kenntnissen, wenn ortsspezifische Daten fehlen. Beispiele: Gesteinseigenschaften, Internbau von Salzstrukturen
- 3) **Umgang mit Ungewissheiten:** Entwicklung von Methoden zum Umgang mit Ungewissheiten, z. B. bei der Erstellung geologischer Modelle
- 4) **Sicherheitsanalysen:** Freisetzungsraten, Radionuklidtransport, Inventar, Entwicklungen (z. B. Klima)



# BEISPIEL: ANALOGIEBETRACHTUNGEN

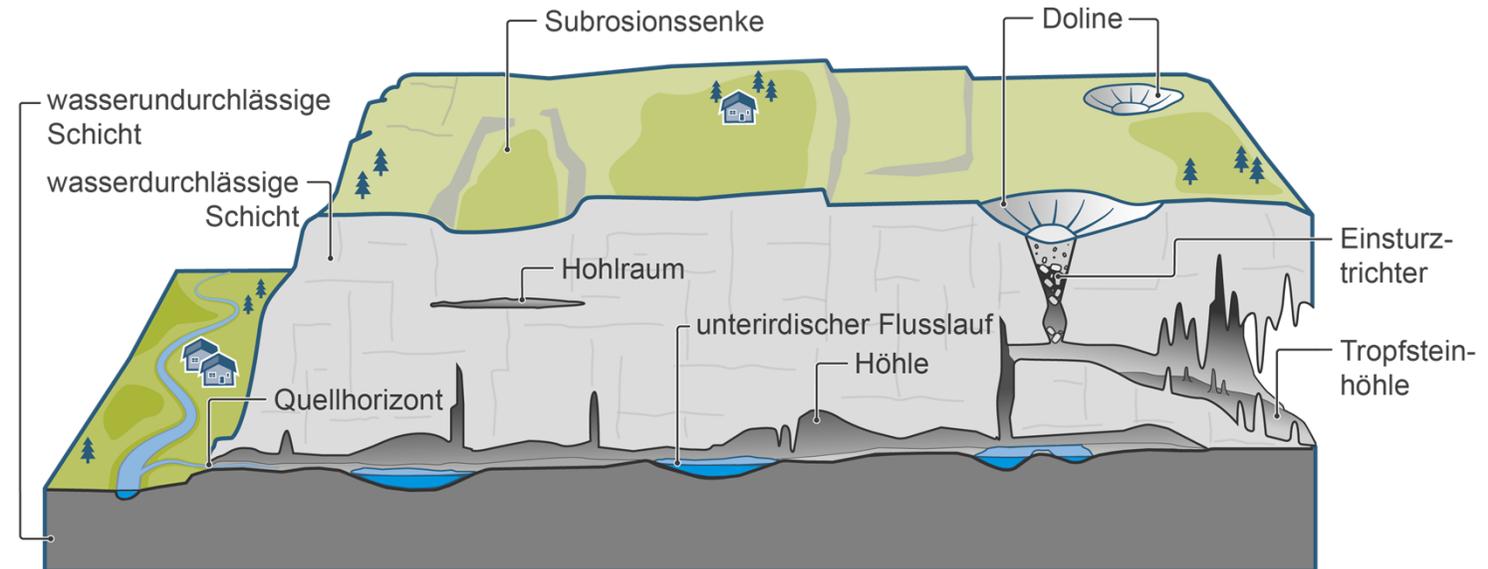


- Projekt wird von der BGR durchgeführt
- **Ziel:** Entwicklung einer anwendungsreifen Methode zur Prognose der Komplexität des Internbaus von Salzstrukturen als Bewertungsgrundlage zur Einengung der Teilgebiete im Rahmen der rvSU

# BEISPIEL: GEOGENE PROZESSE

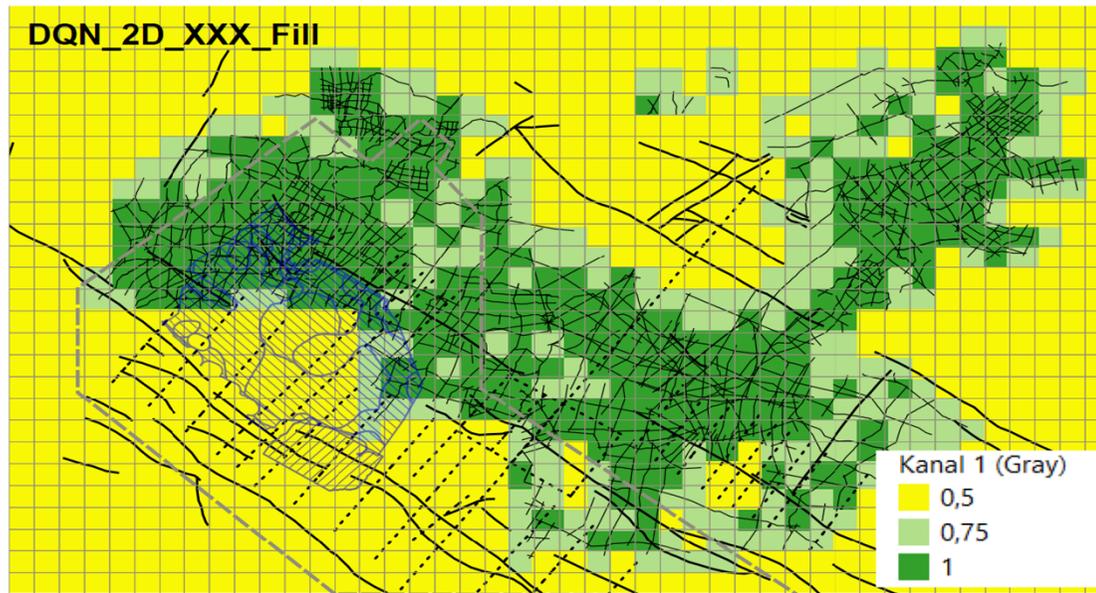
## Schaffung von Grundlagen für die Einschätzung des Subrosionsrisikos

- Projekt wird von der GRS durchgeführt
- **Ziele:** Qualitative Betrachtung der klimatischen Änderung von Subrosionsraten
- Modellierung der Subrosionsraten anhand von generischen Modellen für Steinsalz in stratiformer und steiler Lagerung



# UMGANG MIT DEN GEOLOGISCHEN UNGEWISSEHEITEN DES UNTERGRUNDES

Der **Grad der Gewissheit** ist Ausdruck der **Zuverlässigkeit**, mit der eine Aussage zur **Beschaffenheit des Untergrunds** in einem bestimmten Gebiet auf Basis der **existierenden Daten** getroffen werden kann.



Ermittlung der Datenquantität (hier Bohrungen und Seismik) in einem Teilgebiet. Gelb: schlechte Datenlage; Dunkelgrün: sehr gute Datenlage

Geologische Komplexität			Datenlage	
komplex	mittelmäßig	einfach		
85	90	95		Sehr gut
70	80	90		Gut
50	65	80		Mittel-mäßig
30	50	70		Schlecht
5	30	60	Sehr schlecht	

Beispiel-Matrix: Grad der Gewissheit in % ausgedrückt

Nicht Ermittelbar	Sehr Ungewiss	Ungewiss	Weniger Möglich	Möglich	Eher Möglich	Gewiss	Sehr Gewiss	Sicher
<0.5%	0.5-5%	5-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-95%	95-99.5%	>99.5%

Umgang mit Wahrscheinlichkeiten im Kontext einer Aussage über die Beschaffenheit des geologischen Untergrundes

Quelle: BGE, geändert nach Terra Geoservice

# VERÖFFENTLICHUNG VON ARBEITSSTÄNDEN



Kontakt Mediathek Archiv Presse Gebärdensprache Leichte Sprache English Suche

BGE Aktuelles Abfälle EndlagersucheASSE Konrad Morsleben

den Status abzufragen Suchen

Kategorie D

BGE-Bearbeitungsstand: **GEBIET WIRD NICHT WEITER BETRACHTET**

Kategorie D

Einstieg Im Gespräch + Mehr

Legende

- Teiluntersuchungsraum
- Kein Teilgebiete
- Kategorie D

Unterägige Erkundung Phase III

Abschlie und Star Finale

9

14 Seiten

9 Seiten

Kurzfassung Standortregionenbericht (PDF, 751 KB) 01.01.2024

Prüfbericht für Kategorie D 01.01.2024

Zentrale Veröffentlichungen:

182 Seiten 444 Seiten

Bewertungsstand eines Gebietes abfragen

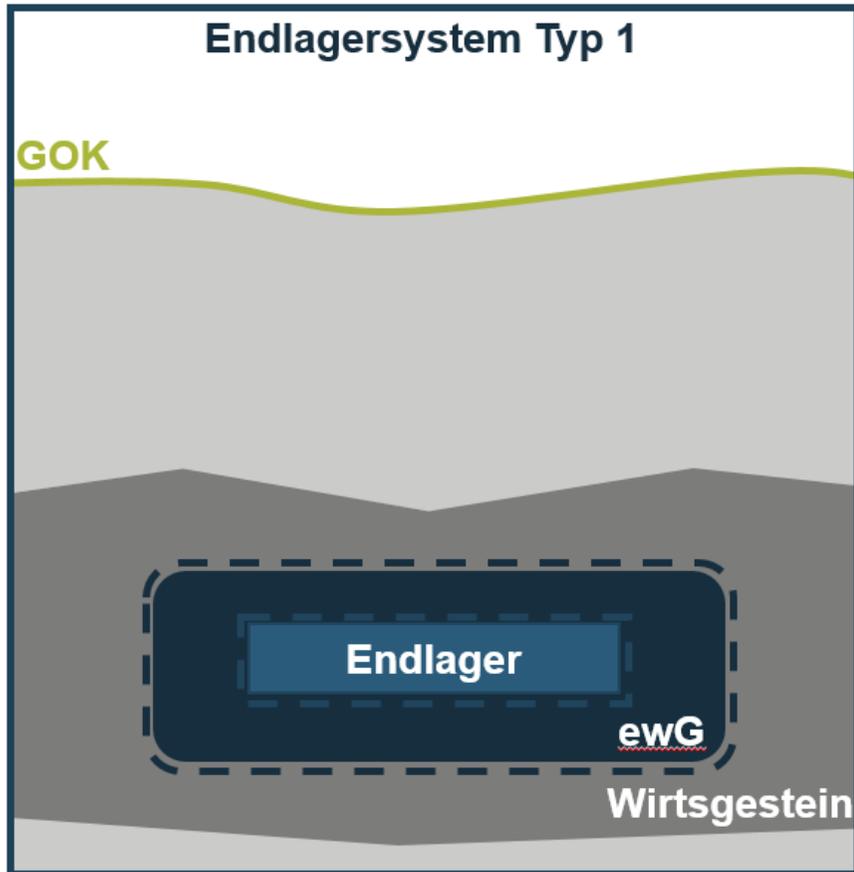
Nutzen Sie bitte die Postleitzahl- bzw. Ortssuche.



# DIE ERMITTLUNG VON STANDORTREGIONEN II

# 03

# VORLÄUFIGES SICHERHEITSKONZEPT UND ENDLAGERAUSLEGUNG



Quelle: BGE

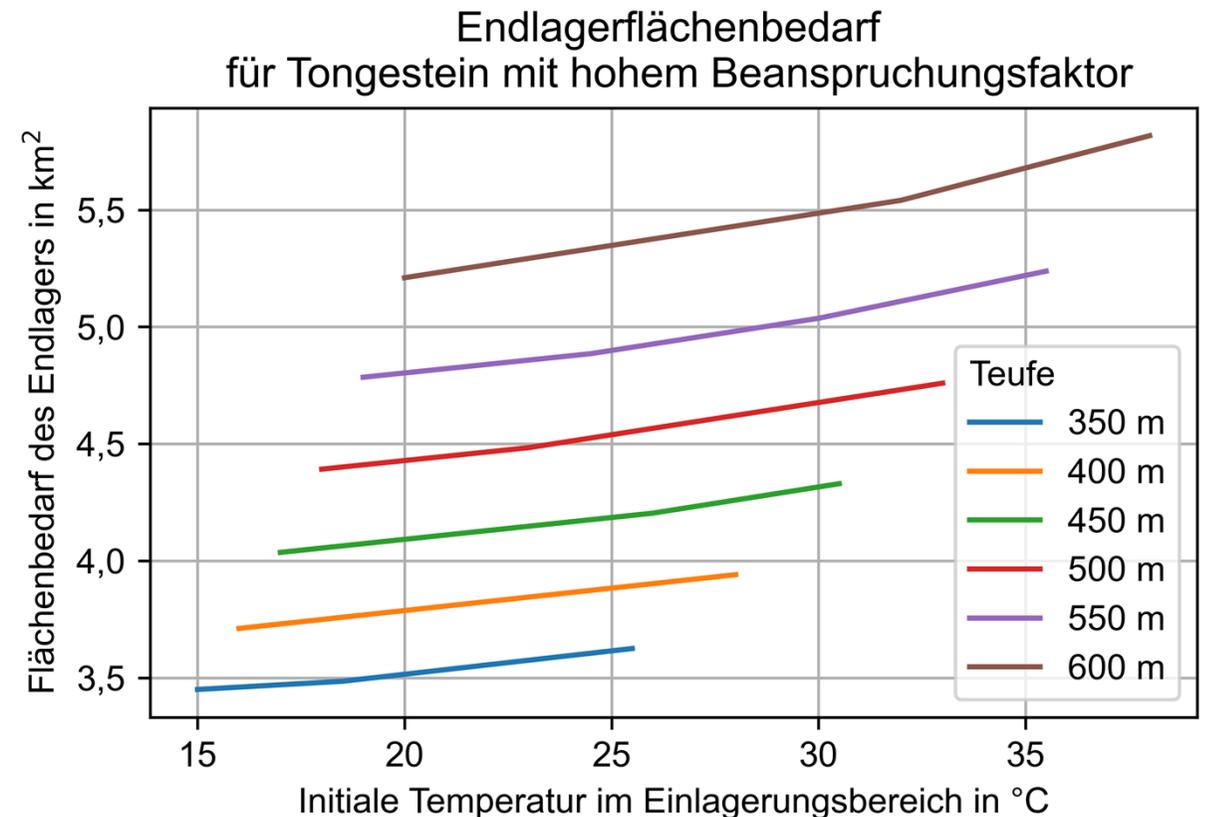
## § 6 EndlSiUntV

- Beschreibung der wesentlichen Barrieren
- Größe des Endlagerbergwerks einschließlich, Zugangs- und Bewetterungsbauwerke etc.
- Tiefenlage
- Art der Einlagerung
- Rückholbarkeit
- Verschluss- und Versatzmaßnahmen
- Geringhaltung der Schädigung der geologischen Barrieren
- grundsätzliche Möglichkeit des sicheren Betriebs
- Volumen SMA

