



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

# Zusammenfassung der Onlinediskussion der Anwendungsmethoden

Stand 08.09.2020

## Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Inhaltsverzeichnis</b>  | <b>2</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Abkürzungsverzeichnis</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Glossar</b>   | <b>6</b>  |
| <b>1 Grundsätzliches zur Methodenkonsultation im BGE Forum</b>   | <b>7</b>  |
| 1.1 Allgemeines  | 7         |
| 1.2 Ablauf der Online-Konsultationen   | 7         |
| 1.3 Beschreibung des BGE-Forums  | 7         |
| 1.4 Zeitraum der Online-Konsultationen   | 8         |
| 1.5 Überblick über die Eckdaten zur Online-Konsultation  | 8         |
| 1.5.1 Darstellung eines Beispiels eines Diskussionsergebnisses zum Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bohrungen“ | 9         |
| 1.5.2 Darstellung des Ergebnisses zur Diskussion zu Quellenhinweisen   | 9         |
| <b>2 Ergebnisse der Onlinekonsultation der Anwendungsmethoden</b>  | <b>10</b> |
| 2.1 Konsultation zur Anwendungsmethode der Ausschlusskriterien   | 10        |
| 2.1.1 Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bohrungen“                       | 10        |
| 2.1.1.1 Beitrag von Mitglied “haans“ am 21.11.2019, 12:12 Uhr  | 10        |
| 2.1.1.2 Antwort der BGE vom 27.11.2020, 11:32 Uhr  | 10        |
| 2.1.1.3 Beitrag von Mitglied “curo“ am 26.11.2019, 13:44 Uhr   | 11        |
| 2.1.1.4 Antwort der BGE vom 29.11.2019, 08:35 Uhr  | 11        |
| 2.1.1.5 Zwischenaufruf der BGE vom 04.12.2019, 10:45 Uhr   | 11        |
| 2.1.1.6 Beitrag von Mitglied „endlagerdialog.de“ vom 03.01.2020  | 12        |
| 2.1.1.7 Antwort der BGE vom 08.01.2020   | 12        |
| 2.1.1.8 Beitrag von Mitglied “königin“ am 06.01.2020   | 13        |
| 2.1.1.9 Antwort der BGE vom 08.01.2020   | 13        |
| 2.1.1.10 Ergänzende Fragen über eine interne Nachricht, Beitrag der BGE vom 10.01.2020 um 08:10 Uhr  | 13        |
| 2.1.2 Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „seismische Aktivität“  | 14        |
| 2.1.2.1 Beitrag von Mitglied “endlagerdialog.de“ vom 14.02.2020  | 14        |
| 2.1.2.2 Antwort der BGE vom 20.02.2020 um 14:34 Uhr  | 15        |
| 2.1.2.3 Ergänzende Antwort der BGE vom 04.03.2020 um 13:44 Uhr   | 17        |
| 2.1.2.4 Beitrag eine/r Nutzer*in über Direktnachricht inklusive Antwort der BGE vom 07.04.2020   | 18        |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 2.1.3    | Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „vulkanische Aktivität“   | 19 |
| 2.1.3.1  | Beitrag von Mitglied “endlagerdialog.de” vom 06.02.2020 um 15:28 Uhr   | 20 |
| 2.1.3.2  | Antwort der BGE vom 11.02.2020 um 09:42 Uhr  | 20 |
| 2.1.3.3  | Ergänzende Antwort der BGE vom 13.02.2020 um 12:21 Uhr   | 20 |
| 2.1.4    | Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „Grundwasseralter“  | 21 |
| 2.1.4.1  | Nachtrag zur Konsultation über private Nachricht sowie Antwort der BGE vom 11.06.2020 um 8:34 Uhr  | 21 |
| 2.1.5    | Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „großräumige Vertikalbewegungen“  | 27 |
| 2.1.5.1  | Beitrag von Mitglied “endlagerdialog.de” vom 22.03.2020 um 21:35 Uhr   | 27 |
| 2.1.5.2  | Antwort der BGE vom 26.3.2020 um 07:29 Uhr   | 28 |
| 2.1.6    | Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „aktive Störungszonen“  | 31 |
| 2.1.6.1  | Beitrag vom Mitglied “Hinkelstein” vom 24.04.2020 um 16:33 Uhr   | 31 |
| 2.1.6.2  | Beitrag von Mitglied “endlagerdialog.de” vom 26.04.2020 um 20:23 Uhr   | 32 |
| 2.1.6.3  | Beitrag vom Mitglied “Hinkelstein” vom 28.04.2020 um 12:26 Uhr.  | 33 |
| 2.1.6.4  | Beitrag von Mitglied “endlagerdialog.de” vom 28.04.2020 um 20:05 Uhr   | 34 |
| 2.1.6.5  | Beitrag von Mitglied “Hinkelstein” vom 29.04.2020 um 14:36 Uhr   | 35 |
| 2.1.6.6  | Beitrag von Mitglied “endlagerdialog.de” vom 29.04.2020 um 19:28 Uhr   | 36 |
| 2.1.6.7  | Antworten der BGE vom 04.05.2020 um 05:00 Uhr  | 37 |
| 2.1.6.8  | Beitrag von Mitglied “Hinkelstein” vom 05.05.2020 um 10:33 Uhr   | 39 |
| 2.1.6.9  | Beitrag von Mitglied “Königin” vom 06.05.2020  | 40 |
| 2.1.6.10 | Antworten der BGE vom 07.05.2020 um 17:04 Uhr  | 40 |
| 2.1.6.11 | Weitere Antworten der BGE vom 02.06.2020 um 10:46 Uhr  | 45 |
| 2.1.6.12 | Abschließende Antworten der BGE vom 09.06.2020 um 09:04 Uhr  | 49 |
| 2.1.7    | Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bergwerke“ | 51 |
| 2.1.7.1  | Beitrag des Mitglieds “Königin” vom 16.04.2020 um 09:18 Uhr  | 51 |
| 2.1.7.2  | Antwort der BGE vom 21.04.2020 um 08:34 Uhr  | 52 |
| 2.1.7.3  | Beitrag des Mitglieds “Hinkelstein” vom 25.05.2020 um 12:37 Uhr  | 52 |
| 2.1.7.4  | Antwort der BGE vom 11.06.2020 um 12:55 Uhr  | 53 |
| 2.1.7.5  | Beitrag des Mitglieds “Königin” vom 15.06.2020 um 08:51 Uhr  | 54 |
| 2.1.7.6  | Antwort der BGE vom 10.07.2020 um 07:02 Uhr  | 55 |
| 2.1.7.7  | Beitrag der BGE vom 10.07.2020 um 09:32 Uhr  | 56 |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 2.2      | Konsultation zur Anwendungsmethode der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien | 57        |
| 2.2.1    | Beitrag des Mitglieds "Hinkelstein" vom 17.06.2020 um 14.33 Uhr                 | 57        |
| 2.2.2    | Antwort der BGE vom 03.07.2020 um 11:04 Uhr                                     | 59        |
| 2.3      | Konsultation zur Anwendungsmethode der Mindestanforderungen                     | 63        |
| <b>3</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>   | <b>64</b> |
|          | <b>Anzahl der Blätter dieses Dokumentes</b>                                     | <b>65</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Abbildung 1: | Vom Mitglied „endlagerdialog.de“ gepostete Grafik im BGE-Forum. | 28 |
| Abbildung 2: | Von der BGE im Forum gepostete Grafik zu Störungsfläche.        | 44 |

## Abkürzungsverzeichnis

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b><sup>3</sup>H</b>   | Tritium  |
| <b><sup>12</sup>C</b>  | Kohlenstoff-12   |
| <b><sup>14</sup>C</b>  | Kohlenstoff-14   |
| <b><sup>36</sup>Cl</b> | Chlor-36   |
| <b><sup>39</sup>Ar</b> | Argon-39   |
| <b><sup>81</sup>Kr</b> | Krypton-81   |
| <b>3D, 2D</b>          | Dreidimensional, zweidimensional   |
| <b>AkEnd</b>           | Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte                          |
| <b>BASE</b>            | Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung                    |
| <b>BfE</b>             | Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit                       |
| <b>BGE</b>             | Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH                                   |
| <b>BGR</b>             | Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe                        |
| <b>BMWi</b>            | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie                             |
| <b>EndISiAnfV</b>      | Endlagersicherheitsanforderungsverordnung                                |
| <b>ESK</b>             | Entsorgungskommission  |
| <b>GOK</b>             | Geländeoberkante   |
| <b>HAW</b>             | hoch radioaktive Abfälle   |
| <b>KaStör</b>          | Evaluierung des Kenntnisstandes von aktiven Störungszonen in Deutschland |
| <b>MWD</b>             | Measuring While Drilling   |
| <b>Nagra</b>           | Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle           |
| <b>pMC</b>             | percent modern carbon  |
| <b>SGD</b>             | Staatliche Geologische Dienste   |
| <b>SKB</b>             | Svensk Kärnbränslehantering Aktiebolag                                   |
| <b>StandAG</b>         | Standortauswahlgesetz  |
| <b>TIB Hannover</b>    | Technische Informationsbibliothek Hannover                               |

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>TU</b>              | Tritium Units  |
| <b>t<sub>1/2</sub></b> | Halbwertszeit  |
| <b>W&amp;T</b>         | Wissenschaft & Technik                                   |
| <b>ZERAM</b>           | Zwischen- und Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben |

### **Glossar**

Ein berichtsübergreifendes Glossar ist der Unterlage „Glossar der BGE zum Standortauswahlverfahren“ (BGE 2020af) zu entnehmen.

## 1 Grundsätzliches zur Methodenkonsultation im BGE Forum

### 1.1 Allgemeines

Auf [www.forum-bge.de](http://www.forum-bge.de)<sup>1</sup> hat die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) in den Jahren 2019 und 2020 ihre Methode zur Anwendung der im Standortauswahlgesetz (StandAG) festgelegten Kriterien und Anforderungen im Rahmen des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle für die allgemeine Öffentlichkeit zur Diskussion gestellt. Diskutiert werden konnten:

- die geplanten Methoden zur Anwendung der Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG,
- die geplante Methode zur Anwendung der Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG;
- die geplante Methode zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG.

Das Ziel war zum einen, die Öffentlichkeit über die geplanten Methoden der BGE frühzeitig zu informieren. Zum anderen sollten die Rückmeldungen der Öffentlichkeit im Rahmen des lernenden Verfahrens in die Weiterentwicklung der Methoden einfließen können.

### 1.2 Ablauf der Online-Konsultationen

Die BGE hat jeweils in einem Methodensteckbrief die geplante Anwendungsmethode für die jeweiligen Kriterien und Anforderungen dargestellt. Wenn es erforderlich erschien, wurden zu den Steckbriefen erläuternde Glossare mit den wichtigsten Fachbegriffen erstellt. Die Steckbriefe wurden auf der Webseite der BGE, der Informationsplattform nach § 6 StandAG des Bundesamts für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) <http://www.endlagersuche-infoplattform.de> und unter [www.forum-bge.de](http://www.forum-bge.de) veröffentlicht und auf der Forumsseite für einen Zeitraum von mindestens sechs Wochen zur Diskussion gestellt. In den meisten Fällen wurde dieser Zeitraum verlängert, d. h. laufende Diskussionen wurden nicht abrupt beendet. In zwei Fällen (Ausschlusskriterium „aktive Störungszonen“ und Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit“) wurden aufgrund der Rückmeldungen im Forum ergänzende Steckbriefe erstellt, die ebenfalls diskutiert werden konnten.

### 1.3 Beschreibung des BGE-Forums

Das BGE-Forum ist unter [www.forum-bge.de](http://www.forum-bge.de) frei zugänglich, sodass alle interessierten Personen mitlesen und die Dokumente einsehen können. Des Weiteren können sich Interessierte kostenlos im BGE-Forum registrieren und mit einem selbst gewählten Pseudonym posten. Die BGE hat alle Fragen direkt im Forum beantwortet. Alle Beiträge

---

<sup>1</sup>Alle Links sind am 05.09.2020 überprüft worden. Das ist keine Garantie, dass alle Links dauerhaft über dieses Dokument erreichbar sind.

waren somit jederzeit auch für nicht-registrierte Personen lesbar. Neue Konsultationen wurden jeweils durch einen sogenannten „Störer“ auf der Startseite von [www.bge.de](http://www.bge.de) bekanntgegeben und über die Accounts der BGE in den sozialen Netzwerken Twitter, LinkedIn, Xing und Facebook angekündigt. Die Moderation des Forums wurde über den Account „BGE\_Moderator“ durch die BGE vorgenommen. Die Antworten auf die im Forum gestellten Fragen wurden von den Expert\*innen aus der BGE erstellt. Dem Moderatoren-Team konnten innerhalb des Forums auch Privatnachrichten geschickt werden. Die dort aufkommenden Fragen wurden inklusive der Antworten anschließend ebenfalls im Forum gepostet. So ist lückenlose Transparenz sichergestellt worden.

#### **1.4 Zeitraum der Online-Konsultationen**

Die Konsultationen fanden zwischen dem 13. November 2019 und dem 4. August 2020 statt. Im Überblick:

- Konsultation Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bohrungen“ (13.11.2019 bis 08.01.2020)
- Konsultation Ausschlusskriterium „seismische Aktivität“ (20.01.2020 bis 01.03.2020)
- Konsultation Ausschlusskriterium „vulkanische Aktivität“ (28.01.2020 bis 10.03.2020)
- Konsultation Ausschlusskriterium „Grundwasseralter“ (26.02.2020 bis 09.04.2020)
- Konsultation Ausschlusskriterium „großräumige Vertikalbewegungen“ (12.03.2020 bis 23.04.2020)
- Konsultation Ausschlusskriterium „aktive Störungszonen“ (25.03.2020 bis 18.05.2020)
- Konsultation Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bergwerke“ (15.04.2020 bis 24.07.2020)
- Konsultation „geowissenschaftliche Abwägungskriterien“ (12.05.2020 bis 12.07.2020)
- Konsultation „Mindestanforderungen“ (29.06.2020 bis 04.08.2020)

#### **1.5 Überblick über die Eckdaten zur Online-Konsultation**

Im gesamten Zeitraum haben sich insgesamt 148 Personen im Forum registriert. Es wurden 50 Beiträge in 10 Themen verfasst.

Darüber hinaus wurden die Steckbriefe häufig angesehen. Die meisten Abrufe hatte der Steckbrief zum Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bohrungen“ mit mehr als 12 000 Ansichten. Die anderen Steckbriefe wurden im Durchschnitt 3 000 Mal angesehen.

Die meisten Fragen gab es zum Steckbrief zum Ausschlusskriterium „aktive Störungszonen“ (insgesamt 13 Beiträge). Gar nicht kommentiert wurde der Steckbrief zu den „Mindestanforderungen“.

Die BGE hat insgesamt wertvolle Erkenntnisse aus den Eingaben der Nutzer\*innen gewonnen. In den meisten Fällen wurde um weitere Erklärungen der Anwendungsmethoden der BGE inklusive zusätzlicher Quellennachweise gebeten. Bei einigen Kriterien wurden auf Basis der Wünsche der Nutzer Ergänzungen zu den Steckbriefen erstellt. Teilweise gab es auch reine Verständnisfragen.

#### **1.5.1 Darstellung eines Beispiels eines Diskussionsergebnisses zum Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bohrungen“**

Die BGE war zunächst davon ausgegangen, einen horizontalen Ausschlussradius von 25 m um den Bohrfad bei Bohrungen anzuwenden, die eine Tiefe von 300 m oder mehr erreichen. In der Onlinediskussion zum Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bohrungen“ wurde der Hinweis eingebracht, dass ein Ausschlussradius von 25 m um den Bohrfad auch in vertikale Richtung anzusetzen sei. Dadurch wäre der endlagerrelevante Bereich bereits durch Bohrungen ab einer Tiefe von 276 m unter GOK betroffen, weshalb auch diese für einen Ausschluss heranzuziehen seien. Die BGE stimmte diesem Hinweis zu und hat die Anwendungsmethode für das Kriterium „bergbauliche Tätigkeit – Bohrungen“ daraufhin angepasst (BGE 2020h).

#### **1.5.2 Darstellung des Ergebnisses zur Diskussion zu Quellenhinweisen**

Ein User wies darauf hin, dass die BGE von ihr genutzte, frei verfügbare Quellen direkt verlinken sollte. Dies wurde direkt umgesetzt und wird seitdem entsprechend beherzigt.

## **2 Ergebnisse der Onlinekonsultation der Anwendungsmethoden**

### **2.1 Konsultation zur Anwendungsmethode der Ausschlusskriterien**

#### **2.1.1 Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bohrungen“**

Der Steckbrief zu [„Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bohrungen“](#) konnte vom 13. November 2019 bis zum 8. Januar 2020 diskutiert werden. Der Beitrag erhielt insgesamt 12 481 Ansichten. Folgende Beiträge wurden unter dem Steckbrief gepostet:

##### **2.1.1.1 Beitrag von Mitglied “haans“ am 21.11.2019, 12:12 Uhr**

„Danke für die kompakte und schlüssige Darstellung. Meine Frage: Ist es wirklich unvermeidlich die 3D-Gesteinsbereiche auf einer 2D-Karte abzubilden? Denn jede 2D-Karte, die irgendwann im Zwischenbericht Teilgebiete und anschließend in der Tagesschau auftaucht, vermittelt optisch einen falschen Eindruck. Viele Betrachter werden intuitiv annehmen, dass die projizierte Fläche an der Oberfläche besonders bedroht sei und alle anderen Gebiete überhaupt nicht.

Um die Diskussion vor einer solchen Fehlwahrnehmung zu schützen, wäre zu überlegen, ob man ausschließlich auf 3D-Darstellungen setzt. Das wäre graphisch eine gewisse Herausforderung, aber in Zeiten von Geoinformationssystemen (und 3D-Game-Welten) keine unlösbare Aufgabe. Der Effekt wäre, dass die Betroffenheit sich nicht auf das projizierte 2D-Gebiet fokussiert, sondern sich eine ehrlichere Diskussion über langfristige Risiken und Lasten in ganz Deutschland ergibt.

Durch die kartographische Darstellung kann man beeinflussen, ob "der Atommüll in einer Region abgeladen wird" oder als Verantwortung für alle Menschen in Deutschland und Europa behandelt wird.“

##### **2.1.1.2 Antwort der BGE vom 27.11.2020, 11:32 Uhr**

„Danke für Ihren Diskussionsbeitrag, haans. Wir werden den Vorschlag in unsere Diskussion einbeziehen. Wie Sie richtig feststellen, ist eine vollständige 3D-Darstellung eine technische Herausforderung. Vielleicht geht sie bei der ersten Datenauswertung auch noch etwas zu weit, weil sie eine Präzision vorgibt, die noch gar nicht gegeben ist.

Die Notwendigkeit der 2D-Darstellung ergibt sich allerdings aus dem Standortauswahlgesetz. Im § 21 sind die Sicherheitsvorschriften für die Teilgebiete formuliert. Deshalb muss tatsächlich klar sein, ob ein Ort, ein Feld oder ein Haus im Teilgebiet liegt oder nicht. Denn dort greifen die Sicherheitsvorschriften, die aktuell bezogen auf die weiße Deutschlandkarte ja dazu führen, dass jedes Bohrvorhaben vom Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE)\* genehmigt werden muss.

Für das Verständnis können 3D-Darstellungen aber gewiss wichtig werden. Deshalb nehmen wir Ihre Anregung auch gerne in die Diskussion auf, bei der es um die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete der BGE gehen wird.

Wir verstehen Ihren Diskussionsbeitrag als generelle Empfehlung, die sich nicht ausschließlich auf das Ausschlusskriterium Bergbau und den Sonderfall Bohrungen bezieht.“

#### **2.1.1.3 Beitrag von Mitglied "curo" am 26.11.2019, 13:44 Uhr**

„Für mich stellt sich folgende Frage: Wie kann bei verrohrten Bohrungen sichergestellt werden, dass die Integrität des Casings gewährleistet ist? Das trifft auch auf die Zementation des Ringraumes zu. Herkömmliche Dämmer oder Verfüllzemente können keine Zugspannungen aufnehmen. Hinzu kommen chemische Angriffen über lange Zeiträume.

Wenn mit Bohrungen geologische Störungen oder geöffnete Klüfte durchteuft wurden, wird eine Beschränkung auf einen Sicherheitsabstand von 25 Metern mindestens zu hinterfragen sein.“

#### **2.1.1.4 Antwort der BGE vom 29.11.2019, 08:35 Uhr**

„Vielen Dank für Ihre Frage und Ihre Anmerkung, Curo. Die BGE kann in der aktuellen Phase des Verfahrens, in der es darum geht Teilgebiete zu identifizieren, den aufwendigen Nachweis der Integrität von Verrohrung und Zementation nicht bei allen circa 40 000 endlagerrelevanten Bohrungen führen. Nach derzeitigem Stand ist geplant, alle Bohrungen, die in den endlagerrelevanten Bereich (> 300 m) hineingebohrt wurden, mit einem Radius von 25 Metern auszuschließen.

Im nächsten Verfahrensschritt „Ermittlung von Standortregionen und abschließend Ermittlung von möglichen Standorten“ (nach StandAG müssen die Ausschlusskriterien in jedem Verfahrensschritt erneut angewandt werden) wird eine detaillierte Betrachtung von Bohrungen, die in Teilgebieten bzw. Standortregionen liegen, vorgenommen. Wenn es Hinweise auf besondere Umstände oder Vorkommnisse gibt, wird der Ausschlussbereich anschließend gegebenenfalls vergrößert.“

#### **2.1.1.5 Zwischenaufruf der BGE vom 04.12.2019, 10:45 Uhr**

„Liebe Mitglieder des BGE-Forums,

Wir freuen uns sehr, dass sich bereits so viele Nutzer im Forum angemeldet und das Methodenpapier gelesen haben. Gern möchten wir noch einmal alle dazu ermuntern, uns Einschätzungen zur geplanten Ausschlussmethodik „Bohrungen“ mitzuteilen. Wir freuen uns sehr über Anregungen und Fragen, aber auch über Kritik. Fühlen Sie sich frei und kommentieren Sie! Ihre BGE“

### **2.1.1.6 Beitrag von Mitglied „endlagerdialog.de“ vom 03.01.2020**

„Ich habe Fragen zu den **abgelenkten Bohrungen**:

Welche technischen Methoden werden genutzt, um den Verlauf der Bohrung im 3D-Raum zu positionieren, also wie wird die aktuelle räumliche Lage des Bohrkopfes festgestellt?

Welche Vertrauensbereiche der unterschiedlichen Methoden(?) der Positionsbestimmungen werden angegeben?

Ist der Vertrauensbereich (Fehlerbreite bei Standardabweichung) von der Bohrlänge abhängig, nimmt die Fehlerbreite mit der Bohrlänge zu?

Welchen Vertrauensbereich setzt die BGE in der Regel fest?“

### **2.1.1.7 Antwort der BGE vom 08.01.2020**

„Lieber endlagerdialog.de,

vielen Dank für Ihre Fragen. Beim Richtbohren wird heutzutage die Position des Bohrkopfes mit Hilfe eines MWD (measuring while drilling)-Systems bereits während des Bohrens bestimmt. Hierbei wird beim Bohren hinter dem Bohrkopf ein Messtool mitgeführt, das Neigung und Einfallrichtung bestimmen kann (zum Beispiel durch ein magnetisches Messsystem). Im Nachgang wird die Bohrung in der Regel noch einmal mit Hilfe von Messsonden vermessen. Für die Positionierung der Bohrverläufe im 3D-Raum werden die Datenlieferungen der einzelnen Länder herangezogen, die je nach Bohralter auf Basis der zu der Zeit gängigen Methoden ermittelt wurden. Teilweise liegen uns bereits fertig konstruierte Bohrpfade vor, teilweise wurden zu den Bohrungen die Messungen der Abweichung in Form von gemessener Tiefe, Einfallswinkel und Einfallrichtung des Bohrpfades geliefert. Zum Teil sind lediglich über den Bohrpfad gemittelte Werte vorhanden.

