

# Geologische und räumliche Anforderungen an geeignete Standorte für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle

Saleem Chaudry

Schritte auf dem Weg zum Endlager - Leuphana Universität Lüneburg

Darmstadt/Lüneburg, den 3. Dezember 2020

## In diesem Vortrag

---

- Wozu ein Endlager?
- Sicherheitskonzept und Funktionen des Wirtsgesteins
- Geowissenschaftliche Kriteriensätze und deren
- Anwendung im Standortauswahlverfahren
- Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien
- Das Standortauswahlverfahren als lernendes Verfahren

# Ausgangssituation – Was muss weg?

## Hochradioaktiver Abfall:

- Aktuelle Schätzung (Stand 2019) für das Jahr 2080 (basierend auf Behälterkonzept Pollux):  
ca. **27.000 m<sup>3</sup>** → **Standortauswahlverfahren für ein Endlager**

## Schwach und mittelradioaktive Abfälle:

- Abfälle aus Betrieb und Rückbau (bis 2080):  
rd. **300.000 m<sup>3</sup>**  
von KKW, WAA, Forschung, Landessammelstellen, kern-technische Industrie → **Endlager Konrad (im Bau, Betrieb ab 2027)**

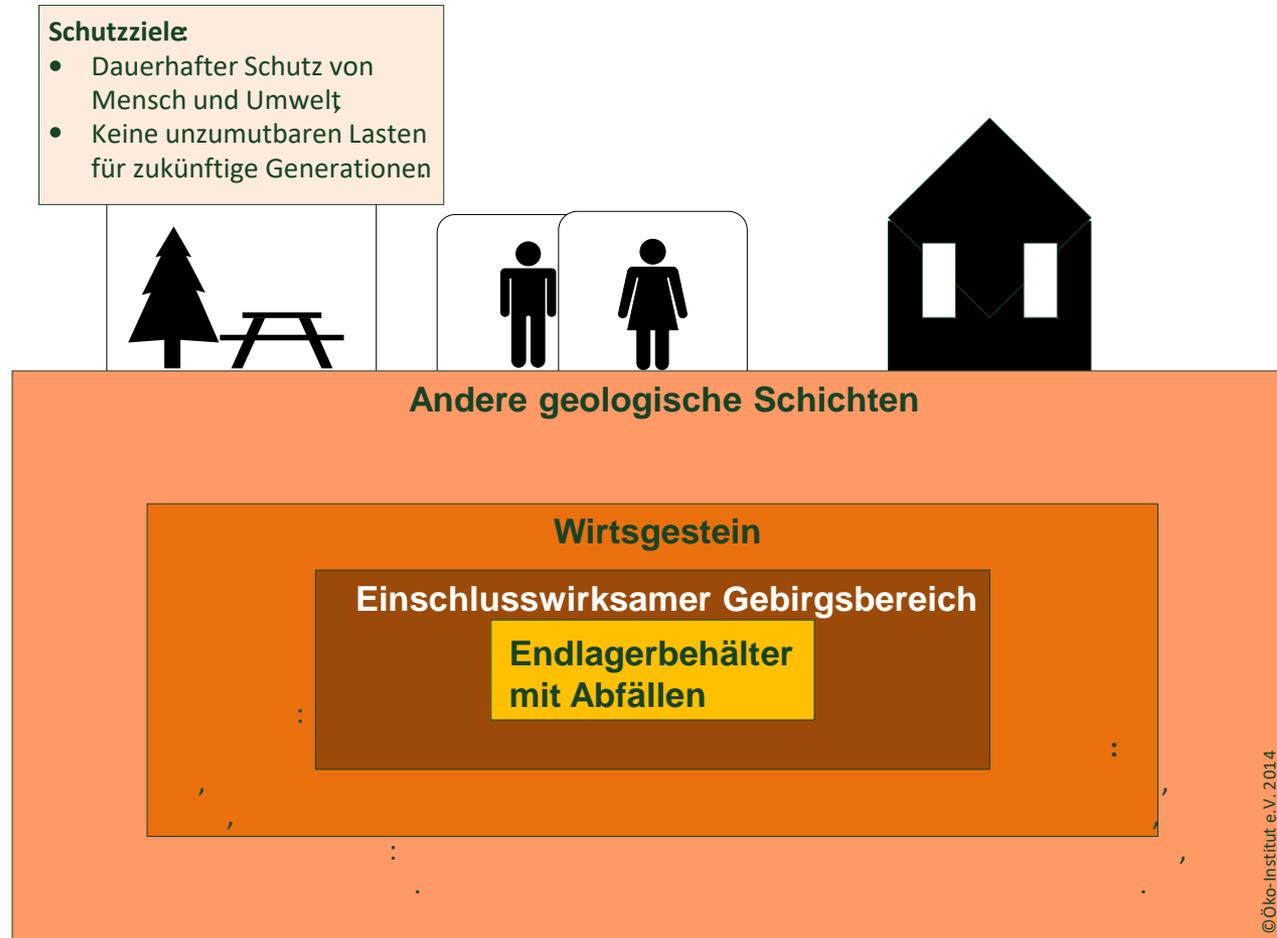


Quellen: Zahlen aus BMU (2020) Bericht der Bundesregierung für die siebte Überprüfungs-konferenz im Mai 2021 zur Erfüllung des Gemeinsamen Übereinkommens über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle; Foto Öko-Institut e.V.

## Wozu ein Endlager?

- Dauerhafter Schutz von Mensch und Umwelt durch sicheren Einschluss der Abfälle für 1.000.000 Jahre
- Homo Sapiens seit ca. 300.000 Jahren
- 500 Meter horizontale Entfernung ↔ 500 Meter vertikale Entfernung: Aufbewahrung „in Wirkungsrichtung der Schwerkraft“
- Sicherheitskonzept aus mehreren Barrieren

# Das Sicherheitskonzept: Sicherer Einschluss durch verschiedene Barrieren



Quelle: eigene Darstellung

# Funktionen des Gesteins im Sicherheitskonzept für ein Endlager

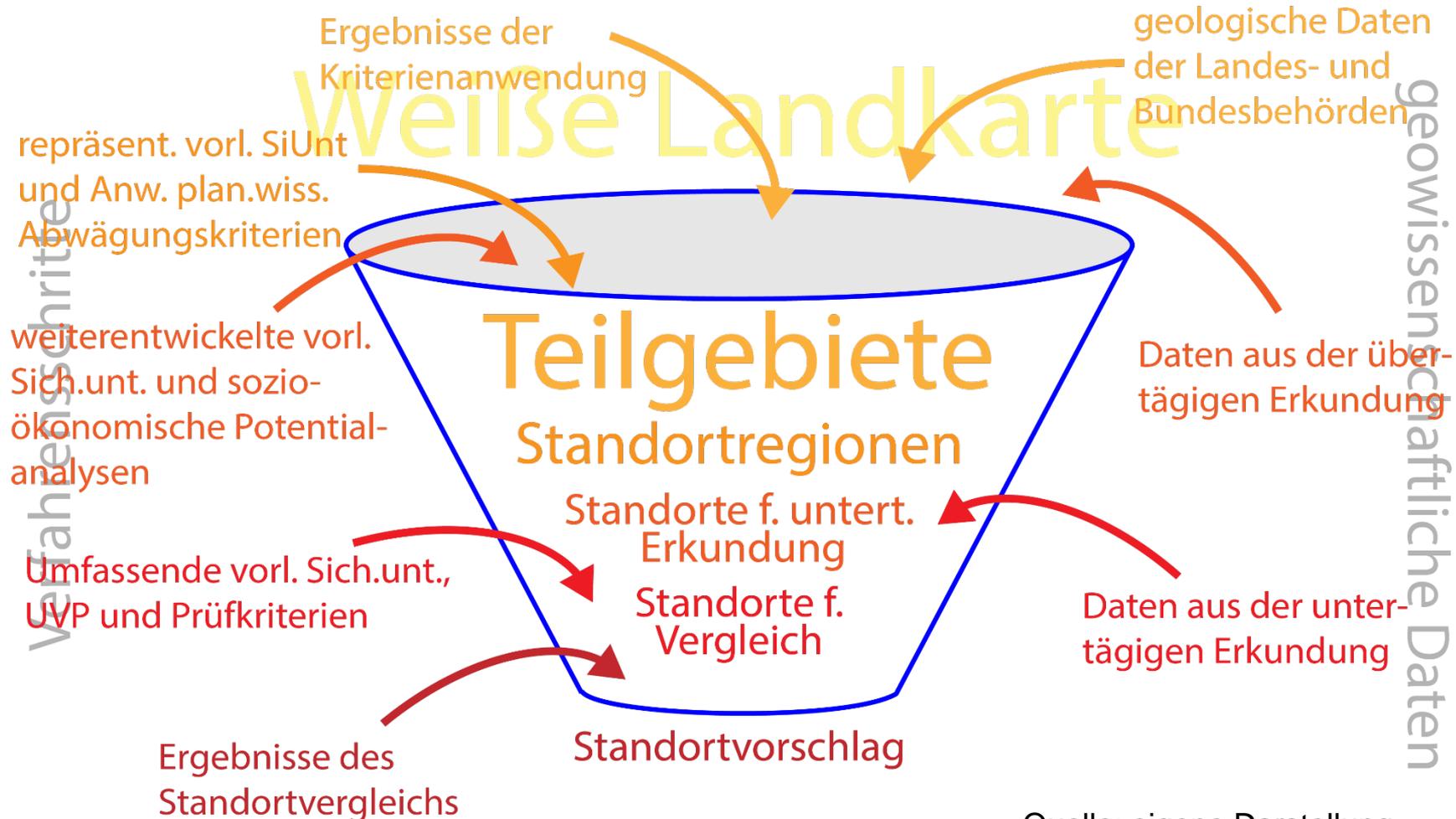
- Mechanische Stabilität
- geeignetes chemisches Milieu
- Verhinderung des Transports von Schadstoffen in die Biosphäre
- Schutz des Endlagers gegen Einflüsse von der Erdoberfläche aus