# VORLÄUFIGES SICHERHEITSKONZEPT UND ENDLAGERAUSLEGUNG

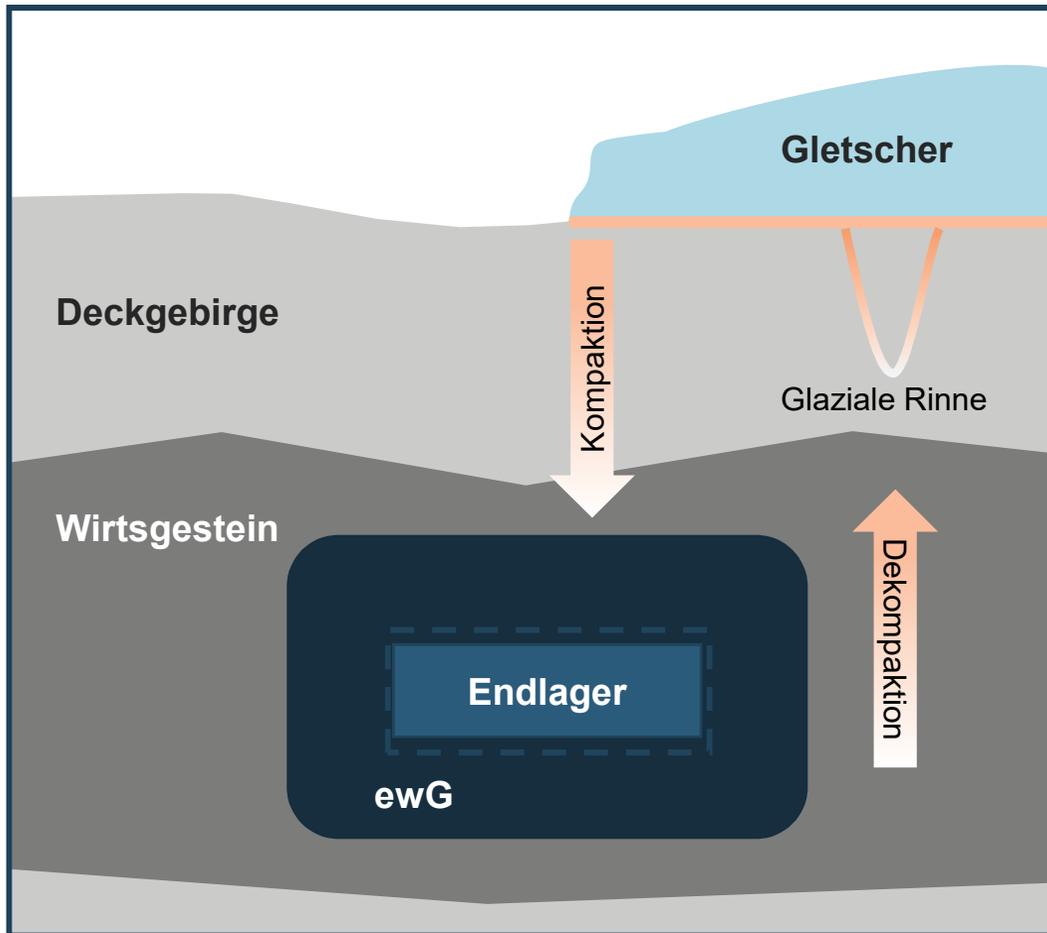
## Endlagerauslegung (§ 6 Abs. 4 EndlSiUntV)

- Festlegung der Auslegungstemperatur (§ 27 StandAG)
- Planung Einlagerungsart und Endlagerlayout
- Randbedingungen (thermo-physikalische und gebirgsmechanische Parameter, Inventardaten, Einlagerungssequenz etc.)
- Gebirgsmechanische Auslegungsrechnungen  
→ Mindestabstand zwischen Strecken
- Thermische Auslegungsrechnungen  
→ Flächenbedarf
- Ergebnis: Flächenbedarf als Funktion von Teufe und Gebirgstemperatur
- Herausforderung: Ermittlung der benötigten Parameter



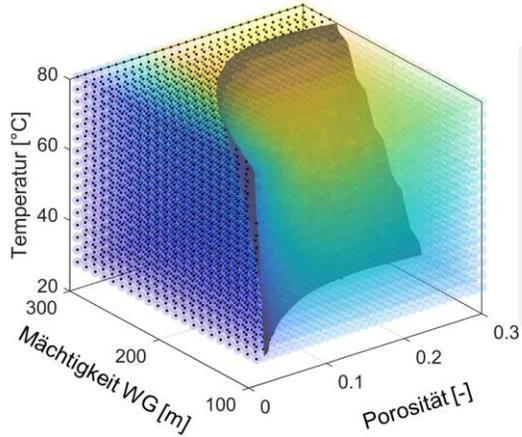
# ZUSAMMENWIRKEN DER SICHERHEITSFUNKTIONEN UND ENTWICKLUNGEN

## Am Beispiel ausgewählter Barrieren, Sicherheitsfunktionen und Prozesse



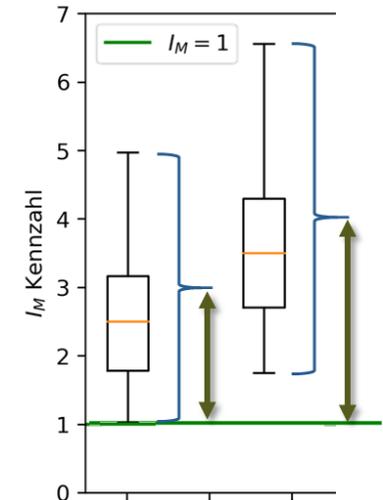
Barriere	Sicherheitsfunktion	Auswirkung
Deckgebirge	Geometrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduzierung der Mächtigkeit durch glaziale Erosion</li> <li>Kompaktion durch Gletscherauflast</li> </ul>
ewG	Fluidbewegungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erhöhung der Porosität/Permeabilität durch Dekompaktion infolge Rinnenbildung</li> </ul>
	Mechanische Stabilität	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erhöhung des Fluiddrucks durch Kompaktion infolge der Gletscherauflast</li> </ul>

# MASSEN- UND STOFFMENGENAUSTRAG – UNGEWISSHEITEN

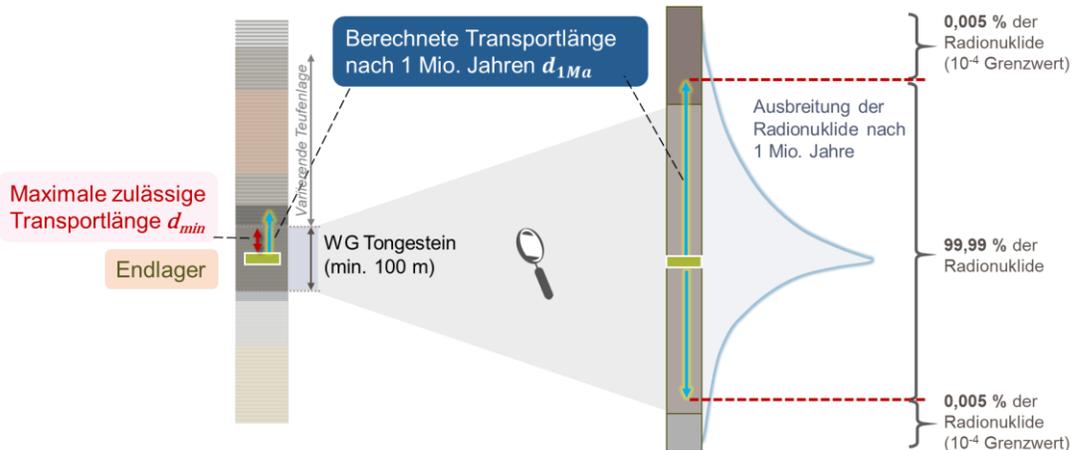


**Welche Eigenschaften sind relevant?**  
 → Parametersensitivitäten bezüglich der Radionuklidenausbreitung

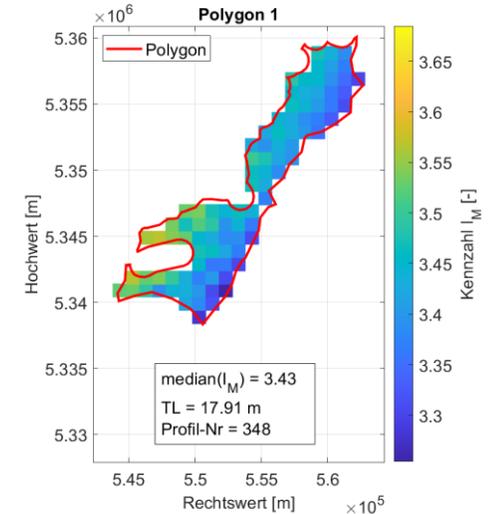
**Wie robust ist das Analyseergebnis?**  
 → Einbeziehung von Parameter- und Geomodellungswissheiten in die Transportsimulationen



**Womit werden die regulatorischen Grenzwerte geprüft?**  
 → Vertikale 1D Transportsimulationen



**Wo sind die günstigsten Bereiche?**  
 → Darstellung des vertikalen Transports in der Fläche



# MASSEN- UND STOFFMENGENAUSTRAG – UNGEWISSHEITEN



## Veröffentlichungen (1/2)

Adv. Geosci., 58, 109–119, 2023  
<https://doi.org/10.5194/adgeo-58-109-2023>  
© Author(s) 2023. This work is distributed under  
the Creative Commons Attribution 4.0 License.



### TransPyREnd: a code for modelling the transport of radionuclides on geological timescales

Christoph Behrens<sup>1</sup>, Elco Luijendijk<sup>1,2</sup>, Phillip Kreye<sup>1</sup>, Florian Panitz<sup>1</sup>, Merle Bjorge<sup>1</sup>, Marlene Gelleszun<sup>1</sup>,  
Alexander Renz<sup>1</sup>, Shorash Miro<sup>1</sup>, and Wolfram Rühaak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) mbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine, Germany

<sup>2</sup>now at: Department of Earth Science, University of Bergen, 5020 Bergen, Norway

**Correspondence:** Wolfram Rühaak ([wolfram.ruehaak@bge.de](mailto:wolfram.ruehaak@bge.de)) and Christoph Behrens ([christoph.behrens@bge.de](mailto:christoph.behrens@bge.de))

Received: 10 July 2022 – Revised: 10 November 2022 – Accepted: 3 January 2023 – Published: 18 January 2023

Quelle: Behrens et al. (2023)

Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie (2024) 29:17–30  
<https://doi.org/10.1007/s00767-023-00562-5>

#### FACHBEITRAG

### Numerische Modelle in Sicherheitsuntersuchungen für die Endlagersuche: Möglichkeiten und Grenzen

Christoph Behrens<sup>1</sup> · Merle Bjorge · Alexander Renz · Paulina Müller · Marlene Gelleszun · Shorash Miro ·  
Phillip Kreye · Wolfram Rühaak

Eingegangen: 31. Juli 2023 / Überarbeitet: 13. Oktober 2023 / Angenommen: 23. Oktober 2023 / Online publiziert: 16. Januar 2024  
© The Author(s) 2024

Quelle: Behrens et al. (2024)

# MASSEN- UND STOFFMENGENAUSTRAG – UNGEWISSHEITEN

## Veröffentlichungen (2/2)

Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie (2024) 29:31–47  
<https://doi.org/10.1007/s00767-024-00566-9>

FACHBEITRAG

### OpenWorkflow—Development of an open-source synthesis-platform for safety investigations in the site selection process

Christoph Lehmann<sup>1</sup> · Lars Bilke<sup>1</sup> · Jörg Buchwald<sup>1</sup> · Nico Graebing<sup>1</sup> · Norbert Grunwald<sup>1</sup> · Julian Heinze<sup>1</sup> · Tobias Meisel<sup>1</sup> · Renchao Lu<sup>1</sup> · Dmitri Naumov<sup>2</sup> · Karsten Rink<sup>1</sup> · Ozan Özgür Sen<sup>1</sup> · Philipp Selzer<sup>1</sup> · Haibing Shao<sup>1</sup> · Wenqing Wang<sup>1</sup> · Florian Zill<sup>1</sup> · Thomas Nagel<sup>2</sup> · Olaf Kolditz<sup>1,3</sup> 

Received: 16 August 2023 / Revised: 21 November 2023 / Accepted: 23 November 2023 / Published online: 1 February 2024  
© The Author(s) 2024



Quelle: Lehmann et al. (2024)

Environmental Earth Sciences (2024) 83:82  
<https://doi.org/10.1007/s12665-023-11346-8>

ORIGINAL ARTICLE



### Uncertainties and robustness with regard to the safety of a repository for high-level radioactive waste: introduction of a research initiative

Kata Kurgyis<sup>1</sup> · Peter Achtziger-Zupančič<sup>2,3</sup> · Merle Bjorge<sup>4</sup> · Marc S. Boxberg<sup>5,6</sup> · Matteo Broggi<sup>7</sup> · Jörg Buchwald<sup>1,8</sup> · Oliver G. Ernst<sup>9</sup> · Judith Flügge<sup>10</sup> · Andrey Ganopolski<sup>11</sup> · Thomas Graf<sup>12</sup> · Philipp Kortenbruck<sup>4</sup> · Julia Kowalski<sup>5</sup> · Phillip Kreye<sup>4</sup> · Peter Kukla<sup>13</sup> · Sibylle Mayr<sup>14</sup> · Shorash Miro<sup>4</sup> · Thomas Nagel<sup>1</sup> · Wolfgang Nowak<sup>15</sup> · Sergey Oladyskhin<sup>15</sup> · Alexander Renz<sup>4</sup> · Julia Rienäcker-Burschil<sup>4</sup> · Klaus-Jürgen Röhlig<sup>16</sup> · Oliver Sträter<sup>17</sup> · Jan Thiedau<sup>14</sup> · Florian Wagner<sup>6</sup> · Florian Wellmann<sup>18</sup> · Marc Wengler<sup>4</sup> · Jens Wolf<sup>10</sup> · Wolfram Rühak<sup>4</sup>