Für die Konstruktion des Bohrlochverlaufes aus diesen Messdaten hat sich die BGE für die Anwendung der in der Mineralölindustrie gängigen „Minimum Curvature“-Methode entschieden. Bei der Methode wird der Bohrpfad zwischen den einzelnen Messpunkten in Form eines Bogens konstruiert.

Bohrungen, die in einem identifizierten Teilgebiet liegen, werden im weiteren Verfahren genauer betrachtet. Hierbei werden auch die Messungen der Abweichung berücksichtigt. Es ist richtig, dass die Fehlerbreite mit zunehmender Länge des Bohrpfades größer werden kann. Eine wichtigere Rolle spielt hier jedoch die Datendichte der einzelnen Messungen, je kleiner die Abstände zwischen den einzelnen Messungen sind, desto genauer kann der Bohrpfad konstruiert werden. Der genaue „Vertrauensbereich“ ist nicht endgültig festgelegt, und steht noch zur Diskussion. Hierfür müssen die Bohrungen individuell betrachtet werden. Der im Methodensteckbrief beschriebene Ausschlussradius von 25 Metern um den Bohrpfad berücksichtigt eine erste Lageungenauigkeit. „Die Lageungenauigkeit setzt sich aus Koordinatungenungenauigkeiten des Bohransatzpunktes und der unterschiedlichen Qualität der Ablenkmessungen des Bohrpfades zusammen.

Diese 25 Meter sind eine erste Abschätzung über mögliche Abweichungen des Bohrpfads zum idealen Verlauf...“ (BGE 2019: Methodensteckbrief „Bohrungen“). Viele Grüße, Ihre BGE“

#### **2.1.1.8 Beitrag von Mitglied “Königin“ am 06.01.2020**

„Ausschlüsse haben für alle Bohrungen, die eine Teufe von mehr als **275 Meter** (nicht 300) erreichen, zu erfolgen. Da mit dem 25-Meter-Radius vom Ende der Bohrung aus bereits hier der *endlagerrelevante Bereich* (> 300 m) betroffen ist. Siehe dazu auch Ihre Abbildung, die den Ausschluss unterhalb des (erwarteten) Endes der Bohrung visualisiert.“

#### **2.1.1.9 Antwort der BGE vom 08.01.2020**

„Hallo Königin, vielen Dank für Ihre Anregungen. Sie haben Recht, dass bei einem Ausschlussradius von 25 Metern um den Bohrpfad auch Bohrungen betroffen sind, die in einer geringeren Tiefe als 300 Meter enden. In unserem bisherigen Diskussionsstand sind wir davon ausgegangen, den Ausschlussradius von 25 Metern um den Bohrpfad nur bei Bohrungen anzuwenden, die eine Endteufe von 300 Metern oder tiefer erreichen. Konsequenterweise müssen auch Bohrungen ab einer Teufe von 276 Metern ausgeschlossen werden, da der Ausschlussradius in den endlagerrelevanten Bereich hineinragt. Wir werden Ihre Ausführungen in unsere weitere Diskussion mit einbeziehen. Viele Grüße, die BGE.“

#### **2.1.1.10 Ergänzende Fragen über eine interne Nachricht, Beitrag der BGE vom 10.01.2020 um 08:10 Uhr**

„Liebe Nutzerinnen und Nutzer des Forums, zu den Bohrungen haben uns über das E-Mail-Webformular noch folgende Fragen erreicht, die wir hiermit (inklusive der Antworten) nachreichen:

1. Wird es eine Ausschlussmethodik "Störungen" geben?

**Antwort BGE:** Ja, wir werden auch die Methodik für das Kriterium „aktive Störungszonen“ diskutieren. Nach derzeitiger Planung im März/April. Wir stellen die Ausschlussmethodik nacheinander zur Diskussion. Als nächste Themen sind Seismizität und Vulkanismus an der Reihe.

2. Wenn ja: "Wieviel Zeit gewährt die BGE dem interessierten Bürger in der Kommentierungsphase?"

**Antwort BGE:** Für jedes Kriterium dauert die Online-Konsultation im BGE-Forum sechs Wochen. Wenn nach Schließung der Onlinekonsultation noch Anregungen oder Anmerkungen gemacht werden sollen, können Sie diese gerne an die Adresse [dialog@bge.de](mailto:dialog@bge.de) schicken. Von dort werden sie ebenfalls in die weitere Arbeit des Bereichs Standortauswahl eingespeist, oder wenn es sich um Fragen handelt, beantwortet.

3. Die Bohrungsinformationen sind für die Ermittlung der genauen dreidimensionalen Lage von Störungen wohl nur begrenzt geeignet. Welche Methoden sollen bei der Detektion von Störungen genutzt werden?

**Antwort BGE:** Der Steckbrief zum Ausschluss aktiver Störungszonen wird Ende März fertig sein. Bis dahin bitten wir noch um ein wenig Geduld.

4. Sehr geehrte BGE-Verantwortliche, eine Kommentierungsphase von exakt 48 Tagen inklusive Weihnachten und Neujahr lässt ernsthafte Zweifel an dem Interesse seitens der BGE an einer echten Bürgerbeteiligung aufkommen. Dieses auch deshalb, weil außer dem Themenkomplex Bohrungen bisher keinen weiteren Methodiken erwähnt werden. Oder hab ich da etwas übersehen?

**Antwort BGE:** Wir werden alle Methodenpapiere zu den Ausschlusskriterien und auch zu den Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien online konsultieren.

Das Teilkriterium Bohrungen war unser Pilotprojekt für die Onlinekonsultation. Nachdem die BGE nun erste Erfahrungen gesammelt hat, werden wir bei der Eröffnung des nächsten Diskussionsstrangs auch den weiteren Verlauf der Onlinekonsultation umreißen, damit sich Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Forums sowie alle anderen Interessierten besser auf die Methodendiskussion vorbereiten und einstellen können. Die sechs Wochen Konsultationsfrist sollen die Kompaktheit der Diskussion unterstützen und ermöglichen. Die Ausschlussmethodiken sind aber durchaus in einem relativ kurzen Zeitraum diskutierbar. Die Schließung des Forums bedeutet im Übrigen nicht, dass der Dialog damit beendet ist. Unter [dialog@bge.de](mailto:dialog@bge.de) können Interessierte ihre Anmerkungen und Hinweise jederzeit in die weitere Arbeit der BGE „einspeisen“.

### **2.1.2 Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „seismische Aktivität“**

Der Methodensteckbrief zum [Ausschlusskriterium „seismische Aktivität“](#) konnte vom 20. Januar 2020 bis zum 1. März 2020 diskutiert werden.

Der Beitrag erhielt insgesamt 3 285 Ansichten. Folgende Beiträge wurden unter dem Steckbrief gepostet:

#### **2.1.2.1 Beitrag von Mitglied „endlagerdialog.de“ vom 14.02.2020**

„Die relativierende Aussage des AkEnd zu diesem Kriterium bezüglich der Endlagersicherheit ist wichtig und sollte auch mit der konkreten Fundstelle angegeben werden (AkEnd, 2002, S. 89), auch sollte der Link nicht fehlen (und zwar mit dem Uniform Resource Name, damit eine dauerhafte Reverenzierung möglich ist).

Wenn hier die Sicherheit von Untertagebauwerken angesprochen wird, stellt sich die Frage, welche Erfahrungen es weltweit zu Erdbebenschäden in Untertagebauwerken wie Bergwerken und Tunneln in Vergleich zu den oberirdischen Anlagen gibt? Was ist

bekannt von Bergwerken und Tunneln in Erdbebengebieten? Siehe auch Vortrag *Heidbach: Das Ausschlusskriterium Seismische Aktivität kritisch kommentiert*. Leider ist dieser nicht dokumentiert, nicht einmal die Präsentation ist verfügbar.

Erdbeben spielen eine Rolle lediglich bei offenen Untertagebauwerken, also in der Betriebsphase eines Endlagers. Das Kriterium gehört dann aber eher in die planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien und in die Sicherheitsanforderungen.

Beim verschlossenen Endlager geht es um die Aktivierung vorhandener und Bildung neuer Störungen. Wichtig sind also der Spannungszustand im Gebirge und dessen mögliche Veränderungen. Welche Konsequenzen für die Standortauswahl werden dem BMWi-Projekt [SpannEnd](#) beigemessen, welche der BGR-Studie [Paläoseismische Untersuchung Norddeutschlands](#)?

Mir als Nichtgebirgsmechaniker kommt dabei der Gedanke an die minimale Hauptspannung und deren Bedeutung beim Fluiddruckkriterium. Beim Zwischen- und Endlager Morsleben (ZERAM) wurde noch davon ausgegangen, dass bei Einhaltung des Dilatanzkriteriums auch das Fluiddruckkriterium eingehalten ist – siehe *Schulze, O. und T. Popp (2002). "Untersuchungen zum Dilatanzkriterium und zum Laugendruckkriterium für die Beurteilung der Integrität eines Endlagerbergwerks in einer Steinsalzformation." in: Z. Angew. Geol. 2002(2): 16 – 22. [Die Entsorgungskommission \(ESK\)](#) hat diesem widersprochen, weshalb die Stilllegung des ZERAM weitgehend umgeplant werden muss. Hat sich hier die wissenschaftliche Erkenntnis zu Spannungszuständen verändert oder gibt es einen expliziten Fehler in *Schulze, O. und T. Popp (2002)*?"*

#### 2.1.2.2 Antwort der BGE vom 20.02.2020 um 14:34 Uhr

„Liebes Mitglied "endlagerdialog.de", vielen Dank für die Hinweise und Fragen. Hier posten wir zunächst die Rückmeldungen zu den Punkten 1 bis 4, die Rückmeldung zu Punkt 5 folgt in Kürze.

1. *Die relativierende Aussage des AkEnd zu diesem Kriterium bezüglich der Endlagersicherheit ist wichtig und sollte auch mit der konkreten Fundstelle angegeben werden (AkEnd, 2002, S. 89), auch sollte der Link nicht fehlen (und zwar mit dem Uniform Resource Name, damit eine dauerhafte Reverenzierung möglich ist).*

**Antwort BGE:** Die Literaturliste haben wir um die fehlende Fundstelle (Seite 89) im Abschlussbericht des AkEnd ergänzt und den Link eingefügt.

2. *Wenn hier die Sicherheit von Untertagebauwerken angesprochen wird, stellt sich die Frage, welche Erfahrungen es weltweit zu Erdbebenschäden in Untertagebauwerken wie Bergwerken und Tunneln in Vergleich zu den oberirdischen Anlagen gibt? Was ist bekannt von Bergwerken und Tunneln in Erdbebengebieten? Siehe auch Vortrag *Heidbach: Das Ausschlusskriterium Seismische Aktivität kritisch kommentiert*. Leider ist dieser nicht dokumentiert, nicht einmal die Präsentation ist verfügbar.*

**Antwort BGE:** Gerne stellen wir Ihnen hierzu einige Informationen zusammen.

Zunächst sei hier auf eine Zusammenstellung der NAGRA verwiesen: In ihren regelmäßig veröffentlichten Infobroschüren sind z. B. Erfahrungswerte aus Japan zusammengefasst worden (NAGRA, 2014, <https://www.nagra.ch/data/documents/data...dbeben.pdf> NAGRA, 2010, [https://www.nagra.ch/display.cfm/id/102423/display\\_type/display/file\\_name/d\\_th4\\_Erdbeben.pdf](https://www.nagra.ch/display.cfm/id/102423/display_type/display/file_name/d_th4_Erdbeben.pdf)). Verursachte Schäden in Japan im Zuge der großen Erdbeben aus den Jahren 1995 und 2011 an Untertagebauwerken wie Tunneln, Lagertanks und Kavernen waren insgesamt gering und beschränkten sich auf Tunnelschäden an der Stelle bereits vorhandener Schwächezonen.

Weiterführende Hinweise finden Sie zudem in einer Studie der Schwedischen SKB. Darin sind unter anderem weltweite Erfahrungen im Zusammenhang mit Erdbebenschäden an Untertagebauwerken zusammengetragen (SKB, 2002). Diese Studie kann online abgerufen werden (<https://inis.iaea.org/collection/NCLColl...df?r=1&r=1>) und wurde auch in einem Gutachten zur Erdbebensicherheit zum „Projekt Opalinuston“ der NAGRA aufgegriffen (Résonance Ingénieurs-Conseils SA, 2003).

Herr Dr. Heidbach hat die Folien seiner oben genannten Präsentation freundlicherweise für diese Diskussion bereitgestellt. Dort enthalten sind Informationen wie die Lastnahmen für erdbebengerechtes Bauen berechnet werden und wofür die DIN EN 1998-1 eingesetzt wird. Die Präsentation können Sie hier einsehen:

 [Heidbach BGE Vortrag Dezember 2019.pdf](#) (Größe: 625,28 KB / Downloads: 142)

*3. Erdbeben spielen eine Rolle lediglich bei offenen Untertagebauwerken, also in der Betriebsphase eines Endlagers. Das Kriterium gehört dann aber eher in die planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien und in die Sicherheitsanforderungen.*

**Antwort BGE:** Die hier vorgestellte Anwendungsmethodik des Ausschlusskriteriums „Seismische Aktivität“ hat zum Ziel, Gebiete auszuschließen, in denen seismische Aktivitäten zu erwarten sind, die die Sicherheit eines Endlagers beeinträchtigen können. Die BGE setzt dieses Kriterium im Standortauswahlverfahren nach Vorgabe des StandAG um. Auch bei der Durchführung von Sicherheitsuntersuchungen wird im Rahmen der Langzeitsicherheitsanalyse die Erdbebengefährdung untersucht. Der Referentenentwurf vom 11.07.2019 über die „Verordnung über die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle“ (BMU, 2019; <https://www.dialog-endlager-sicherheit.de...tandag.pdf>) unterscheidet dabei zwischen zu erwartenden, abweichenden und hypothetischen Entwicklungen (Abschnitt 2, § 3).

*4. Beim verschlossenen Endlager geht es um die Aktivierung vorhandener und Bildung neuer Störungen. Wichtig sind also der Spannungszustand im Gebirge und dessen mögliche Veränderungen. Welche Konsequenzen für die Standortauswahl werden dem BMWi-Projekt SpannEnd beigemessen, welche der BGR-Studie Paläoseismische Untersuchung Norddeutschlands?*

**Antwort BGE:** Das Ziel des Projekts SpannEnd ist die Erstellung eines geomechanischen Finite-Elemente-Modells von Deutschland, die Entwicklung einer Datenbank für

Spannungsmagnituden sowie die Entwicklung von Werkzeugen für Spannungsprognosen. Das Projekt Paläoseismische Untersuchung Norddeutschlands befasste sich u. a. mit dem Reaktivierungspotential von Störungen durch isostatischen Ausgleich aufgrund von Gletscherüberföhrung in Norddeutschland. Da im StandAG die Anwendung des Ausschlusskriteriums „Seismische Aktivität“ konkret vorgegeben ist, können die beiden genannten Projekte in diesem Zusammenhang nicht berücksichtigt werden. Dennoch verfolgt die BGE diese Forschungsvorhaben mit großem Interesse und wird auf die darin erarbeiteten Ergebnisse ggf. ab Phase 1, Schritt 2 (Ermittlung von Standortregionen) des Standortauswahlverfahrens zurückgreifen.

### **Ergänzende Literatur:**

- BMU, 2019. Verordnung über die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle, Referentenentwurf vom 11.07.2019, [https://www.dialog-endlagersicherheit.de/sites/default/files/downloads/20190710\\_fassung\\_fur\\_offentlichkeitsbeteiligung\\_vo\\_ssss\\_26\\_und\\_27\\_standag.pdf](https://www.dialog-endlagersicherheit.de/sites/default/files/downloads/20190710_fassung_fur_offentlichkeitsbeteiligung_vo_ssss_26_und_27_standag.pdf).
- NAGRA, 2010. Erdbeben – eine Gefahr für Tiefenlager?, Themenheft zur nuklearen Entsorgung, tH4, Nachdruck März 2014, <https://www.nagra.ch/display.cfm/id/1024...dbeben.pdf>.
- NAGRA, 2014. Geologisches Tiefenlager – sind Erdbeben eine Gefahr für deren Sicherheit?, tb7, <https://www.nagra.ch/data/documents/data...dbeben.pdf>.
- SKB, 2002. Effects of earthquakes on the deep repository for spent fuel in Sweden based on case studies and preliminary model results, Technical Report TR-02-24, <https://inis.iaea.org/collection/NCLColl...df?r=1&r=1>.
- Résonance Ingénieurs-Conseils SA, 2003. Projekt Opalinuston – Gutachten zur Erdbebensicherheit.“

### **2.1.2.3 Ergänzende Antwort der BGE vom 04.03.2020 um 13:44 Uhr**

„Liebes Mitglied "endlagerdialog.de", hier kommt noch die letzte ausstehende Antwort zur folgenden Frage:

*"Mir als Nichtgebirgsmechaniker kommt dabei der Gedanke an die minimale Hauptspannung und deren Bedeutung beim Fluidruckkriterium. Beim Zwischen- und Endlager Morsleben (ZERAM) wurde noch davon ausgegangen, dass bei Einhaltung des Dilatanzkriteriums auch das Fluidruckkriterium eingehalten ist – siehe Schulze, O. und T. Popp (2002). "Untersuchungen zum Dilatanzkriterium und zum Laugendruckkriterium für die Beurteilung der Integrität eines Endlagerbergwerks in einer Steinsalzformation." in: Z. Angew. Geol. 2002(2): 16 – 22. Die ESK hat diesem widersprochen, weshalb die Stilllegung des ZERAM weitgehend umgeplant werden muss. Hat sich hier die wissenschaftliche Erkenntnis zu Spannungszuständen verändert oder gibt es einen expliziten Fehler in Schulze, O. und T. Popp (2002)?"*

**Antwort BGE:**

Die Langzeitsicherheitsbewertungen im Zusammenhang mit der Stilllegung des Endlagers Morsleben werden unter Berücksichtigung der ESK-Empfehlungen gerade aktualisiert. Eine der Empfehlungen der Entsorgungskommission (ESK) – die „Empfehlung 3“ – beinhaltet die Forderung, dass beim Integritätsnachweis für die Salzbarriere sowohl das Dilatanzkriterium als auch das Laugendruckkriterium anzuwenden sind, da die Bewertung von nur einem der beiden einschlägigen Kriterien (Laugendruckkriterium, Dilatanzkriterium) von der ESK als nicht ausreichend eingestuft wurde. Die Anwendung beider Kriterien bei der Integritätsbewertung geologischer Barrieren entspricht heute grundsätzlich dem Stand von Wissenschaft und Technik und wird sowohl durch die Sicherheitsanforderungen 2010 als auch durch die EndSiAnfV (Referentenentwurf) für die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen beim Standortauswahlverfahren für eine HAW-Endlager vorgegeben. Viele Grüße, Ihre BGE“

**2.1.2.4 Beitrag eine/r Nutzer\*in über Direktnachricht inklusive Antwort der BGE vom 07.04.2020**

„Per Direktnachricht hat uns noch eine Rückfrage des Users erreicht. Diese und unsere Antwort reichen wir hiermit gern nach. Grundsätzlich gilt: *Falls Sie auch nach Ablauf der Konsultationsfristen Fragen oder Anregungen für uns haben: Schreiben Sie uns gern eine E-Mail unter [dialog@bge.de](mailto:dialog@bge.de)*

**Frage:**

*Leider haben Sie erst nach der Beendigung der Konsultation die oben genannte Nachricht eingestellt, weshalb ich darauf nicht reagieren konnte.*

*Sie beantworten leider meine Frage nicht. Auch zum Zwischen- und Endlager Morsleben wurden sowohl Dilatanz- als auch Fluidruckkriterium angewendet. Letzteres indirekt entsprechend der von mir angeführten Arbeit*

*Schulze, O. und T. Popp (2002). „Untersuchungen zum Dilatanzkriterium und zum Laugendruckkriterium für die Beurteilung der Integrität eines Endlagerbergwerks in einer Steinsalzformation.“ in: Z. Angew. Geol. 2002(2): 16 – 22.*

*Die Frage von mir war, an welcher Stelle in dieser Arbeit der Fehler liegt, weshalb aus dem Einhalten des Dilatanzkriteriums nicht das Einhalten des Fluidruckkriteriums folgt.*

*Leider geht die ESK-Stellungnahme auf diese Frage nicht ein, sondern fordert in primitiver Weise den direkten Nachweis der Einhaltung der beiden Kriterien, verlangt also lediglich formal die Einhaltung der Sicherheitsanforderungen.*

*Die oben genannte Frage nach dem Fehler in Schulze, O. und T. Popp (2002) spielt insofern eine Rolle, weil die beiden Kriterien blind und ohne fachliche Begründung in den Entwurf der neuen Sicherheitsanforderungen übernommen wurden. Schließlich sind Fehler dazu da, daraus zu lernen. Fachlich sollte also aufgezeigt werden, wo dieser Fehler liegt und ob und wie daraus gelernt werden kann.*

**Antwort BGE:**

In den früheren Jahren wurde die wissenschaftliche Auffassung vertreten, dass die Integrität einer Salinarbarriere nachgewiesen ist, wenn das Dilatanz- **oder** Fluiddruckkriterium eingehalten ist (entspricht der genannten Quelle). Der Grundgedanke war, dass eine Schädigung des Salzes in Form von kleinsten berechneten Volumenzunahmen des Gesteinsgefüges z. Bsp. durch Risse (Überschreitung des Dilatanzkriteriums) vorliegen muss, damit ein Fluid in das Salinar eindringen kann.

Weitere Forschungsarbeiten zu diesem Thema und verbesserte Versuchstechniken führten in den letzten 10 Jahren zu einem Umdenken bei der Anwendung der beiden Kriterien [1, 2]. So konnte in Untersuchungen im Labor gezeigt werden, dass Fluid unter hohem Druck (Fluiddruckkriterium verletzt) auch ohne eine mechanische Vorschädigung (-> Dilatanzkriterium eingehalten) in Salinargestein eindringen kann. In der Fachwelt hat sich daher die Auffassung durchgesetzt, dass erst bei Einhaltung beider Kriterien die Barrierenintegrität sicher nachgewiesen ist. Dieses Umdenken ist jedoch nicht als Fehler zu bezeichnen, sondern nach unserem Verständnis handelt es sich dabei um die Berücksichtigung der Weiterentwicklung des Standes von W&T. Grundlage für diese Fragestellung ist zum einen die Weiterentwicklung der Versuchstechnik, um derartige Prozesse messbar zu machen als auch die Abbildung der geologischen Realität in ihrer Vielfalt in numerischen Ansätzen – sog. Stoffgesetzen – mit denen das mechanische, und auf dieser Basis auch das hydraulische Verhalten der Gesteinsschichten in Abhängigkeit von ihrer Verformung abgebildet wird. Für die Arbeiten im Rahmen der Standortauswahl gelten das StandAG in Kombination mit der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung (noch im Entwurf aber in der BMU Verordnung von 2010 entsprechend), welche die gleichzeitige Erfüllung beider Kriterien fordern.

