



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

AKTUELLER STAND DER ENDLAGERSUCHE

Behördenseminar der
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS)

LISA SEIDEL, THOMAS BEVER
Online-Veranstaltung, 15.12.2022

AKTUELLER STAND DER ENDLAGERSUCHE

01

STANDORTAUSWAHLVERFAHREN

02

REPRÄSENTATIVE VORLÄUFIGE
SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

03

PLANUNGSWISSENSCHAFTLICHE ABWÄGUNGSKRITERIEN

AKTUELLER STAND DER ENDLAGERSUCHE



04

STANDORTBEZOGENE ERKUNDUNGSPROGRAMME FÜR
ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNG IN PHASE II

05

ENDLAGERBEHÄLTERENTWICKLUNG

06

AUSBLICK

ALLGEMEINES ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS (1/2)

AP	Arbeitspaket(e)
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
ELBRock	BGE-Vergabeprojekt „Endlagerbehälterentwicklung für Kristallingestein“ (Englisch: Crystalline Rock)
EndSiUntV	Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung
ewG	einschlusswirksamer Gebirgsbereich
FKTG	Fachkonferenz Teilgebiete
geoWK	geowissenschaftliche Abwägungskriterien
GOK	Geländeoberkante
PFE	Planungsgruppe Forum Endlagersuche

ALLGEMEINES ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS (2/2)

planWK	planungswissenschaftliche Abwägungskriterien
rvSU	repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
safeND	„safe Nuclear Disposal“. Statuskonferenz des BASE
StandAG	Standortauswahlgesetz
TLB	Transport- und Lagerbehälter
vSU	vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
W+T	Wissenschaft und Technik
wvSU	weiterentwickelte vorläufige Sicherheitsuntersuchungen



STANDORT- AUSWAHLVERFAHREN

01

STANDORTAUSSWAHLVERFAHREN

Grundprinzipien des Verfahrens

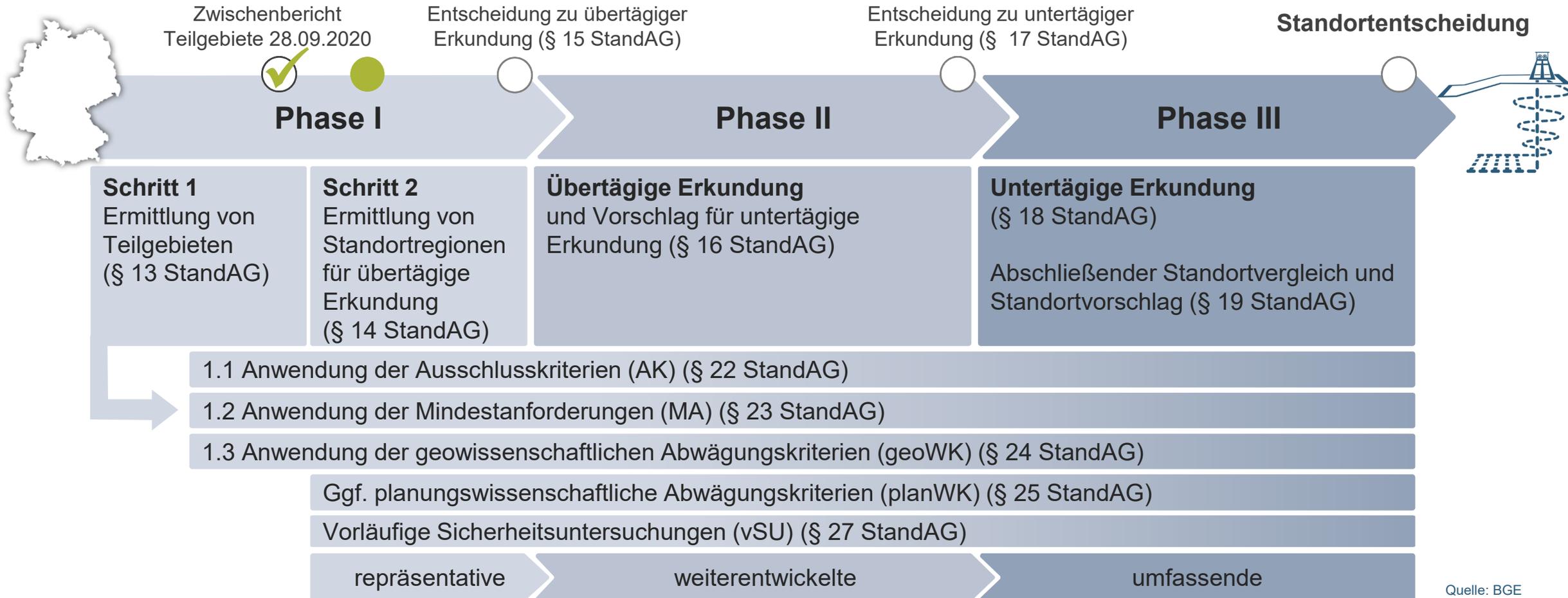


Quelle: BGE

- Standort in der Bundesrepublik Deutschland
- tiefengeologische Lagerung
- bestmögliche Sicherheit für einen Zeitraum von 1 Million Jahren
- Rückholbarkeit während des Einlagerungsbetriebes
- Bergbarkeit für 500 Jahre nach Verschluss des Bergwerkes
- Endlagerung von schwach- und mittelradioaktivem Abfall am Standort zulässig, wenn die gleiche bestmögliche Sicherheit des Standortes wie bei der alleinigen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gewährleistet ist
- partizipatives, wissenschaftsbasiertes, transparentes, selbsthinterfragendes und lernendes Verfahren