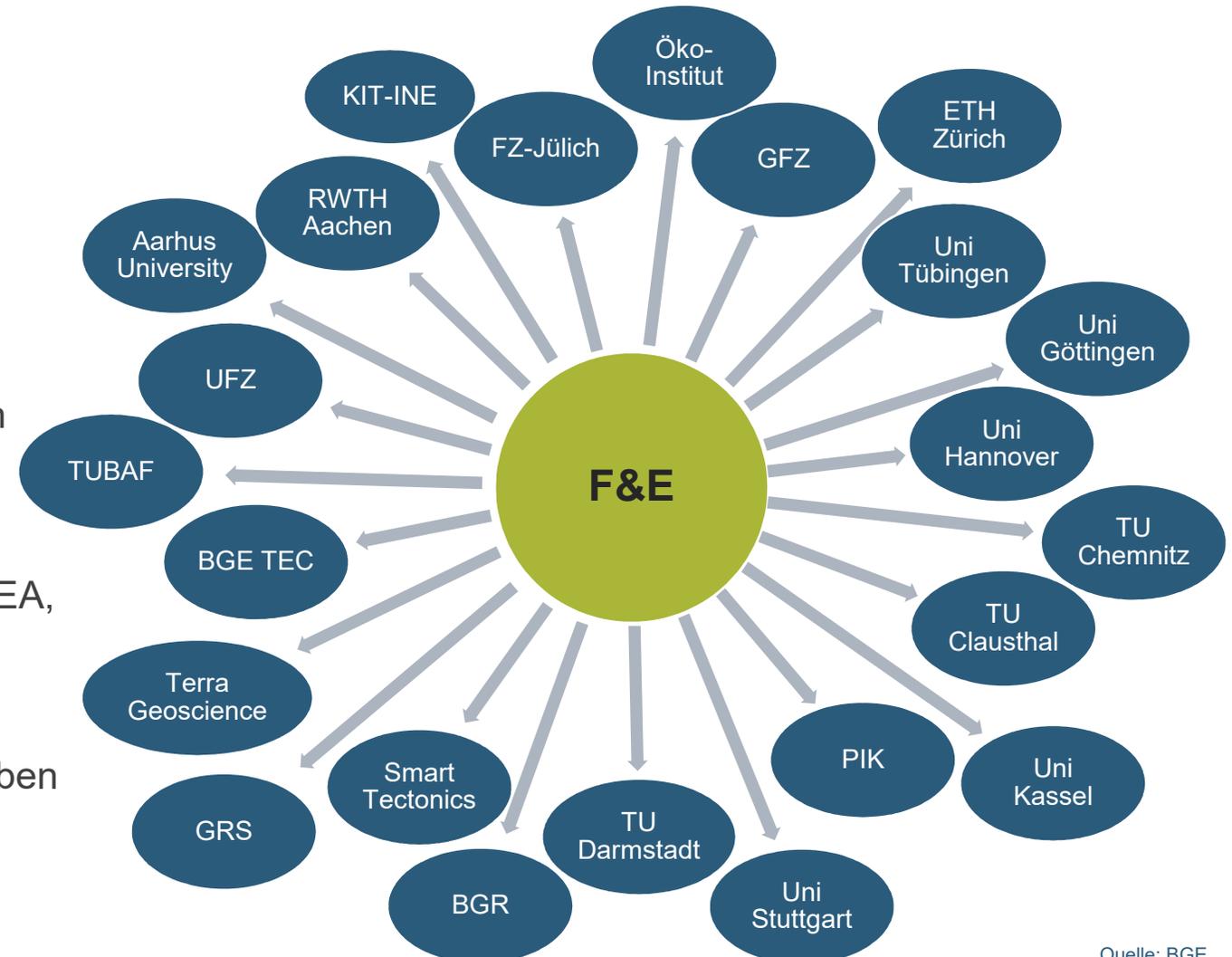
Received: 18 August 2023 / Accepted: 28 November 2023 / Published online: 12 January 2024  
© The Author(s) 2024



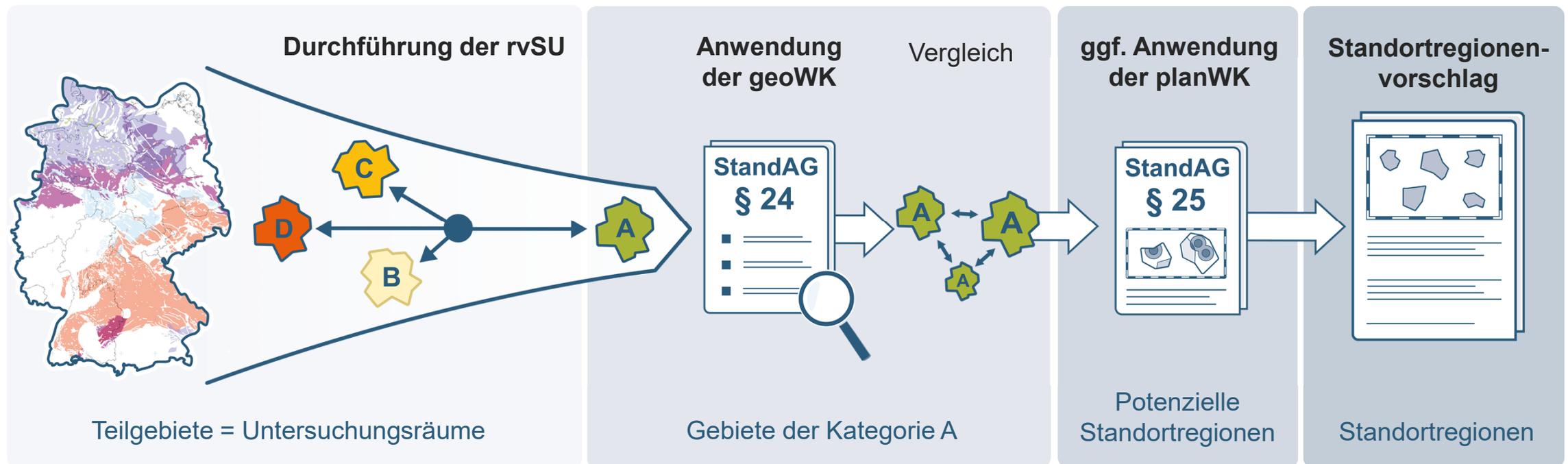
Quelle: Kurgyis et al. (2024)

# FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- BGE hat Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungseinrichtungen ausgebaut und diversifiziert
- Internationaler Austausch mit anderen WMOs (NAGRA, SKB, POSIVA, ANDRA)
- Beteiligung an internationalen Untertage Laboren (Mont Terri, Grimsel, Horonobe, Bedretto)
- Beteiligung an internationalen Kooperationen (EURAD, IGD-TP, CatchNet, Clubs der OECD-NEA, DECOVALEX)
- Für Anfang 2025 ist ein Forschungsworkshop geplant bei dem der Stand der Forschungsvorhaben zusammengetragen um Synergien aber auch eventuelle Lücken zu identifizieren



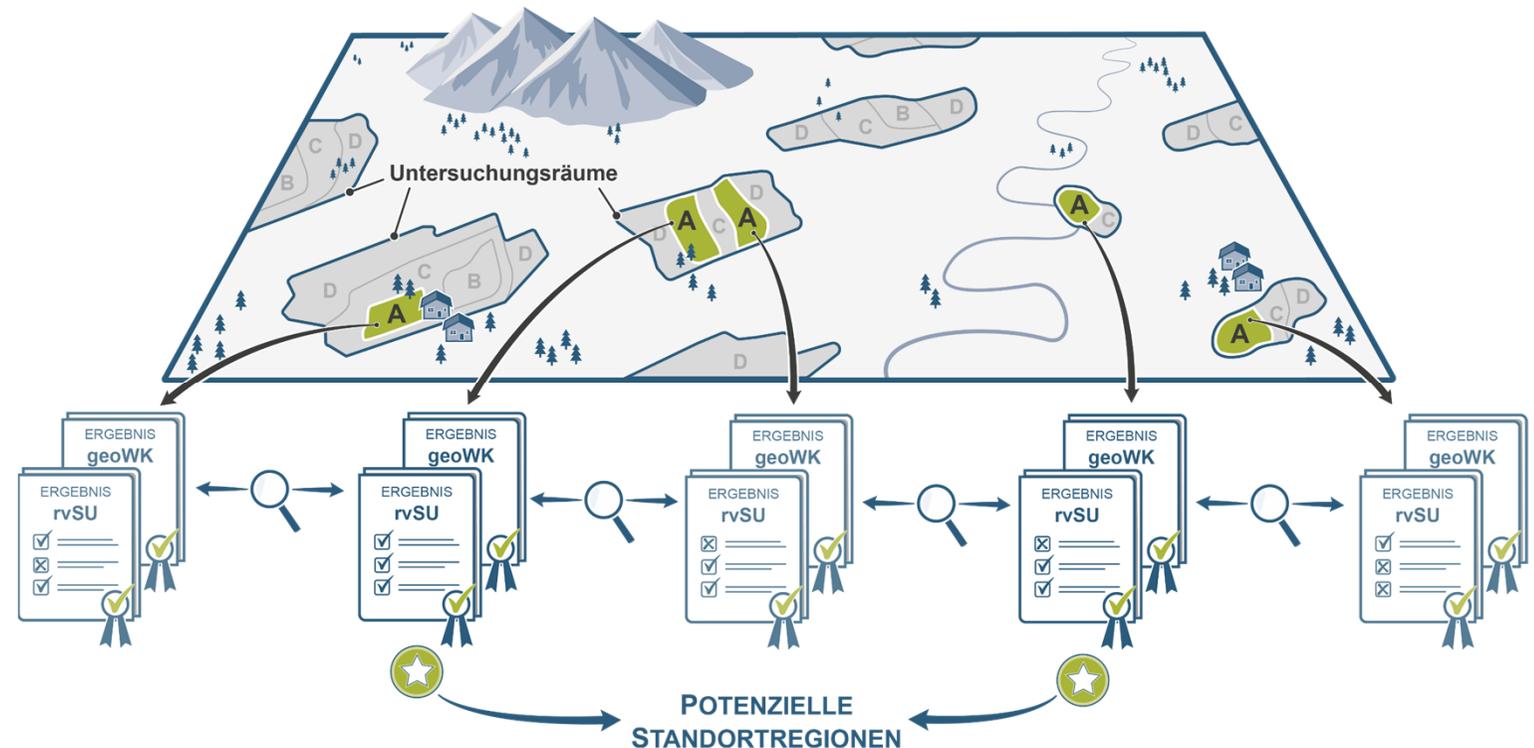
# DIE ERMITTLUNG VON STANDORTREGIONEN AUS DEN TEILGEBIETEN



# DIE ERMITTLUNG VON STANDORTREGIONEN AUS DEN TEILGEBIETEN

## Abschließende übergreifende Betrachtung

- Forum Endlagersuche November 2023, Halle:  
„Warum hat die BGE genau diese Gebiete für den Standortregionenvorschlag ausgewählt?“
- Alle Bewertungsergebnisse liegen vor  
→ ermöglicht direkten und transparenten Vergleich der besten Gebiete
- Synthese aus § 10 EndISiUntV und geoWK
- Stellt die sicherheitsgerichtete Auswahl nachvollziehbar und begründet dar



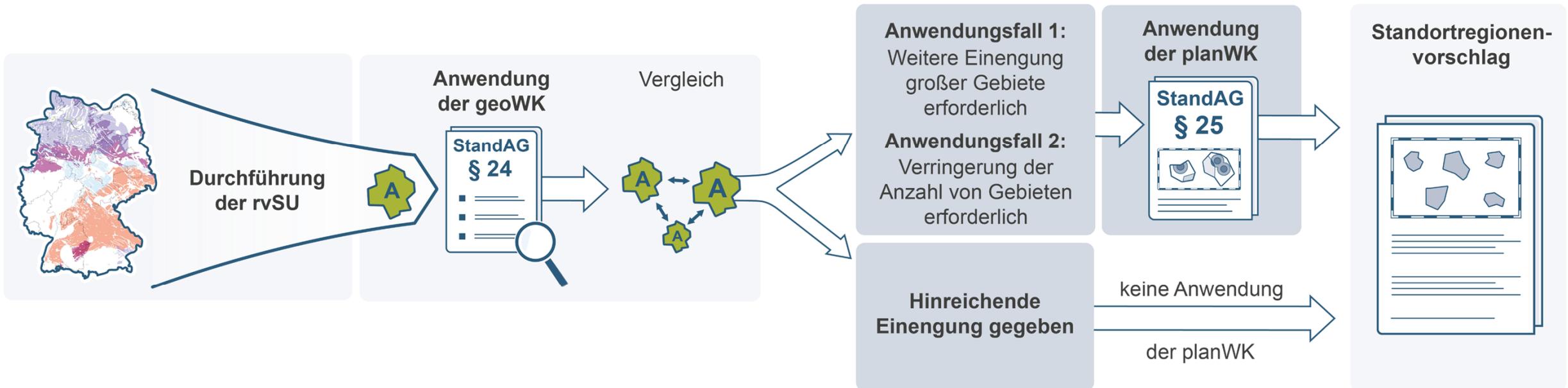


# planWK UND BERICHTSWESEN

# 04

# EINORDNUNG DER PLANUNGSWISSENSCHAFTLICHEN ABWÄGUNGSKRITERIEN

## Einführung planungswissenschaftliche Abwägungskriterien (planWK)



# EINORDNUNG DER PLANUNGSWISSENSCHAFTLICHEN ABWÄGUNGSKRITERIEN

## Kriterien und Gewichtungsgruppen

### Gewichtungsgruppe 1

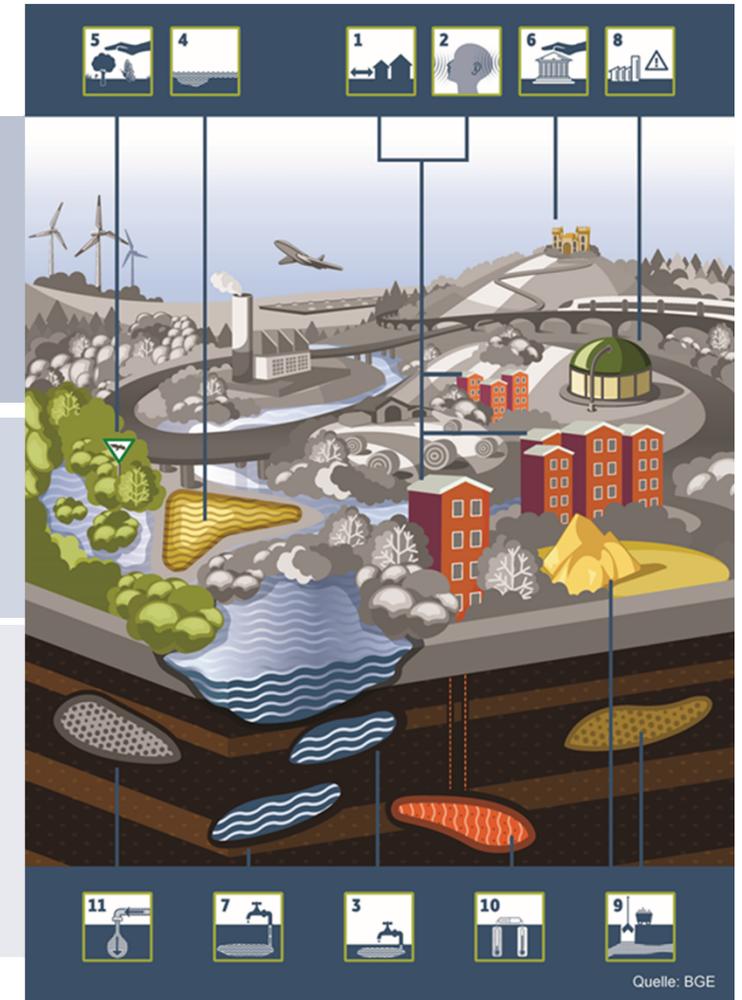
1. Abstand zu vorhandener Bebauung (Wohn- und Mischgebiete)
2. Emissionen
3. Oberflächennahes Grundwasser (Trinkwasser)
4. Überschwemmungsgebiete