**Ergänzende Literatur:**

Düsterloh, U. (2009): Geotechnische Sicherheitsnachweise für Hohlraumbauten im Salinargebirge unter besonderer Berücksichtigung laborativer Untersuchungen

IfG (2010): Beweissicherungsprogramm zum geomechanischen Verhalten von Salinarbarrieren nach starker dynamischer Beanspruchung und Entwicklung einer Dimensionierungsrichtlinie zum dauerhaften Einschluss (02C1264)“

**2.1.3 Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „vulkanische Aktivität“**

Der Methodensteckbrief zum [Ausschlusskriterium „vulkanische Aktivität“](#) konnte vom 28. Januar 2020 bis zum 10. März 2020 diskutiert werden.

Der Beitrag erhielt insgesamt 2 786 Ansichten. Folgende Beiträge wurden unter dem Steckbrief gepostet:

### 2.1.3.1 Beitrag von Mitglied "endlagerdialog.de" vom 06.02.2020 um 15:28 Uhr

„(1) Bei der Definition von Vulkanismus wurden Gase mit einbezogen. Bedeutet das, dass Mofetten auch dazu gehören? Gibt es einen bundesweiten Überblick über aktuelle und quartäre Mofetten?

(2) Bei der Bilddarstellung <https://forum-bge.de/attachment.php?aid=13> halte ich es für klarer, wenn bei der dritten Darstellung auch noch die Linie zum 10 km-Sicherheitsabstand zu sehen wäre.

(3) Zur DS 18/11398 sollte auch der Link (<https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/113/1811398.pdf>) und die konkrete Fundstelle (S. 69) mitgeteilt werden. Weiterhin sollte auch auf die Ausführungen im Abschlussbericht der Endlagerkommission hingewiesen werden (S. 253 in <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/091/1809100.pdf>).

(4) Es wird auf ein vergebenes Forschungsprojekt zu den Sicherheitsabständen hingewiesen. Wie ist die genaue Fragestellung, wer hat den Auftrag erhalten, wann ist mit einem Ergebnis zu rechnen?

(5) In der Literaturliste ist bei Jentzsch, G., 2001 der Link in den nächsten Aufzählungspunkt gerutscht.“

### 2.1.3.2 Antwort der BGE vom 11.02.2020 um 09:42 Uhr

„Liebes Mitglied endlagerdialog.de, vielen Dank für Ihre Fragen und Ihre Anmerkungen. Der verrutschte Link in der Literaturliste steht nun bei dem zugehörigen Aufzählungspunkt, den Link zur Drucksache 18/11398 haben wir ergänzt. Die konkrete Fundstelle weisen wir bereits oben im Text (rot) aus. Bezüglich Ihrer Fragen erhalten Sie zeitnah ebenfalls Rückmeldung. Viele Grüße, Ihre BGE“

### 2.1.3.3 Ergänzende Antwort der BGE vom 13.02.2020 um 12:21 Uhr

„Liebes Mitglied endlagerdialog.de, im Folgenden gehen wir auf die einzelnen Punkte ein:

Mofetten gelten nach Schmincke (Schmincke, H.-U., 2014. Vulkane der Eifel. Springer Spektrum, 161 S.) als Begleiterscheinung von Vulkanismus und sind deswegen auch in der allgemein gültigen Definition von Vulkanismus zu nennen. Aus Mofetten lassen sich Hinweise auf magmatische Aktivität ableiten. Mofetten werden auch in dem unten genannten Forschungsprojekt mitbetrachtet und in die Gefährdungsanalyse einbezogen. Es wird dabei auch eine deutschlandweite Übersicht über bisher bekannte Mofetten erstellt. Für den Zwischenbericht Teilgebiete plant die BGE zunächst nur bekannte quartäre Eruptionszentren mit einem Sicherheitssaum von zehn Kilometern zum Ausschluss vorzuschlagen. Mofetten werden dann gegebenenfalls im weiteren Verfahren auf Basis der uns vorliegenden Forschungsergebnisse mit einbezogen.

Vielen Dank für Ihren Hinweis. Wir werden prüfen, ob Ihre Anmerkung im Zusammenhang mit der Visualisierung im Zwischenbericht Teilgebiete umgesetzt werden kann.

Wie in unserer ersten Antwort bereits erwähnt haben wir den Link im Literaturverzeichnis ergänzt. Die konkrete Seite, aus der das Zitat der Gesetzesbegründung stammt, ist im Text an passender Stelle angegeben. Wir werden, auch im Hinblick auf eine genauere Ausführung im Sinne Ihrer ersten Frage, im Zwischenbericht Teilgebiete auf den Abschlussbericht der Endlagerkommission verweisen.

Durch das an Professor Jentzsch (Universität Jena) und Professor Schreiber (Universität Duisburg-Essen) vergebene Forschungsprojekt sollen Lokationen mit einem Risiko vulkanischer Aktivität identifiziert, eine genauere Gefährdungsanalyse für diese einzelnen Gebiete durchgeführt und damit ein individuell angepasster Sicherheitssaum bestimmt werden. Das Projekt hat eine Laufzeit von 18 Monaten. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes werden daher erst im nächsten Verfahrensschritt des Standortauswahlverfahrens berücksichtigt.

Danke für den Hinweis, die Änderung haben wir durchgeführt.

Viele Grüße, Ihre BGE“

#### **2.1.4 Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „Grundwasseralter“**

Der Steckbrief zum [Ausschlusskriterium „Grundwasseralter“](#) konnte vom 26. Februar 2020 bis zum 9. April 2020 diskutiert werden.

Der Beitrag erhielt insgesamt 1 573 Ansichten. Im Diskussionszeitraum gab es keinen Beitrag im Forum. Es wurde aber später über eine private Nachricht ein Beitrag nachgereicht, der von der BGE im Forum beantwortet wurde:

##### **2.1.4.1 Nachtrag zur Konsultation über private Nachricht sowie Antwort der BGE vom 11.06.2020 um 8:34 Uhr**

„Sehr geehrtes BGE-Team, auch für Ihren Text zum Grundwasseralter zunächst einmal ein großes Lob! Es ist sehr erfreulich, dass Sie hier den Versuch unternehmen, die Grundlagen Ihrer Arbeit verständlich zu machen und ergebnisoffen zur Diskussion zu stellen.

Auch dieser Text gibt allerdings Anlass zu einigen Rückfragen. Zunächst geben Sie zwar eine verständliche und nachvollziehbare Definition von Grundwasser, Aquifer und Aquitard (wobei allerdings schon hier unklar bleibt, welche Rolle dabei die Erwähnung von Schwerkraft und Reibungskräften spielt, beziehungsweise von welchen anderen Wässern das Grundwasser dadurch abgegrenzt werden soll). Weniger nachvollziehbar ist die folgende Definition des Grundwasser-Alters: Im Wesentlichen wird das Alter als Zeitraum seit der "Neubildung" definiert – aber diese Neubildung ihrerseits wird in keiner Weise definiert. Soll darunter die Synthese von H<sub>2</sub>O, also die chemische Bildung von Wasser-Molekülen aus H- und O-Atomen, verstanden werden? Oder das Zusammenfließen des Grundwasser-Körpers in unterirdischen Hohlräumen, seine Durchmischung und Zusammenführung aus unterschiedlichen Quellen? Oder der letzte Kontakt mit der

Oberfläche beziehungsweise der Erdatmosphäre? Oder gar die Kondensation aus Wasserdampf beziehungsweise der Niederschlag aus der Atmosphäre? Das bleibt hier leider unklar – könnte aber einen großen Unterschied machen. Die Definition sollte im Interesse der Eindeutigkeit und Verständlichkeit entsprechend ergänzt werden.

Danach wird im Wesentlichen erläutert, dass das Alter mit radiochemischen Datierungsmethoden bestimmbar ist, und dabei vor allem die Isotope  $^3\text{H}$  und  $^{14}\text{C}$  eine Rolle spielen. Unklar bleibt hier: Reicht das aus, um alle relevanten Zeitskalen abzudecken und erfassen zu können? Müssen nicht noch weitere Isotope einbezogen werden, um die gesamte interessierende Bandbreite möglicher Zeiträume abzudecken? Wenn  $^{14}\text{C}$  ein Alter von maximal 30 000 Jahren bestimmen lässt – wie können dann noch größere Alter bestimmt werden? Wenn ein Endlager Sicherheit für eine Million Jahre in der Zukunft erwarten lassen soll – müsste man sich dann nicht zunächst überzeugen, dass der Abfall dort für einen ebensolchen Zeitraum in der Vergangenheit sicher gewesen wäre? Wenn die  $^{14}\text{C}$ -Methode nur bis maximal 30 000 Jahre zurückreich – wie werden dann die 970 000 weiteren Jahre abgedeckt, die dabei noch offenbleiben? Bieten sich dazu andere Isotope an? Wenn nein, gibt es überhaupt irgendeine Möglichkeit, dazu belastbare Aussagen zu machen?

Und umgekehrt: Wenn das kurzlebige Tritium nur Aussagen bis circa 50 Jahre in die Vergangenheit erlaubt – gibt es dann einen nahtlosen Anschluss an  $^{14}\text{C}$ -datierbare Zeiträume? Oder tut sich eine Datierungs-Lücke im dreistelligen Jahreszahlen-Bereich auf, weil mit  $^{14}\text{C}$  etwa nur Alter im vier- bis fünfstelligen Bereich seriös bestimmbar sind? Kann die Lücke mit anderen Methoden geschlossen werden – oder kann beziehungsweise muss man sie offen klaffen lassen?

Wie genau sind generell die Datierungs-Ergebnisse, bzw. mit welchem Unsicherheitsintervall sind sie behaftet? Um etwa ein Alter per  $^{14}\text{C}$ -Methode zu bestimmen, wird die BGE wohl das Verhältnis der beiden Isotope  $^{12}\text{C}$  und  $^{14}\text{C}$  in dem im Grundwasser enthaltenen Kohlenstoff untersuchen müssen. Der natürliche Anteil an  $^{14}\text{C}$  in der Atmosphäre liegt im Bereich von Milliardstel bis Billionstel; bei älteren Proben nimmt er dank radioaktivem Zerfall weiter ab. Muss nicht die zu untersuchende Menge an Kohlenstoff dann schon relativ groß sein, um überhaupt eine realistische Chance zu haben, auch nur ein paar  $^{14}\text{C}$ -Atome zu finden? Wieviel Kohlenstoff ist umgekehrt im Grundwasser überhaupt zu erwarten? Organische Stoffe dürften darin nur spärlich vorhanden sein; geht es also vor allem um Carbonate? Was folgt daraus für die erreichbare Präzision der Messungen, welcher instrumentelle Aufwand ist zu betreiben, welche unvermeidliche Unsicherheit wird den Ergebnissen dennoch zuzuschreiben sein? All das würde man hier gerne erfahren.

Idealerweise sollten Sie auch noch mehr zu den Hintergründen und Annahmen der Modelle sagen, die der Messmethode zugrunde liegen: Offenbar setzt die Methode ja voraus, dass sich in der Atmosphäre ein Gleichgewicht zwischen  $^{12}\text{C}$  und  $^{14}\text{C}$  bildet, dass der Anteil an  $^{14}\text{C}$  nach dem Abschluss von der Atmosphäre aber nur noch abnehmen kann. Ist das so? Gibt es im Untergrund keinerlei denkbaren Prozess zur Neubildung

von  $^{14}\text{C}$ ? Gibt es etwa keine mögliche Form von kosmischer Strahlung, die auch ins Erdinnere eindringen kann?

Und: War der Anteil an  $^{14}\text{C}$  in der Erdatmosphäre in der Vergangenheit konstant, oder muss man für verschiedene Grundwasseralter noch verschiedene "Startpunkte" beziehungsweise Anfangskonzentrationen im Laufe der Erdgeschichte in Rechnung stellen?

Schließlich: Sie erwähnen die Kernwaffenversuche und die dabei freigesetzten Isotopen-Mengen. Welche Rolle spielt das bei der Bestimmung des Grundwasseralters in der Praxis? Zweifellos wird man feststellen können, wenn ein Grundwasser erst in der Zeit dieser Versuche (also vor 50 – 70 Jahren) beziehungsweise danach gebildet wurde. Dann aber wird es für die Standortsuche ohnehin schnell aussortiert werden. Für alle anderen Grundwässer, bei denen zumindest Hoffnung auf ein größeres Alter besteht, scheinen die Kernwaffenversuche für die Altersbestimmung kaum hilfreich – wenn aber doch, sollten Sie dies bitte noch genauer erläutern.

Konkret: Angenommen, von einem bestimmten Grundwasser wäre bereits klar, dass es mindestens Jahrtausende alt ist – aber bisher ungeklärt, ob der Zeitraum seiner "Neubildung" entweder 100 000 oder eher 10 000 000 Jahre in der Vergangenheit liegt. Können Sie hier darstellen, wie (und mit welchen verbleibenden Unsicherheiten) diese Frage auf Grundlage welcher Isotopen-Methoden zu beantworten wäre?

All dies, und sicher Weiteres, könnten Sie hier erläutern. Jedenfalls würden Sie, wenn Sie all dies für die interessierte Öffentlichkeit verständlich aufbereiten, sich große Verdienste erwerben!“

#### **Antwort BGE:**

„Vielen Dank für die vielen interessanten Nachfragen, für deren Bearbeitung wir diesmal etwas länger gebraucht haben.

Die Ausschlussmethodik der BGE für das Ausschlusskriterium „Grundwasseralter“ sieht einen punktuellen Ausschluss vor, wenn Vorkommen von Tritium ( $^3\text{H}$ ) und/oder Kohlenstoff-14 ( $^{14}\text{C}$ ) im endlagerrelevanten Tiefenbereichen (300 bis 1 500 Metern) nachgewiesen sind (siehe dazu auch unseren Absatz „Welche Isotope sind für die Standortsuche relevant?“ im Methodensteckbrief sowie die dort zitierte Begründung des StandAG). Ein Ausschluss erfolgt in diesem Verfahrensschritt nicht auf Basis einer Datierung, sondern einzig anhand einer nachgewiesenen Menge von  $^3\text{H}$  und/oder  $^{14}\text{C}$ .

Daher sind in der aktuellen Phase nicht Datierungsmodelle der kritische Faktor, sondern Nachweisgrenzen. Maßgeblich ist die Tatsache, dass  $^3\text{H}$  und  $^{14}\text{C}$  kurze Halbwertszeiten haben und atmosphärischen Ursprungs sind. Ein Nachweis im Grundwasser ist damit ein Beleg dafür, dass der entsprechende Bereich im Untergrund über verhältnismäßig gut durchlässige Schichten eine Verbindung zur Oberfläche aufweist. Dies ist aus Sicht des langzeitsicheren Verschlusses der Radionuklide zu vermeiden.

Die untertägige Produktion des Isotops ist für  $^{14}\text{C}$  vernachlässigbar gering und wird bei der Auswertung nicht korrigiert (IAEA, 2001). Ein nicht atmosphärisch gebildeter Anteil des  $^3\text{H}$  wird ebenfalls nicht in Betracht gezogen.

In der aktuellen Phase des Standortauswahlverfahrens werden die Konzentrationen von  $^3\text{H}$  und/oder  $^{14}\text{C}$  nicht von der BGE selbst ermittelt, sondern im Rahmen von Datenabfragen durch die Staatlichen Geologischen Dienste bereitgestellt.

Die Messgenauigkeiten der  $^3\text{H}$ - und  $^{14}\text{C}$ -Gehalte in den analysierten Wässern variieren je nach Alter und Art der Messmethode. Zur Anwendung der Ausschlussmethodik wurden – falls in den an die BGE übergebenen Daten nicht angegeben oder anderweitig kenntlich gemacht – als Nachweisgrenzen, also den Werten, ab denen eine Probe als frei von  $^3\text{H}$  bzw.  $^{14}\text{C}$  bezeichnet werden kann, etablierter Analytik folgend 0,5 TU („Tritium Units“) für  $^3\text{H}$  und 1 % modern (pMC, „percent modern carbon“) für  $^{14}\text{C}$  angenommen (Griffault et al., 2003).

Zur Beantwortung Ihrer weiteren Fragen haben wir Themenschwerpunkte erstellt, die wir im Nachfolgenden nutzen, um unsere Antworten zu strukturieren.

#### Definition Grundwasseralter

Sie schreiben völlig richtig, dass das Grundwasseralter als der Zeitraum seit der Grundwasserneubildung definiert ist. Der Begriff der „Grundwasserneubildung“ ist in der DIN 4049-3 (Hydrologie – Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie) aus dem Jahre 1994 einzig und allein als „[...] der Zugang von infiltriertem Wasser durch den Sickerraum zum Grundwasser [...]“ definiert.

Um die Definition des Begriffs „Grundwasserneubildung“ durch das Deutsche Institut für Normung besser zu verstehen, sei im Folgenden zusätzlich eine Erklärung des „infiltrierten Wassers“ sowie des „Sickerraums“ gegeben.

„Infiltriertes Wasser“: Der Begriff der „Infiltration“ stammt aus dem Lateinischen („infiltrō“ = „einsickern“). Demzufolge ist das „infiltrierte Wasser“ ebenjenes Fluid, das durch den gravitativen Prozess der Versickerung durch die ungesättigte Zone (Bodenkörper oberhalb der Grundwasseroberfläche, auch als vadosse Zone bezeichnet) in die gesättigte Zone (vollständig mit Wasser gefüllter Bodenkörper, phreatische Zone) gelangt. Den „Sickerraum“ bildet dabei die ungesättigte Zone selbst, die neben unterschiedlich gebundenem Wasser (zum Beispiel Kapillarwasser, Adsorptionswasser, ...) freiem Wasser und Luft auch organische sowie anorganische Substanzen enthält.

Der Prozess der „Grundwasserneubildung“ ist demzufolge die „Übertretung“ der Grenze zwischen ungesättigter und gesättigter Zone (der Grundwasseroberfläche) im obersten Gebirgsstockwerk durch das versickernde Wasser, sodass lediglich eine Umbenennung des Wassers von beispielsweise „Sickerwasser“ in „Grundwasser“ erfolgt, jedoch keine Zustandsveränderung oder chemische Produktion des Moleküls  $\text{H}_2\text{O}$ .

Die mittleren jährlichen Grundwasserneubildungswerte sind im Internet über das Geoportal der Bundesanstalt für Gewässerkunde im [Hydrologischen Atlas Deutschlands](#)

(Hrg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) für ganz Deutschland nachzuschlagen.

### Zeitskalen

Sie verweisen völlig richtig auf die vergleichsweise kurzen Zeiträume (Jahrzehnte bis wenige Jahrtausende), die durch einen Nachweis der Konzentrationen von  $^3\text{H}$  oder  $^{14}\text{C}$  berücksichtigt werden. Dadurch wird nur ein geringer Teil des für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle relevanten Zeitraums von einer Million Jahre abgedeckt. Daher ist die Nichterfüllung des Ausschlusskriteriums „Grundwasseralter“ (im Sinne keiner nachgewiesenen Konzentration von  $^3\text{H}$  oder  $^{14}\text{C}$ ) nicht als Beleg für ein ausreichend hohes Grundwasseralter zu verstehen (siehe bspw. AKEnd, 2002).

### Grundwasserdatierung

Unabhängig der Vorgehensweise der BGE und den Zeitskalen, die durch das Ausschlusskriterium „Grundwasseralter“ abgedeckt sind, möchten wir im Folgenden dennoch auf einige Aspekte im Zusammenhang mit der Grundwasserdatierung eingehen: Die Ungenauigkeit der Grundwasserdatierung nimmt nach Clark (2015) mit steigendem Grundwasseralter zu, was auf hydrologische Prozesse wie beispielsweise Dispersion, hydrodynamische Vermischung und Diffusion zurückzuführen ist. Es existiert eine Reihe von Datierungsmethoden für Grundwasser mittels Isotopen und anthropogenen Gasen, sodass für einen bestimmten Zeitraum teilweise sogar mehrere Methoden zur Verfügung stehen. Die Anwendung mehrerer Datierungsmethoden erhöht dabei die Gewissheit des Datierungsergebnisses. Die zeitliche „Lücke“ zwischen dem Datierungsbereich von  $^3\text{H}$  und  $^{14}\text{C}$  ist beispielsweise durch Nutzung des  $^{39}\text{Ar}$ -Isotops zu schließen und es besteht die Möglichkeit Grundwässer älter als durch  $^{14}\text{C}$  datierbar durch diverse Edelgase einzustufen (Clark, 2015). Basierend auf den Ausführungen von Clark (2015) sind Grundwasserneubildungen älter als durch die  $^{14}\text{C}$ -Methode datierbar jedoch eher selten. Nichtsdestotrotz wurden global Grundwässer gefunden, die älter als 50 000 Jahre sind und einen  $^{14}\text{C}$ -Gehalt unterhalb der Nachweisgrenze aufweisen (Clark, 2015). Diese Grundwässer wurden beispielsweise mit Hilfe der Isotope  $^{36}\text{Cl}$  (Halbwertszeit  $t_{1/2} = 30\,100$  Jahre) und  $^{81}\text{Kr}$  (Halbwertszeit  $t_{1/2} = 229\,000$  Jahre) datiert. Die Möglichkeit einer Datierung von Grundwässern älter als durch die  $^{14}\text{C}$ -Methode bestimmbar ist somit durchaus gegeben. Inwieweit entsprechende Analysen für die zukünftigen Phasen des Standortauswahlverfahrens eingesetzt werden könnten, wird aktuell in einer von uns beauftragten Studie bei der Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe (BGR) untersucht. Die Ergebnisse dieser Studie werden nach dem Erscheinen Ende 2020, wie im Standortauswahlverfahren üblich, öffentlich dokumentiert.

### Kernwaffenversuche

Schwankungen der  $^{14}\text{C}$ -Konzentration in der Atmosphäre sind natürlich und durch Veränderungen der kosmischen Strahlungsintensität sowie des Klimas zu erklären. Sie liegen jedoch in Größenordnungen von wenigen Prozent über relative kurze Zeiträume (IAEA, 2001), sodass sie für die Arbeit der BGE im Hinblick auf Einflüsse auf das Grundwasseralter vernachlässigbar sind. Ein wichtiger Faktor sind jedoch die in den 1950er

und 1960er Jahren durchgeführten Kernwaffentests, die durch anthropogene Freisetzung von  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  und  $^{36}\text{Cl}$  zu Peak-Konzentrationen der radioaktiven Isotope in der Atmosphäre führten. Als Kennwert für die durchschnittliche  $^{14}\text{C}$ -Aktivität in der Atmosphäre wird unter anderem von der IAEA (2013, 2001) und Clark (2015) für ein offenes System ein Wert von  $a^{14}\text{C} = 100$  pMC angegeben. Im Frühling des Jahres 1963 stieg dieser jedoch auf Grund der nuklearen Tests auf der Nordhalbkugel auf  $a^{14}\text{C} = 200$  pMC an (Clark, 2015; Fontes, 1985; IAEA, 2001).

Die erhöhten Isotopengehalte für  $^{14}\text{C}$  in der Atmosphäre sind im Laufe der Zeit kontinuierlich durch Transferprozesse mit dem Ozean zurückgegangen, jedoch weiterhin nachweisbar. Für  $^3\text{H}$  ist heute kaum bis keine Abweichung der natürlichen Konzentrationen mehr bemerkbar (Clark, 2015; IAEA, 2001), da die Austauschprozesse mit dem Meerwasser wesentlich schneller stattfinden als beispielsweise für  $^{14}\text{C}$  (Wochen im Vergleich zu Jahren) (IAEA, 2001).