STANDORTAUSWAHLVERFAHREN

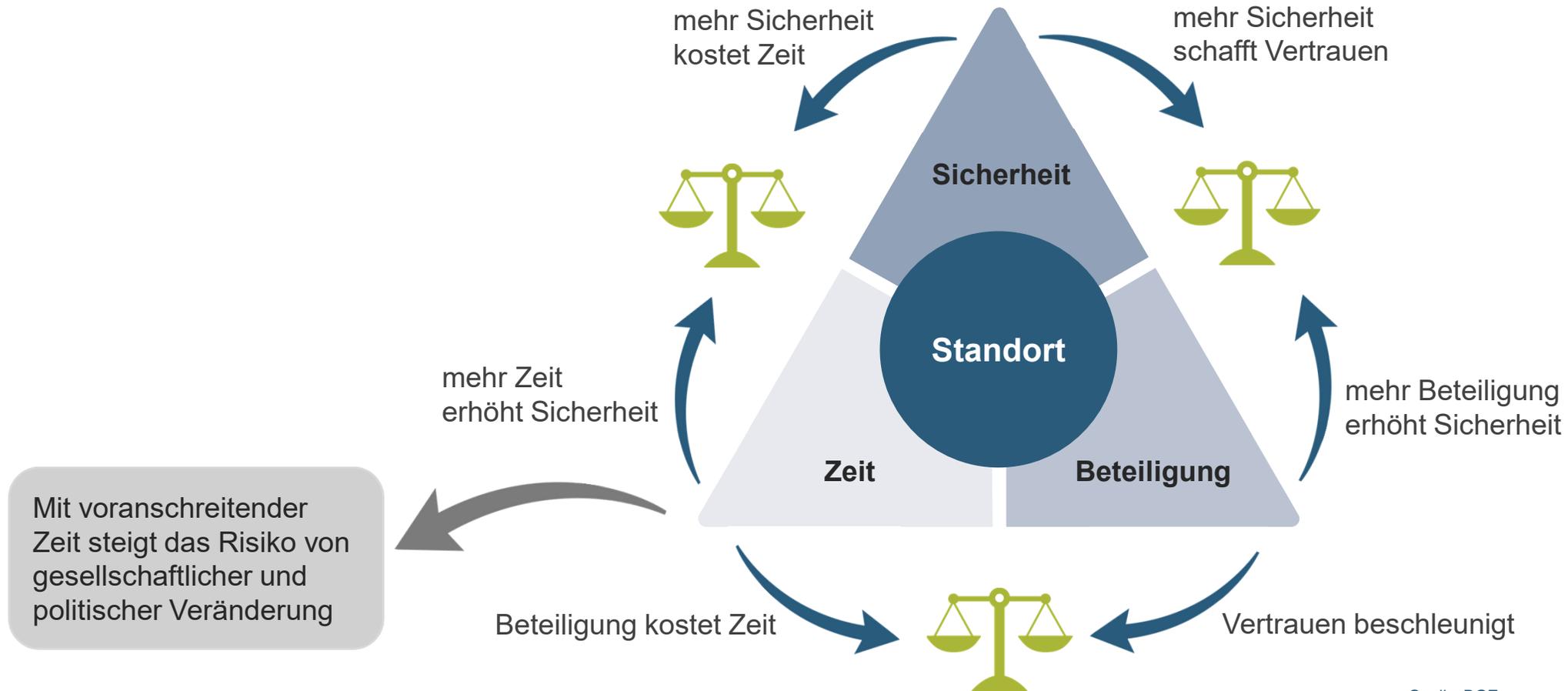
Ablauf der Verfahrensschritte



Quelle: BGE

STANDORTAUSWAHLVERFAHREN

Zieldreieck zur Endlagersuche



Quelle: BGE

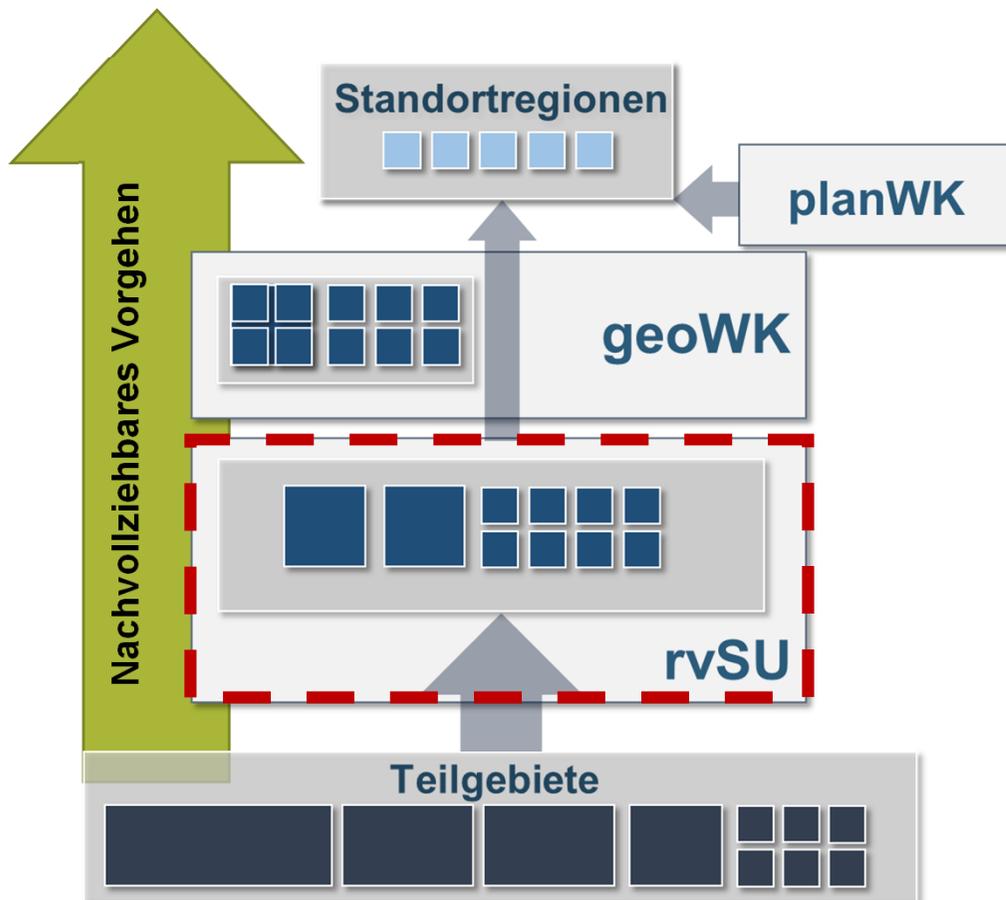


REPRÄSENTATIVE VORLÄUFIGE SICHERHEITS- UNTERSUCHUNGEN

02

VON TEILGEBIETEN ZU STANDORTREGIONEN

Die rvSU als Baustein der Ermittlung von Standortregionen



Quelle: BGE

Anwendung der **planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien (planWK)** nach Maßgabe § 25 StandAG

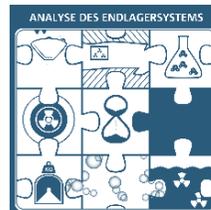
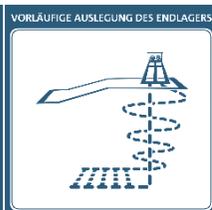
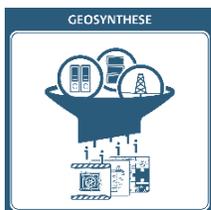
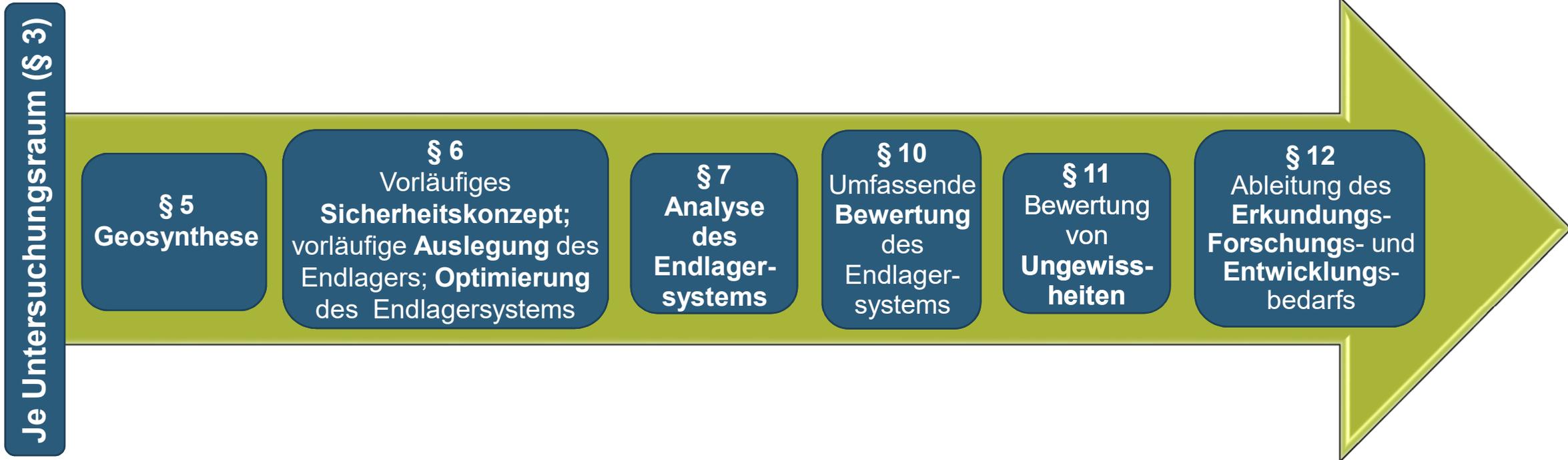
Parametrisierung und Bewertung der Relevanz von **geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK)** und deren Anwendung auf jeden Untersuchungsraum

Geowissenschaftliche Charakterisierung jedes Untersuchungsraums inklusive Anwendung der Ausschlusskriterien (AK) und Mindestanforderungen (MA)

Identifikation von **Untersuchungsräumen (UR)** und Anwendung der **repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchung (rvSU)** auf jeden Untersuchungsraum (UR)

REPRÄSENTATIVE VORLÄUFIGE SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

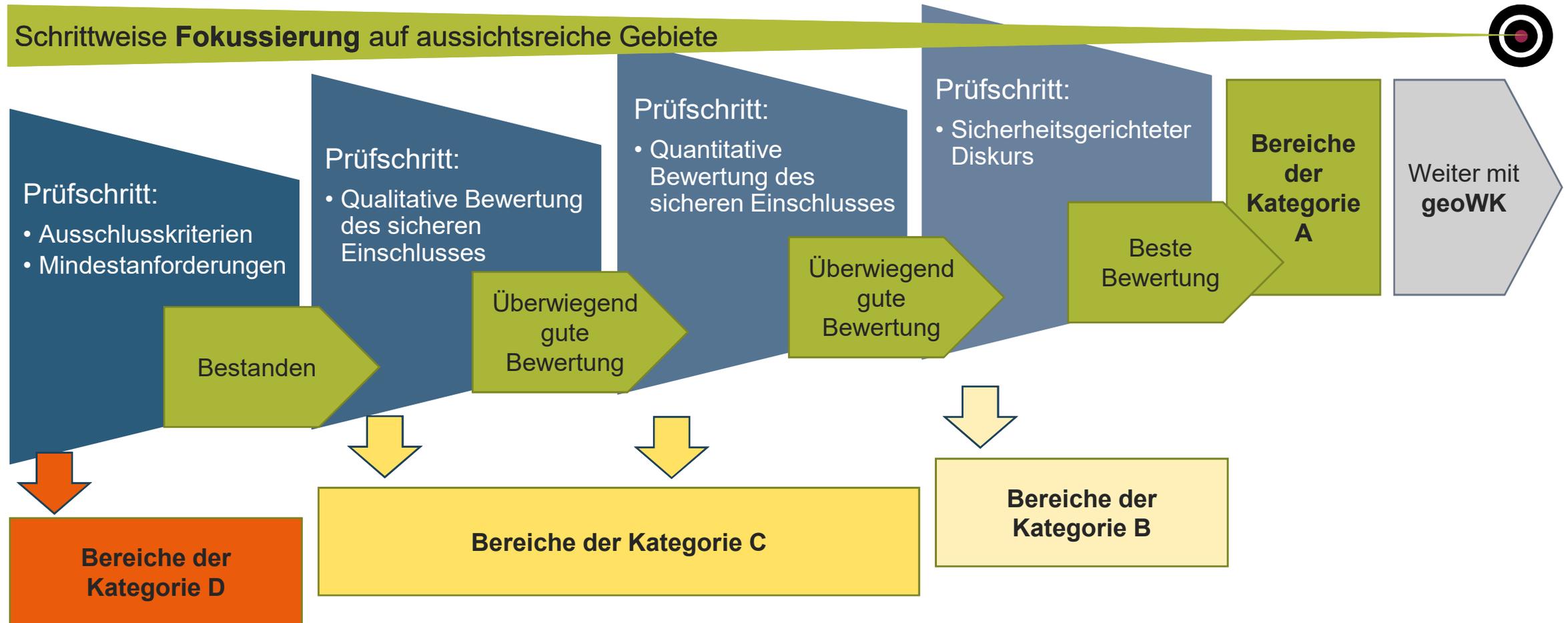
Überblick der rvSU Bausteine nach EndlSiUntV