### Gewichtungsgruppe 2

5. Naturschutz- und Schutzgebiete (§§ 23 und 32 BNatSchG)
6. Bedeutende Kulturgüter
7. Tiefes Grundwasser (Trinkwasser)

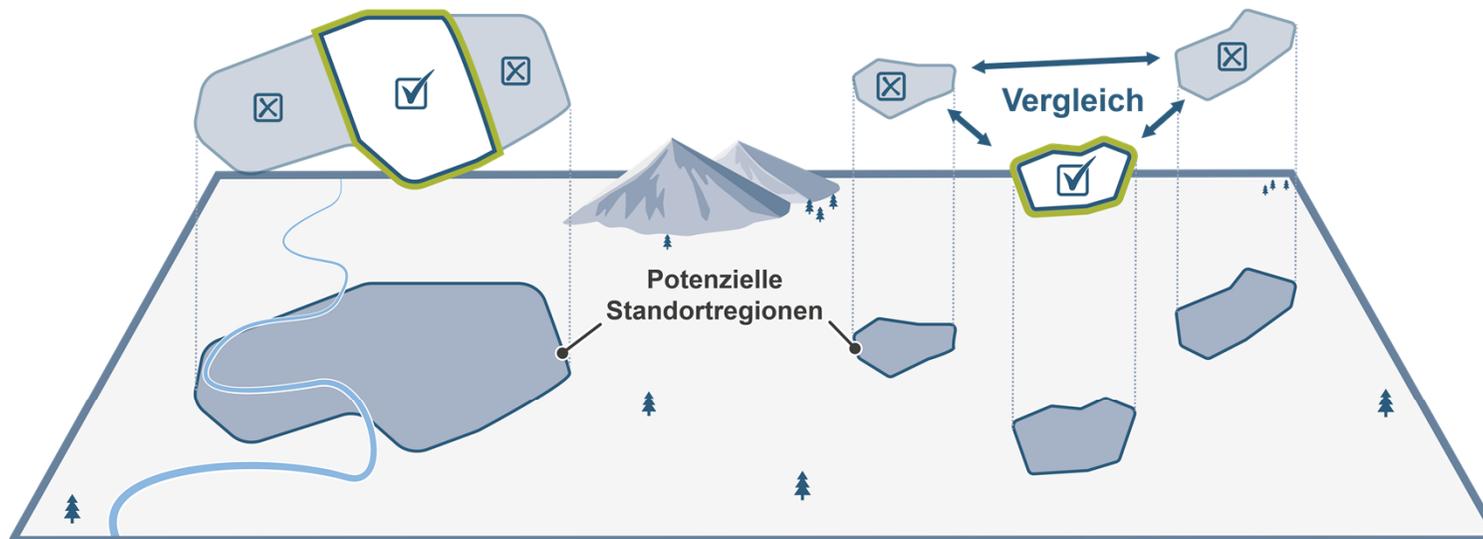
### Gewichtungsgruppe 3

8. Anlagen nach 12. Verordnung des BImSchG
9. Abbau von Bodenschätzen (inkl. Fracking)
10. Geothermische Nutzung des Untergrundes
11. Geologischer Untergrund als Erdspeicher (Druckluft, CO<sub>2</sub>-Verpressung, Gas)



# EINORDNUNG DER PLANUNGSWISSENSCHAFTLICHEN ABWÄGUNGSKRITERIEN

## Anwendungsfälle der planWK



### 1. Anwendungsfall

Eine potenzielle Standortregion soll **verkleinert** werden

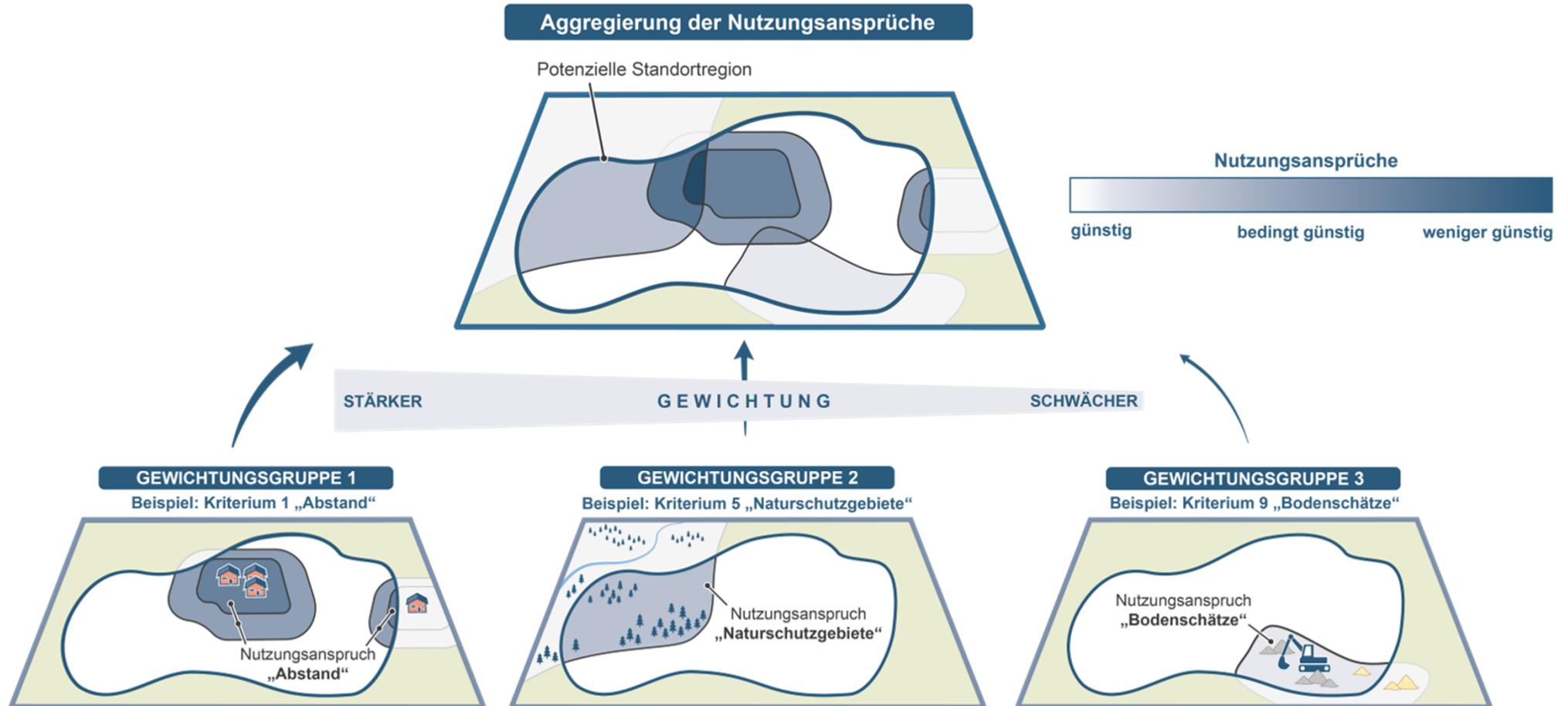
### 2. Anwendungsfall

Die **Anzahl** potenzieller Standortregionen soll **verringert** werden

- Kommen nicht zwingend zum Einsatz
  - Es werden gesellschaftliche Nutzungsansprüche bewertet
- Primat der Sicherheit:** kommen nur zum Einsatz, wenn Gebiete unter Sicherheitsaspekten gleichwertig sind!

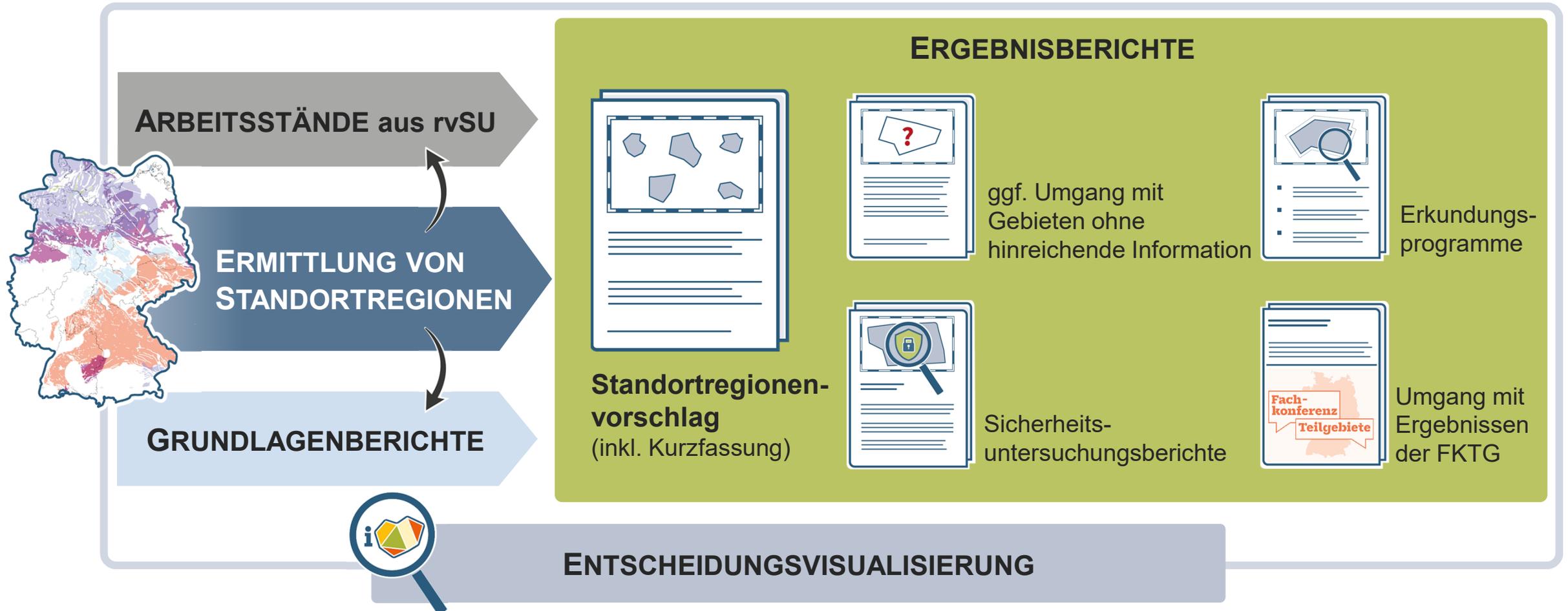
# EINORDNUNG DER PLANUNGSWISSENSCHAFTLICHEN ABWÄGUNGSKRITERIEN

## Aggregation der Nutzungsansprüche



# BERICHTSWESEN IM STANDORTAUSWAHLVERFAHREN

## Dokumentenstruktur für Standortregionenvorschlag – gem. § 14 StandAG

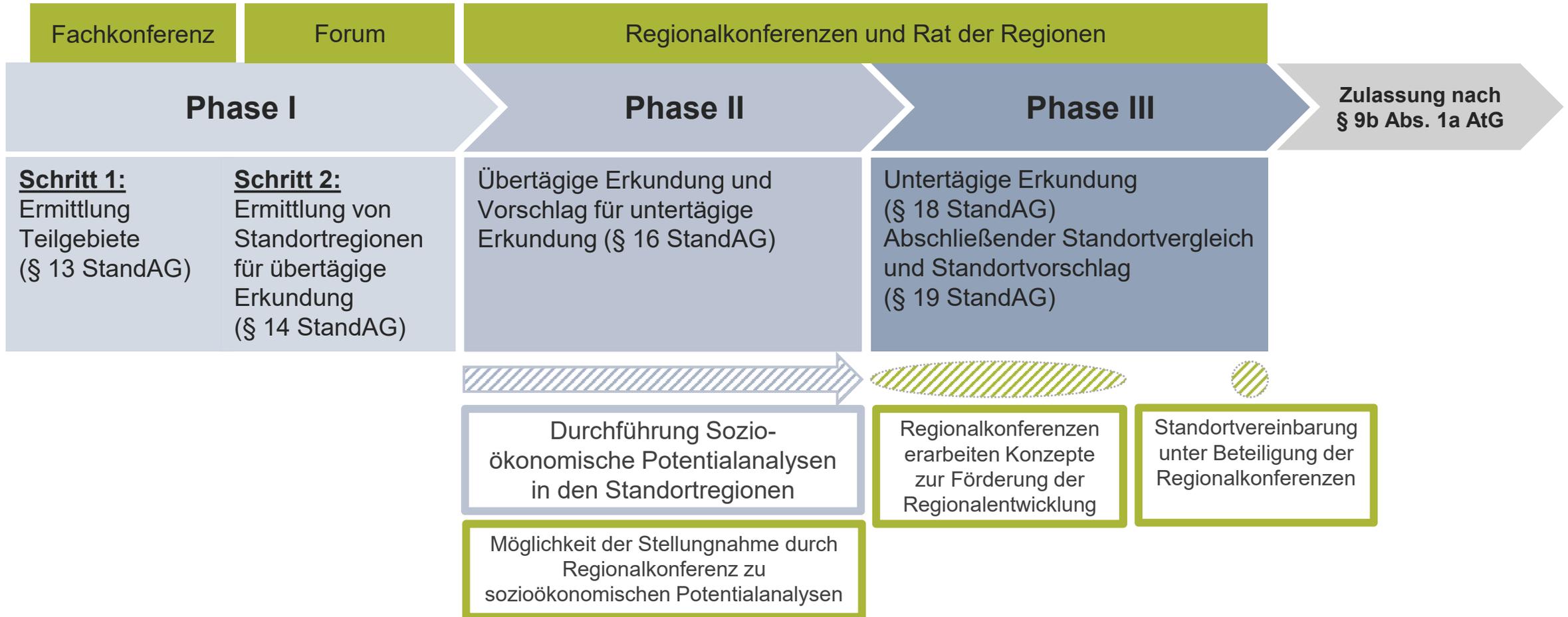




# ÜBERGANG PHASE II (SÖPA UND GENEHMIGUNG)

# 05

# SOZIOÖKONOMISCHE POTENZIALANALYSEN IM STANDORTAUSWAHLVERFAHREN



# ROLLE DER SOZIOÖKONOMISCHEN POTENZIALANALYSEN IM VERFAHREN

## Die rechtliche Grundlage: Regelung in § 16 StandAG

- StandAG: keine Festlegung zu Gegenstand, Methode und Ergebnisverwendung von sozioökonomische Potenzialanalysen

→ BGE muss Methode entwickeln

### **Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz - StandAG) § 16 Übertägige Erkundung und Vorschlag für untertägige Erkundung**

(1) Der Vorhabenträger hat die durch Bundesgesetz ausgewählten Standortregionen übertägig nach den standortbezogenen Erkundungsprogrammen zu erkunden. Auf der Grundlage der Erkundungsergebnisse hat der Vorhabenträger weiterentwickelte vorläufige Sicherheitsuntersuchungen durchzuführen. Er führt in den Standortregionen sozioökonomische Potenzialanalysen durch.