# Kriteriensätze (1)

---

- Ausschlusskriterien
- Mindestanforderungen
- geowissenschaftliche Abwägungskriterien

# Von der weißen Landkarte zum Standort – technisches Vorgehen



Quelle: eigene Darstellung

# Standortauswahlverfahren in Kürze

Ausgangspunkt Weiße Landkarte

→ Teilgebiete

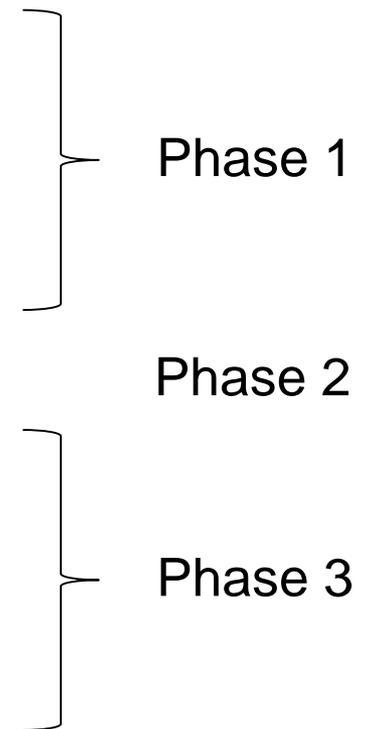
→ Standortregionen für übertägige Erkundung

→ Standorte für untertägige Erkundung

→ Standorte für Vergleich

→ Standortvorschlag

→ Standortentscheidung



# Ausschlusskriterien

---

- Großräumige Vertikalbewegungen
- aktive Störungszonen
- Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit
- seismische Aktivität
- vulkanische Aktivität
- Grundwasseralter

# Mindestanforderungen

- Gebirgsdurchlässigkeit ( $k_f < 10^{-10}$  m/s)
- Mächtigkeit des ewG<sup>1</sup> ( $\geq 100$  m)
- minimale Tiefe des ewG (300 m unter GOK)
- Fläche des Endlagers (Endlager inkl. Flächen für Rückholung oder spätere Bergung möglich: 3 km<sup>2</sup> Steinsalz, 6 km<sup>2</sup> kristallines Gestein, 10 km<sup>2</sup> Tongestein)
- Erhalt der Barrierewirkung

# Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

11 Kriterien, untersetzt mit Kriterieneigenschaften und Indikatoren, gem. Anlage 1-11 des StandAG. Zusammengefasst in 3 Gruppen (§ 24 Abs. 3-5 StandAG):

- Erreichbare Qualität des Einschlusses und zu erwartende Robustheit des Nachweises (Kriteriengruppe 1: 4 Kriterien)
- Absicherung des Isolationsvermögens (Kriteriengruppe 2: 2 Kriterien)
- Weitere sicherheitsrelevante Eigenschaften (Kriteriengruppe 3: 5 Kriterien)

→ Liegt in einem Teilgebiet / einer Standortregion / an einem Standort eine günstige geologische Gesamtsituation vor?