Grundsätzlich sind bei der Datierung tiefer Grundwässer die Kernwaffentests in den 1950er und 1960er Jahren in Form von Korrekturen zu berücksichtigen, da die Konzentrationserhöhung der radioaktiven Isotope  $^3\text{H}$  und  $^{14}\text{C}$  in der Atmosphäre auch mit einer Änderung der Konzentration im Grundwasser einhergeht. Ohne Korrektur anthropogener Einflüsse – nicht nur explizit Kernwaffentests, sondern u. a. auch Kohleverstromung o. ä. – würde dies zu einer Unterschätzung des Grundwasseralters führen. Zur Anwendung dieser Korrektur wird eine Referenzprobe des U.S. National Bureau of Standards verwendet, die die natürliche atmosphärische Konzentration an  $^{14}\text{C}$  im Jahr 1950 repräsentiert, sodass eine Normierung des resultierenden Grundwasseralters auf die Einheit pMC (percent Modern Carbon) stattfindet.

Die Einbeziehung der Kernwaffentests für die Datierung, abgesehen von einer Korrektur des absoluten Grundwasseralters, ermöglicht lediglich für Karstquellen sowie flache Grundwässer eine Angabe zu durchschnittlichen Verweilzeiten im Untergrund von bis zu 150 Jahren (IAEA, 2001). Da im Rahmen des Standortauswahlverfahrens jedoch tiefe Grundwässer  $\geq 300$  m im Fokus stehen, findet diese Methodik keine Anwendung.

#### **Literatur:**

- Arbeitskreis Auswahlverfahren für Endlagerstandorte (AkEnd), 2002: Auswahlverfahren für Endlagerstandorte: Empfehlungen des AkEnd. Köln.
- DIN 4049-3 (1994): Hydrologie - Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Berlin.
- Clark, 2015: Groundwater Geochemistry and Isotopes, CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton/London/New York. 438 pages, ISBN 978-1-4665-9173-8.
- Fontes, J.CH., 1985: Some Considerations on Ground Water Dating Using Environmental Isotopes, Hydrogeology in the Service of Man, Memoires of the 18th Congress of the International Association of Hydrogeologists, Cambridge.
- Griffault, L., Bauer, C., Waber, H.N., Pearson, F.J., Fierz, T., Scholtis, A., Degueldre, C., Eichinger, L., 2003: Annex 1: Water Sampling and Analyses for Boreholes and Seepages. In: Pearson, F.J., Arcos, D., Bath, A., Boisson, J.-Y., Fernández, A.M., Gäbler, H.-E., Gaucher, E., Gautschi, A., Griffault, L., Hernán, P., Waber, H.N.

(Hrsg.): Mont Terri Project – Geochemistry of Water in the Opalinus Clay Formation at the Mont Terri Rock Laboratory. Reports of the Federal Office for Water and Geology. Bern, Switzerland.

[/url]

[url=https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\_Public/23/034/23034803.pdf]IAEA, 1992: Isotope techniques in water resources development 1991, proceedings of an International Symposium on Isotope Techniques in Water Resources Development organized by the International Atomic Energy Agency in co-operation with the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and held in Vienna, 11-15 March 1991.

IAEA, 2001: Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle – Principles and Application -, International Atomic Energy Agency in co-operation with the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

IAEA, 2013: Isotope methods for dating old groundwater, proceedings of an International Symposium on Isotope Techniques in Water Resources Development organized by the International Atomic Energy Agency in co-operation with the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization and held in Vienna.”

### **2.1.5 Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „großräumige Vertikalbewegungen“**

Der [Methodensteckbrief zum Ausschlusskriterium „großräumige Vertikalbewegungen“](#) konnte vom 12. März 2020 bis zum 23. April 2020 diskutiert werden. Zur besseren Verständlichkeit der Methode wurde zudem ein [Glossar mit den wichtigsten Fachbegriffen](#) erstellt und ebenfalls im Forum gepostet. Der Beitrag erhielt insgesamt 2 139 Ansichten.

#### **2.1.5.1 Beitrag von Mitglied “endlagerdialog.de” vom 22.03.2020 um 21:35 Uhr**

„Ich denke, bei diesem Kriterium sollten andere Hebungsprozesse wenigstens erwähnt werden.

- (1) In Stackebrandt, W. und D. Franke.(2015). Geologie von Brandenburg ist auf Seite 486 zu finden: Glazialisostasie spielt auch für die jüngste Aktivierungsphase eine gestaltende Rolle. Beispiele hierfür sind die junge Heraushebung des Diapirs Sperenberg, dessen Caprock entlastungsbedingt circa 40 Meter über die heutige Oberfläche gepresst wurde und von einem jungen, jetzt wassererfüllten Ablaugungsring umgeben wird, der Diapir Rambow im äußersten Nordwesten Brandenburgs, der von einem quartärzeitlichen Scheitelgrabeneinbruch bekrönt wird und die Struktur Rüdersdorf, deren Südstörung im Quartär reaktiviert wurde.

Gab es danach zum Beispiel in Sperenberg nicht eine Hebung von 500 Metern seit der letzten Eiszeit?

- (2) In der [Zusammenstellung der Antworten der Landesbehörden und der Bundesgesellschaft für Geowissenschaften und Rohstoffe \(BGR\) auf die Abfrage der Daten für die Anwendung der Ausschlusskriterien durch die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH \(BGE\) vom 2. August 2017](#) gibt es auf Seite 118 folgende Karte

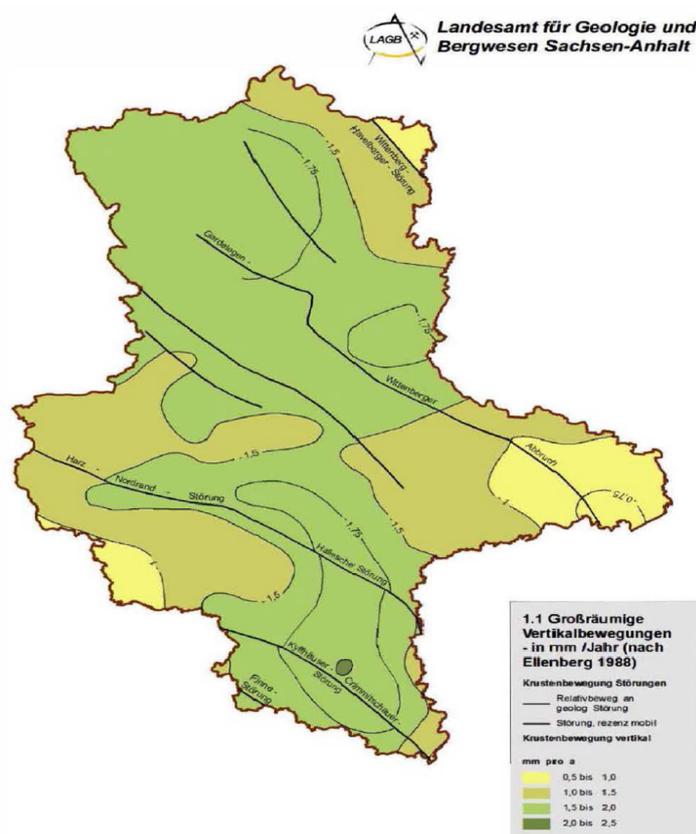


Abbildung 1: Vom Mitglied „endlagerdialog.de“ gepostete Grafik im BGE-Forum. Quelle: Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt. (Abbildungsunterschrift nachträglich durch BGE eingefügt).

Hier sind durchaus Hebungen von größer ein Millimeter pro Jahr verzeichnet. Ausgehend von diesen hohen jährlichen Hebungsraten ist im Einzelnen zu begründen, warum diese nicht zu einer Hebung von 1000 Meter in einer Million Jahre führen werden.

Als Nichtgeologe vermissen ich hier explizit die Diskussion halokinetischer Prozesse. Fallen diese heraus, weil sie nicht als großräumig eingestuft werden oder weil sie zwar temporär hohe Hebungsraten ergeben können, aber langfristig nicht 1000 Meter Hebung erreichen?“

#### 2.1.5.2 Antwort der BGE vom 26.3.2020 um 07:29 Uhr

„Liebes Mitglied endlagerdialog.de,

vielen Dank für Ihre Fragen und Ihre Anmerkungen.

Die BGE hat im Zusammenhang mit dem Ausschlusskriterium „großräumige Vertikalbewegungen“ eine größere Anzahl an Hebungsprozessen berücksichtigt, als wir in unserem vergleichsweise kurzen Methodensteckbrief im BGE-Forum darstellen. Eine Übersicht finden Sie in einem Bericht der BGR, der auf Basis der Zusammenarbeits-Vereinbarung zwischen BGE und BGR für dieses Ausschlusskriterium erstellt wurde (Jähne-Klingenberg et al., 2019, Seiten 33 – 34, der Link ist unter „Literatur“ beigefügt).

Sie erwähnen in Ihrem Beitrag das Beispiel glazialer Isostasie aus Stackebrandt & Franke (2015). Der Einfluss von Vergletscherungen wird in unserem Methodensteckbrief aufgeführt und folgend erläutert: „Zusätzlich führen Massenänderungen an der Oberfläche der Lithosphäre durch Erosion und Vergletscherung zu bedeutenden Vertikalbewegungen (Teixell et al., 2009).“

Zyklische Kalt- und Warmzeiten verursachen innerhalb von geologischen Zeiträumen Hebungs- und Senkungsbewegungen an der Erdoberfläche. Diese sind in erster Linie auf Ausgleichsbewegungen der Lithosphäre zurückzuführen als Folge wechselnder Belastung und Entlastung durch Eismassen (siehe z. B. Mey et al., 2016 für ein Beispiel der Hebungsbewegungen der Alpen). Gleichzeitig wird vermutet, dass zyklische Vergletscherungen auch Salzbewegungen im Untergrund auslösen können (z. B. Al Hseinat & Hübscher, 2014). In diesem Zusammenhang sind kleinräumige Hebungen der Erdoberfläche möglich, wobei solche Hebungsbeträge weit unter dem von Ihnen genannten Hebungsbetrag von 500 Metern liegen. Eine Nettohebung der Erdoberfläche von einem Kilometer innerhalb der nächsten Million Jahre ist durch Glazialisostasie weder in Form von Ausgleichsbewegungen der Lithosphäre noch durch eine Reaktivierung von Salzstrukturen in Deutschland zu erwarten.

Zu den einzelnen Fragen:

**Frage:**

In der Zusammenstellung der Antworten der Landesbehörden und der Bundesgesellschaft für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) auf die Abfrage der Daten für die Anwendung der Ausschlusskriterien durch die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) vom 2. August 2017 gibt es auf Seite 118 folgende Karte. Hier sind durchaus Hebungen von größer ein Millimeter im Jahr verzeichnet.

Ausgehend von diesen hohen jährlichen Hebungsraten ist im Einzelnen zu begründen, warum diese nicht zu einer Hebung von 1000 Metern in einer Million Jahre führen werden.

**Antwort BGE:**

Die Karte, die Sie anfügen, geht auf die Arbeit von Ellenberg (1988) zurück und liegt uns ebenfalls vor. In der Karte sind Senkungslinien und -beträge dargestellt (negative Vorzeichen). In anderen Regionen Deutschlands liegen uns jedoch Hinweise zu gegenwärtigen Vertikalbewegungen mit Hebungsraten größer ein Millimeter im Jahr vor. Hier sind zum Beispiel die Hebungsbewegungen in der Eifelregion zu nennen. Dort wurden über den Zeitraum von 1983 bis 2007 Hebungsraten von 0,75 – 1,25 Millimeter pro Jahr gemessen. Allerdings sind die gemittelten Hebungsraten der letzten 800 000 Jahre mit 0,06 – 0,38 Millimeter pro Jahr bedeutend geringer (Meyer & Stets, 2002; Klein et al., 2016)“. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass sich die kurzen Messzeiträume für rezente Vertikalbewegungen (z. B. mit Satelliten oder Nivellementmessungen ermittelt) deutlich von geologischen Langzeitmessungen (zum Beispiel durch Höhenunterschiede von Flussterrassen) unterscheiden können. Letztere sind insbesondere in Hinblick auf den

Nachweiszeitraum von einer Million Jahre relevant, da Ihnen ein bedeutend längerer Beobachtungszeitraum zugrunde liegt. Die Hinweise aus der geologischen Vergangenheit Deutschlands verdeutlichen nach Jähne-Klingenberg et al. (2019), dass Hebungen der Erdoberfläche von im Mittel ein Millimeter pro Jahr innerhalb der nächsten Million Jahre in Deutschland nicht wahrscheinlich sind.

**Frage:**

Als Nichtgeologe vermisste ich hier explizit die Diskussion halokinetischer Prozesse. Fallen diese heraus, weil sie nicht als großräumig eingestuft werden oder weil sie zwar temporär hohe Hebungsraten ergeben können, aber langfristig nicht 1000 m Hebung erreichen?

**Antwort BGE:**

Halokinetische Prozesse sind geologische Vorgänge, die im Zusammenhang mit Salzbewegungen in Sedimentbecken auftreten. Dabei kann der Aufstieg von Salz auch zu Vertikalbewegungen an der Erdoberfläche führen. Eine Hebung der Erdoberfläche in der Größenordnung von einem Kilometer, die durch den Aufstieg eines Salzdiapirs ausgelöst wurde, ist innerhalb des Nachweiszeitraums nicht zu erwarten.

**Ergänzende Literatur:**

- Al Hseinat, M., & Hübscher C., (2014): Ice-load induced tectonics controlled tunnel valley evolution – instances from the southwestern Baltic Sea. *Quaternary Science Reviews* 97, 121-135.
- Ellenberg, J., (1988): *Rezente vertikale Erdkrustenbewegungen als Geologischer Prozess.* – Akad. d. Wissenschaften der DDR, Forschungsbereich Geo- und Kosmoswissenschaften Potsdam, Diss. B, 141 S.
- Jähne-Klingberg, F., Stück, H., Bebiolka, A., Bense, F., Stark, L. 2019: *Prognosemöglichkeit von großräumigen Vertikalbewegungen für Deutschland. Abschlussbericht, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover,*  
[https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Endlagerung/Downloads/Standortauswahl/Geowissenschaftlich\\_%20Kriterien/2019\\_10\\_28\\_prognosemoeglichkeiten\\_vertikalbewegungen\\_abschlussbericht.pdf;jsessionid=777161B0818EBF536D72878F893F13CE.2\\_cid284?\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Endlagerung/Downloads/Standortauswahl/Geowissenschaftlich_%20Kriterien/2019_10_28_prognosemoeglichkeiten_vertikalbewegungen_abschlussbericht.pdf;jsessionid=777161B0818EBF536D72878F893F13CE.2_cid284?_blob=publicationFile&v=5)
- Mey, J., Scherler, D., Wickert, A.D., Egholm, D.L., Tesauero, M., Schildgen, T., Strecker, M.R. 2016: Glacial isostatic uplift of the European Alps. *Nature Communications* 7, 1 – 10.
- Stackebrandt, W. & Scheck-Wenderoth M. (2015): *Postvariszische Beckenentwicklung und synalpidische Remobilisierung.* – In: Stackebrandt, W. & D. Franke: *Geologie von Brandenburg.* – S. 462 – 471, Stuttgart (Schweizerbart).
- Stackebrandt, W., (2016): *Nachweis junger geologischer Aktivitäten des Diapirs von Sperenberg (Brandenburg) mittels Laserscanaufnahmen.* *Brandenburg. Geowiss. Beitr.,* 21, 77 – 83.“

## 2.1.6 Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „aktive Störungszonen“

Der [Methodensteckbrief zum Ausschlusskriterium „aktive Störungszonen“](#) konnte vom 25. März 2020 bis zum 18. Mai 2020 diskutiert werden. Zur besseren Verständlichkeit wurde ein [Glossar mit den wichtigsten Fachbegriffen](#) erstellt und ebenfalls ins Forum eingestellt. Aufgrund der Beiträge im Forum wurde im Verlauf der Diskussion (Stand 30. April 2020) [eine Ergänzung zum Steckbrief](#) erstellt und ebenfalls veröffentlicht.

### 2.1.6.1 Beitrag vom Mitglied “Hinkelstein” vom 24.04.2020 um 16:33 Uhr

„Erst einmal Respekt und Hochachtung an das gesamte BGE-Team für diese Art von Beitrag! Die Darstellung, und überhaupt die gesamte Konsultation, zeugen von einem sehr ernsthaften Bemühen, die Öffentlichkeit einzubinden, sich in die Karten schauen zu lassen, selbst dazulernen zu wollen, und in einen inhaltlichen Dialog zu treten. Das ist keineswegs selbstverständlich, und sehr zu begrüßen!

Das heißt nicht, dass es nicht noch besser ginge. An diesem Beitrag fällt zunächst, dass er immer wieder in Gefahr scheint, in Fachjargon abzugleiten (vielleicht könnten Sie parallel eine Übersetzung in "leichte Sprache" anbieten? Vorbild: [https://www.bundestag.de/leichte\\_sprache](https://www.bundestag.de/leichte_sprache)). Grenzwertige Begriffe, die sich ohne Fachwissen oder Literaturstudium kaum erschließen, wären hier z. B. "subparallel", "Sekundärstörungen", "Subrosionsgebiete" ... und viele mehr. Manchmal mag Fachjargon für eine kompakte und präzise Darstellung unerlässlich sein. Wenn das Ergebnis aber nur für Wissenschaftler, und selbst unter diesen nur noch für Fachexperten einer bestimmten (geowissenschaftlichen) Disziplin verständlich ist, dann ist nicht viel gewonnen.

Abgemildert würde dieses Problem, wenn Sie den Rückgriff auf die zitierte Literatur erleichtern würden. Eine Maßnahme könnte sein, die Volltexte zu verlinken; mindestens für die Gesetzestexte und Bundestags-Drucksachen dürfte das eine Kleinigkeit sein. Was die wissenschaftliche Literatur angeht, wäre es auch sinnvoll, bevorzugt Open-Access-Literatur zu zitieren und die entsprechenden Volltexte unmittelbar zu verlinken, damit jeder Leser ohne technische oder finanzielle Barrieren darauf zugreifen und darin weiterlesen kann.

Zum Inhalt zunächst zwei kritische Fragen: Auf S. 3 findet sich die Aussage "Dabei werden die von den Geologischen Diensten als aktiv klassifizierten Störungen nach derzeitigem Arbeitsstand in der Regel als solche übernommen". Ist das nicht genau die falsche Herangehensweise? Müsste die BGE nicht die als "inaktiv" klassifizierten Störungen übernehmen, jede Klassifizierung als "aktiv" hingegen sehr kritisch hinterfragen? Natürlich kann man pauschal antworten, die Geologischen Landesdienste seien vertrauenswürdig – zweifellos sind sie das. Aber wenn die Konstruktion des Standortauswahlgesetzes, das neu geschaffene Institutionengefüge, die Verlagerung vieler Verantwortlichkeiten von der Landes- auf die Bundesebene, die strikte Rollentrennung, das wissen-

schaftsbasierte Verfahren und all die fein ausdifferenzierten Maßnahmen zum sukzessiven Vertrauensaufbau nicht ins Leere laufen sollen – müsste die BGE als Bundesgesellschaft nicht besonders dann sehr genau hinschauen, wo immer einer Landesinstitution möglicherweise in Versuchung kommen könnte, Gebiete auf dem eigenen Territorium frühzeitig aus dem Standortauswahlverfahren ausschließen zu lassen? Müsste die BGE in solchen Fällen nicht hieb- und stichfeste Nachweise für den Charakter als "aktive" Störungszone fordern, diese Nachweise dann selbst anhand wissenschaftlicher Kriterien unabhängig prüfen – und im Zweifel eine Störung vorerst als inaktiv, mindestens aber als unbekannt einstufen? Anderenfalls besteht die Möglichkeit, dass Gebiete wegen einer vermeintlich aktiven Störungszone frühzeitig aus der Betrachtung herausfallen, auch wenn es dafür keinen wirklichen Grund gibt.

Zweite Frage: Sie zitieren den Bundestag mit der Vorgabe, der Sicherheitsabstand betrage "in der Regel mindestens einen Kilometer". Dann stellen Sie dar, dass nach Ihren Erkenntnissen in der wissenschaftlichen Literatur "Maximalbeträge von etwa 200 Metern" vertreten werden. Und schlagen vor, diese Diskrepanz dahingehend aufzulösen, dass die BGE "1000 Meter als Saum für die Störungsspur" verwendet. Ist nicht auch das genau die falsche Entscheidung? Müssten Sie nicht, solange Unkenntnis über den "richtigen" Sicherheitsabstand herrscht, auch hier eher Vorsicht walten lassen und Ihr Ausschluss-Instrumentarium eher auf Sparsamkeit statt auf großzügigen Ausschluss ausrichten? Also das Differenzgebiet von 800 Metern Breite, von dem man bisher nicht genau sagen kann, ob es sinnvollerweise Teil des Sicherheitsabstands sein sollte, vorerst lieber nicht ausschließen? Es in einen späteren Verfahrensschritt doch noch auszuschließen, dürfte dann weit einfacher sein, als es nach einem verfrühten Ausschluss später wieder einzubeziehen. Insofern spricht die Vorsicht, der sinnvolle Umgang mit Ungewissheiten, wie auch das Prinzip der weißen Landkarte und der sukzessiven Verengung des Suchgebiets dafür, den Sicherheitsabstand zunächst an der Unter- statt an der Obergrenze des Unsicherheits-Intervalls anzusiedeln. Ihn also nicht bei 1000 Metern, sondern bei 200 Metern zu veranschlagen. Das Gebiet dazwischen könnte eventuell in dieselbe Kategorie einsortiert werden wie die "unbekannten" Störungszonen.“

#### **2.1.6.2 Beitrag von Mitglied "endlagerdialog.de" vom 26.04.2020 um 20:23 Uhr**

„Der Beitrag nimmt Bezug auf den Beitrag des Mitglieds "Hinkelstein“:

Hinkelstein schrieb:

1) "Abgemildert würde dieses Problem, wenn Sie den Rückgriff auf die zitierte Literatur erleichtern würden. ..."

2) "...Zum Inhalt zunächst zwei kritische Fragen: Auf S. 3 findet sich die Aussage "Dabei werden die von den Geologischen Diensten als aktiv klassifizierten Störungen nach derzeitigem Arbeitsstand in der Regel als solche übernommen". Ist das nicht genau die falsche Herangehensweise? ..."

Zu 1)

Ein Rückgriff auf die zitierte Literatur sollte schnell und einfach ermöglicht werden. Open Access ist eine Möglichkeit, die aber wohl nicht immer möglich sein wird. Eine andere Möglichkeit ist eine Kooperation der BGE mit einer öffentlichen Bibliothek zum Beispiel TIB Hannover, die im Sinne der Fernleihe Kopien der zitierten Literatur unkompliziert an Anfragende verschickt, wenn die Anfrager\*innen angeben, diese zum privaten Gebrauch zu nutzen. So werden auch die urheber- und verwertungsrechtlichen Normen eingehalten. Vorstellbar ist hier auch ein digitaler "Semesterapparat".