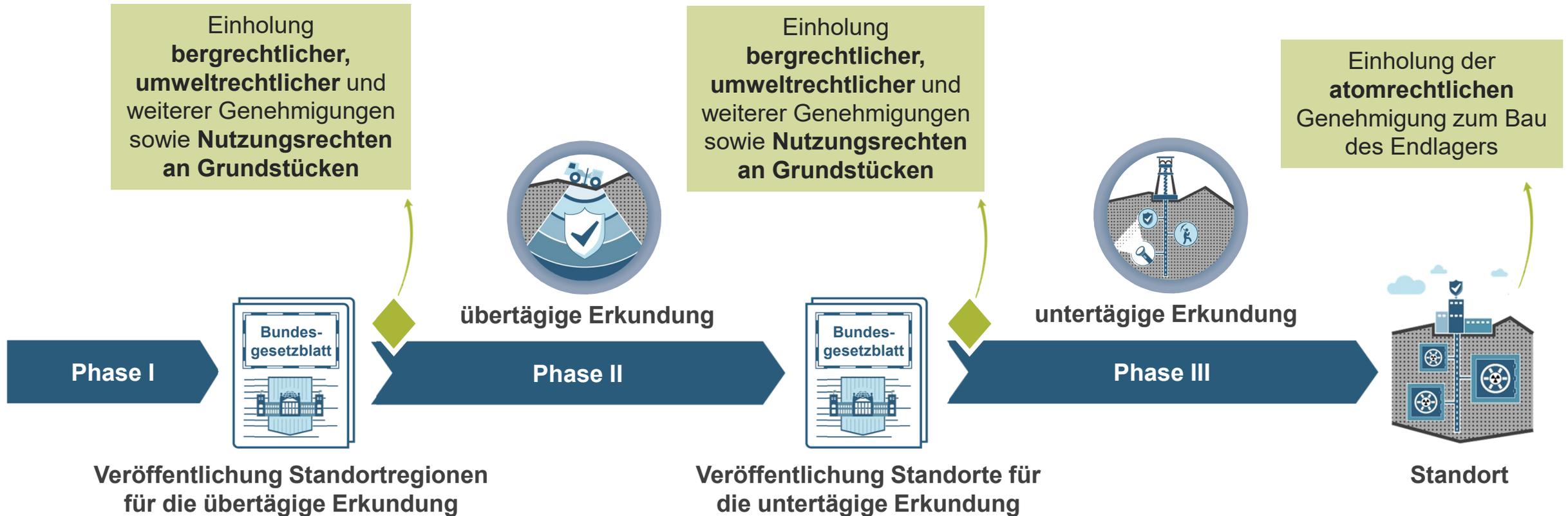
(2) Auf Grundlage der nach Absatz 1 ermittelten Ergebnisse hat der Vorhabenträger unter erneuter Anwendung der Anforderungen und Kriterien nach den §§ 22 bis 24 günstige Standorte nach Absatz 3 zu ermitteln. Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien sind nach den Vorgaben in § 25 anzuwenden. Für die Standorte nach Absatz 3 erarbeitet er Erkundungsprogramme und Prüfkriterien für die untertägige Erkundung nach Maßgabe der Anforderungen und Kriterien nach den §§ 22 bis 24 und für die Durchführung der umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen nach § 18 Absatz 1.

(3) Der Vorhabenträger übermittelt seinen Vorschlag für die untertägig zu erkundenden Standorte mit Begründung an das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung. Dabei sind auch die möglichen Umweltauswirkungen sowie sonstige mögliche Auswirkungen eines Endlagervorhabens darzustellen.

(4) Mit dem Vorschlag legt der Vorhabenträger dem Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung die Erkundungsprogramme und Prüfkriterien für die untertägige Erkundung zur Festlegung vor.