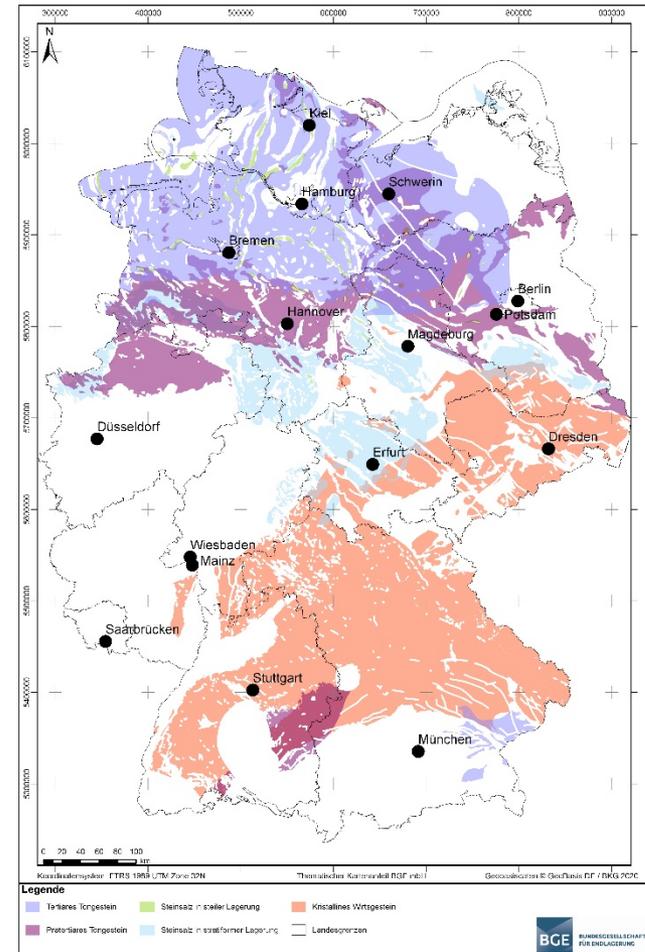
# Kriterienanwendung auf dem Weg zum Zwischenbericht Teilgebiete

Teilgebiete nach Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien.

90 Teilgebiete.

Quelle: [https://www.bge.de/fileadmin/user\\_upload/Standortsuche/Wesentliche\\_Unterlagen/Zwischenbericht\\_Teilgebiete/Karte\\_Teilgebiete\\_A4.jpg](https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Karte_Teilgebiete_A4.jpg)

Teilgebiete gemäß § 13 Standortauswahlgesetz



# Teilgebiete in Zahlen

Wirtsgestein	Anzahl Teilgebiete	Fläche In km <sup>2</sup>
<b>Tongestein</b>	<b>9</b>	<b>129 639</b>
Steinsalz, davon		
⌚ stratiforme Lagerung:	14	28 415
⌚ steile Lagerung:	60	2 034
<b>Steinsalz gesamt</b>	<b>74</b>	<b>30 450</b>
<b>kristallines Wirtsgestein</b>	<b>7</b>	<b>80 786</b>
<b><u>Teilgebiete gesamt:</u></b>	<b><u>90</u></b>	<b><u>240 874</u></b>

Quelle: Bundesgesellschaft für Endlagerung (2019):  
Zwischenbericht Teilgebiete gemäß § 13 StandAG

## Kriteriensätze (2)

---

- Ausschlusskriterien
- Mindestanforderungen
- geowissenschaftliche Abwägungskriterien
  
- planungswissenschaftliche Abwägungskriterien
- Prüfkriterien

# Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien (1)

## Gewichtungsgruppe 1

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

# Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien (2)