REPRÄSENTATIVE VORLÄUFIGE SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

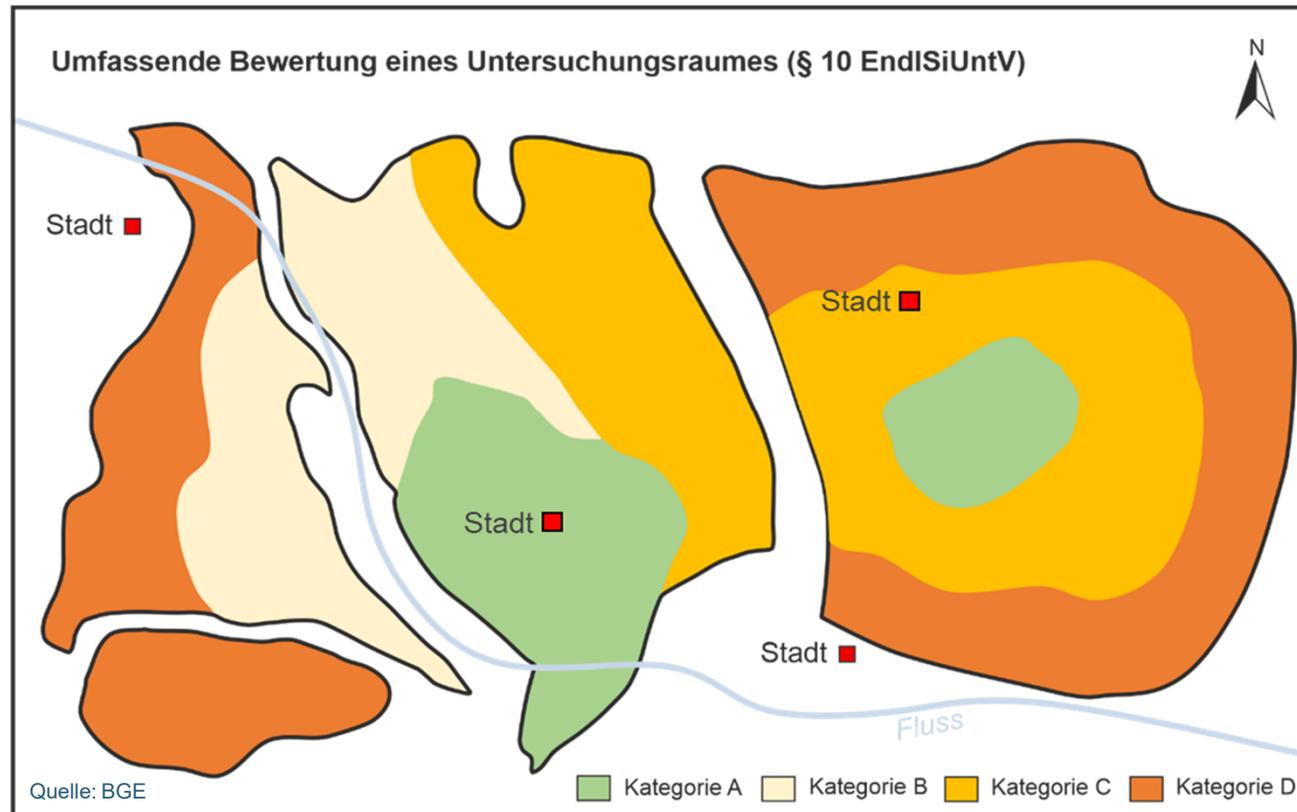
Fokussierung auf Gebiete mit der besten Eignung

Schrittweise Fokussierung auf aussichtsreiche Gebiete



REPRÄSENTATIVE VORLÄUFIGE SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

Ergebnis der umfassenden Bewertung eines fiktiven Untersuchungsraums



Kategorien D bis A stellen Ergebnisse der umfassenden Bewertung (§ 10 EndlSiUntV) dar

- Bewertung aller Gebiete eines Untersuchungsraums
- Fokussierung der detaillierten Bearbeitung auf besonders geeignete Gebiete
- Transparente Darstellung und Dokumentation der Eignungsprüfung aller Gebiete

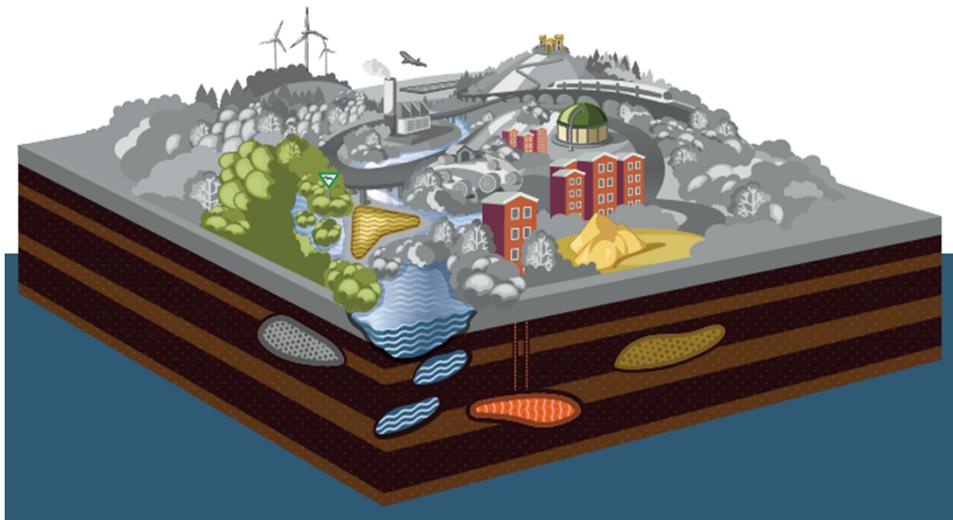


PLANUNGS- WISSENSCHAFTLICHE ABWÄGUNGSKRITERIEN

03

PLANUNGSWISSENSCHAFTLICHE ABWÄGUNGSKRITERIEN

Die Rolle der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien



Quelle: BGE

planWK sind Abwägungskriterien, keine Ausschlusskriterien

- Die Abwägung beinhaltet keine Bewertung der Langzeitsicherheit und der Betriebssicherheit des Endlagers

planWK kommen nicht zwingend zur Anwendung

- Voraussetzung: Reduzierung Anzahl/Größe der Gebiete erforderlich, jedoch nicht weiter mit vSU und geoWK zu erreichen

**ZIEL: REDUZIERUNG GEBIETSGRÖSSE ODER ANZAHL UNTER
BEACHTUNG GESELLSCHAFTLICHER NUTZUNGSANSPRÜCHE**

PLANUNGSWISSENSCHAFTLICHE ABWÄGUNGSKRITERIEN

Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien im Überblick

Gewichtungsgruppe 1

- 1**  Abstand zu vorhandener bebauter Fläche von Wohngebieten und Mischgebieten
- 2**  Emissionen (zum Beispiel Lärm, Schadstoffe)
- 3**  oberflächennahe Grundwasservorkommen zur Trinkwassergewinnung
- 4**  Überschwemmungsgebiete

Betrachtung Nutzungsansprüche des Menschen

Gewichtungsgruppe 2

- 5**  Naturschutz- und Schutzgebiete nach §§ 23 und 32 Bundesnaturschutzgesetz
- 6**  bedeutende Kulturgüter
- 7**  tiefe Grundwasservorkommen zur Trinkwassergewinnung

Betrachtung Nutzungsansprüche einzigartiger Natur- und Kulturgüter

Gewichtungsgruppe 3

- 8**  Anlagen, die der zwölften Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes unterliegen
- 9**  Abbau von Bodenschätzen, einschließlich Fracking
- 10**  geothermische Nutzung des Untergrundes
- 11**  Nutzung des geologischen Untergrundes als Erdspeicher (Druckluft, CO₂-Verpressung, Gas)