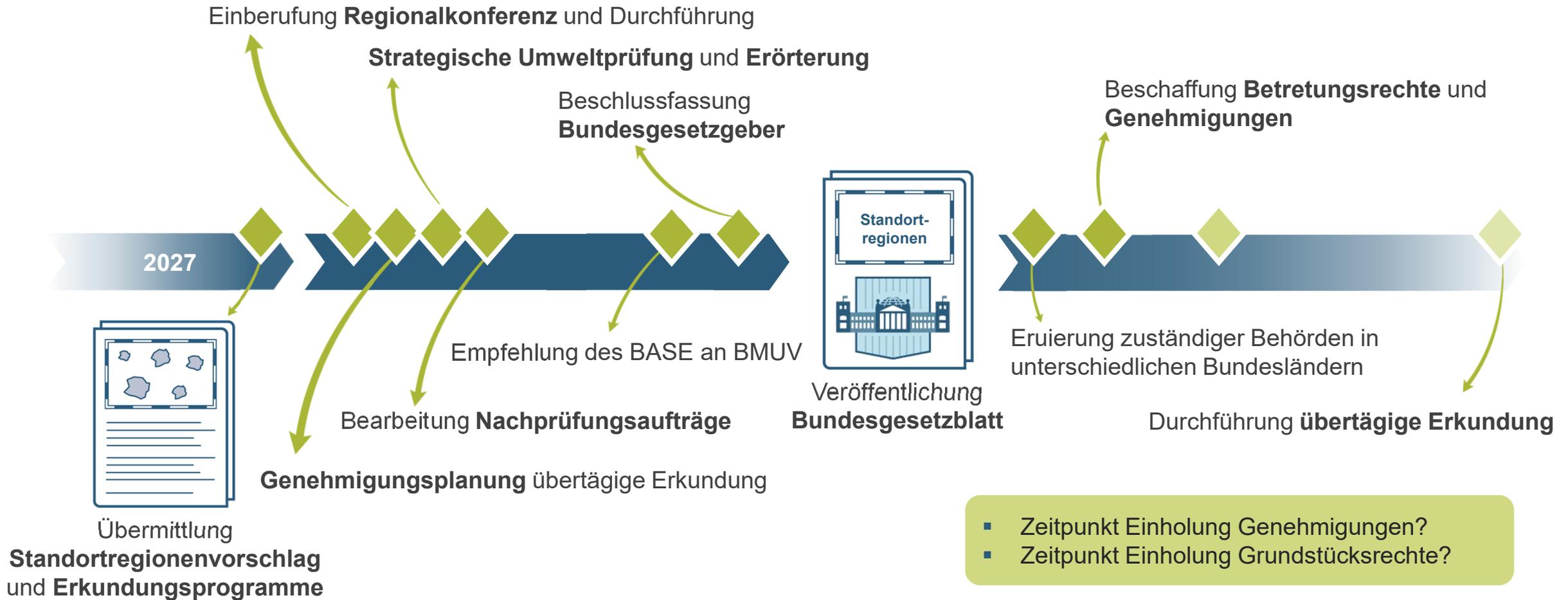
# GENEHMIGUNGSPROZESS

## Einordnung zeitlicher Verlauf vor Phase II



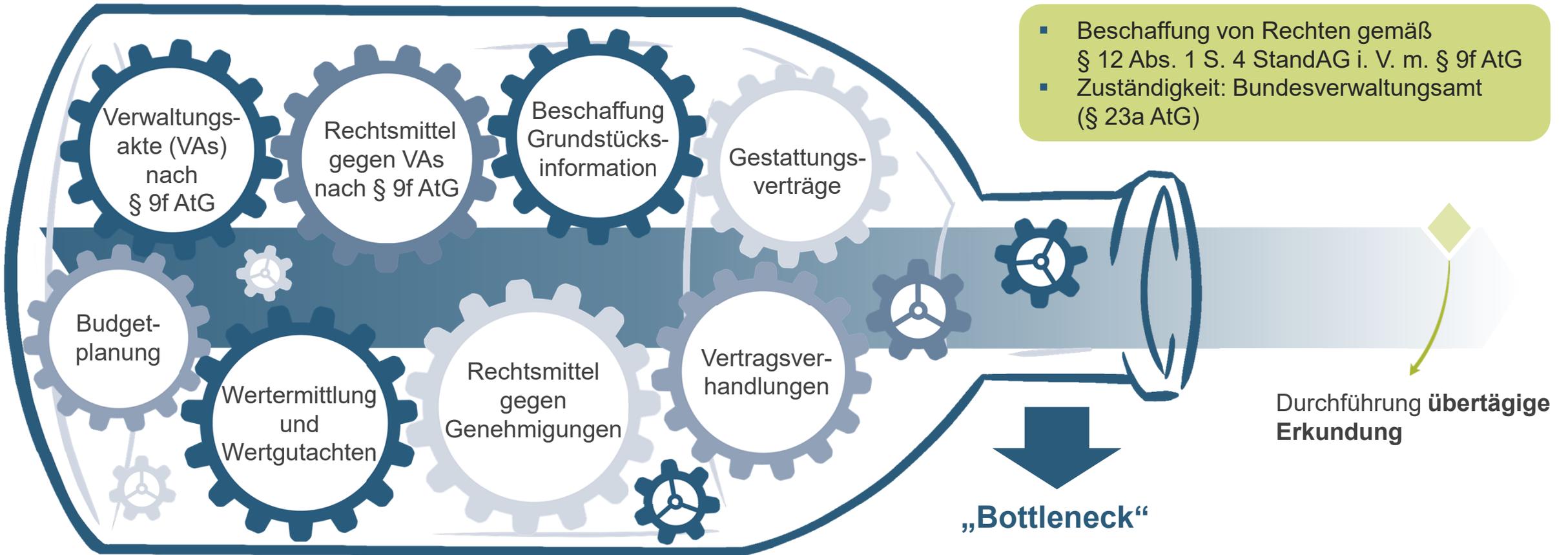
# SPANNUNGSFELD

## Am Beispiel: Genehmigungsstrategie übertägige Erkundung



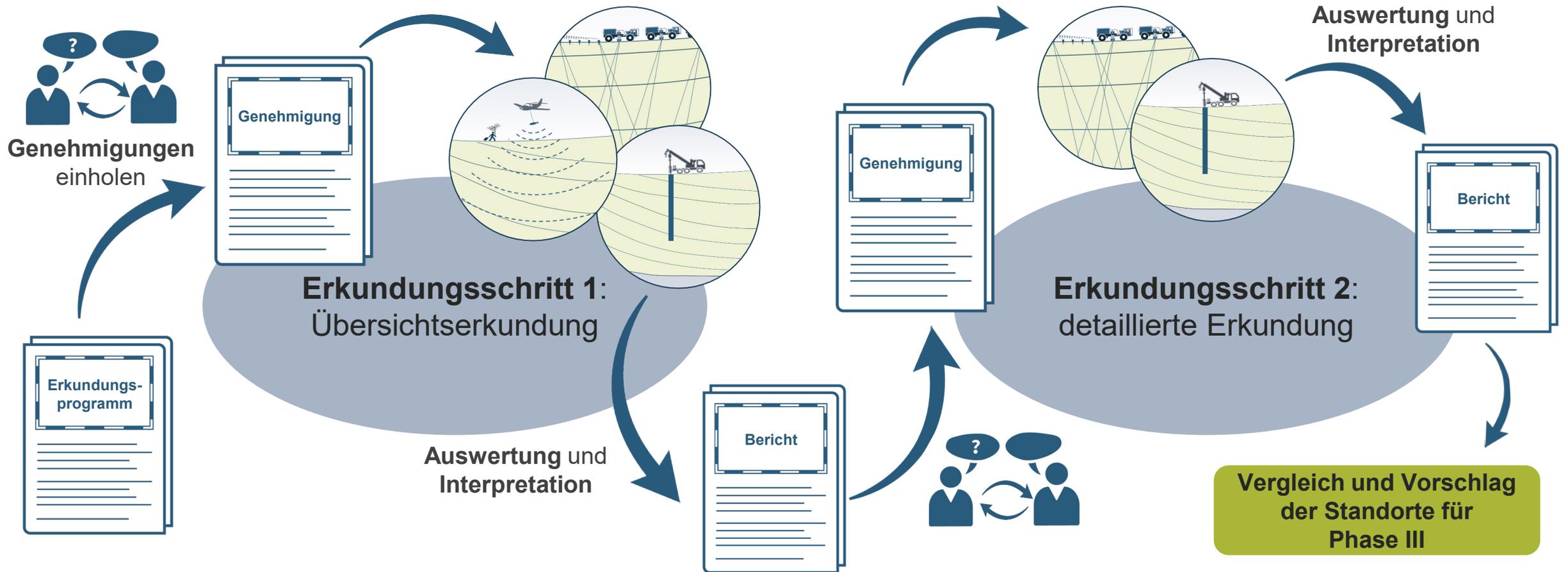
# SPANNUNGSFELD

## Am Beispiel: Beschaffung von Nutzungsrechten



# AUSBLICK AUF DIE PHASE II UND III

Derzeitiger Stand: Beispielhaftes, gestuftes Erkundungsprogramm





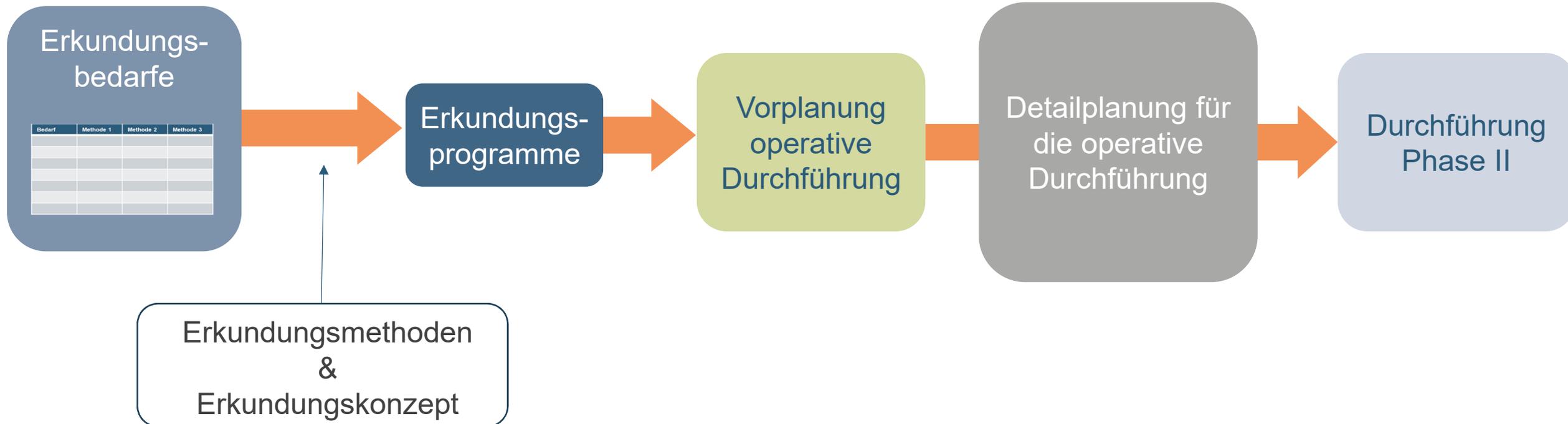
# ERKUNDUNG

Herausforderungen in Vorbereitung und Durchführung der übertägigen Erkundung

# 06

# VON DEN ERKUNDUNGSPROGRAMMEN BIS ZUR ERKUNDUNG IN PHASE II

## Zusammenhang Erkundungsbedarfe, Erkundungsprogramme und Durchführung



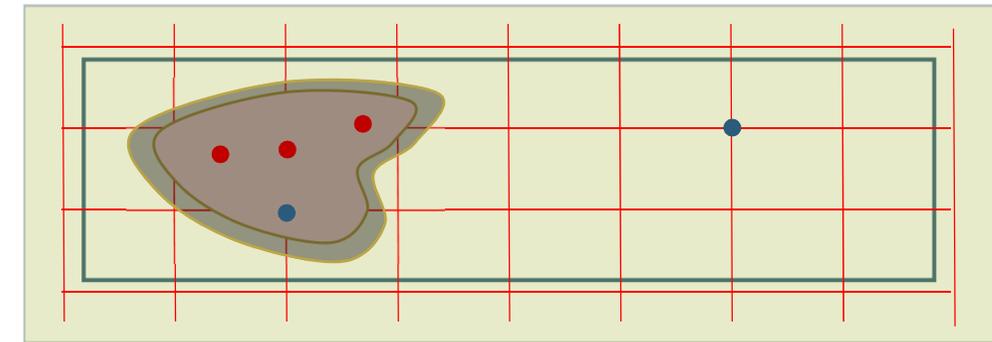
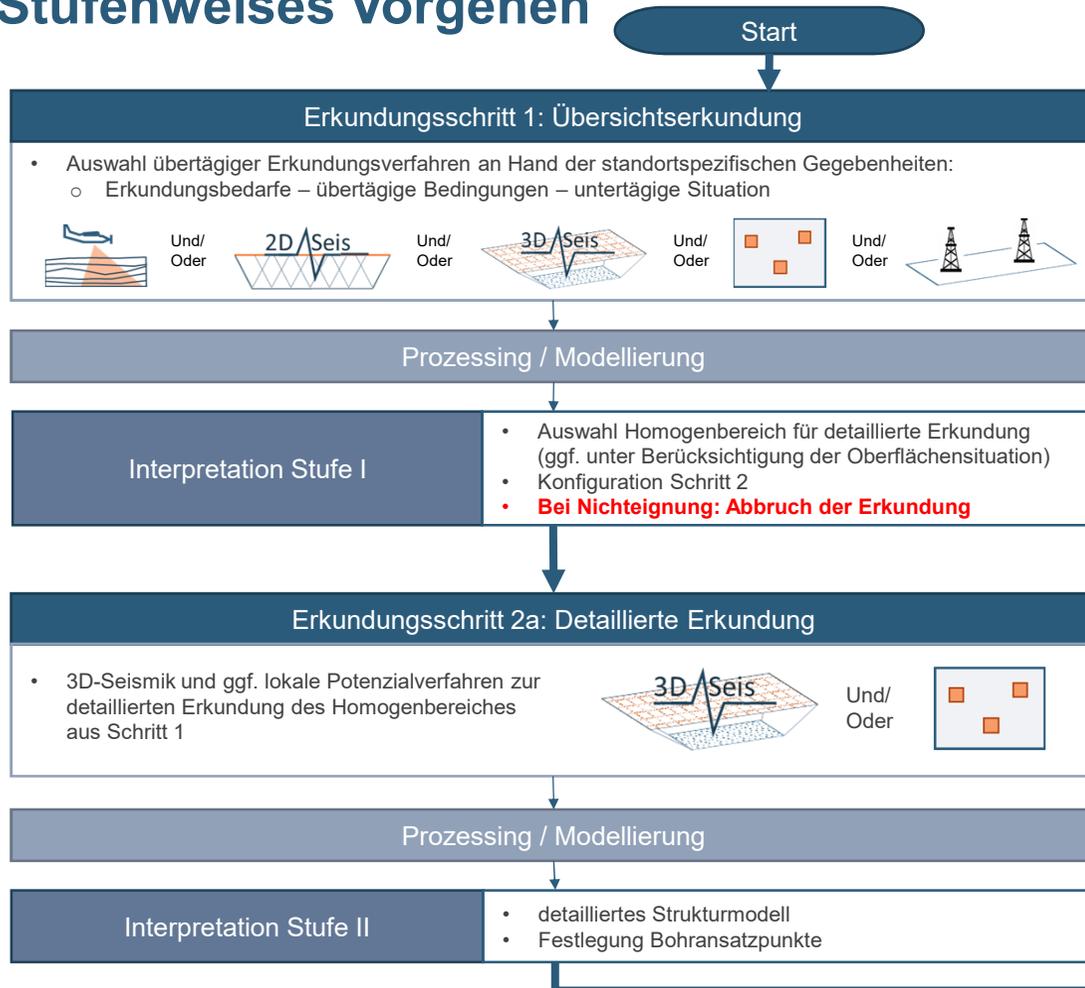
# ERMITTLUNG DER ERKUNDUNGSBEDARFE

## Beispiele für Erkundungsbedarfe

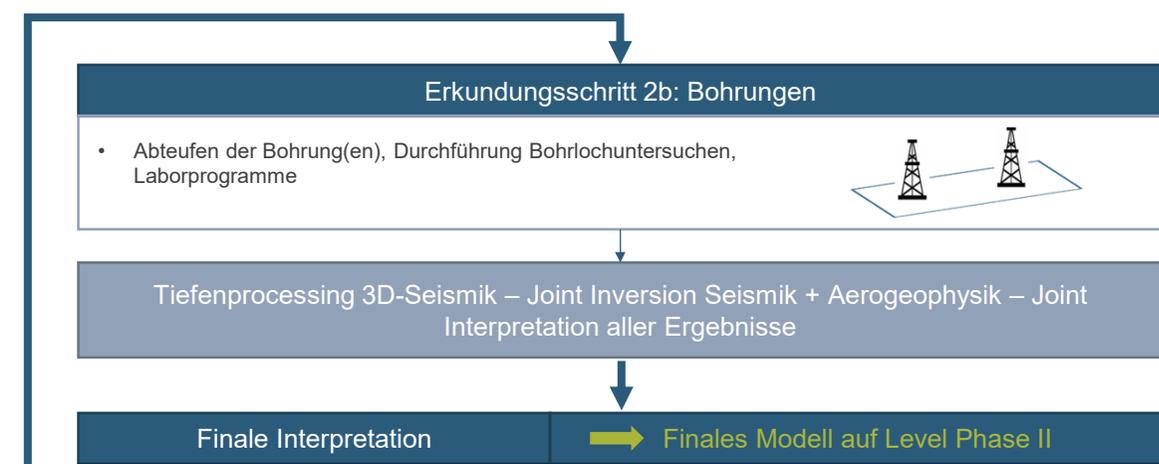
- Räumliche Lage des Wirtsgesteins: Geometrie, Tiefe, Mächtigkeit, Verbreitung
- Gesteinsparameter, Fluideigenschaften z. B. Durchlässigkeit oder Leitfähigkeit
- Barrierewirkung der Subformationen
- Barrierewirkung Deckgebirge (Karst)
- Eignung des Wirtsgesteins zur weiterführenden Untersuchung

# SYSTEMATIK ERKUNDUNG

## Stufenweises Vorgehen



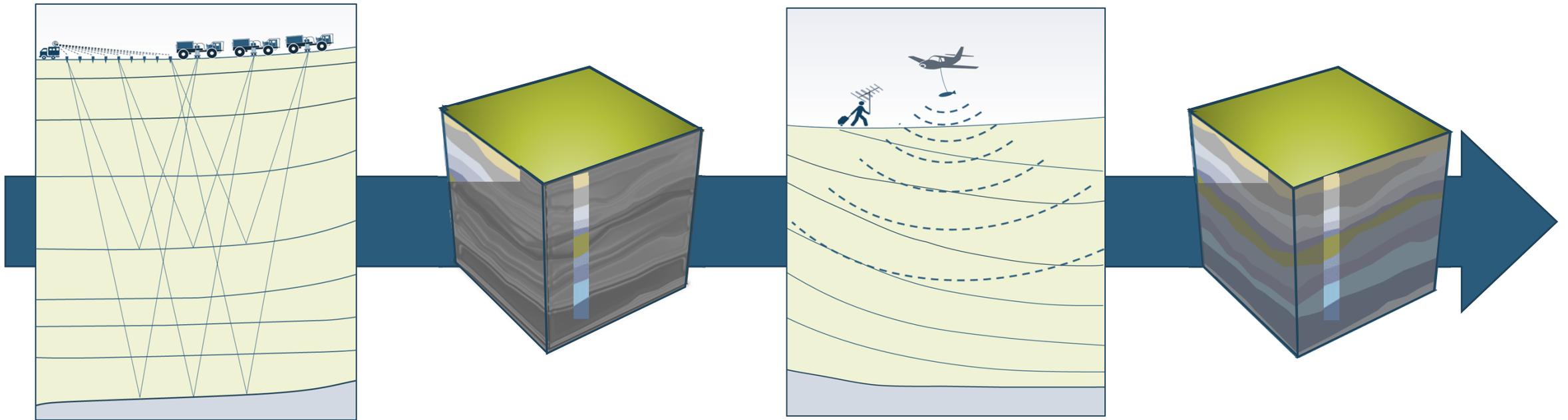
Quelle: BGE



Quelle: BGE

# ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNG IN PHASE II

## Stufe 1: oberflächengeophysikalische Erkundung



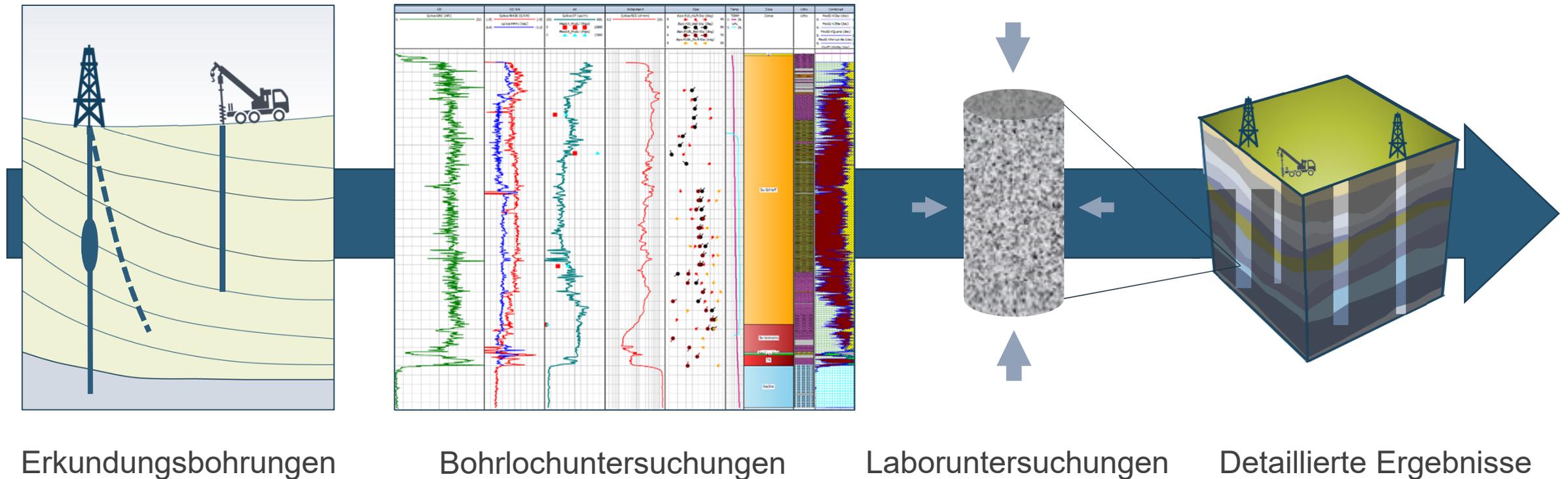
Strukturerkundung durch Seismik

Erkundung von Gesteinseigenschaften durch  
Potenzialverfahren

**„Den Strukturen Farbe verleihen“**

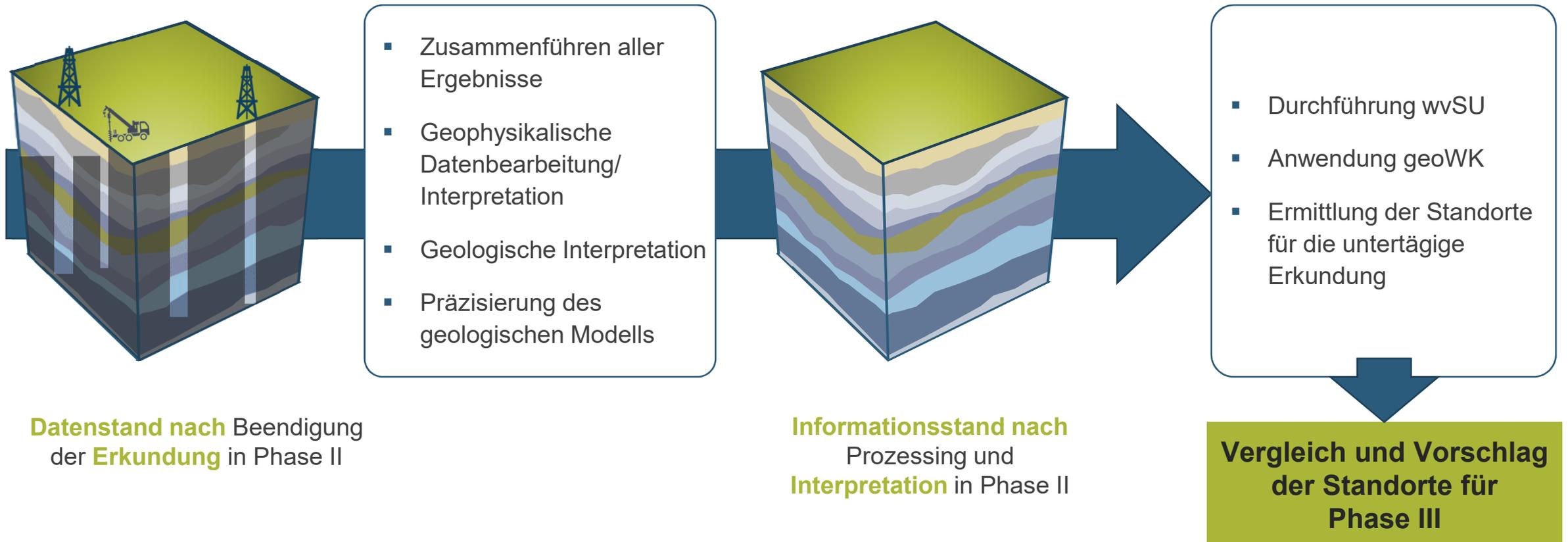
# ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNG IN PHASE II

## Stufe 2: Bohrungen, Bohrlochuntersuchungen, Laboranalytik



# ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNG IN PHASE II

## Stufe 3: Interpretation



# OPERATIVE HERAUSFORDERUNGEN PHASE II

## Planungsprämissen

- Übertägige Erkundung von 10 Standortregionen: ca. 5 x 2D-Seismiken, 10 x 3D-Seismiken, Aero-Verfahren, Potentialverfahren, 60 Bohrungen – bis zu 2 000 m tief
- Parallele Erkundung von jeweils 3 Standortregionen, dadurch jeweils gleichzeitig in 3 Standortregionen durchzuführende Arbeiten:
  - 3D-Seismik auf einer Fläche von 100 – 300 km<sup>2</sup> mit Processing und Interpretation, teilweise vorgeschaltete 2D-Seismik zur Planung des 3D Survey Designs
  - Bei Bedarf: terrestrische potenzialgeophysikalische Messungen (EM, Mag, Grav)
  - Aero-Geophysik (3 Verfahren)
  - 6 Tiefbohrungen mit Bohrlochmessungen, Tests und Laboruntersuchungen