Gerade für die Literatur, die um Zwischenbericht Teilgebiete angeführt werden soll, ist das wichtig, da hier ein schneller Zugriff notwendig sein wird. Die BGE hat auf mehreren Veranstaltungen darauf hingewiesen, dass sie diesbezügliche Fachliteratur aus rechtlichen Gründen nicht zur Verfügung stellen könne.

Sollten Kopien aus besonderen Gründen auf diesem Wege nicht zur Verfügung gestellt werden können, sollte dafür gesorgt werden, dass die Bibliotheken der BGE-Zweigstellen, des BASE, der Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe (BGR) und der Landesgeologischen Dienste die Türen für die allgemeine Öffentlichkeit öffnen und die entsprechende Literatur bereithalten.

zu 2)

Die Klassifizierung der Störungen ist ja von enormer Bedeutung. Die Übernahme der Einstufung der Landesgeologischen Dienste erscheint sehr kurz gegriffen, da von der BGE schon berichtet wurde, dass ein Bundesland alle Störungen als inaktiv, ein anderes alle als aktiv gemeldet haben. Es handelte sich um Bayern und Baden-Württemberg, die Zuordnung zu den oben genannten Fällen ist mir entfallen.“

### **2.1.6.3 Beitrag vom Mitglied "Hinkelstein" vom 28.04.2020 um 12:26 Uhr.**

In diesem Beitrag nimmt das Mitglied Bezug auf den vorherigen Beitrag von „endlagerdialog.de“

endlagerdialog.de schrieb schrieb: „zu 2)

Die Klassifizierung der Störungen ist ja von enormer Bedeutung. Die Übernahme der Einstufung der Landesgeologischen Dienste erscheint sehr kurz gegriffen, da von der BGE schon berichtet wurde, dass ein Bundesland alle Störungen als inaktiv, ein anderes alle als aktiv gemeldet haben. Es handelte sich um Bayern und Baden-Württemberg, die Zuordnung zu den oben genannten Fällen ist mir entfallen.“

„Interessant. Im Extremfall, wenn die beiden Bundesländer aneinander grenzen und ein- und dieselbe Störung sich auf beiden Seiten fortsetzt, würde die Störung ja nominell an der Landesgrenze den Charakter wechseln. Das verdeutlicht, dass die BGE am besten gar nichts ungeprüft übernehmen, sondern alle aus fremder Quelle bezogenen Informationen und Einstufungen auf Konsistenz, Stichhaltigkeit und wissenschaftliche Nachweisbarkeit prüfen sollte. Sicher wird es Fälle geben, in denen am Ende trotzdem kein eindeutiges Ergebnis steht. Dann muss meiner Meinung nach gelten: Im Zweifel gegen

den (vorzeitigen) Ausschluss, und für die weitere Mitführung des betroffenen Gebietes im Auswahlverfahren.

Eine weitergehende Frage: In der obigen Darstellung wird, anders als etwa bei den Steckbriefen zu Bohrungen oder Bergwerken, nicht wirklich deutlich, ob die BGE Störungen als 2D- oder 3D-Phänomen betrachtet. Zwar ist von der räumlichen Lage gekrümmter Störungsflächen die Rede, sowie von der vertikalen Projektion der Volumenkörper an die Geländeoberfläche. Nicht klar wird aber, wie mit (wohl der großen Mehrzahl der) Störungszonen umgegangen wird, deren räumliche Lage im Untergrund unbekannt ist. Irritierend wirkt vor allem die Fokussierung auf geologische Karten für "den größten Teil der Daten" – weil Karten ja pure 2D-Gebilde sind. Ist es sinnvoll, diese lediglich von ihrer Oberflächen-Spur ausgehend linear nach unten fortzuschreiben? Was geschieht mit Störungen, die möglicherweise gar nicht bis an die Oberfläche reichen, sondern geschlossen im Untergrund verlaufen – ist ein solcher Fall denkbar? Wenn ja, würde er mit der BGE-Methodik übersehen? Mit welcher alternativen Methodik könnte man auch solche Fälle detektieren? Wann wäre der richtige Zeitpunkt dafür – hoffentlich nicht erst bei der untertägigen Erkundung?

Letzte Frage: Die gesamte Darstellung scheint fokussiert auf die räumliche Ausdehnung einer Störung, sozusagen ihre volumenmäßige Quantität. Spielt daneben auch die Qualität beziehungsweise die Stärke einer Störung eine Rolle? Zu messen wäre diese wohl etwa über die Amplitude beziehungsweise die Distanz des relativen Versatzes. Möglicherweise hängt diese Amplitude beziehungsweise Intensität ja linear mit dem zusammen, was im Rahmen der Standortauswahl eigentlich interessiert – nämlich der Beeinträchtigung der Durchlässigkeit? Ist es dementsprechend sinnvoll, jeder Störung auch eine Intensität zuzuordnen? Oder ist das Vorliegen einer Störung lediglich eine Ja/Nein-Frage?

Und um beides zu verbinden: Wie sind Störungen generell messbar, wenn nicht über ihre Spur an der Oberfläche? Gibt es eine zuverlässige Methode, den Verlauf einer Störung im Volumen des Untergrundes abzubilden, ohne zu bohren? Sind etwa seismische Methoden dazu geeignet? Gibt es andere Methoden des "Untergrund-Röntgens", die auf Störungszonen empfindlich wären und diese in 3D abbilden können? Wie empfindlich sind diese Methoden, und wie hängt ihre Empfindlichkeit eventuell mit der Stärke der Störung (siehe oben) zusammen? Gibt es eine "Bagatellgrenze" für schwache Störungen, die zwar vorhanden, aber mit solchen Methoden nicht nachweisbar sind? Wie wäre damit im Rahmen des Standortauswahlverfahrens umzugehen?

Über all das würde man hier gerne mehr lesen. Jedenfalls wäre es sehr erfreulich, wenn man darauf vertrauen könnte, dass die BGE sich solche und ähnliche Fragen auch stellt, sie kritisch reflektiert und, soweit Antworten möglich sind, diese mit der Öffentlichkeit teilt.“

#### **2.1.6.4 Beitrag von Mitglied "endlagerdialog.de" vom 28.04.2020 um 20:05 Uhr**

„Was mir vollständig fehlt: Beim Bundesamt für Entsorgungssicherheit (BfE) – jetzt BaSE – lief bis 04.2019 ein Forschungsprojekt **Evaluierung des Kenntnisstandes von**

**aktiven Störungszonen in Deutschland (KaStör).** Siehe auch [EnArgus-Datenbank](#) und [e-Vergabe](#). In der Leistungsbeschreibung ist zum Beispiel Folgendes festgelegt:

Zitat: Zur Identifizierung von aktiven Störungszonen existieren derzeit keine landesweiten, sondern nur regionale lokal begrenzte Literatur- und Datenquellen. Aus diesem Grund sind die Qualität, die Vollständigkeit und die fachlichen Unsicherheiten beziehungsweise Ungewissheiten der ermittelten veröffentlichten Literatur- und Datenquellen für aktive Störungszonen nach § 22 (2) Nr. 2 Stand AG in Deutschland zu dokumentieren und zu bewerten. Für Gebiete ohne hinreichende Informationen sind bestmögliche Methoden zur Ermittlung der Aktivität von Störungszonen gemäß der Definition § 22 (2) Stand AG aufzuzeigen. Die veröffentlichten Literatur- und Datenquellen zu aktiven Störungszonen sind in einer Literaturdatenbank zu hinterlegen. In einer tabellarischen Aufstellung sind die bekannten aktiven Störungszonen in Deutschland mit ihren regionalgeologischen Charakteristika zu benennen und zu beschreiben. Für jede recherchierte Störungszone sind die Grundparameter, die ermittelten Literatur- und Datenquellen, inklusive einer kurzen Zusammenfassung der Kernaussagen und Hinweise auf geeignete Methoden für die Identifizierung von aktiven Störungszonen **verständlich darzustellen**. Der potentielle Bedarf an Forschung und Entwicklung für Gebiete ohne hinreichende Informationen ist zu benennen, um hier frühzeitig Wissenslücken aufzuzeigen. Darüber hinaus ist für Deutschland und Europa zu recherchieren, welche Methoden zur Identifizierung von aktiven Störungszonen nach derzeitigem Stand von W&T eingesetzt werden. Die Ergebnisse sind in einer weiteren tabellarischen Auflistung zu dokumentieren. Abschließend sind auch Empfehlungen zu den für die Identifizierung von aktiven Störungszonen am besten geeigneten Methoden zu geben...

Sind Ergebnisse dieser Arbeit der [Beak Consultants GmbH](#), Freiberg der BGE bekannt? Beim BaSE ist zu den Ergebnissen nichts zu lesen, obwohl die Studie bereits vor einem Jahr beendet sein sollte. Zu welchen Ergebnissen kommt diese Studie? Wo sind die verständlichen Darstellungen?“

#### **2.1.6.5 Beitrag von Mitglied “Hinkelstein” vom 29.04.2020 um 14:36 Uhr**

„Noch eine Zusatzfrage an das BGE-Team:

Wie sinnvoll ist es aus Sicht der BGE, dass das gesetzliche Ausschlusskriterium auf "aktive" Störungszonen beschränkt ist? Klar, was sich in jüngerer geologischer Vergangenheit bewegt hat, könnte sich auch in der Zukunft bewegen, neue Risse und Klüfte öffnen, et cetera Grund genug für einen Ausschluss.

Aber gilt auch der Umkehrschluss: Was sich schon mehr als 34 Millionen Jahre nicht mehr gerührt hat, das hat auch keine Klüfte mehr und kann die Endlagersicherheit nicht beeinträchtigen? Ist demnach die Riss-Heilung nach einer Maximaldauer von 34 Millionen Jahren garantiert?

Wenn nein: Müsste man dann nicht eventuell auch ältere Störungen in die Betrachtungen und eventuell den Ausschluss einbeziehen?“

### 2.1.6.6 Beitrag von Mitglied “endlagerdialog.de” vom 29.04.2020 um 19:28 Uhr

In diesem Beitrag wird Bezug genommen auf den vorherigen Beitrag

“Hinkelstein” schrieb:

„...Aber gilt auch der Umkehrschluss: Was sich schon mehr als 34 Millionen Jahre nicht mehr gerührt hat, das hat auch keine Klüfte mehr und kann die Endlagersicherheit nicht beeinträchtigen? Ist demnach die Riss-Heilung nach einer Maximaldauer von 34 Millionen Jahren garantiert?

Wenn nein: Müsste man dann nicht eventuell auch ältere Störungen in die Betrachtungen und eventuell den Ausschluss einbeziehen?“

„In dem Poster bei den Tagen der Standortauswahl ([Tagungsband](#) S. 6, leider ist das Poster nicht dokumentiert)

P03: K. Müller; Neotectonics and paleoseismicity – The reactivation potential of faults in northern Germany due to glacial isostatic adjustment

wurde die Reaktivierung von Störungen in der Zeit nach der Eiszeit diskutiert. Wenn ich richtig verstanden habe, kann schon der Rückzug des Eises nach einer Eiszeit alte Störungen aktivieren.

Dazu gibt es ein Forschungsvorhaben der BGR mit dem Titel Paläoseismische Untersuchung Norddeutschlands. Leider liegt noch kein Endbericht vor – siehe [hier](#). Wie wird die BGE damit umgehen?

Ein anderer Aspekt ist die Berücksichtigung von Sockelstörungen. Diese sollen vorerst nicht berücksichtigt werden. Begründet wird das mit:

Aufgrund der mechanischen Entkopplung zwischen Grundgebirge unterhalb und den Gesteinsformationen oberhalb von Salinarhorizonten, ist eine direkte Korrelation zwischen Deckgebirgsstörung und Sockelstörung schwierig (Brückner-Röhling et al., 2002).

Leider ist die angeführte Literatur nicht mit einem Link versehen, sie lässt sich auch nicht ohne Weiteres auf <https://www.bgr.bund.de> finden.

Kann eine solche Sockelstörung aber nicht zu einer hohen halokinetischen Aktivität führen, die einen Ausschluss notwendig macht? Können nicht bei einer Aktivierung einer Sockelstörung die Abfälle freigelegt werden, wie es für Lösungen angenommen wird ([Mehnert, M.\(2005\). Endlagerung radioaktiver Abfälle als nationale Aufgabe. S. 54](#)):

...Im Erkundungsbereich 1 ist ein größerer Lösungszutritt in der normalen Abfolge des Hauptsalzes der Staßfurt-Folge (z2) nicht festgestellt worden. Während der Salzstockbildung wurde das Hauptsalz derart durchbewegt, dass es heute in seinem Erscheinungsbild als „halokinetische Brekzie“ vorliegt. Die ehemals im Hauptsalz enthaltenen Lösungen wurden infolge der Durchbewegung zum Salzspiegel hin abgepresst oder sind heute teilweise noch im Hauptanhydrit, der einen Kluftspeicher darstellt, anzutreffen....“

### 2.1.6.7 Antworten der BGE vom 04.05.2020 um 05:00 Uhr

In diesem Beitrag beantwortet die BGE einen ersten Teil der Fragen der Mitglieder "Hinkelstein" und "endlagerdialog.de"

„Liebe Mitglieder Hinkelstein und endlagerdialog.de,

vielen Dank für Ihre Fragen und Ihre Anmerkungen. Es folgt ein erster Satz Antworten:

Hinkelstein schrieb:

*“An diesem Beitrag fällt zunächst, dass er immer wieder in Gefahr scheint, in Fachjargon abzugleiten (vielleicht könnten Sie parallel eine Übersetzung in "leichte Sprache" anbieten? Vorbild: [https://www.bundestag.de/leichte\\_sprache](https://www.bundestag.de/leichte_sprache)). Grenzwertige Begriffe, die sich ohne Fachwissen oder Literaturstudium kaum erschließen, wären hier zum Beispiel. "subparallel", "Sekundärstörungen", "Subrosionsgebiete" ... und viele mehr. Manchmal mag Fachjargon für eine kompakte und präzise Darstellung unerlässlich sein. Wenn das Ergebnis aber nur für Wissenschaftler, und selbst unter diesen nur noch für Fachexperten einer bestimmten (geowissenschaftlichen) Disziplin verständlich ist, dann ist nicht viel gewonnen.“*

#### **Antwort der BGE:**

Die Formulierung der Steckbriefe stellt immer einen Spagat zwischen der verständlichen Formulierung auf der einen Seite und der präzisen und fachlich korrekten Erläuterung unseres Vorgehens auf der anderen Seite dar. Gerade bei Ausschlusskriterien mit höherer Komplexität ist es sehr schwierig, diesem Anspruch gerecht zu werden. Daher erachten wir Ihren Vorschlag als sehr wertvoll und werden diesen Aspekt in der Zukunft verstärkt berücksichtigen. Zum Verständnis von Fachbegriffen haben wir [ein Glossar für diesen Steckbrief](#) erstellt.

Hinkelstein schrieb:

*„Abgemildert würde dieses Problem, wenn Sie den Rückgriff auf die zitierte Literatur erleichtern würden. Eine Maßnahme könnte sein, die Volltexte zu verlinken; mindestens für die Gesetzestexte und Bundestags-Drucksachen dürfte das eine Kleinigkeit sein. Was die wissenschaftliche Literatur angeht, wäre es auch sinnvoll, bevorzugt Open Access-Literatur zu zitieren und die entsprechenden Volltexte unmittelbar zu verlinken, damit jeder Leser ohne technische oder finanzielle Barrieren darauf zugreifen und darin weiterlesen kann.“*

#### **Antwort der BGE:**

Wir bedanken uns für diesen Hinweis, den wir in Hinblick auf die Verlinkung von frei verfügbaren Quellen gerne umsetzen. Die entsprechenden Verlinkungen im Steckbrief werden wir zeitnah einfügen. Was den freien Zugang zu wissenschaftlicher Fachliteratur betrifft, würden wir uns selbstverständlich freuen, wenn mehr Fachartikel mit Open Access Berechtigung veröffentlicht würden. Die Auswahl der Quellen erfolgt jedoch hinsichtlich der Relevanz und Qualität, was zur Folge hat, dass häufig keine Open Access Alternative zur Verfügung steht.

Hinkelstein schrieb:

*„Auf S. 3 findet sich die Aussage "Dabei werden die von den Geologischen Diensten als aktiv klassifizierten Störungen nach derzeitigem Arbeitsstand in der Regel als solche übernommen". Ist das nicht genau die falsche Herangehensweise? Müsste die BGE nicht die als "inaktiv" klassifizierten Störungen übernehmen, jede Klassifizierung als "aktiv" hingegen sehr kritisch hinterfragen? Natürlich kann man pauschal antworten, die Geologischen Landesdienste seien vertrauenswürdig – zweifellos sind sie das. Aber wenn die Konstruktion des Standortauswahlgesetzes, das neu geschaffene Institutionengefüge, die Verlagerung vieler Verantwortlichkeiten von der Landes- auf die Bundesebene, die strikte Rollentrennung, dass wissenschaftsbasierte Verfahren und all die fein ausdifferenzierten Maßnahmen zum sukzessiven Vertrauensaufbau nicht ins Leere laufen sollen – müsste die BGE als Bundesgesellschaft nicht besonders dann sehr genau hinschauen, wo immer einer Landesinstitution möglicherweise in Versuchung kommen könnte, Gebiete auf dem eigenen Territorium frühzeitig aus dem Standortauswahlverfahren ausschließen zu lassen? Müsste die BGE in solchen Fällen nicht hieb- und stichfeste Nachweise für den Charakter als "aktive" Störungszone fordern, diese Nachweise dann selbst anhand wissenschaftlicher Kriterien unabhängig prüfen – und im Zweifel eine Störung vorerst als inaktiv, mindestens aber als unbekannt einstufen? Anderenfalls besteht die Möglichkeit, dass Gebiete wegen einer vermeintlich aktiven Störungszone frühzeitig aus der Betrachtung herausfallen, auch wenn es dafür keinen wirklichen Grund gibt.“*

endlagerdialog.de schrieb:

*„Die Klassifizierung der Störungen ist ja von enormer Bedeutung. Die Übernahme der Einstufung der Landesgeologischen Dienste erscheint sehr kurz gegriffen, da von der BGE schon berichtet wurde, dass ein Bundesland alle Störungen als inaktiv, ein anderes alle als aktiv gemeldet haben. Es handelte sich um Bayern und Baden-Württemberg, die Zuordnung zu den oben genannten Fällen ist mir entfallen.“*

#### **Antwort der BGE:**

Wir fassen die Antwort auf die Fragen und Anmerkungen von Hinkelstein und endlagerdialog.de im Folgenden zusammen:

Dies ist in unseren Augen ein äußerst konstruktiver und wichtiger Hinweis. Die von Ihnen zitierte Formulierung der BGE ist unglücklich gewählt und wir nutzen an dieser Stelle gerne die Möglichkeit, unsere Vorgehensweise besser zu erklären. Unabhängig von Ihrem Beitrag haben wir uns während der letzten Wochen intensiv mit unserer Vorgehensweise zur Ausweisung aktiver Störungszonen beschäftigt und diese, verglichen mit der im Steckbrief genannten Darstellung, aktualisiert. Diese methodische Weiterentwicklung ist in einer [Ergänzung zum Steckbrief](#) aufgeführt, auf die wir an dieser Stelle zunächst verweisen möchten. Ihr Diskussionsbeitrag bezieht sich dabei insbesondere auf das unter Punkt 1 aufgeführte Vorgehen zur Ausweisung aktiver Störungszonen auf Basis von Vorschlägen seitens der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD).

Auf Grundlage von Datenabfragen erhält die BGE von den SGDs Daten von Störungsspuren oder -flächen zusammen mit Vorschlägen bezüglich deren Aktivität und/oder deren Bewegungsphasen in bestimmten geologischen Zeitabschnitten. In Hinblick auf die „Richtigkeit“ dieser Daten geht die BGE davon aus, dass es zu keiner absichtlichen Verfälschung der Daten seitens der Bundes- und Landesbehörden gekommen ist. Die mit den Daten übermittelten Vorschläge bezüglich der Aktivität und der Bewegungsphasen der Störungszonen werden seitens der BGE nicht ungeprüft übernommen. Hier erfolgt eine Bewertung der jeweiligen Datenbasis auf wissenschaftliche Plausibilität. So wurden uns zum Beispiel aktive Störungszonen als Ergebnis von Forschungsvorhaben übermittelt (zum Beispiel aus Sachsen, unter anderem aus dem Forschungsprojekt „Junge känozoische tektonische Entwicklung in Kristallingebieten in Sachsens (Andreani et al., 2014)), deren Aktivität wissenschaftlich nachvollziehbar dokumentiert ist. In anderen Datensätzen ist der Vorschlag damit begründet, dass Mess- oder Geländedaten einen Versatz von Gesteinsschichten darstellen, die jünger als 34 Millionen Jahre sind. Wie in unserer Ergänzung zum Steckbrief dargestellt, ist dies auch ein Kriterium der BGE, um aktive Störungszonen auszuweisen. Sobald die fachliche Einschätzung der BGE von den Vorschlägen aktiver Störungszonen der SGDs abweicht, werden Störungszonen in Hinblick auf ihre Aktivität als unbekannt eingestuft.

Im Rahmen unserer Arbeit mit den uns vorliegenden Daten stellen wir fest, dass die SGDs in der Regel tendenziell wenige Störungszonen als aktiv eingeschätzt haben. Mehr als 87 Prozent der Störungszonen wurden mit dem Verweis auf unbekannte Aktivität beziehungsweise ohne Hinweise auf Aktivitätszeiträume der Störungszonen an die BGE übergeben. Die uns vorliegenden Vorschläge aktiver Störungszonen sind daher in der Regel auf eine wissenschaftlich plausible Datenbasis und Begründung zurückzuführen. Dieser Tatsache ist die von Ihnen zitierte Aussage in unserem Steckbrief geschuldet, die präziser formuliert hätte lauten sollen „Die fachliche Bewertung der BGE deckt sich in der Regel mit den Vorschlägen der SGDs“.

### **Literatur:**

Andreani, L., Stanek, K. P., Gloaguen, R., Krentz, O., & Domínguez-González, L., 2014. DEM-based analysis of interactions between tectonics and landscapes in the Ore Mountains and Eger Rift (East Germany and NW Czech Republic). *Remote Sensing* 6 7971 – 8001.“

### **2.1.6.8 Beitrag von Mitglied “Hinkelstein” vom 05.05.2020 um 10:33 Uhr**

„Danke! Natürlich bleibt die Leserschaft gespannt auf weitere Aussagen zu den noch nicht beantworteten Fragen. Aber die hier getroffenen Aussagen und Klarstellungen sind schon sehr hilfreich. Auch ist es sehr erfreulich zu sehen, dass die BGE fähig und willens ist, auf Rückfragen einzugehen, Anregungen aufzunehmen, eigene Aussagen bei Bedarf zu präzisieren und die Darstellung des gesamten Sachverhalts schrittweise zu optimieren. Es entsteht der Eindruck, dass die BGE tatsächlich an einer kooperativen und optimierten Lösung sachlicher Probleme interessiert ist. Das hebt sich wohltuend ab von der Verteidigungshaltung, die anderswo praktiziert wird.