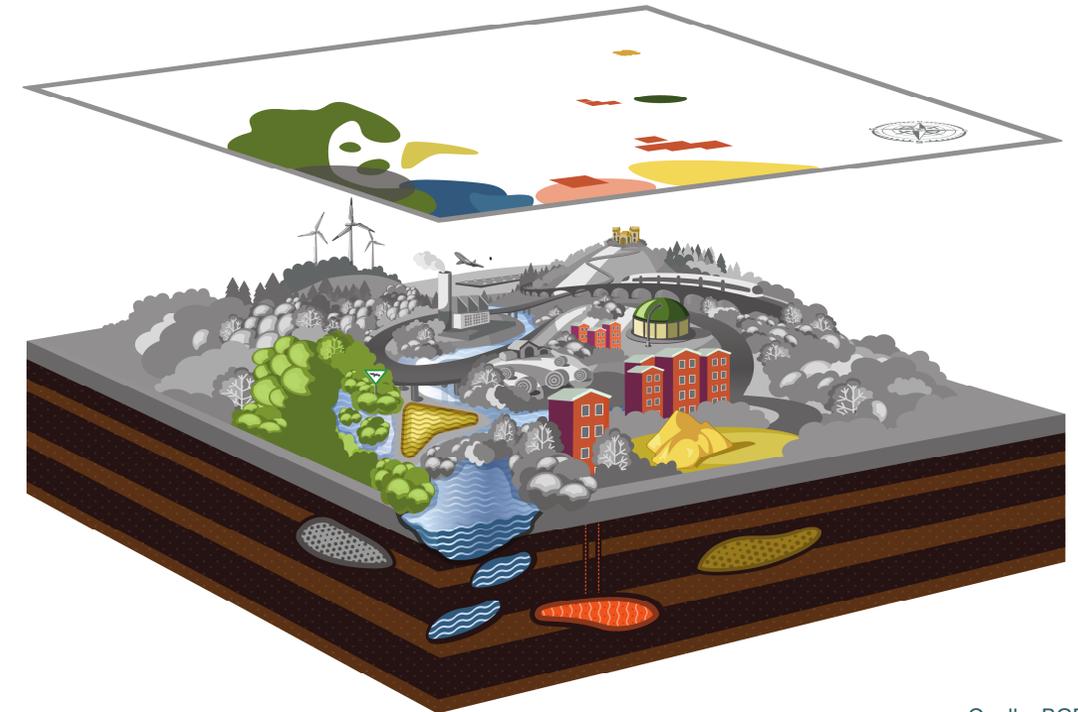
Betrachtung sonstige konkurrierende Nutzungen und Infrastruktur

EINBLICK IN DIE METHODE

Erste Entwicklungsetappe – Darstellung in der Fläche

1. Entwicklungsetappe – Methodenvorschlag zur **Darstellung** der einzelnen planWK in der Fläche

- **Voraussetzung schaffen** für die eigentliche Anwendung der planWK
- Darstellung der planWK soll **Nutzungsansprüche** an Fläche und Untergrund abbilden
- Voraussetzung für Anwendung der planWK: **nachvollziehbare**, auf **einheitlichem** Niveau erfolgte kartografische Darstellung der Nutzungsansprüche in Gebieten
- Für Anwendung der planWK muss sowohl jeweilige **Fläche** als auch **Untergrund** berücksichtigt werden

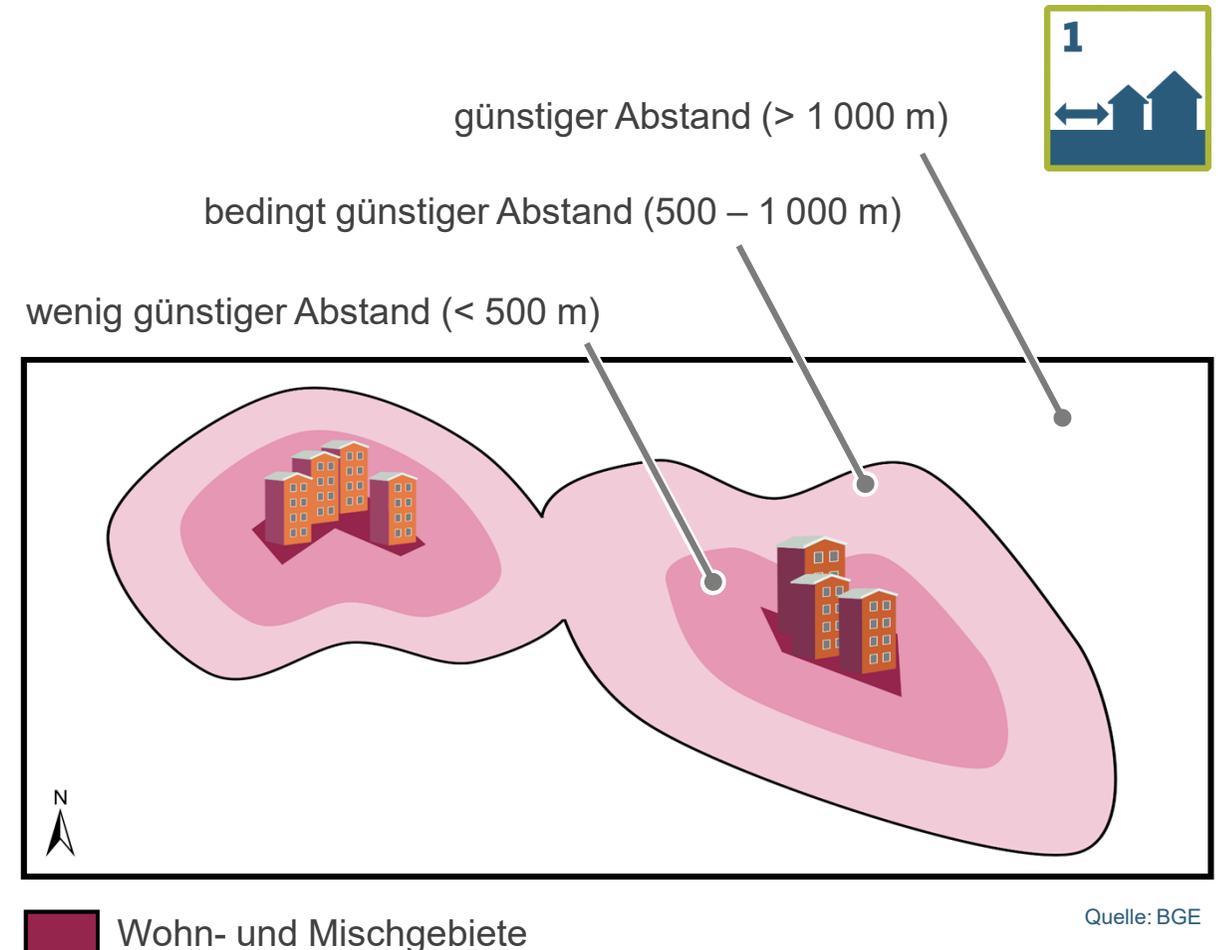


Quelle: BGE

EINBLICK IN DIE METHODE

planWK 1: „Abstand“

- **Untersuchungsgegenstand:**
Wohngebiete und Mischgebiete
 - Nicht untersucht werden z. B. Industrie-,
Gewerbe- und Sondergebiete
- **Datengrundlage Kriterienanwendung:**
Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) des
Amtlichen Topographisch-Kartographischen
Informationssystems (ATKIS)
- **Vorschlag zur Darstellung:**
Ausweisung der Abstandsbereiche gemäß
Anlage 12 (zu § 25) StandAG





STANDORTBEZOGENE ERKUNDUNGSPROGRAMME FÜR ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNG IN PHASE II

04

STANDORTBEZOGENE ERKUNDUNGSPROGRAMME FÜR ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNG IN PHASE II

Ableitung der Erkundungsbedarfe

- Anforderungen gemäß StandAG
 - Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen, geoWK
- Anforderungen aus den rvSU und den wvSU
 - Parameter zur Bewertung der Sicherheit des Endlagersystems