# OPERATIVE HERAUSFORDERUNGEN PHASE II

## Voraussetzungen für eine planmäßige Durchführung

- Zeitgerechte Verfügbarkeit von Personal, Mess-, Bohrtechnik und Dienstleistungen
- Funktionierende Prozesse zur Planung und Durchführung komplexer, parallel stattfindender Erkundungskampagnen (z. B. Bohrungen, 3D-Seismik)
- Berücksichtigung des spezifischen operativen Umfeldes während der Erkundungen (z. B. 24/7 Betrieb)
- Zweckmäßige Organisationsstruktur zur Koordinierung der Erkundung und Auswertung der Daten
  - innerhalb BGE
  - zwischen BGE und Auftragnehmern
- Entwicklung und Implementierung eines QM Systems zur Erfassung und Auswertung der Erkundungsdaten
- Erfassung, Prozessierung und Interpretation der Daten (Erkundungsbedarfe) und die zeitgerechte Entscheidungsfindung zum weiteren Vorgehen

# OPERATIVE HERAUSFORDERUNGEN PHASE II

## Vorbereitende Tätigkeiten (Auszug)

- Konzeption der organisatorischen und personellen Struktur sowie des operativen Modells
- Vorbereitung aller notwendiger Dokumente und Strukturen (z. B. Geophysikalische und bohrtechnische Arbeitsprogramme, HSE Vorgaben, QAQC und Datenmanagement, Zeit- und Ablaufpläne, Reportstruktur etc.)
- Feststellen der internen und externen Schnittstellen und der Iterationsprozesse bei der Planung und Durchführung
- Erstellen der technischen Detailprogramme
- Systementwicklung zum „smart scheduling“ zur Minimierung von Wartezeiten
- Einbeziehung der „lessons learned“ ähnlicher Unternehmungen
- Forschungsprojekte zu Meßmethoden und weiteren relevanten Erkundungsthemen (z. B. Bohrungsintegrität)



**ANSPRUCH: WIR STREBEN NACH OPERATIVER EXZELLENZ UND HÖCHSTEN STANDARDS BEI QUALITÄT, SICHERHEIT UND UMWELTSCHUTZ**



# BEHÄLTER / INVENTARE UND ÜBERTÄGIGE ANLAGEN

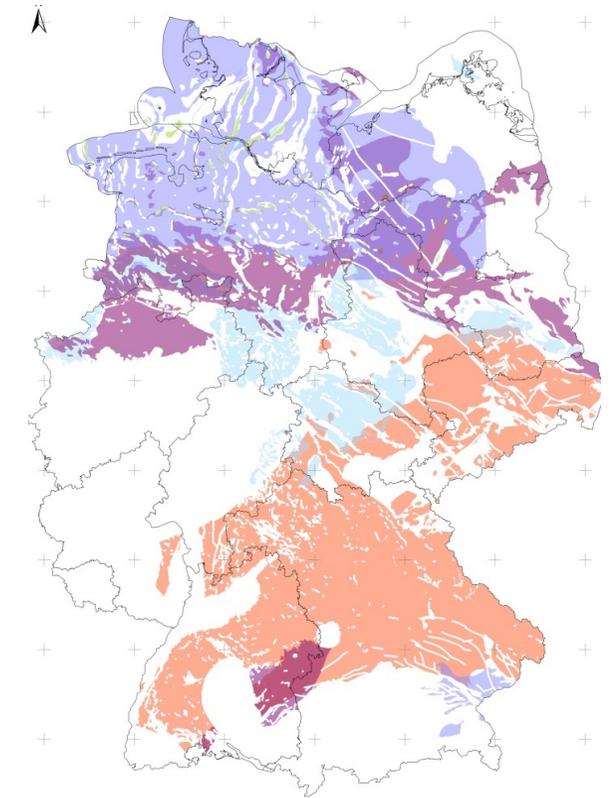
# 07

# BEHÄLTERENTWICKLUNG

## Endlagerbehälterentwicklung im Standortauswahlverfahren

- BGE ist seit 2019 für die Endlagerbehälterentwicklung zuständig
- Ab Phase II des Standortauswahlverfahrens werden Konzepte für Endlagerbehälter benötigt:
  - Ableitung der Eigenschaften und zukünftige Entwicklungen der technischen Barriere „Endlagerbehälter“
  - Abstimmung der Wechselwirkung im Mehrbarrierensystem
  - Durchführung weiterer vorläufiger Sicherheitsuntersuchungen
  - Konkretisierung der vorläufigen Endlagerauslegung
- Anforderungen ergeben sich aus den geologischen Eigenschaften des Wirtsgesteins, dem wirtsgesteinsabhängigen vorläufigen Sicherheitskonzept der wirtsgesteinsabhängigen vorläufigen Endlagerauslegung, der Rückholbarkeit der Endlagerbehälter und der Grenztemperatur an der Behälteroberfläche

 Entwicklung von Behälterkonzepten für alle möglichen Wirtsgesteine



Quelle: BGE;  
Geodatenbasis  
© GeoBasis-DE  
/ BKG 2020

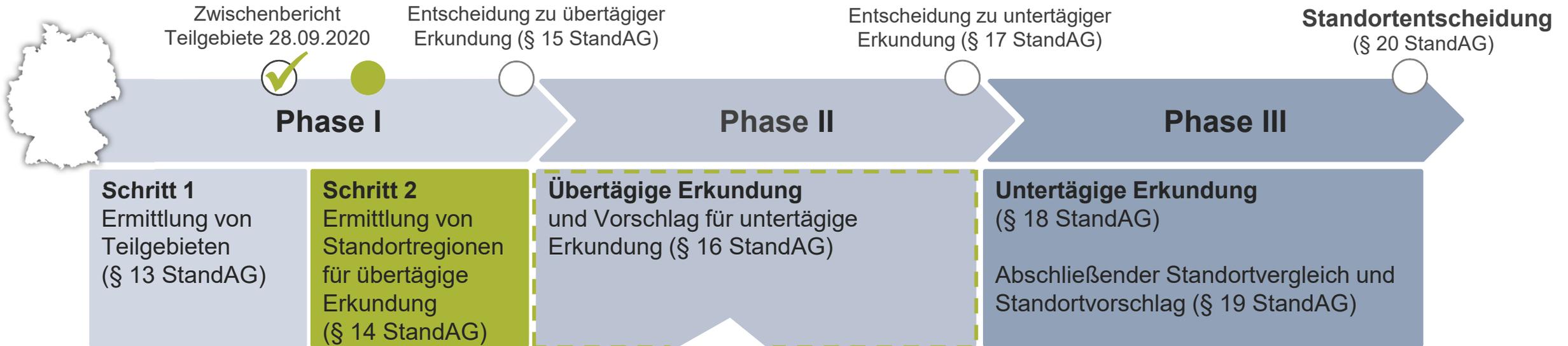
# DIE ABTEILUNG ENDLAGERPLANUNG

## Tätigkeitsschwerpunkte

- Entwicklung von bis zu 3 Behälterkonzepten je Wirtsgestein, da diese differenzierte Randbedingungen aufweisen.
  - Behälterintegrität, Einschluss der radioaktiven Stoffe, Rückholbarkeit / Bergbarkeit
- Beschaffung, Aufbereitung und Auswertung aller Inventardaten die für die Auslegung von Behältern und deren Handhabung notwendig sind.
  - Berechnungen u. a. zur Unterkritikalität, Dosisleistungsbegrenzung und Wärmeleistung
- Planung der übertägigen Anlagen inklusive der Konditionierung von hochradioaktiven Abfällen bis zur Einlagerung am
  - Definition der Anforderungen vor allem im Hinblick auf den Strahlenschutz, der Handhabung, sowie der Ermittlung des Flächenbedarf; Nachweisstrategie

# STANDORTAUSWAHLVERFAHREN

## Zeitliche Einordnung der laufenden Behälterentwicklungsprojekte

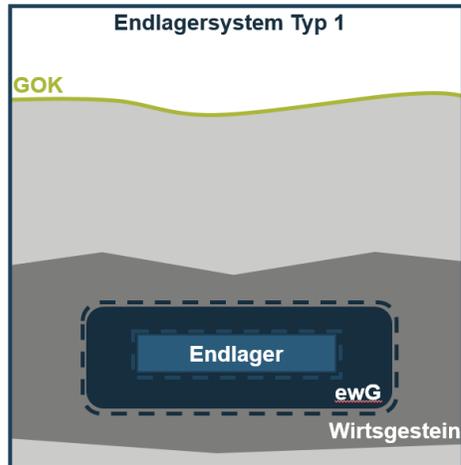


Die Ergebnisse der Behälterkonzeptentwicklung fließen in die weiterentwickelten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (wvSU) der Phase 2 des Standortauswahlverfahrens ein



# EINFLUSS DER ENDLAGERSYSTEME AUF DIE ENDLAGERBEHÄLTERENTWICKLUNG

## Endlagersystem Typ 1



Wirtsgestein

Steinsalz, Tongestein, Kristallingestein

Wesentliche Barriere

Einschlusswirksamer Gebirgsbereich (ewG)

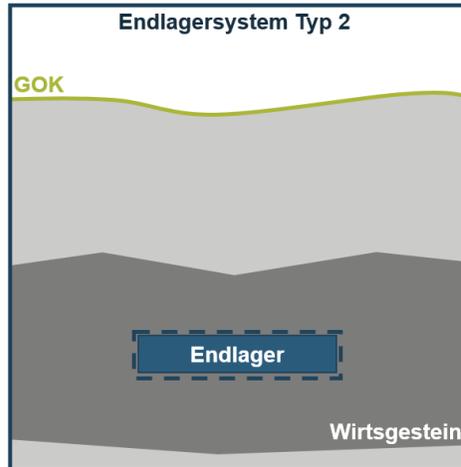
Einlagerungsbereich

Innerhalb eines ewG

Ausdehnung ewG

Radionuklidtransportberechnungen

## Endlagersystem Typ 2



Wirtsgestein

Kristallingestein

Wesentliche Barriere

Technische und geotechnische Barriere

Wirtsgestein ist keine wesentliche Barriere

→ Nachweis der Behälterintegrität für 1 Million Jahre

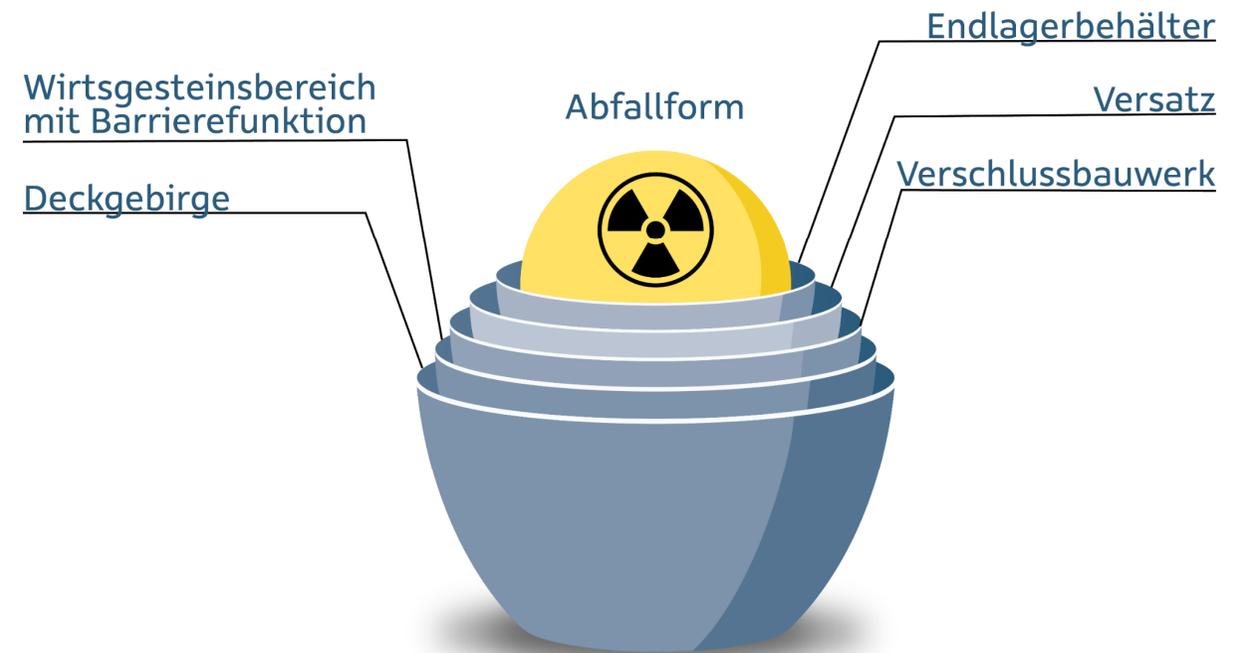
# BEDEUTUNG DER ENDLAGERPLANUNG IN DER PHASE I DES VERFAHRENS

## Anforderungen Behälterentwicklung

**Anforderungen** ergeben sich aus:

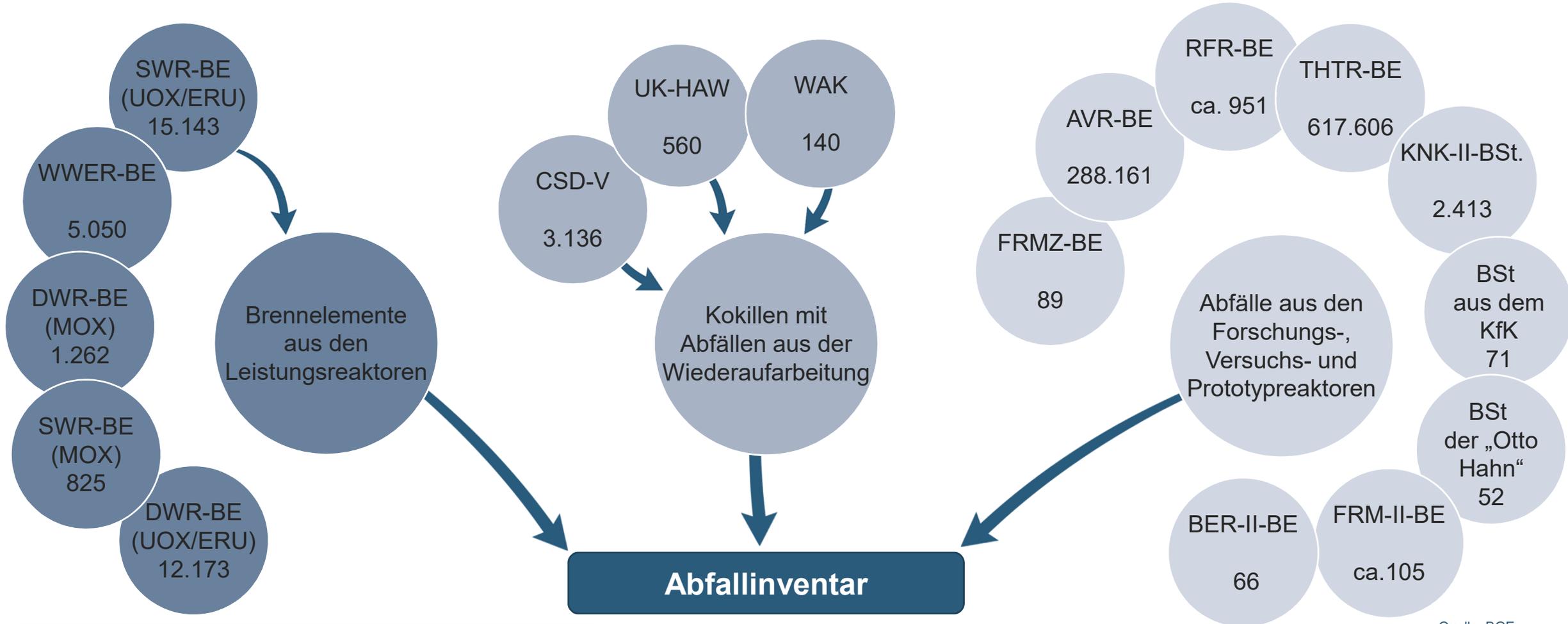
- geologischen Eigenschaften des Wirtsgesteins
- wirtsgesteinsabhängigen vorläufigen Sicherheitskonzept
- wirtsgesteinsabhängigen vorläufigen Endlagerauslegung
- Rückholbarkeit der Endlagerbehälter
- Grenztemperatur an der Behälteroberfläche