Zur Sache: Die Ergänzung zum Steckbrief ist hilfreich. Dazu lediglich zwei Rückfragen: Wie kann die BGE sicherstellen, dass das auf immer zahlreichere Dokumente verteilte, fragmentierte Wissen zu Ausschlusskriterien konsolidiert und bewahrt wird? Gibt es Vorstellungen zu einem dauerhaften Wissensmanagement? Wichtig wäre ja etwa, dass Menschen, die in fünf oder zehn Jahren erstmals an einer Regionalkonferenz mitwirken, sich nicht langwierig neu einarbeiten müssen, sondern Ergebnisse von Diskussionen wie dieser schnell aufnehmen und darauf aufbauen können. Dazu müssen die Ergebnisse kompakt aufbereitet und überliefert werden. Welche Rolle kann die BGE dabei spielen?

Zweite Frage: Ihre Ausführungen zu Konsistenz-Brüchen an Landesgrenzen sind sehr bedenkenswert. Kann man aus der beobachteten Problematik möglicherweise methodische Beiträge zum fundierten Umgang mit Unsicherheiten ableiten? Können etwa räumliche Sprünge von Störungs-Spuren an einer Landesgrenze quantitative Hinweise auf Ungenauigkeiten der Positionsbestimmung der Störung beidseits der Grenze geben? Lässt sich etwa der Sprung-Betrag unmittelbar in ein Unsicherheits-Intervall übersetzen? Es wäre zumindest erfreulich, wenn das noch kaum diskutierte Thema "rationaler Umgang mit Unsicherheiten" hiervon profitieren könnte.

Das Glossar scheint eine gute Idee. Auch dieses lässt sich aber sicherlich schrittweise weiter optimieren. So wäre es hilfreich, wenn der im ersten Eintrag verwendete Begriff "Dehnung" auf den zugehörigen Eintrag auf S. 2 verweisen würden – und wenn dieser nicht unter "E" wie Extension, sondern auch unter "D" wie Dehnung auffindbar wäre. Der Nutzwert für nicht-Geologen könnte gesteigert werden, indem alle weiteren, nicht aus der Alltagssprache vertrauten Begriffe – hier etwa: "Streichen" – mit eigenen Einträgen gewürdigt würden. Besonders hilfreich könnte es sein, wenn auf Querverbindungen zwischen den Begriffen explizit hingewiesen würde: Ist etwa eine "Blattverschiebung" eine Form der "Scherung"? Sind "Blattverschiebungen" dadurch definiert, dass der "Versatz" parallel zur Störungsfläche orientiert ist? Was haben "Karste" eventuell mit "Subrosion" zu tun?"

#### **2.1.6.9 Beitrag von Mitglied "Königin" vom 06.05.2020**

„Worin begründet sich das Vorgehen, dass bei über 99 Prozent der Störungen senkrecht nach unten ausgeschlossen werden soll, obwohl kein Fallwinkel vorliegt? ("Fallwinkel liegt der BGE für weniger als ein Prozent der Störungszonen vor.") Da der Fallwinkel in den allermeisten Fällen von den, indirekt angenommenen, 90 Grad abweichen dürfte, werden so unzulässig zu große bzw. falsche Volumen ausgeschlossen.“

#### **2.1.6.10 Antworten der BGE vom 07.05.2020 um 17:04 Uhr**

„Liebe Mitglieder Hinkelstein, endlagerdialog.de und Königin,

erneut: vielen Dank für Ihre Fragen und Anmerkungen. Es folgt ein weiterer Satz Antworten:

Endlagerdialog.de schrieb:

Die Klassifizierung der Störungen ist ja von enormer Bedeutung. Die Übernahme der Einstufung der Landesgeologischen Dienste erscheint sehr kurz gegriffen, da von der BGE schon berichtet wurde, dass ein Bundesland alle Störungen als inaktiv, ein anderes alle als aktiv gemeldet haben. Es handelte sich um Bayern und Baden-Württemberg, die Zuordnung zu den oben genannten Fällen ist mir entfallen.

Hinkelstein schrieb:

„Interessant. Im Extremfall, wenn die beiden Bundesländer aneinander grenzen und ein- und dieselbe Störung sich auf beiden Seiten fortsetzt, würde die Störung ja nominell an der Landesgrenze den Charakter wechseln. Das verdeutlicht, dass die BGE am besten gar nichts ungeprüft übernehmen, sondern alle aus fremder Quelle bezogenen Informationen und Einstufungen auf Konsistenz, Stichhaltigkeit und wissenschaftliche Nachweisbarkeit prüfen sollte.“

#### **Antwort der BGE:**

Wir stimmen zu, dass die Klassifizierung von Störungen hinsichtlich ihrer Aktivität von enormer Bedeutung ist und verweisen an dieser Stelle auf unsere vorherigen Antworten sowie auf unsere Ergänzung zum Steckbrief.

Hinkelstein schrieb:

„Eine weitergehende Frage: In der obigen Darstellung wird, anders als etwa bei den Steckbriefen zu Bohrungen oder Bergwerken, nicht wirklich deutlich, ob die BGE Störungen als 2D- oder 3D-Phänomen betrachtet. Zwar ist von der räumlichen Lage gekrümmter Störungsflächen die Rede, sowie von der vertikalen Projektion der Volumenkörper an die Geländeoberfläche. Nicht klar wird aber, wie mit (wohl der großen Mehrzahl der) Störungszonen umgegangen wird, deren räumliche Lage im Untergrund unbekannt ist. Irritierend wirkt vor allem die Fokussierung auf geologische Karten für "den größten Teil der Daten" – weil Karten ja pure 2D-Gebilde sind. Ist es sinnvoll, diese lediglich von ihrer Oberflächen-Spur ausgehend linear nach unten fortzuschreiben?“

#### **Antwort der BGE:**

Grundsätzlich betrachtet die BGE Störungszonen als 3D-Objekte. Wenn Informationen zur Raumlage der Störungszonen vorliegen, werden diese entsprechend in der Darstellung und in der Erstellung von Ausschlusskörpern berücksichtigt (Störungszone Nr. 1 in Abb. 3). Wenn keine Informationen zur Raumlage vorliegen, erfolgt ein vertikaler Ausschluss (Störungszone Nr. 2 in Abb. 3).

Die wesentliche Datenquelle zur Darstellung von Störungszonen sind in der Tat geologische Karten. Dies ist weniger einer Fokussierung der BGE auf geologische Karten geschuldet als der Tatsache, dass solche Karten schlichtweg die häufigste Art der Darstellung und Dokumentation von geologischen Informationen sind. Daher beruht auch der größte Teil der seitens der SGDs an uns übermittelten Daten zu Störungszonen auf geologischen Karten.

Für eine Antwort auf die Frage der Sinnhaftigkeit eines vertikalen Ausschlusses verweisen wir auf den weiter unten stehenden Beitrag der Nutzerin „Königin“.

Hinkelstein schrieb:

„Was geschieht mit Störungen, die möglicherweise gar nicht bis an die Oberfläche reichen, sondern geschlossen im Untergrund verlaufen – ist ein solcher Fall denkbar? Wenn ja, würde er mit der BGE-Methodik übersehen? Mit welcher alternativen Methodik könnte man auch solche Fälle detektieren? Wann wäre der richtige Zeitpunkt dafür – hoffentlich nicht erst bei der untertägigen Erkundung?“

„Wie sind Störungen generell messbar, wenn nicht über ihre Spur an der Oberfläche? Gibt es eine zuverlässige Methode, den Verlauf einer Störung im Volumen des Untergrundes abzubilden, ohne zu bohren? Sind etwa seismische Methoden dazu geeignet? Gibt es andere Methoden des "Untergrund-Röntgens", die auf Störungszonen empfindlich wären und diese in 3D abbilden können? Wie empfindlich sind diese Methoden, und wie hängt ihre Empfindlichkeit evtl. mit der Stärke der Störung (s. o.) zusammen? Gibt es eine "Bagatellgrenze" für schwache Störungen, die zwar vorhanden, aber mit solchen Methoden nicht nachweisbar sind? Wie wäre damit im Rahmen des Standortauswahlverfahrens umzugehen?“

#### **Antwort der BGE:**

Der Fall, dass Störungen, die innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre aktiv waren, nicht bis an die Erdoberfläche reichen, ist absolut denkbar. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn Störungszonen seit ihrer letzten Aktivität von jüngeren Sedimentschichten überdeckt wurden. In einigen Fällen liegen der BGE Informationen zu solchen Störungszonen vor, zum Beispiel wenn diese auf Basis zueinander versetzter Schichten aus 3D-Modellen extrahiert wurden. Viele an der Erdoberfläche verdeckte Störungen sind in Deutschland nicht erkundet. Hier bietet sich an, wie Sie völlig richtig schreiben, reflexionsseismische Messungen durchzuführen. Diese werden in Phase 2 des Standortauswahlverfahrens bei der übertägigen Erkundung eine wesentliche Rolle spielen. Die Geophysik kennt eine ganze Reihe nicht-invasiver Erkundungsmethoden zur Detektion von Störungszonen im Untergrund. Ein wesentliches bildgebendes Verfahren für den tiefen Untergrund (mehrere hundert Meter) ist, wie oben bereits genannt, die Reflexionsseismik. Hier wäre der Begriff „Untergrund-Ultraschall“ als medizinisches Pendant passender. Diese Methode detektiert Wechsel in der Gesteinsdichte und der Schallgeschwindigkeit im Untergrund. Eine wesentliche Voraussetzung ist daher, dass solche Unterschiede, zum Beispiel an aneinandergrenzenden Gesteinsschichten, im Untergrund vorhanden sind. In sedimentären Becken ist dies in der Regel der Fall, im kristallinen Grundgebirge weniger. Sind solche Unterschiede in der Untergrundbeschaffenheit gegeben, hängt die Möglichkeit der Bildgebung von Störungszonen mit dem Versatz entlang der Störungszone sowie deren Neigungswinkel zusammen. Generell sind Störungszonen mit kleinem Versatz (Meterbereich) schlechter abbildbar als solche mit großem Versatz (Zehnermeterbereich) und steile Strukturen schlechter als flach einfallende Strukturen.

Die von Ihnen genannte „Bagatellgrenze“ ist abhängig von der Untergrundbeschaffenheit, der Erkundungstiefe (und damit dem Frequenzbereich der seismischen Quelle) sowie der Messanordnung an der Erdoberfläche (zum Beispiel nutzt man große Abstände zwischen seismischer Quelle und Empfänger, um steile Strukturen abzubilden). Hier wird die BGE in Phase 2 des Standortauswahlverfahrens an die jeweiligen geologischen Gegebenheiten und Fragestellungen angepasste Erkundungsprogramme entwickeln.

Eine weitere Methode zur nicht-invasiven Abbildung des Untergrunds sind elektromagnetische Verfahren. Je nach Methode ist auch hier eine Charakterisierung des tiefen Untergrunds möglich, jedoch mit deutlich reduzierter Auflösung (und anderer Aussagekraft) verglichen mit reflexionsseismischen Methoden. Das Ergebnis solcher Messungen sind meist Querschnitte des Untergrunds, die die Verteilung der Leitfähigkeit (oder des spezifischen Widerstands) zeigen. So können zum Beispiel wasserführende Störungszonen anhand von elektromagnetischen Verfahren detektiert werden.

Hinkelstein schrieb:

„Die gesamte Darstellung scheint fokussiert auf die räumliche Ausdehnung einer Störung, sozusagen ihre volumenmäßige Quantität. Spielt daneben auch die Qualität bzw. die Stärke einer Störung eine Rolle? Zu messen wäre diese wohl etwa über die Amplitude beziehungsweise die Distanz des relativen Versatzes. Möglicherweise hängt diese Amplitude beziehungsweise Intensität ja linear mit dem zusammen, was im Rahmen der Standortauswahl eigentlich interessiert – nämlich der Beeinträchtigung der Durchlässigkeit? Ist es dementsprechend sinnvoll, jeder Störung auch eine Intensität zuzuordnen? Oder ist das Vorliegen einer Störung lediglich eine Ja/Nein-Frage?“

**Antwort der BGE:**

In dieser Phase des Standortauswahlverfahrens nimmt die BGE keine Einzelfallprüfung von Störungszonen vor, insofern ist das Vorliegen einer Störung mit nachgewiesener Aktivität innerhalb der vergangenen 34 Millionen Jahre zum aktuellen Zeitpunkt eine Ja/Nein-Frage. Mit dem Fortschreiten des Verfahrens und dem Detaillierungsgrad werden derartige Fragestellungen bei der Bewertung von Störungszonen eine wichtige Rolle spielen.

endlagerdialog.de schrieb:

„Was mir vollständig fehlt: Beim Bundesamt für Entsorgungssicherheit (BfE) – jetzt Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) – lief bis 04.2019 ein Forschungsprojekt Evaluierung des Kenntnisstandes von aktiven Störungszonen in Deutschland (KaStör)<sup>2</sup>. Siehe auch EnArgus-Datenbank und e-Vergabe. In der Leistungsbeschreibung ist zum Beispiel Folgendes festgelegt: ...

Sind Ergebnisse dieser Arbeit der Beak Consultants GmbH, Freiberg der BGE bekannt? Beim BASE ist zu den Ergebnissen nichts zu lesen, obwohl die Studie bereits vor einem Jahr beendet sein sollte. Zu welchen Ergebnissen kommt diese Studie? Wo sind die verständlichen Darstellungen?“

#### **Antwort der BGE:**

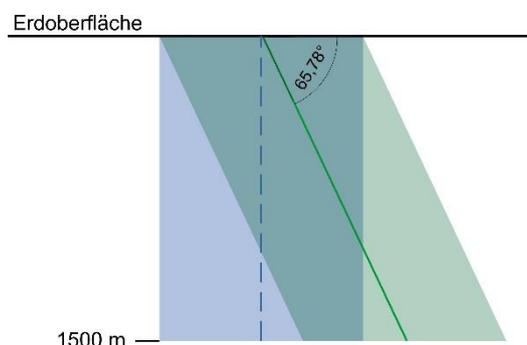
Diese Frage können wir Ihnen leider nicht beantworten, da der Bericht des BASE uns nicht vorliegt.<sup>2</sup>

Königin schrieb:

„Worin begründet sich das Vorgehen, dass bei über 99 Prozent der Störungen senkrecht nach unten ausgeschlossen werden soll, obwohl kein Fallwinkel vorliegt? ("Fallwinkel liegt der BGE für weniger als ein Prozent der Störungszonen vor.") Da der Fallwinkel in den allermeisten Fällen von den, indirekt angenommenen, 90 Grad abweichen dürfte, werden so unzulässig zu große beziehungsweise falsche Volumen ausgeschlossen.“

#### **Antwort der BGE:**

Danke für diese Frage, mit der wir uns bei der BGE in der Vergangenheit ebenfalls intensiv auseinandergesetzt haben. Wir haben den Fall eines Ausschlusses ohne Kenntnis des Einfallwinkels einmal für eine typische Störung in Deutschland visualisiert.



**Abbildung 2:** Von der BGE im Forum gepostete Grafik zu Störungsfläche.  
Quelle: BGE (Abbildungsunterschrift nachträglich durch BGE eingefügt).

<sup>2</sup> Nach Beendigung des Forums hat das BASE den Abschlussbericht veröffentlicht.  
[https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/fachinfo/fa/Abschlussbericht\\_KaStoer.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/fachinfo/fa/Abschlussbericht_KaStoer.pdf?__blob=publicationFile&v=1)

Auf der Abbildung sehen Sie als 2D-Querschnitt eine mit 65° einfallende Störungsfläche – ein relativ typischer Wert für Deutschland, wo wir es tendenziell eher mit steil- als mit flacheinfallenden Störungen zu tun haben. Ohne Kenntnis des Neigungswinkels würde ein vertikaler Ausschluss erfolgen – dies ist anhand der bläulichen Fläche visualisiert. Wie Sie völlig richtig anmerken, weicht dieser vertikale Ausschlussbereich von dem um eine geneigte Störungsfläche konstruierten Ausschlussbereich ab. Sollten für die im Beispiel gezeigte Störungszone im weiteren Verlauf des Verfahrens Informationen zur Raumlage gewonnen werden, würde der vertikale Ausschlussbereich um einen geneigten Ausschlussbereich (grünlich eingefärbt) ergänzt. Letzterer deckt deutlich über die Hälfte des vereinfacht als vertikal angenommenen Ausschlussbereichs ab – gegebenenfalls sogar mehr, wenn im weiteren Verfahren eine Vergrößerung des Sicherheitsabstandes erfolgt. Dadurch wird in unseren Augen das Argument unzulässig großer beziehungsweise falscher Ausschlussvolumen etwas relativiert, sodass für uns der Aspekt überwog, den allergrößten Teil der uns vorliegenden Information zu aktiven Störungszonen tatsächlich auch für einen Ausschluss zu verwenden, anstatt diesen mit dem Argument unzureichender Informationen in die 2. Phase des Standortauswahlverfahrens zu verschieben.

### **Literatur:**

Faulkner, D. R., Jackson, C. A. L., Lunn, R. J., Schlische, R. W., Shipton, Z. K., Wibberley, C. A. J., & Withjack, M. O. (2010). A review of recent developments concerning the structure, mechanics and fluid flow properties of fault zones. *Journal of Structural Geology*, 32(11), 1557-1575, [ftp://ftp.ingv.it/pub/sergio.vinciguerra/Faulkner INGV Oct 2011/Selected Faulkner papers/Faulkner et al 2010 JSG.pdf](ftp://ftp.ingv.it/pub/sergio.vinciguerra/Faulkner%20INGV%20Oct%202011/Selected%20Faulkner%20papers/Faulkner%20et%20al%202010%20JSG.pdf)

Fossen, H., & Bale, A. (2007). Deformation bands and their influence on fluid flow. *AAPG bulletin*, 91(12), 1685-1700, [https://folk.uib.no/nglhe/Papers/AAPG 2007 Fossen & Bale.pdf](https://folk.uib.no/nglhe/Papers/AAPG%202007%20Fossen%20&%20Bale.pdf)

### **2.1.6.11 Weitere Antworten der BGE vom 02.06.2020 um 10:46 Uhr**

„Liebe User\*innen, danke für die lebhafte Diskussion. Hier kommen weitere Antworten:

Hinkelstein schrieb:

Zweite Frage: Sie zitieren den Bundestag mit der Vorgabe, der Sicherheitsabstand betrage "in der Regel mindestens einen Kilometer". Dann stellen Sie dar, dass nach Ihren Erkenntnissen in der wissenschaftlichen Literatur "Maximalbeträge von etwa 200 Metern" vertreten werden. Und schlagen vor, diese Diskrepanz dahingehend aufzulösen, dass die BGE "1000 Meter als Saum für die Störungsspur" verwendet. Ist nicht auch das genau die falsche Entscheidung? Müssten Sie nicht, solange Unkenntnis über den "richtigen" Sicherheitsabstand herrscht, auch hier eher Vorsicht walten lassen und Ihr Ausschluss-Instrumentarium eher auf Sparsamkeit statt auf großzügigen Ausschluss ausrichten? Also das Differenzgebiet von 800 Metern Breite, von dem man bisher nicht genau sagen kann, ob es sinnvollerweise Teil des Sicherheitsabstands sein sollte, vorerst lieber nicht ausschließen? Es in einen späteren Verfahrensschritt doch noch auszuschließen, dürfte dann weit einfacher sein, als es nach einem verfrühten Ausschluss

später wieder einzubeziehen. Insofern spricht die Vorsicht, der sinnvolle Umgang mit Ungewissheiten, wie auch das Prinzip der Weißen Landkarte und der sukzessiven Verengung des Suchgebiets dafür, den Sicherheitsabstand zunächst an der Unter- statt an der Obergrenze des Unsicherheits-Intervalls anzusiedeln. Ihn also nicht bei 1000 Metern, sondern bei 200 Metern zu veranschlagen. Das Gebiet dazwischen könnte eventuell in dieselbe Kategorie einsortiert werden wie die "unbekannten" Störungszonen.

#### **Antwort der BGE:**

Lieber User Hinkelstein,

grundsätzlich entspricht der von Ihnen beschriebene Ansatz des flächenmäßig vorsichtigen Ausschließens zu diesem frühen Zeitpunkt des Standortauswahlverfahrens auch unserer Philosophie im Umgang mit den Ausschlusskriterien. Im Falle des Sicherheitsabstandes um Störungszonen orientieren wir uns allerdings am StandAG sowie an dessen Begründung. Aus dem Wortlaut des § 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG ergibt sich, dass die Gebirgsbereiche auszuschließen sind, in denen aktive Störungszonen vorhanden sind, „einschließlich eines abdeckenden Sicherheitsabstandes“. Daraus folgt, dass nicht nur der aufgrund der Störung geschädigte Gebirgsbereich (Störungskern und Zerrüttungszone), sondern zudem auch ein weiterer Bereich um diese Störungen herum als Sicherheitsabstand auszuschließen ist. Dieser Sicherheitsabstand wird in der Begründung zu § 22 Abs. 2 Nr. 2 näher definiert. Dort heißt es, dass der Sicherheitsabstand zu einer Störungszone jeweils individuell abzuschätzen ist, in der Regel aber mit mindestens einem Kilometer anzusetzen ist. Da wir zu diesem Zeitpunkt des Verfahrens keine Einzelfallbetrachtung von Störungszonen und dazugehörigen Sicherheitsabständen durchführen, halten wir uns an den in der Begründung zu § 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG formulierten Regelfall zur Bemessung des Sicherheitsabstandes. Um dem Anfangs formulierten Grundsatz im Umgang mit den Ausschlusskriterien gerecht zu werden, wird der Störungszone selbst (Störungskern und Zerrüttungszone) in Phase 1, Schritt 1 des Standortauswahlverfahrens keine zusätzliche flächenhafte Ausdehnung zugeordnet.

Hinkelstein schrieb:

„Noch eine Zusatzfrage an das BGE-Team:

Wie sinnvoll ist es aus Sicht der BGE, dass das gesetzliche Ausschlusskriterium auf "aktive" Störungszonen beschränkt ist? Klar, was sich in jüngerer geologischer Vergangenheit bewegt hat, könnte sich auch in der Zukunft bewegen, neue Risse und Klüfte öffnen, etc. Grund genug für einen Ausschluss.

Aber gilt auch der Umkehrschluss: Was sich schon mehr als 34 Millionen Jahre nicht mehr gerührt hat, das hat auch keine Klüfte mehr und kann die Endlagersicherheit nicht beeinträchtigen? Ist demnach die Riss-Heilung nach einer Maximaldauer von 34 Millionen Jahren garantiert?

Wenn nein: Müsste man dann nicht eventuell auch ältere Störungen in die Betrachtungen und eventuell den Ausschluss einbeziehen?“

**Antwort der BGE:**

Diese Vorgabe ergibt sich für die Anwendung der Ausschlusskriterien aus dem Standortauswahlgesetz, das die Grundlage unserer Arbeit ist.

Die Frage nach der Selbstabdichtungsfähigkeit einer Störungszone ist im Detail sehr kompliziert, da hier viele Faktoren eine Rolle spielen. Hier sind die sehr unterschiedlichen gesteinsmechanischen Eigenschaften von beispielsweise Ton, Salz und Kristallgesteinen maßgeblich, welche im Untergrund nicht konstant sind, sondern sich mit zunehmender Tiefe aufgrund der jeweiligen Druck- und Temperaturbedingungen verändern. Zudem hat der Versatzbetrag entlang einer Störung sowie die Geschwindigkeit mit der dieser Versatz entstand (Fossen & Bale, 2007) einen großen Einfluss auf die „Heilungsfähigkeit“ einer Störungszone. Auch Prozesse im Zusammenhang mit der Anwesenheit oder Neubildung von Tonmineralen beziehungsweise die Ausfällung von Zementen im Untergrund spielen hier eine wichtige Rolle (Faulkner et al. 2010). Diese Aufzählung zeigt, wie komplex die Beantwortung der Frage der Rissheilung im Einzelfall ist. Von einer garantierten Rissheilung nach 34 Millionen Jahren ist nicht auszugehen.