## Gewichtungsgruppe 2

- Naturschutz- und Schutzgebiete nach §§ 23 und 32 Bundesnaturschutzgesetz
- bedeutende Kulturgüter
- tiefe Grundwasservorkommen zur Trinkwassergewinnung

# Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien (3)

## Gewichtungsgruppe 3

- Anlagen, die der zwölften Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes unterliegen
- Abbau von Bodenschätzen, einschließlich Fracking
- geothermische Nutzung des Untergrundes
- Nutzung des geologischen Untergrundes als Erdspeicher (Druckluft, CO<sub>2</sub>-Verpressung, Gas)

# Ein lernendes Verfahren!

„Mit dem Standortauswahlverfahren soll in einem **partizipativen, wissenschaftsbasierten, transparenten, selbsthinterfragenden** und **lernenden** Verfahren für die im Inland verursachten hochradioaktiven Abfälle ein Standort mit der bestmöglichen Sicherheit für eine Anlage zur Endlagerung nach § 9a Absatz 3 Satz 1 des Atomgesetzes in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt werden.“ (§1 Abs. 2 StandAG)

# Teilgebiete als Verbreitungsraum einer Gesteinseinheit im Zwischenbericht Teilgebiete

- Teilgebiete sind „die nach § 13 zu ermittelnden Gebiete, die günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung hochradioaktiver Abfälle erwarten lassen“ (§ 2 Nummer 18 StandAG)
  - „Überlagern sich in einem Teilgebiet, einer Standortregion oder an einem Standort mehrere potenzielle Wirtsgesteine, für die jeweils eigene vorläufige Sicherheitsuntersuchungen durchgeführt werden sollen [...] so ist die Ausweisung mehrerer Untersuchungsräume erforderlich“ (§ 3 Abs. 2 EndlSiUntV)
- Widerspruch zwischen Zwischenbericht Teilgebiete und EndlSiUntV, oder Ausdruck des lernenden Verfahrens?

# Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (1)

- Wirtsgesteinsspezifische Referenzdatensätze
- „Bei wenig, keinen oder nicht eindeutigen Daten wird stets von einer tendenziell günstigen Annahme ausgegangen“<sup>1</sup>
- 7 Kriterien wurden ausschließlich auf Grundlage von Referenzdatensätzen angewendet
- 2 Kriterien wurden teilweise auf Grundlage von Referenzdatensätzen angewendet
- 2 Kriterien wurden ausschließlich auf Grundlage gebietsspezifischer Daten angewendet

<sup>1</sup> BGE (2020): Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG

## Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (2)

„Liegen zu einzelnen Gebieten keine hinreichenden Informationen für die Anwendung der Kriterien nach den §§ 22 bis 24 vor, ist eine begründete Empfehlung zum weiteren Verfahren mit diesen Gebieten aufzunehmen.“

(§ 14 Abs. 2 StandAG)

# Ausschlusskriterium „großräumige Vertikalbewegungen“ (1)

- Kein Gebiet wurde im Zwischenbericht Teilgebiete auf Grundlage dieses Kriteriums ausgeschlossen
- Wesentliche Grundlage der Kriterienanwendung: Jähne-Klingberg et al. (2019): Prognosemöglichkeiten von großräumigen Vertikalbewegungen für Deutschland

# Ausschlusskriterium „großräumige Vertikalbewegungen“ (2)

- „Verlässliche quantifizierbare flächige Zukunftsprognosen auf Basis von Modellen zu diesen komplexen geodynamischen Zusammenhängen verlangen jedoch eine genauere, konsistentere und flächendeckende Datenbasis als heute vorhanden“<sup>1</sup>
- „gut begründete Aussagen für das Ausschlusskriterium „großräumige Vertikalbewegung“ [...] sind derzeit nur unter bestimmten Annahmen [...] zur zukünftigen geodynamischen (endogenen & exogenen) Entwicklung Deutschlands und nur mit Unschärfen in der räumlichen Darstellung deutschlandweit möglich“<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jähne-Klingberg et al. (2019): Prognosemöglichkeiten von großräumigen Vertikalbewegungen für Deutschland

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!  
Thank you for your attention!

Haben Sie noch Fragen?  
Do you have any questions?