Datenlage



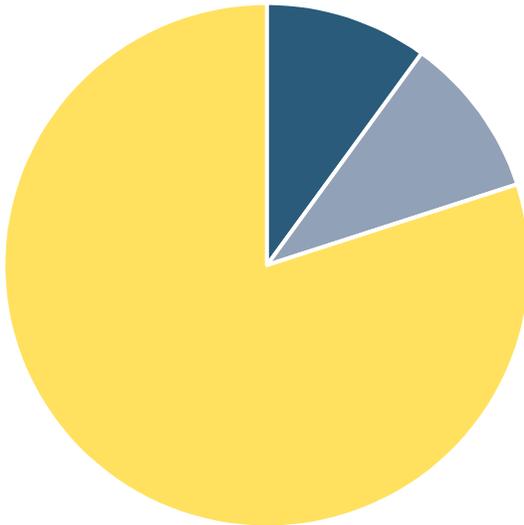
**Erkundungs-
bedarfe**

Quelle: BGE

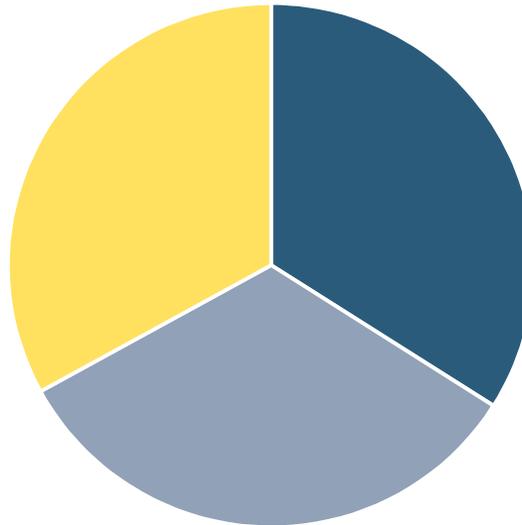
STANDORTBEZOGENE ERKUNDUNGSPROGRAMME FÜR ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNG IN PHASE II

Erkundungsbedarfe – Mögliche Szenarien „Vorhandene Datenlage vs. Erkundungsbedarfe“

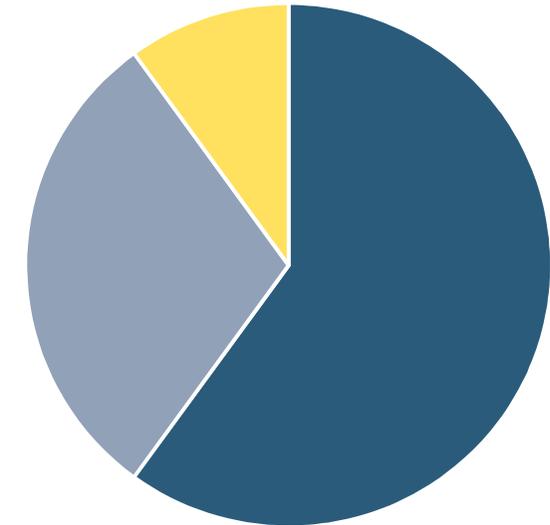
sehr gute Datenlage



gute Datenlage



mäßige Datenlage



■ Erkundungsbedarfe aus rvSU ■ Erkundungsbedarfe aus den Anforderungen der wvSU ■ vorhandene Datenlage