Auch wenn sich das Ausschlusskriterium „aktive Störungszone“ auf junge Strukturen beschränkt, werden Störungszone gegenwärtig auch altersunabhängig im Rahmen der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 24 StandAG) in die Bewertung von identifizierten Gebieten (Gebieten, die nicht ausgeschlossen werden und die die Mindestanforderungen erfüllen) einbezogen. Dies geschieht im Zusammenhang mit Anlage 3, Indikator 4 „Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit“ sowie Anlage 11, Indikator 3 „keine strukturellen Komplikationen im Deckgebirge [...]“.

endlagerdialog.de schrieb:

„In dem Poster bei den Tagen der Standortauswahl (Tagungsband S. 6, leider ist das Poster nicht dokumentiert)

P03: K. Müller; Neotectonics and paleoseismicity – The reactivation potential of faults in northern Germany due to glacial isostatic adjustment

wurde die Reaktivierung von Störungen in der Zeit nach der Eiszeit diskutiert. Wenn ich richtig verstanden habe, kann schon der Rückzug des Eises nach einer Eiszeit alte Störungen aktivieren. Dazu gibt es ein Forschungsvorhaben der BGR mit dem Titel Paläoseismische Untersuchung Norddeutschlands. Leider liegt noch kein Endbericht vor – siehe hier. Wie wird die BGE damit umgehen?“

**Antwort der BGE:**

Uns ist das Projekt „Paläoseismische Untersuchung Norddeutschlands“ der BGR bekannt. Bisher liegt uns der Projektbericht ebenfalls nicht vor.

Die Entlastung der Erdkruste nach dem Rückzug eines Eisschildes führt zu Spannungsänderungen und vertikalen Ausgleichsbewegungen, die auch entlang von bestehenden Störungszone erfolgen können. Dieses Phänomen ist vor allem aus Skandinavien be-

kannt. Neuere Erkenntnisse deuten zusätzlich darauf hin, dass auch Störungszonen reaktiviert werden können, die eine deutliche Entfernung zum Eisschild aufweisen (z. B. Brandes et al. 2015). Aus diesem Grund verfolgt die BGE das oben genannte Forschungsvorhaben mit großem Interesse.

Hinkelstein schrieb:

„Ihre Ausführungen zu Konsistenz-Brüchen an Landesgrenzen sind sehr bedenkenswert. Kann man aus der beobachteten Problematik möglicherweise methodische Beiträge zum fundierten Umgang mit Unsicherheiten ableiten? Können etwa räumliche Sprünge von Störungs-Spuren an einer Landesgrenze quantitative Hinweise auf Ungenauigkeiten der Positionsbestimmung der Störung beidseits der Grenze geben? Lässt sich etwa der Sprung-Betrag unmittelbar in ein Unsicherheits-Intervall übersetzen? Es wäre zumindest erfreulich, wenn das noch kaum diskutierte Thema "rationaler Umgang mit Unsicherheiten" hiervon profitieren könnte.“

#### **Antwort der BGE:**

Inkonsistenzen an Bundeslandgrenzen können entweder auftreten, wenn sich dort die Einschätzung der Aktivität einer Störungszone seitens der Staatlichen Geologischen Dienste unterscheidet oder wenn eine aktive Störungszone in unterschiedlichen Kartenmaßstäben vorliegt. Mittlerweile ist die Auswertung der Datensätze bereits weit fortgeschritten und es hat sich gezeigt, dass inkonsistente Aktivitätseinschätzungen an Ländergrenzen relativ selten vorliegen. Von Seiten der BGE wird grundsätzlich geprüft auf welcher fachlichen Grundlage die Aktivitätseinschätzung einer Störungszone beruht um eine eigene Bewertung vorzunehmen. Daraus folgt, dass eine aktive Störungszone auch im angrenzenden Bundesland als solche fortgeführt wird. Auch der Fall von aktiven Störungszonen, die im Verlauf auf unterschiedlichen Kartenmaßstäben beruhen und daher an Bundeslandgrenzen die Lage wechseln, tritt relativ selten auf. Dieser Fall ist in unseren Augen nicht geeignet um aus dem Lageversatz eine Lageungenauigkeit abzuleiten, da wir es entlang der Bundeslandgrenze mit unterschiedlichen Kartenmaßstäben zu tun haben. Ebenso wenig lässt ein konsistenter Verlauf einer Störungszone über eine Landesgrenze hinweg die Aussage zu, dass die Lage der Störungszone ohne jegliche Ungewissheit bestimmt ist.

#### **Weitere Literatur:**

- Brandes, C., Steffen, H., Steffen, R., & Wu, P. (2015). Intraplate seismicity in northern Central Europe is induced by the last glaciation. *Geology*, 43(7), 611 – 614, <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/geo...611/131947>
- Scheck, M., Bayer, U., & Lewerenz, B. (2003). Salt movements in the Northeast German Basin and its relation to major post-Permian tectonic phases—results from 3D structural modelling, backstripping and reflection seismic data. *Tectonophysics*, 361(3-4), 277 – 299, <https://www.sciencedirect.com/science/ar...5102006509>
- Warsitzka, M., Jähne-Klingberg, F., Kley, J., & Kukowski, N. (2019). The timing of salt structure growth in the Southern Permian Basin (Central Europe) and implications for basin dynamics. *Basin Research*, 31(2), 337 – 360, <https://www.earthdoc.org/content/journal.../bre.12323>

### 2.1.6.12 Abschließende Antworten der BGE vom 09.06.2020 um 09:04 Uhr

„Liebe Nutzer\*innen des BGE-Forums, hier kommen weitere Antworten auf die Fragen zu den Störungszonen. Sie können uns auch nach Abschluss der Konsultation selbstverständlich per E-Mail unter [dialog@bge.de](mailto:dialog@bge.de) weitere Rückfragen zukommen lassen.

endlagerdialog.de schrieb:

„Ein anderer Aspekt ist die Berücksichtigung von Sockelstörungen. Diese sollen vorerst nicht berücksichtigt werden. Begründet wird das mit: Aufgrund der mechanischen Entkopplung zwischen Grundgebirge unterhalb und den Gesteinsformationen oberhalb von Salinarhorizonten, ist eine direkte Korrelation zwischen Deckgebirgsstörung und Sockelstörung schwierig (Brückner-Röhling et al., 2002).

Leider ist die angeführte Literatur nicht mit einem Link versehen, sie lässt sich auch nicht ohne Weiteres auf <https://www.bgr.bund.de> finden.“

„Kann eine solche Sockelstörung aber nicht zu einer hohen halokinetischen Aktivität führen, die einen Ausschluss notwendig macht? Können nicht bei einer Aktivierung einer Sockelstörung die Abfälle freigelegt werden, wie es für Lösungen angenommen wird (Mehnert, M.(2005). Endlagerung radioaktiver Abfälle als nationale Aufgabe. S. 54)“

#### **Antwort der BGE:**

Bewegungen entlang von Störungen im Grundgebirge sind ein gängiger Auslöser von Bewegungen im überlagernden Salz. Für das Norddeutsche Becken lässt sich jedoch festhalten, dass die meisten Salzstöcke bereits zum Beginn des Tertiärs als Salzstöcke ausgebildet waren (Warsitzka et al., 2019). Zudem wurden wenige der in Norddeutschland von Brückner-Röhling et al. (2004) untersuchten Sockelstörungen während des Tertiärs reaktiviert. Ein gewisses Reaktivierungspotential solcher Störungen ist zukünftig durch die Be- und Entlastung von Gletschern gegeben und Gegenstand aktueller wissenschaftlicher Diskussionen (Brandes et al., 2015; 2019). Dass eine mögliche Reaktivierung von Sockelstörungen innerhalb des Nachweiszeitraums von einer Million Jahre Salzbewegungen auslöst, die zur Freilegung eines Endlagers führen, halten wir für unwahrscheinlich.

Hinkelstein schrieb:

Zur Sache: Die Ergänzung zum Steckbrief ist hilfreich. Dazu lediglich zwei Rückfragen: Wie kann die BGE sicherstellen, dass das auf immer zahlreichere Dokumente verteilte, fragmentierte Wissen zu Ausschlusskriterien konsolidiert und bewahrt wird? Gibt es Vorstellungen zu einem dauerhaften Wissensmanagement? Wichtig wäre ja etwa, dass Menschen, die in 5 oder 10 Jahren erstmals an einer Regionalkonferenz mitwirken, sich nicht langwierig neu einarbeiten müssen, sondern Ergebnisse von Diskussionen wie dieser schnell aufnehmen und darauf aufbauen können. Dazu müssen die Ergebnisse kompakt aufbereitet und überliefert werden. Welche Rolle kann die BGE dabei spielen?

**Antwort der BGE:**

Mit der Anforderung an einem “transparenten [...] Verfahren“ gemäß § 1 (2) StandAG und der Entscheidung des Gesetzgebers für eine Reversibilität des Standortauswahlverfahrens nach Maßgabe der §§ 12 ff. StandAG werden besondere Anforderungen an die Dokumentation des Verfahrens gestellt. Die gesetzliche Forderung nach Transparenz setzt eine nachvollziehbare Dokumentation des Weges zum Ergebnis und der auf diesem Weg gewonnenen Erkenntnisse voraus (vgl. auch Wollenteit, in: Frenz (Hrsg.), Atomrecht, Atomgesetz und Ausstiegsgesetze, StandAG, §1 Rn. 13). Gemäß § 38 StandAG obliegt dem Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) die Aufgabe der dauerhaften Speicherung bedeutsamer Daten und Dokumente. Zur Umsetzung der genannten Anforderungen führte der Bereich Standortauswahl eine vorgangsbasierte und elektronische Aktenführung ein, welche mit Blick auf künftige Speicherdaten gemäß § 38 StandAG einen ausgewählten Anteil an Schriftstücken in Papierform (Hybridakte) beinhaltet. Damit schafft der Bereich Standortauswahl eine nachvollziehbare Dokumentation, die es sowohl ermöglicht die Entwicklungsstände von Unterlagen, als auch die verschiedenen Einflussnahmen durch interne oder externe Impulsgeber, zum Beispiel Kommunikation mit den Bundes- und Landesbehörden, Gutachten, Entscheidungen der Rechtsaufsicht des BASE, zu kennzeichnen und zu dokumentieren. Dieses Vorgehen ermöglicht zudem die in Folge externer Einflüsse notwendigen Kursänderungen, zum Beispiel durch neue Erkenntnisse aus Forschungsvorhaben, Gesetzesänderungen oder ähnlichem, zu dokumentieren und stellt damit auch die Reversibilität des Verfahrens sicher.

Die vorgangsbasierte Dokumentation bildet das Herzstück des Wissensmanagements des Standortauswahlverfahrens innerhalb der BGE. Die darin enthaltenen Informationen werden von den am Verfahren beteiligten Fachabteilungen teils in Eigenleistung und teils übergreifend erarbeitet. Daher werden die Mitarbeitenden des Bereiches Standortauswahl regelmäßig über Veränderungen von Randbedingungen sowie neu erstellten und veröffentlichten eigenerstellten oder externen Unterlagen informiert. Auch die Inhalte aus Fachsymposien, Gremienarbeit und anderen Fachveranstaltungen, an denen Mitarbeitende aus dem Bereich Standortauswahl teilgenommen haben, werden systematisch aufbereitet und verfügbar gemacht, um einen möglichst einheitlichen Wissensstand zu generieren. Regelmäßige bereichsinterne Weiterbildungsveranstaltungen zu ausgewählten Themenkomplexen unterstützen das Verständnis und die Verteilung von generiertem und vorhandenem Wissen, das für die Erfüllung der Vorgaben aus dem StandAG notwendig ist. Der Wissenstransfer an die interessierte Öffentlichkeit erfolgt über mehrere Wege. Die in § 6 StandAG geforderte Internetplattform stellt „die das Standortauswahlverfahren betreffenden Unterlagen“ zur Verfügung. Die Aufbereitung der Wissensstände erfolgt in verschiedenen öffentlichen Veranstaltungen, wie zum Beispiel der Jugendworkshop #dein\_endlager?! im Oktober 2019 oder „Die Tage der Standortauswahl“ im Dezember 2019. Über Onlinekonsultationen in einem eigens dafür eingerichteten Forum der BGE werden unter anderem Konzepte und Vorgehensweisen zu Ausschlusskriterien und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien mit interessierten Teilnehmern

diskutiert. Eine Zusammenfassung zu den Ergebnissen aus den Onlinekonsultationen auf der BGE-Internetseite wird jährlich zur Verfügung gestellt.

Hinkelstein schrieb:

Das Glossar scheint eine gute Idee. Auch dieses lässt sich aber sicherlich schrittweise weiter optimieren. So wäre es hilfreich, wenn der im ersten Eintrag verwendete Begriff "Dehnung" auf den zugehörigen Eintrag auf Seite 2 verweisen würden – und wenn dieser nicht unter "E" wie Extension, sondern auch unter "D" wie Dehnung auffindbar wäre. Der Nutzwert für Nicht-Geologen könnte gesteigert werden, indem alle weiteren, nicht aus der Alltagssprache vertrauten Begriffe – hier etwa: "Streichen" – mit eigenen Einträgen gewürdigt würden. Besonders hilfreich könnte es sein, wenn auf Querverbindungen zwischen den Begriffen explizit hingewiesen würde: Ist etwa eine "Blattverschiebung" eine Form der "Scherung"? Sind "Blattverschiebungen" dadurch definiert, dass der "Versatz" parallel zur Störungsfläche orientiert ist? Was haben "Karste" evtl. mit "Subrosion" zu tun?

#### **Antwort der BGE:**

Vielen Dank für Ihre Hinweise zur Optimierung unseres Glossars!

#### **Literatur:**

- Brandes, C., Plenefisch, T., Tanner, D.C., Gestermann, N., & Steffen, H. (2019). Evaluation of deep crustal earthquakes in northern Germany – Possible tectonic causes. *Terra Nova*, 31(2), 83-93.
- Brandes, C., Steffen, H., Steffen, R., & Wu, P. (2015). Intraplate seismicity in northern Central Europe is induced by the last glaciation. *Geology*, 43(7), 611-614.
- Brückner-Röhling, S., Fleig, S., Forsbach, H., Kockel, F., Krull, P., & Wirth, H. (2004). Die Bewegungsphasen tektonischer Störungen im Tertiär Norddeutschlands – Ergebnisse strukturgeologischer Untersuchungen. *Z. geol. Wiss.*, 32(5/6), 295-321.
- Warsitzka, M., Jähne-Klingberg, F., Kley, J., & Kukowski, N. (2019). The timing of salt structure growth in the Southern Permian Basin (Central Europe) and implications for basin dynamics. *Basin Research*, 31(2), 337-360.

#### **2.1.7 Konsultation der Anwendungsmethode zum Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bergwerke“**

Der Methodensteckbrief zum Ausschlusskriterium [„Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bergbau“](#) konnte vom 15. April 2020 bis zum 24. Juli 2020 diskutiert werden. Am 10. Juli 2020 wurde auf Basis der Rückmeldungen im Forum eine [Ergänzung zum Steckbrief](#) ebenfalls zur Diskussion gestellt.

Der Beitrag erhielt insgesamt 3 554 Ansichten. Folgende Beiträge wurden gepostet:

##### **2.1.7.1 Beitrag des Mitglieds “Königin” vom 16.04.2020 um 09:18 Uhr**

„Die BGE überschätzt mit dem Verfahren die Beeinflussungsbereiche.

Die von der BGE abgeschätzten Beeinflussungsbereiche fallen zu groß aus bei Bergwerken, wo die oberen Sohlen eine (relevant) größere laterale Erstreckung als die unteren Sohlen besitzen. Es ist hier nicht zulässig die größte laterale Erstreckung aller Sohlen auf der untersten Sohle anzunehmen und von dort die Grenzwinkel anzusetzen. Der Grenzwinkel müsste für jede Sohle einzeln angesetzt werden.

Hier wäre eine Abbildung (wie Abbildung 3) sinnvoll, die ein Bergwerk mit mehreren Sohlen und dem trichterförmigen Grenzwinkelgebilde zeigt.“

#### **2.1.7.2 Antwort der BGE vom 21.04.2020 um 08:34 Uhr**

„Liebes Mitglied "Königin",

vielen Dank für Ihren Beitrag!

Der von der BGE verwendete Grenzwinkel orientiert sich am Einwirkungswinkel nach der Einwirkungsbereichs-Bergverordnung. Dadurch werden an der Tagesoberfläche Bereiche ausgewiesen, in welchen eine bruchhafte Veränderungen im Gebirge auftritt oder zu erwarten ist (einhergehend mit Hebungen oder Senkungen an der Erdoberfläche). Die Ausdehnung dieses Schädigungsbereichs könnte durch das vereinfachte Verfahren der BGE für den von Ihnen beschriebenen Fall (große laterale Ausdehnung der oberen Sohlen, geringe laterale Ausdehnung der unteren Sohlen) tatsächlich überschätzt werden.

Nach § 22 Abs. 2 Nummer 3 StandAG sind über die Zonen bruchhafter Veränderungen hinaus Bereiche auszuschließen, wenn dort „...negative Einflüsse auf den Spannungszustand und die Permeabilität des Gebirges (...) zu besorgen sind“. Wie im Steckbrief beschrieben, unterscheiden sich die Gebirgsveränderungen vom Hohlraum ausgehend typischerweise in Zonen bruchhafter Verformung, Mikrorisse im hohlraumnahen Gestein, Bereiche mit beeinflusstem Gebirgsspannungszustand und hydraulisch beeinflusste Gebirgsbereiche. Letztgenannte Bereiche werden durch die Anwendung des steilsten Grenzwinkels nach der Einwirkungsbereichs-Bergverordnung in Hinblick auf ihre laterale Erstreckung nach unserer Einschätzung unterschätzt. Die BGE geht daher davon aus, dass das im Steckbrief beschriebene Vorgehen nicht zu einer Überschätzung der Ausschlussflächen um Bergwerke führt.

Gleichzeitig sind wir uns der Tatsache bewusst, hiermit einen stark vereinfachten Umgang in Hinblick auf die Konstruktion von Beeinflussungsbereichen um Bergwerke vorzuschlagen. Für die erste Phase des Standortauswahlverfahrens bis zum Zwischenbericht Teilgebiete halten wir diesen Detaillierungsgrad für angemessen. Viele Grüße,

Ihre BGE“

#### **2.1.7.3 Beitrag des Mitglieds "Hinkelstein" vom 25.05.2020 um 12:37 Uhr**

„Eine Rückfrage zu dem hier begonnenen Dialog, beziehungsweise zu dem Einwand von "Königin", der mir sehr berechtigt erscheint:

Aus den Abbildungen im Steckbrief geht das Vorgehen nicht wirklich eindeutig hervor. Sie lassen aber zumindest vermuten, dass die BGE die eigene Abschätzung von Beeinflussungsbereichen dadurch vornehmen will, dass sie die Abmessungen eines Bergwerks (in 3D) zunächst auf eine 2D-Projektion reduzieren, in dieser 2D-Projektionsfläche die maximale laterale Erstreckung über alle Sohlen hinweg bestimmen, und dann das flächenhafte Ergebnis auf die unterste Sohle verlegen und darauf den konservativ abgeschätzten (das heißt steilstmöglichen) Grenzwinkel anwenden will.

Wenn das korrekt ist, dann gibt es in der Tat Anlass zu Zweifeln. Worin liegt der Vorteil dieses vereinfachten Umgangs? Wäre es denn so viel schwieriger, die Reihenfolge der Verfahrensschritte umzudrehen, das heißt erst auf jede Sohle einzeln den Grenzwinkel anzuwenden, und dann von allen auf die Tagesoberfläche projizierten, einzelnen Beeinflussungsbereichen das Maximum der lateralen Erstreckung zu nehmen? Nur dieses Vorgehen erschiene korrekt, während der von Ihnen vorgeschlagene vereinfachte Umgang in den erwähnten Fällen zu erheblichen Fehlern führen kann.

Das Problem liegt darin, dass diese Fehler nicht etwa zu einer Unterschätzung (etwa analog zum steilsten Grenzwinkel), sondern im Gegenteil zu einer Überschätzung des Ausschlussbereichs führen. Wie an anderer Stelle diskutiert, lässt sich ein zu geringer Ausschluss relativ problemlos in späteren Verfahrensschritten korrigieren, während ein zu großzügiger, früher Ausschluss sich später sehr viel schwerer rückgängig machen lässt. Eine Unterschätzung ist insofern deutlich leichter zu akzeptieren als eine Überschätzung.

Die Antwort der BGE hier oben scheint nun so zu verstehen, dass Sie die Überschätzung (durch das vereinfachte Vorgehen) mit der Unterschätzung (durch den steilsten Grenzwinkel) sozusagen in einen Topf werfen und so lange miteinander vermischen wollen, bis im Ergebnis ein einigermaßen korrekter Ausschlussbereich herauskommt. Das scheint mir gewagt. Jedenfalls verwischt es wichtige Spuren, und erfüllt so nicht die Kriterien eines bewussten und rationalen Umgangs mit den unvermeidlichen Unsicherheiten.

Daher noch einmal die auf den Punkt gebrachte Frage: Wäre es nicht besser, die Reihenfolge umzudrehen, das heißt zuerst jede Sohle einzeln per steilstem Grenzwinkel an die Tagesoberfläche zu projizieren, und erst danach das Maximum der lateralen Ausdehnung zu bestimmen? Ist es nur der (wohl kaum signifikante) größere Aufwand, oder gibt es andere Gründe, die gegen dieses Vorgehen sprächen?“

#### **2.1.7.4 Antwort der BGE vom 11.06.2020 um 12:55 Uhr**

„Hallo Hinkelstein, vielen Dank für diesen wichtigen Einwand.

Sie schlagen vor, einen (steilsten) Grenzwinkel für jede Sohle aller bundesweit verfügbaren Bergwerke einzeln zu ermitteln um dadurch zu einer besseren Abschätzung von Beeinflussungs- und Ausschlussbereichen zu gelangen. Wir stimmen Ihnen zu, dass dieses Vorgehen verglichen mit dem von der BGE vorgeschlagenen Verfahren zu einer methodisch präziseren Abschätzung von Beeinflussungsbereichen führen kann.

Gleichzeitig lässt sich Ihr Vorschlag von uns nicht durch eine Änderung in der Reihenfolge unserer Verfahrensschritte realisieren. Die laterale Ausdehnung einzelner Sohlen liegt der BGE in den wenigsten Fällen digital vor. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass ein Risswerk üblicherweise in analoger Form durch die Betreiber eines Bergwerkes an die zuständige Behörde übergeben wird. Wir arbeiten daher auf Basis der maximalen lateralen Erstreckung von Bergwerken (nicht einzelner Sohlen), die uns entweder digital von den zuständigen Behörden übermittelt oder durch unsere eigenen Digitalisierungsarbeiten erstellt wurden.