➔ Entwicklung von Behälterkonzepten für alle möglichen Wirtsgesteine – Salzgestein, Tongestein, Kristallines Wirtsgestein



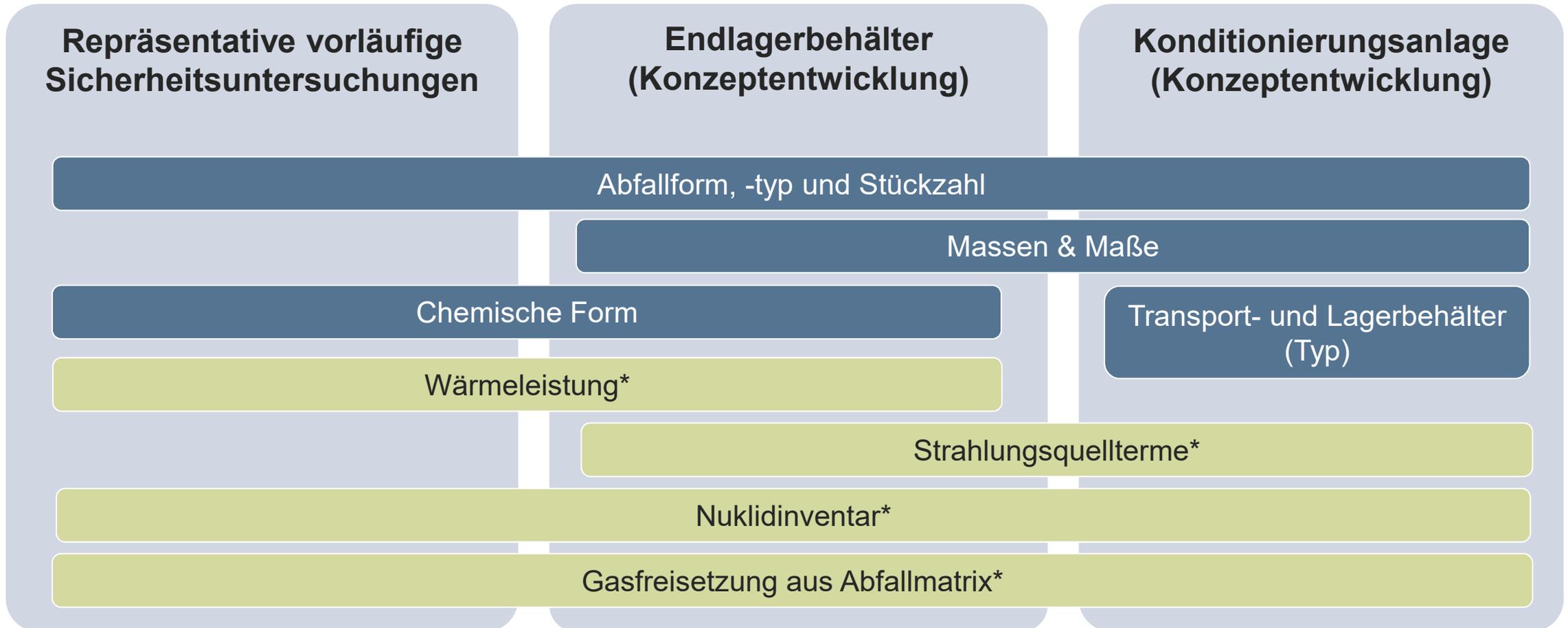
# INVENTAR DATEN

## Für die rvSU zusammengetragenes Abfallinventar



# INVENTARDATENBEDARFE

Welche Informationen benötigen wir *aktuell*?

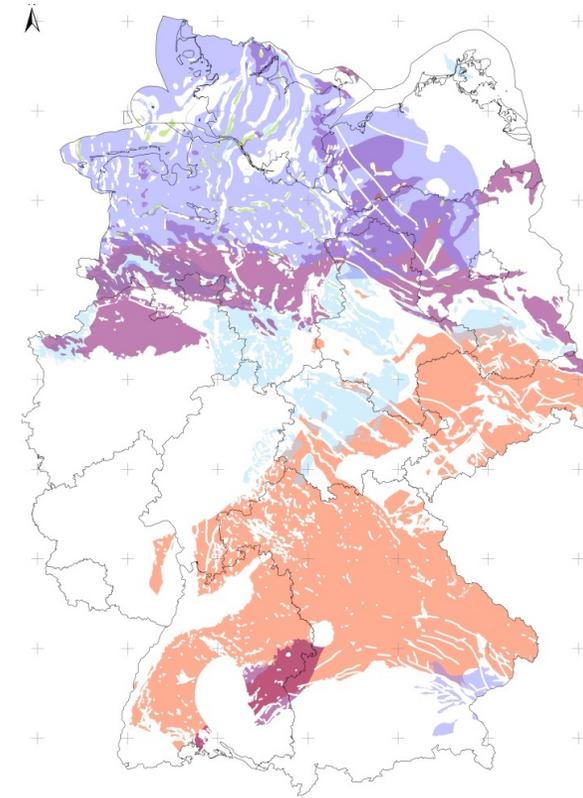


\*explizit zeitabhängige Größen

# BEDEUTUNG DER ÜBERTÄGIGEN ANLAGENPLANUNG IN DER PHASE I DES VERFAHRENS

## Aktueller Stand der übertägigen Endlagerplanung

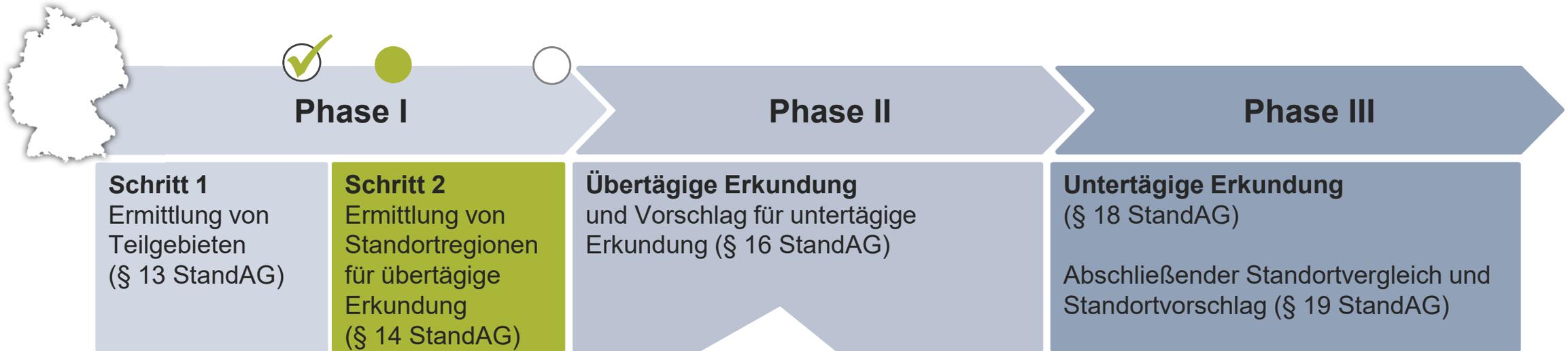
- Übertägige Anlagenplanung muss für alle Standortregionen in Phase 2 gelten
  - Standortregionen derzeit unbekannt
  - Generische standortunabhängige Endlagerplanung unter Berücksichtigung aller Teilgebiete
  - Planungen haben auf einem weißen Blatt Papier 2023 gestartet
- ➔ Anforderungen des Strahlenschutzes sind für einen Anforderungskatalog für die konzeptionellen Konzepte abgeleitet worden



Quelle: BGE;  
Geodatenbasis  
© GeoBasis-DE  
/ BKG 2020

# ÜBERTÄGIGE ANLAGENPLANUNG

## Zeitliche Einordnung der übertägigen Anlagenplanung



Die Ergebnisse der Anlagenplanung fließen in die weiterentwickelten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (wvSU) der Phase 2 des Standortauswahlverfahrens ein



# VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT! SIE WOLLEN NOCH EINMAL NACHLESEN?



[Zwischenbericht Teilgebiete mit allen Unterlagen und Anlagen](#)

[Interaktive Karte mit allen Teilgebieten und den ausgeschlossenen Gebieten](#)

[Interaktive Einführung zur Erstellung des Zwischenberichts](#)

[Steckbriefe für die Gebiete zur Methodenentwicklung](#)

[Arbeitsstand Methodik repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen](#)

[NBG-Gutachten zur Methodenentwicklung](#)



[Arbeitsstand Methodik Anwendung der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien](#)

[Vorgehen zur Ermittlung von Standortregionen aus den Teilgebieten](#)



[Stellungnahmen und fachliche Einordnungen der BGE](#)

[Ihre Fragen und unsere Antworten](#)

[Datenbank Fachkonferenz Teilgebiete](#)

# ABKÜRZUNGEN (1/3)

<b>AK</b>	Ausschlusskriterien
<b>ANDRA</b>	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs
<b>AtG</b>	Atomgesetz
<b>BGE TEC</b>	BGE TECHNOLOGY
<b>BGR</b>	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
<b>BImSchG</b>	Bundes-Immissionsschutzgesetz
<b>BNatSchG</b>	Bundesnaturschutzgesetz
<b>CatchNet</b>	CATCH Network
<b>DECOVALEX</b>	DEvelopment of COupled models and their VALidation against EXperiments
<b>ELB</b>	Endlagerbehälter
<b>EndSiUntV</b>	Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung
<b>EURAD</b>	European Joint Programme in Radioactive Waste Management
<b>ewG</b>	Einschlusswirksamer Gebirgsbereich
<b>F&amp;E</b>	Forschung und Entwicklung
<b>FEP</b>	Features, Events and Processes
<b>FKTG</b>	Fachkonferenz Teilgebiete

# ABKÜRZUNGEN (2/3)

<b>geoWK</b>	Geowissenschaftliche Abwägungskriterien
<b>GFZ</b>	GeoForschungsZentrum
<b>GRS</b>	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
<b>HSE</b>	Health and Safety Executive
<b>IGD-TP</b>	Implementing Geological Disposal of radioactive waste Technology Platform
<b>KIT-INE</b>	Institut für Nukleare Entsorgung des Karlsruher Instituts für Technologie
<b>MA</b>	Mindestanforderungen
<b>NAGRA</b>	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
<b>OECD-NEA</b>	Organisation for Economic Co-operation and Development – Nuclear Energy Agency
<b>OWF</b>	OpenWorkFlow
<b>PIK</b>	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
<b>planWK</b>	Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien
<b>QA</b>	Quality Assurance
<b>QC</b>	Quality Control
<b>QM</b>	Quality Management

# ABKÜRZUNGEN (3/3)



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

<b>rvSU</b>	Repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
<b>SKB</b>	Svensk Kärnbränslehantering
<b>SMA</b>	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle
<b>SöPA</b>	Sozioökonomische Potenzialanalysen
<b>STA</b>	Standortauswahl
<b>StandAG</b>	Standortauswahlgesetz
<b>TG</b>	Teilgebiet
<b>TransPyREnd</b>	Transportmodell in Python für Radionuklide aus einem Endlager
<b>TUBAF</b>	Technische Universität Bergakademie Freiberg
<b>UFZ</b>	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
<b>UR</b>	Untersuchungsraum
<b>URS</b>	Uncertainties and Robustness with regard to the Safety of a repository for high-level radioactive waste
<b>WbB</b>	Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion
<b>WG</b>	Wirtsgestein
<b>wvSU</b>	Weiterentwickelte vorläufige Sicherheitsuntersuchungen

# LITERATUR

- AtG: Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2153) geändert worden ist. AtG.
- BImSchG: Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 11 Absatz 3 des Gesetzes vom 26. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 202) geändert worden ist. BImSchG.
- BNatSchG: Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 8. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2240) geändert worden ist. BNatSchG.
- Behrens, C.; Bjorge, M.; Renz, A.; Müller, P.; Gelleszun, M.; Miro, S.; Kreye, P.; Rühaak, W. (2024): Numerische Modelle in Sicherheitsuntersuchungen für die Endlagersuche: Möglichkeiten und Grenzen. Grundwasser, Bd. 29 (1). S. 17 – 30. ISSN 1430-483X. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00767-023-00562-5>
- Behrens, C.; Luijendijk, E.; Kreye, P.; Panitz, F.; Bjorge, M.; Gelleszun, M.; Renz, A.; Miro, S.; Rühaak, W. (2023): TransPyREnd: a code for modelling the transport of radionuclides on geological timescales. Adv. Geosci., Bd. 58. S. 109 – 119. ISSN 1680-7359. DOI: <https://doi.org/10.5194/adgeo-58-109-2023>

# LITERATUR

- EndlSiUntV: Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094, 2103)
- Kurgyis, K., Achtziger-Zupančič, P., Bjorge, M., Boxberg, M. S., Broggi, M., Buchwald, J., ... & Rūhaak, W. (2024). Uncertainties and robustness with regard to the safety of a repository for high-level radioactive waste: introduction of a research initiative. *Environmental Earth Sciences*, 83(2), 82.
- Lehmann, C., Bilke, L., Buchwald, J., Graebeling, N., Grunwald, N., Heinze, J., ... & Kolditz, O. (2024). OpenWorkFlow—Development of an open-source synthesis-platform for safety investigations in the site selection process. *Grundwasser*, 29(1), 31-47.
- StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88) geändert worden ist



## BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

STANDORTAUSWAHL

Eschenstraße 55 | 31224 Peine

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



Die Newsletter der BGE