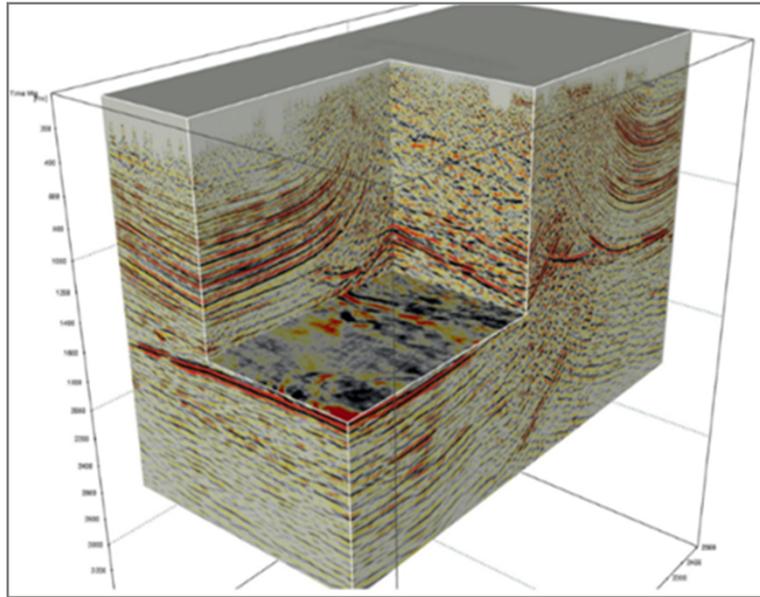


VORHANDENE DATENLAGE BESTIMMT UMFANG DER ERKUNDUNGSPROGRAMME

Quelle: BGE

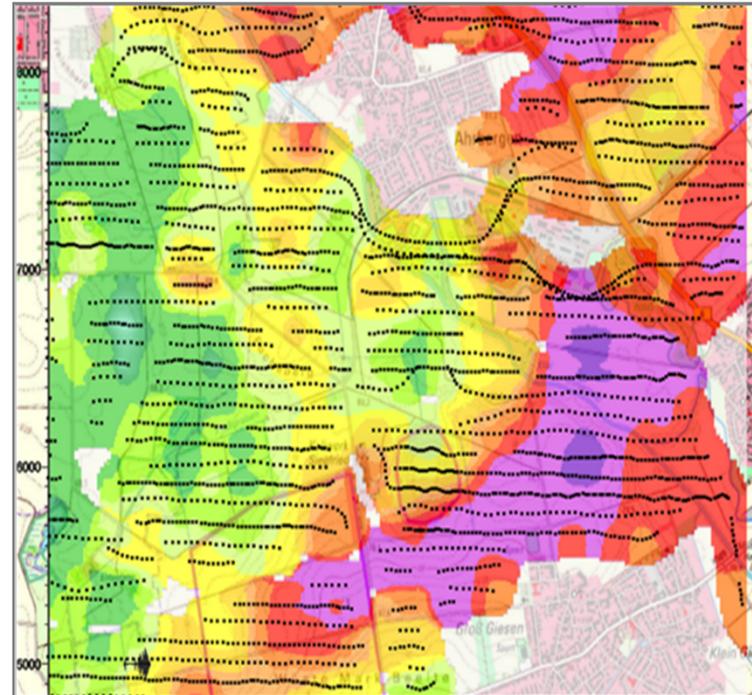
VERFAHRENSGRUPPEN DER ÜBERTÄGIGEN ERKUNDUNG

Seismische Verfahren



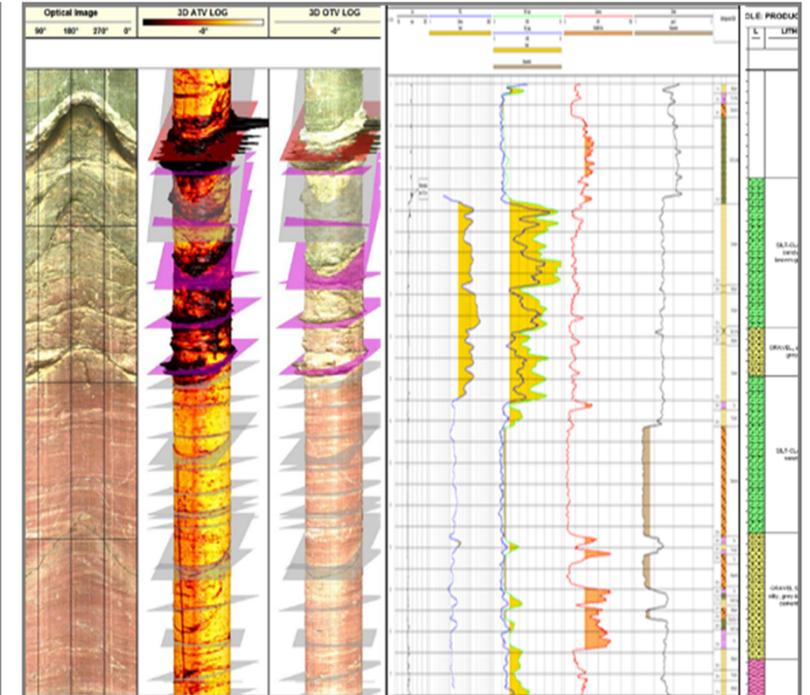
Quelle: BGE

Potenzialverfahren



Quelle: Fugro

Bohrungen/Bohrlochmessungen

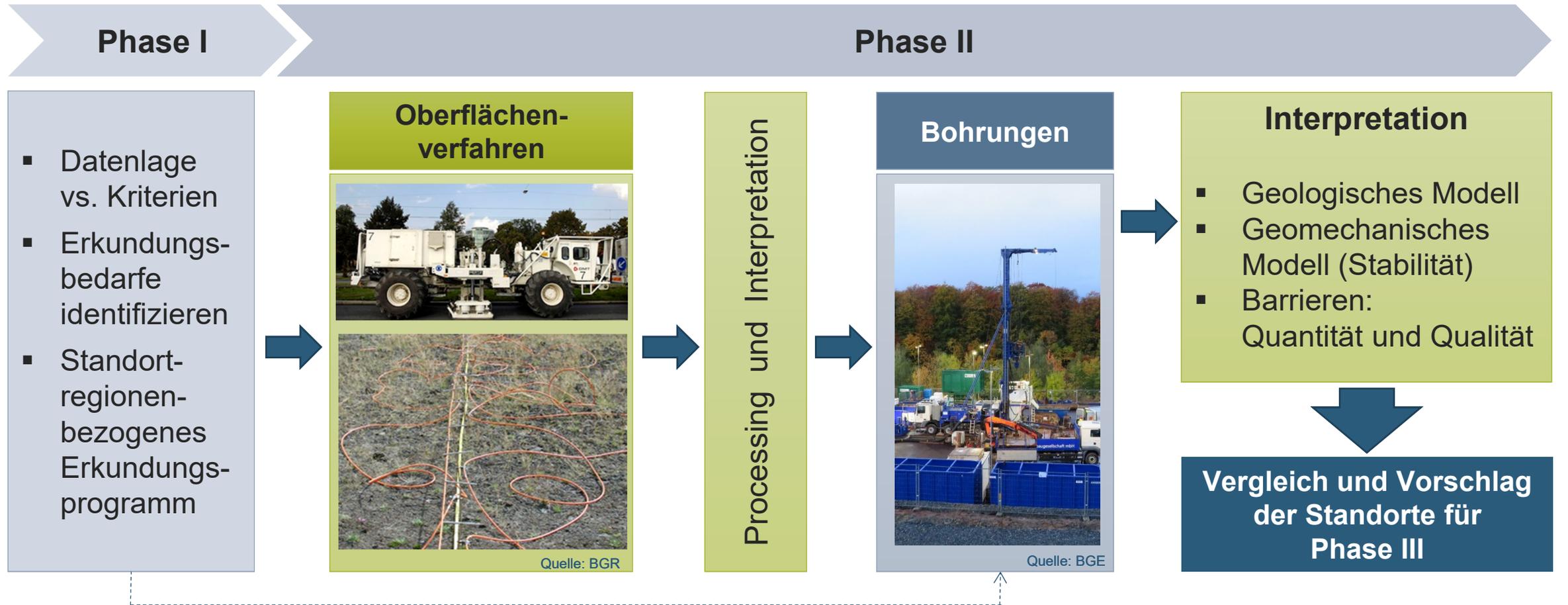


Quelle: Fugro



ZUSAMMENSTELLUNG GEMÄß ERMITTELTEN ERKUNDUNGSBEDARFE

ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNGEN IN PHASE II





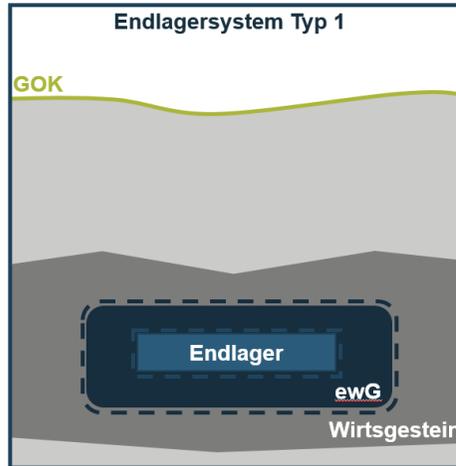
ENDLAGERBEHÄLTER- ENTWICKLUNG

05

EINFLUSS DER ENDLAGERSYSTEME AUF DIE ENDLAGERBEHÄLTERENTWICKLUNG

Endlagersystemtypen

Endlagersystem
Typ 1



Wirtsgestein

Steinsalz, Tongestein, Kristallingestein

Wesentliche Barriere

Einschlusswirksamer Gebirgsbereich (ewG)

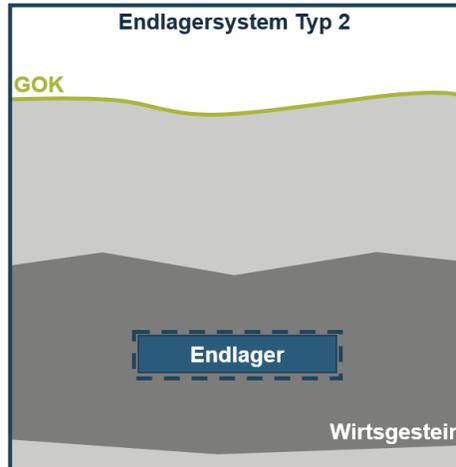
Einlagerungsbereich

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

Quelle: BGE

GRUNDLEGENDE ANFORDERUNGEN AN ENDLAGERBEHÄLTER

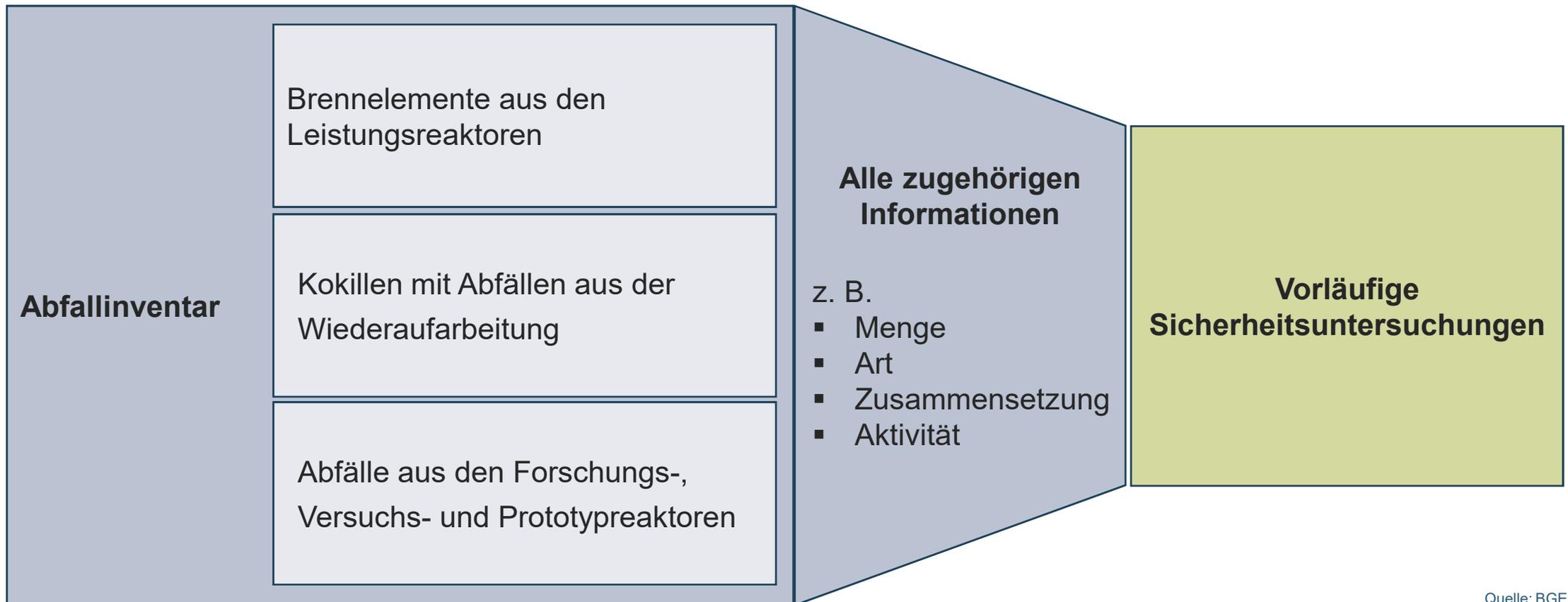
Anforderungen und Lebenszyklus

Zuordnung der Behälteranforderungen zum Behälterlebenszyklus		Phasen des Behälterlebenszyklus						
		bis zur Einlagerung			Rückholbarkeit	Bergbarkeit	Bewertungszeitraum	
		Fertigung und Anlieferung	Beladung u. Kontrolle	Transport u. Einlagerung			Übergangsphase	Langzeitphase
Produktanforderungen	Abschirmung ionisierender Strahlung*	-	x	x	x	x	(x)	(x)
	Aufnahme der hochradioaktiven Abfälle	-	x	-	-	-	-	-
	Einschluss radioaktiver Abfälle und Integrität des Endlagerbehälters	-	x	x	x	x	(x)	(x)
	Handhabbarkeit	x	x	x	x	x	-	-
	Herstellbarkeit	x	x	-	-	-	-	-
	Identifizierbarkeit	-	x	x	x	x	-	-
	Kritikalitätsausschluss	-	x	x	x	x	x	x
	Robustheit*	-	x	x	x	x	(x)	(x)
	Temperatur an der Behälteraußenwand*	-	x	x	x	x	x	x
	Temperatur im Behälterinneren	-	x	x	x	x	x	x
Verträglichkeit mit anderen Barrieren	-	-	x	x	x	x	x	

x Anforderung muss erfüllt werden (x) Erfüllung der Anforderung ist abhängig vom Konzept

ABFALLINVENTAR

Arten an hochaktiven Abfällen



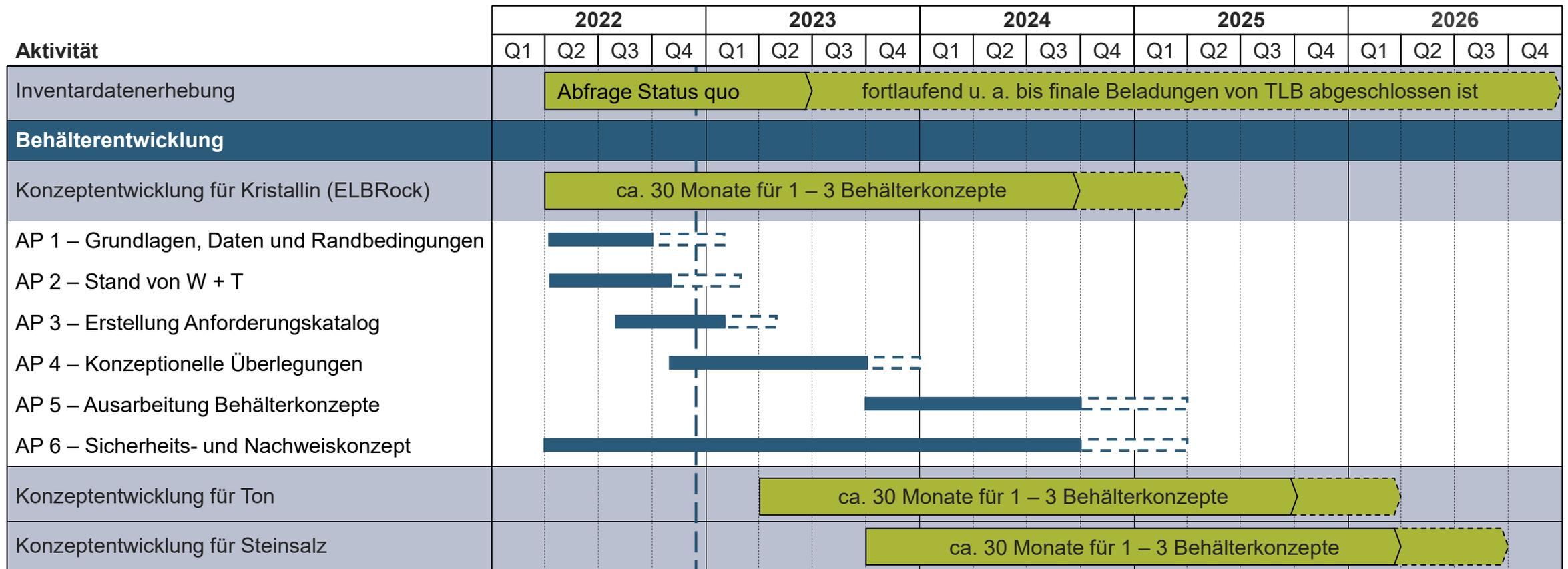
Quelle: BGE

ABFALLINVENTAR

Für die rvSU zusammengetragenes Abfallinventar

Abfallart	Brennelemente aus den Leistungsreaktoren	Kokillen mit Abfällen aus der Wiederaufarbeitung	Abfälle aus den Forschungs-, Versuchs- und Prototypreaktoren
Inventar	12.450 DWR-BE* (UOX) 1.530 DWR-BE (MOX) 14.350 SWR-BE (UOX) 1.250 SWR-BE (MOX) 5.050 WWER-BE	bis zu 3.164 CSD-V 560 UK-HAW 140 WAK	288.161 AVR-BE 617.606 THTR-BE 2.413 KNK-II-BSt. 71 BSt. aus dem KfK 52 BSt. der „Otto Hahn“ ca. 150 FRM-II-BE ca. 120 BER-II-BE ca. 951 RFR-BE 89 FRMZ-BE
Quellen	VSG (2011)	BMU (2020), BMU (2021)	LABRADOR (2011), RESUS (2020), BMU (2020), BMU (2021)

INDIKATIVER ZEITHORIZONT FÜR ENDLAGERBEHÄLTERKONZEPTENTWICKLUNGEN



15. Dez. 2022

ENDLAGERBEHÄLTERENTWICKLUNG

Besondere Herausforderungen

Rückholbarkeit

- Bis zum Beginn der Stilllegung
- Technischer/zeitlicher Aufwand Rückholung darf den Aufwand Einlagerung nicht unverhältnismäßig übersteigen
- Technische Einrichtungen sind vorzuhalten (Rückholung ist zu planen)
- Behälterintegrität, Einschluss der radioaktiven Stoffe

Bergbarkeit

- Bis 500 Jahre nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers
- Mechanische Stabilität/ Handhabung
- Bei Handhabung keine Freisetzung von radioaktiven Aerosolen
- Auffind-/Identifizierbarkeit, umfassende Dokumentation

Kristallingestein ohne ewG

- Behälter und geotechnische Bauwerke als wesentliche Barriere
- Sehr hohe Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit über lange Zeiträume

ENDLAGERBEHÄLTERENTWICKLUNG

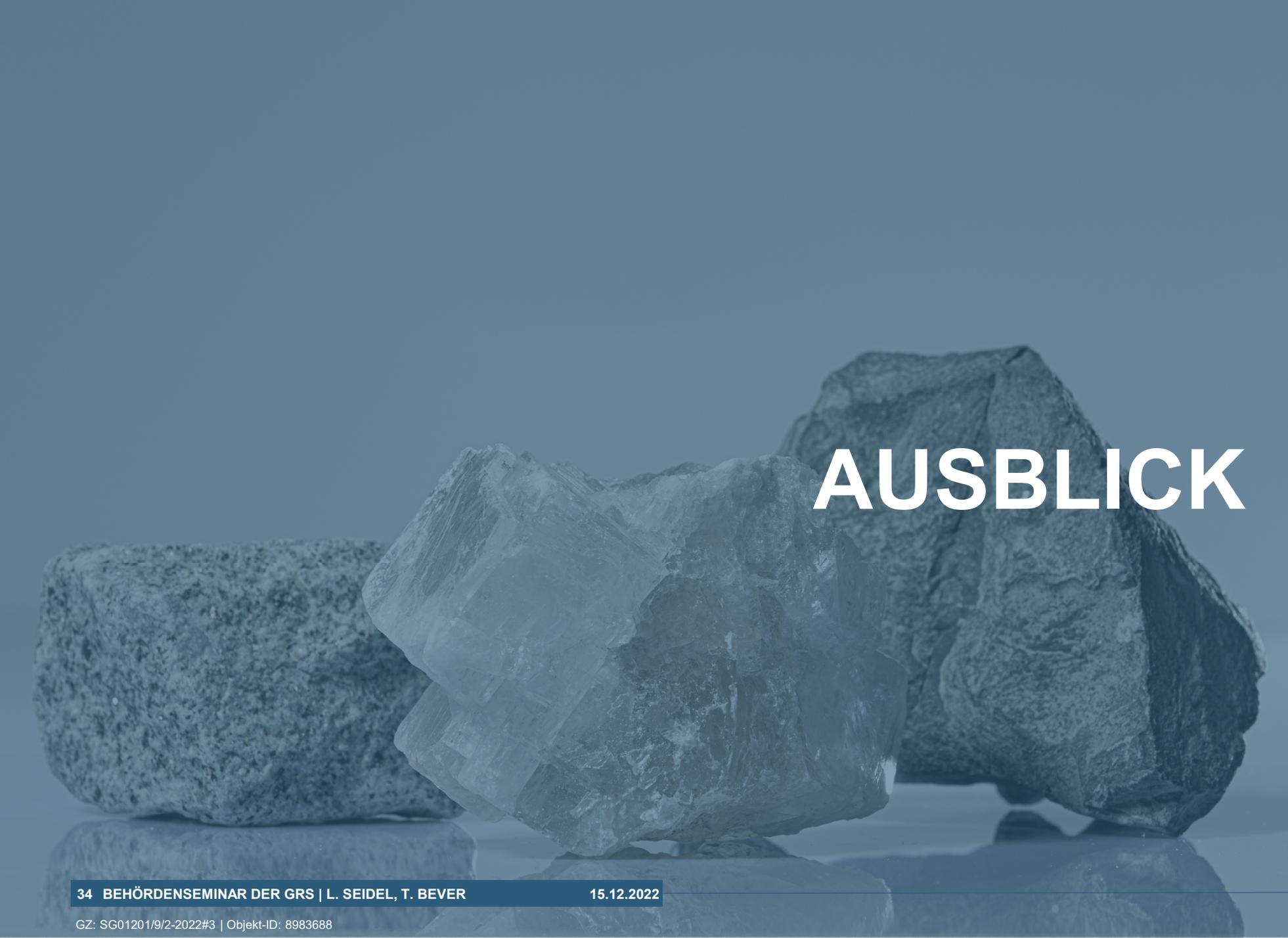
Weitere zu berücksichtigende Anforderungen

- Einschluss radioaktiver Abfälle und Integrität des Endlagerbehälters
 - Temperatur im Behälterinneren
 - Temperatur an der Behälteraußenwand
 - Handhabbarkeit
 - Abschirmung
 - Kritikalitätsausschluss
 - Störfallbetrachtungen
- Herstellbarkeit
 - Prüfbarkeit
 - Prognostizierbarkeit
 - Robustheit
 - Verträglichkeit mit weiteren Barrieren
 - Beitrag zur Integrität des Endlagersystems

ENDLAGERBEHÄLTERENTWICKLUNG

Ziele und Inhalte

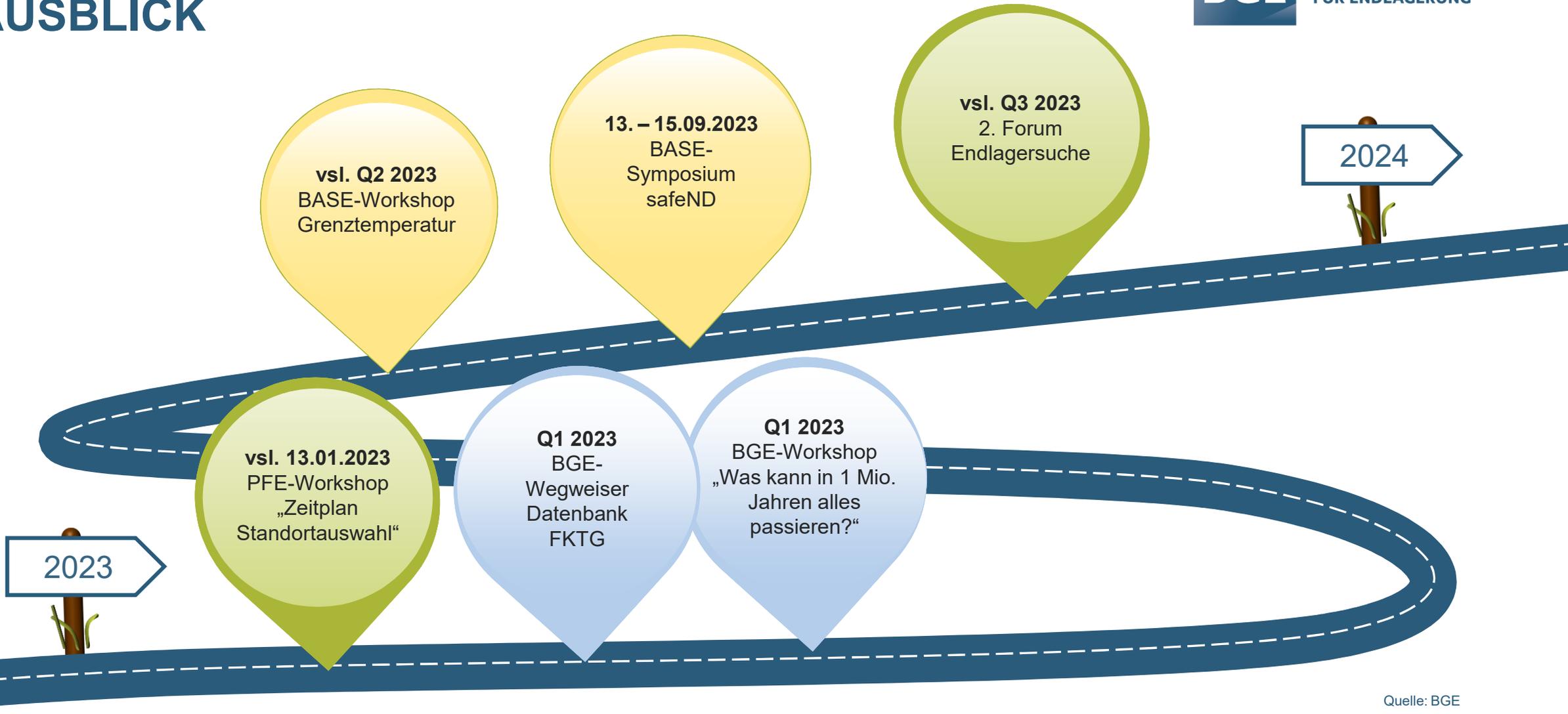
- Darstellung des **Standes von Wissenschaft und Technik** und Konkretisierung der **Anforderungen** an Endlagerbehälter
- Anpassung, Optimierung und Erweiterung vorhandener Endlagerbehälterkonzepte und Ideensammlung für neue Endlagerbehälterkonzepte unter Berücksichtigung der Anforderungen sowie **begründeter Vorschlag von ein bis drei weiterzuverfolgenden Konzepten (pro Wirtsgestein)**
- **Ausarbeitung/Detaillierung** der **ausgewählten Konzepte** (z. B. Maßnahmen zur Handhabung, Rückholung, Materialauswahl, Herstellbarkeit)
- **Sicherheits- und Nachweiskonzept** einschl. **Arbeitsprogramm** für (nachlaufende) **Nachweisführung** (z. B. zu Korrosionsuntersuchungen, Störfallbetrachtungen, Fügetechniken)



AUSBLICK

06

AUSBLICK



Quelle: BGE

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



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Informationen zu Zwischenbericht Teilgebiete

[Die interaktive Einführung zur Erstellung des Zwischenberichts und zu allen Kriterien und Anforderungen](#)

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

[Eine eigene Seite zu jedem Teilgebiet](#)

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

Informationen zu Stand Methodenentwicklung rvSU

[Steckbriefe für die Gebiete zur Methodenentwicklung](#)

[Veranstaltungsreihe auf YouTube](#)

[Überblick zu den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen](#)

[Konzept zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen](#)

LITERATUR (1/2)

- BMU (2020): Bericht der Bundesregierung für die siebte Überprüfungskonferenz im Mai 2021 zur Erfüllung des Gemeinsamen Übereinkommens über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Bonn
- BMU (2021): Verzeichnis radioaktiver Abfälle (Bestand zum 31. Dezember 2019 und Prognose). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Berlin
- EndSiUntV: Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094, 2103)
- LABRADOR: Dörr, S., Bollingerfehr, W., Filbert, W. & Tholen, M. (2011): Status quo der Lagerung ausgedienter Brennelemente aus stillgelegten / rückgebauten deutschen Forschungsreaktoren und Strategie (Lösungsansatz) zu deren künftigen Behandlung / Lagerung. LABRADOR. Abschlussbericht. DBE TECHNOLOGY GmbH. Peine

LITERATUR (2/2)

- RESUS (2020): Bertrams, N., Bollingerfehr, W., Eickemeier, R., Fahland, S., Flügge, J., Frenzel, B., Hammer, J., Kindlein, J., Liu, W., Maßmann, J., Mayer, K.-M., Mönig, J., Mrugalla, S., Müller-Hoeppe, N., Reinhold, K., Rübel, A., Schubarth-Engelschall, N., Simo, E., Thiedau, J., Thiemeyer, T., Weber, J. R. & Wolf, J. (2020): Grundlagen zur Bewertung eines Endlagersystems in flach lagernden Salzformationen bei einer höheren Auslegungstemperatur. RESUS. GRS - 570. BGE TECHNOLOGY GmbH, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH. Braunschweig. ISBN 9783947685561
- StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert worden ist
- VSG (2011): Peiffer, F., McStocker, B., Gründler, D., Ewig, F., Thomauske, B., Havenith, A. & Kettler, J. (2012a): Abfallspezifikation und Mengengerüst - Basis Ausstieg aus der Kernenergienutzung (Juli 2011). Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. GRS - 278. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH, international nuclear safety engineering (nse) GmbH. Köln. ISBN 9783939355542

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS ABFALLINVENTAR (1/2)

AVR	Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich
BE	Brennelement(e)
BER II	Berliner Experimentier-Reaktor II
BSt.	Brennstab, Brennstäbe
CSD-V	<i>Colis standard de déchets vitrifiés</i> , frz. Kokille für verglaste hochradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung
DWR	Druckwasserreaktor(en)
FRM II	Forschungsreaktor München II
FRMZ	Forschungsreaktor Mainz
KfK	Kernforschungszentrum Karlsruhe
KNK II	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage II
MOX	Mischoxid

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS ABFALLINVENTAR (2/2)

RFR	Rossendorfer Forschungsreaktor
SWR	Siedewasserreaktor(en)
THTR	Thorium-Hochtemperaturreaktor
UK-HAW	<i>United Kingdom High-Activity Waste</i> , brit. Kokillen mit verglasten hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung
UOX	Uranoxid
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
WWER	<i>Водо-водяной энергетический реактор</i> , sowj.-russ. Druckwasserreaktor(en)



BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

LISA SEIDEL
Bereichsleitung
Standortauswahl

THOMAS BEVER
Abteilungsleitung
Endlagerplanung

Peine | Eschenstraße 55 | 31224 Peine

dialog@bge.de

www.bge.de
www.einblicke.de



@die_BGE