Nun stellt sich die Frage, ob die von Ihnen beschriebene methodische Präzisierung zur Abschätzung von Beeinflussungsbereichen für Phase 1, Schritt 1 des Standortauswahlverfahrens einen signifikanten Mehrwert hätte. Letztendlich stellt die pauschale Annahme eines Grenzwinkels von 85 Gon eine starke Vereinfachung dar, die verglichen mit der im Standortauswahlgesetz gewählten Formulierung „*dass daraus negative Einflüsse auf den Spannungszustand und die Permeabilität des Gebirges (...) zu besorgen sind*“ (§ 22 Abs. 2 Nummer 3 StandAG) zu einer mitunter signifikanten Unterschätzung von Ausschlussflächen führt. Eine Anwendung dieses Verfahrens auf jede Sohle einzeln würde zwar auf der einen Seite eine methodische Präzisierung darstellen, auf der anderen Seite aber auch eine Scheingenauigkeit suggerieren, denn eine genaue Abschätzung der tatsächlichen Beeinflussungsbereiche im oben zitierten Sinne läge auch dann nicht vor.

Die BGE bearbeitet in dieser Phase des Standortauswahlverfahrens eine große Anzahl von Objekten, die auf Basis einfacher geometrischer Verfahren ausgewertet werden. Bei fehlender Einzelfallbetrachtung ist es wichtig, dass wir uns die Möglichkeit einer zukünftigen Präzisierung von Ausschlussflächen erhalten. Aus diesem Grund verfolgt auch die BGE für den Zwischenbericht Teilgebiete den von Ihnen beschriebenen Grundsatz, Ausschlussbereiche im Zweifel eher zu unter- als zu überschätzen. Diesem Grundsatz werden wir mit dem von uns beschriebenen Verfahren auch ohne eine sohlenhafte Anwendung des steilsten Grenzwinkels gerecht. Viele Grüße, Ihre BGE“

#### **2.1.7.5 Beitrag des Mitglieds “Königin” vom 15.06.2020 um 08:51 Uhr**

„Bei nochmaliger Prüfung Ihres Verfahrens fällt folgendes auf, was ebenfalls zu einem **zu großen Ausschluss** führt:

Oben führt die BGE aus, dass unterhalb von bergbaulichen Objekten keine negative Beeinflussung auf Endlagerbereiche auftreten würde, und begründet damit, dass bergbauliche Objekte, die eine Teufe weniger als 300 Meter erreichen, nicht betrachtet werden müssten.

Ein gewisser vertikaler Abstand unterhalb von bergbaulichen Objekten wird aber naturgemäß festzulegen sein. Dieser ist jedoch nicht, wie die obige Begründung auch zeigt, unbegrenzt groß. Ein Ausschluss unterhalb der Projektion in der Tiefe für den gesamten endlagerrelevanten Bereich ist in der Folge unzulässig.

Es ist nicht zu vermitteln, dass beispielsweise unterhalb eines kleinen Bergwerks, mit einer Ausdehnung bis zu einer Teufe von 400 Metern, in einer Teufe von 1000 Metern ein Endlager von vornherein ausgeschlossen ist.“

#### **2.1.7.6 Antwort der BGE vom 10.07.2020 um 07:02 Uhr**

„Liebes Forums-Mitglied „Königin“,

vielen Dank für Ihren Beitrag. Mit Ihrer Frage sprechen Sie zwei Punkte an, die wir in unserer Antwort gerne aufgreifen möchten:

##### 1.) Kein Ausschluss von Bergwerken oberhalb einer Teufe von 300 Metern unter Gelände-Oberkante (GOK):

Sie weisen völlig richtig darauf hin, dass die BGE in der aktuellen Ausschlussmethodik keinen Ausschluss von Bergwerken vorsieht, die sich oberhalb von 300 Metern unter GOK befinden. Diese Entscheidung ist jedoch nicht damit begründet, dass das Gebirge unterhalb dieser oberflächennahen Bergwerke unbeeinflusst wäre. Uns ist bewusst, dass auch für diese Objekte mit einer Beeinflussung des endlagerrelevanten Teufenbereichs (300 Meter bis 1500 Meter) zu rechnen ist. Eine Bewertung dieser Objekte ist daher im weiteren Verlauf des Standortauswahlverfahrens vorgesehen. Gegenwärtig stellt diese Teufengrenze eine für Phase 1, Schritt 1 des Standortauswahlverfahrens angemessene Reduzierung des Detaillierungsgrads dar, wodurch wir auf eine Bewertung von einer Vielzahl kleiner Objekte, inklusive kleiner Tagebaue und Weinkeller, verzichten.

##### 2.) Ausschluss im gesamten endlagerrelevanten Bereich für Bergwerke tiefer als 300 Meter unter GOK:

Unser Vorschlag, Bergbauobjekte mit einer Teufe größer als 300 Meter unter GOK über den gesamten endlagerrelevanten Teufenbereich hinweg auszuschließen, ist in erster Linie dadurch begründet, dass die vom Bergbau induzierten Einflüsse auf den Spannungszustand und die Permeabilität des Gebirges auch in weitreichender vertikaler Erstreckung zu besorgen sind. Wir gehen davon aus, dass die Errichtung eines Endlagers unter Ausweisung und Berücksichtigung des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches unterhalb eines z. B. 400 Meter tiefen Bergwerks vor dem Hintergrund der in § 22 Abs. 2 Nr. 3 StandAG gewählten Formulierung „dass [...] negative Einflüsse auf den Spannungszustand und die Permeabilität des Gebirges [...] zu besorgen sind“ nicht möglich ist. Denn im Gebirgsbereich, der ein Bergwerk umgibt, ist allseitig eine Spannungsentlastung und gegebenenfalls sogar Schädigung zu erwarten. Dies betrifft auch den Gebirgsbereich unterhalb des Bergwerkes. Viele Grüße,

Ihre BGE“

### 2.1.7.7 Beitrag der BGE vom 10.07.2020 um 09:32 Uhr

„Liebe Forums-Mitglieder, hier folgen Ergänzungen zum Steckbrief für das Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit“:

#### Download "Ergänzungen zum Steckbrief" auf der BGE Webseite

Grundlage der Ausschlussmethodik für Bergbau im Rahmen des Ausschlusskriteriums „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit“ sind die Beeinflussungsbereiche, die – je nach landesspezifischem Vorgehen und Verfügbarkeit – von den Bergbehörden ausgewiesen beziehungsweise durch die BGE selbst abgeschätzt werden. Die Einschätzung der Beeinflussungsbereiche durch die BGE erfolgt auf Grundlage der an die Erdoberfläche projizierten größten lateralen Erstreckung eines Bergwerkes anhand vorliegender Risswerke.

Die aktuelle Bewertung der Datenlage und -menge zu den Regionen des Steinkohlebergbaus in Nordrhein-Westfalen (NRW) erfordert ein methodisches Vorgehen, das von der oben beschriebenen Ausschlussmethode abweicht. Mit dieser Ergänzung zu unserem Methodensteckbrief möchten wir Ihnen unser Vorgehen für den Steinkohlebergbau in NRW vorstellen:

Der Steinkohlebergbau in NRW, insbesondere des Ruhrgebiets, nimmt aufgrund des jahrhundertelangen Bergbaus eine Sonderstellung in Deutschland ein. Kein Gebiet ist bundesweit so stark vom Bergbau betroffen wie das Ruhrgebiet. Nirgends sonst in Deutschland ist die Dichte von Bergwerken in einem Gebiet so hoch, mit weitreichenden Folgen für das Gebirge. Die Konzentration hunderter Bergwerke auf diesem Gebiet führt zu einer großflächigen Überlagerung und gegenseitigen Beeinflussung der bergbaulichen Einwirkungsbereiche.

Steinkohlebergwerke sind in NRW auf Basis sogenannter „Rissblattumhüllender“ digital erfasst. Solche Rissblattumhüllende repräsentieren Ränder analoger Kartenblätter, auf denen das Grubengebäude dargestellt ist. Durch das Übereinanderlegen und Zusammenführen sämtlicher zu einem Bergwerk gehörender Kartenränder entsteht eine Fläche, die das darunterliegende Bergwerk in Hinblick auf seine laterale Ausdehnung abdeckend erfasst. Der Abstand zwischen Rissblattumhüllender und der tatsächlichen lateralen Erstreckung eines Bergwerks ist jedoch variabel und reicht von einigen Metern bis hin zu wenigen Kilometern.

Nun könnte ein Ausschluss auf Basis dieser Rissblattumhüllenden im Randbereich der Steinkohlereviere in NRW zu einer Überschätzung von Ausschlussflächen führen. Um dies zu vermeiden, wird der tatsächliche geometrische Zusammenhang zwischen der maximalen lateralen Ausdehnung des Grubengebäudes und der dazugehörigen Rissblattumhüllenden aktuell von der BGE für eine Stichprobe von Objekten untersucht.

Um die räumliche Distanz zwischen Rissblattumhüllender und dem tatsächlich aufgefahrenen Grubengebäude in Hinblick auf eine mögliche Überschätzung von Ausschlussflächen zu bewerten, ist zudem eine Abschätzung der Ausdehnung von Beeinflussungsbereichen nötig (Entfernung um die ein Ausschluss um das Grubengebäude herum erfolgt).

Dabei haben wir uns für den Steinkohlebergbau in NRW bewusst gegen den im Methodensteckbrief beschriebenen Ansatz der Abschätzung von Beeinflussungsbereichen auf Basis des steilsten Grenzwinkels entschieden. Aufgrund der eingangs beschriebenen Situation der massiven Durchörterung des Gebirges im Zusammenhang mit dem Steinkohlebergbau in NRW, halten wir es für zielführend, für die uns vorliegende Stichprobe von Objekten bereits für Phase 1, Schritt 1 des Standortauswahlverfahrens zu einer detaillierten Abschätzung des Bereichs zu gelangen, in dem nach § 22 Abs. 2 Nr. 3 StandAG[1] „negative Einflüsse auf den Spannungszustand und die Permeabilität des Gebirges [...] zu besorgen sind“. Dazu führt die BGE auf Basis numerischer Verfahren rechnerische Abschätzungen durch, um die Änderungen des Spannungszustandes im Gebirge zu erfassen und diese in Abhängigkeit des Abstandes zum Abbaubereich zu quantifizieren.

Anschließend prüft die BGE die räumliche Distanz zwischen Rissblatthüllender und dem tatsächlich aufgefahrenen Grubengebäude inklusive dem durch die BGE ausgewiesenen Beeinflussungsbereich. Gegebenenfalls werden die Rissblatthüllenden im Randbereich des Ruhrgebiets um einen definierten Betrag verkleinert, sollten die von uns stichprobenartig abgeschätzten Beeinflussungsbereiche ergeben, dass die Rissblatthüllende im Verhältnis zum tatsächlichen Grubenhohlraum den zu erwartenden bergbaulichen Einwirkungsbereich signifikant überschätzt.“

## **2.2 Konsultation zur Anwendungsmethode der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien**

Die von der BGE geplante [Anwendungsmethode der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien](#) konnte vom 12. Mai 2020 bis zum 12. Juli 2020 im BGE-Forum diskutiert werden. Das Dokument enthielt bereits ein Glossar zur besseren Verständlichkeit der wichtigsten Fachbegriffe.

Die Anwendungsmethode erreichte insgesamt 1 346 Ansichten und wurde einmal kommentiert:

### **2.2.1 Beitrag des Mitglieds “Hinkelstein“ vom 17.06.2020 um 14.33 Uhr**

„Hier scheint seit fünf Wochen Schweigen zu herrschen. Das ist schade – aber leider sehr verständlich. Um das Schweigen zu brechen, hier ein erster Eindruck:

Der Methodensteckbrief zu den Abwägungskriterien ist sicher gut gemeint, fällt aber leider hinter die höheren Standards zurück, die die BGE bei den Ausschlusskriterien hier in diesem Forum selbst gesetzt hat. Oder plastischer, die Darstellung wirkt auf Außenstehende wie ein blanker Knochen, an dem kaum irgend etwas von Nährwert hängt. Ihr konkreter Inhalt lässt sich etwa wie folgt zusammenfassen:

- 1.) Die BGE beachtet geltendes Recht, und hält insbesondere die Vorgaben des Standortauswahlgesetzes strikt ein.
- 2.) Die BGE beschäftigt Experten, die sich vertiefte Gedanken um die fachlichen Details machen.

3.) Vom Ergebnis wird die Öffentlichkeit zu gegebener Zeit in angemessener Weise unterrichtet.

Dieser Inhalt ist deshalb wenig nahrhaft, weil kaum irgend jemand auch nur einen dieser Punkte ernsthaft bezweifelt hätte. Im Gegenteil, die BGE genießt in der interessierten Öffentlichkeit (bisher) einen vergleichsweise guten Ruf und einen erheblichen Vertrauensvorschluss. Um diesen weiter auszubauen, wäre es gut, wenn sie sich auch an dieser Stelle etwas tiefer in die Karten schauen ließe. Dazu könnte gehören:

Beispiele nennen: An mindestens einem, besser an mehreren Beispielen sollte nachvollziehbar dargestellt werden, wie die Abfolge von Indikatorbewertung – Kriterienbewertung – zusammenfassender Bewertung – Priorisierung in der Praxis ablaufen könnte. Dazu reicht ein fiktiver Standort und Messwerte, die frei erfunden sein können, die aber doch so "grenzwertig" sein sollten, dass man den BGE-Experten bei den von ihnen vorzunehmenden Abwägungen und Bewertungen ein wenig über die Schulter schauen kann.

Datenbank vorstellen: Im Text erfährt man nur, dass das "Bewertungsmodul" in Form einer MS-Access Datenbank offenbar eine, wenn nicht die zentrale Rolle beim Vorgehen der BGE spielen wird. Gerne würde man mehr erfahren: Ist diese Datenbank schon fertig programmiert? Von wem, in welcher Form? Wie ist sie aufgebaut, welche Funktionalitäten hat sie? Wird sie einen Webanschluss, eine interaktive Schnittstelle zur Außenwelt haben? Wie sieht die Oberfläche aus, kann man Daten automatisiert abrufen, wird es kartographische Funktionen geben? Wird sie überhaupt öffentlich zugänglich sein, oder werden nur die aus ihr herausgezogenen Text-Dokumente veröffentlicht? Welche Qualitätssicherung hat die Datenbank durchlaufen? Hat es ein Review, eine Überprüfung durch externe Experten gegeben? Wann werden dessen Ergebnisse veröffentlicht?

Arbeitsgruppe: Die abschließende Priorisierung soll durch "eine Arbeitsgruppe" vorgenommen werden. Gerne würde man erfahren, wer die Mitglieder dieser Arbeitsgruppe beruft, wie sie zusammengesetzt ist, ob sie öffentlich zugänglich ist, et cetera.

Geosynthese: Der Begriff ist für die Öffentlichkeit noch gewöhnungsbedürftig. Um diese Gewöhnung zu beschleunigen bzw. möglichst schon vor der Veröffentlichung des Zwischenberichts Teilgebiete abzuschließen, könnte es sinnvoll sei, an dieser Stelle ein Beispiel für eine Geosynthese zu veröffentlichen. Es kann auf fiktiven Inhalten und Daten beruhen, und braucht nur dazu zu dienen, die Leserschaft an das Format der Darstellung zu gewöhnen. Dann könnten alle Interessierten sich im Herbst gleich auf die Inhalte konzentrieren.

Zugang: "Sämtliche Ergebnisse aus der Anwendung des Bewertungsmoduls werden der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt": Auch hier wüsste man gerne schon jetzt, in welcher Form dies geschehen wird. Je früher die Öffentlichkeit Leseübungen machen und sich an das Format gewöhnen kann, umso weniger Zeit muss später dafür einkalkuliert werden.

**Archivierung:** Sicher ist es gut, wenn die BGE alle Ergebnisse separat speichert und systematisch ablegt. Man wüsste aber zusätzlich gerne, ob auch schon an eine Quer-Verbindung zum Bundesamt gedacht ist, das ja nach § 38 StandAG genau diese Aufgabe eigentlich übernehmen sollte.

**Referenzdatensätze:** Gemäß Punkt 3 auf S. 7 sollen "Referenzdatensätze" dazu dienen, dass "die Bewertung im oberen Bereich der physikalisch möglichen Bandbreite des Wirtsgesteins erfolgt". Dieser Satz ist so leider vollkommen unverständlich, und sollte weiter erläutert werden.

**Onlineportal:** Auf S. 9 folgt die Ankündigung einer "interaktiven Kartendarstellung in einem Online-Portal". Gerne würde man erfahren, wo und ab wann dieses zu finden sein wird.

**Pilotregionen:** Das testweise Vorgehen ist nachvollziehbar und begrüßenswert. Ist es schon abgeschlossen? Wenn ja, könnte man die fiktiven Ergebnisse schon jetzt veröffentlichen? Als Leseübung (s. o.) könnte das sehr nützlich sein.

**Review:** Auf S. 9 unten wird ein "Review" durch "externe Fachexpert\*innen" angekündigt. Das ist im Prinzip sehr begrüßenswert – doch wie so oft liegt hier der Teufel im Detail: Wer beruft die Expert\*innen? Auf welcher Grundlage werden sie ausgewählt? Wie wird ihr Auftrag formuliert, wieviel Zeit erhalten sie dafür, werden ihre Rückmeldungen veröffentlicht? Wenn ein wissenschaftlicher Diskurs zustande kommen soll, könnten die Review-Ergebnisse einen wertvollen Beitrag dazu liefern – falls sie denn veröffentlicht werden.“

### 2.2.2 Antwort der BGE vom 03.07.2020 um 11:04 Uhr

„Hallo "Hinkelstein", vielen Dank für Ihren ausführlichen Beitrag und Ihre Fragen zu den geowissenschaftlichen Abwägungskriterien. Dass Sie das Papier sehr abstrakt finden, können wir nachvollziehen. Die erste Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist auch für uns schwerer ins Konkrete zu übersetzen als beispielsweise die Anwendung der Ausschlusskriterien. Auf die verschiedenen, von Ihnen genannten Punkte gehen wir im Folgenden ein:

**Beispiele nennen:** An mindestens einem, besser an mehreren Beispielen sollte nachvollziehbar dargestellt werden, wie die Abfolge von Indikatorbewertung – Kriterienbewertung – zusammenfassender Bewertung – Priorisierung in der Praxis ablaufen könnte. Dazu reicht ein fiktiver Standort und Messwerte, die frei erfunden sein können, die aber doch so "grenzwertig" sein sollten, dass man den BGE-Experten bei den von ihnen vorzunehmenden Abwägungen und Bewertungen ein wenig über die Schulter schauen kann.

**Pilotregionen:** Das testweise Vorgehen ist nachvollziehbar und begrüßenswert. Ist es schon abgeschlossen? Wenn ja, könnte man die fiktiven Ergebnisse schon jetzt veröffentlichen? Als Leseübung (s. o.) könnte das sehr nützlich sein

**Antwort BGE:**

Da es bei diesen zwei Punkten um die Arbeit mit fiktiven Daten und Standorten geht, wird die Antwort hierfür zusammengefasst. Für die Arbeiten mit den geowissenschaftlichen Abwägungskriterien wurden zu keinem Zeitpunkt fiktive Daten herangezogen, dies würde auch nicht zielführend sein.

Zur Durchführung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien konzentriert sich voll und ganz auf die Arbeit mit realen Daten. Nur auf diese Weise lassen sich potentielle Schwierigkeiten im Vorfeld erkennen. Auch die testweise Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien auf Pilotregionen bezieht sich nicht auf fiktive Daten. Die Pilotregionen, welche bereits abgeschlossen sind, beziehen sich wie in Kapitel 2.8 beschrieben auf Realdaten. Bei diesen Realdaten für die Pilotregionen handelt es sich um vorläufige Ergebnisse.

Wir nehmen aber aus Ihren Anregungen gerne für die Präsentation der Ergebnisse des Zwischenberichts Teilgebiete mit, dass eine konkrete Anwendung helfen könnte, die Abwägungsschritte zu verstehen. Da wir aber, wie schon gesagt, nur mit realen Daten arbeiten können, ist das vorab nicht möglich. Daraus ergibt sich für das Methodenpapier ein höherer Abstraktionsgrad als bei den Methoden zum Ausschluss. Mit dieser Beobachtung haben Sie natürlich Recht.

**Datenbank vorstellen:** Im Text erfährt man nur, dass das "Bewertungsmodul" in Form einer MS-Access Datenbank offenbar eine, wenn nicht die zentrale Rolle beim Vorgehen der BGE spielen wird. Gerne würde man mehr erfahren: Ist diese Datenbank schon fertig programmiert? Von wem, in welcher Form? Wie ist sie aufgebaut, welchen Funktionalitäten hat sie? Wird sie einen Webanschluss, eine interaktive Schnittstelle zur Außenwelt haben? Wie sieht die Oberfläche aus, kann man Daten automatisiert abrufen, wird es kartographische Funktionen geben? Wird sie überhaupt öffentlich zugänglich sein, oder werden nur die aus ihr herausgezogenen Text-Dokumente veröffentlicht? Welche Qualitätssicherung hat die Datenbank durchlaufen? Hat es ein Review, eine Überprüfung durch externe Experten gegeben? Wann werden dessen Ergebnisse veröffentlicht?

**Antwort BGE:**

Das Bewertungsmodul ist vollständig realisiert. Die Umsetzung erfolgte innerhalb der BGE. Die Funktionalitäten wurden im Konzept abgebildet, ein Webanschluss ist nicht vorgesehen. Die Oberfläche des Bewertungsmoduls wird im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete, und sicherlich auch bei späteren Präsentationen, vorgestellt. Kartographische Funktionen sind in MS-Access nicht vorgesehen und sind auch für den Zweck des Bewertungsmoduls nicht notwendig. Veröffentlicht werden alle im Bewertungsmodul durchgeführten Bewertungen und Begründungen. Es gab eine Qualitätssicherung durch ein externes Softwareunternehmen, diese ist bereits mit einem positiven Ergebnis abgeschlossen.

**Arbeitsgruppe:** Die abschließende Priorisierung soll durch "eine Arbeitsgruppe" vorgenommen werden. Gerne würde man erfahren, wer die Mitglieder dieser Arbeitsgruppe beruft, wie sie zusammengesetzt ist, ob sie öffentlich zugänglich ist, et cetera

**Antwort BGE:**

Die Arbeitsgruppe besteht aus Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BGE, welche sich durch die Anwendung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftliche Abwägungskriterien detailliert mit den verschiedenen identifizierten Gebieten auseinandergesetzt haben. Darüber hinaus werden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter miteinbezogen, die spezifische fachliche Kenntnisse mitbringen, welche für die Anwendung der Kriterien vorausgesetzt sind, und die umfangreiches Wissen zur regionalen Geologie der identifizierten Gebiete haben. Es handelt sich um eine BGE-interne Arbeitsgruppe, deren Ergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete dokumentiert werden. Sie ist nicht öffentlich zugänglich. Es handelt sich um eine reine Arbeitsebene.

**Geosynthese:** Der Begriff ist für die Öffentlichkeit noch gewöhnungsbedürftig. Um diese Gewöhnung zu beschleunigen beziehungsweise möglichst schon vor der Veröffentlichung des Zwischenberichts Teilgebiete abzuschließen, könnte es sinnvoll sein, an dieser Stelle ein Beispiel für eine Geosynthese zu veröffentlichen. Es kann auf fiktiven Inhalten und Daten beruhen, und braucht nur dazu zu dienen, die Leserschaft an das Format der Darstellung zu gewöhnen. Dann könnten alle Interessierten sich im Herbst gleich auf die Inhalte konzentrieren.

**Antwort BGE:**

Der Begriff "Geosynthese" ist gleichbedeutend mit einer Zusammenfassung, welche sich auf die Geologie konzentriert. Diese Zusammenfassung beinhaltet relevante geologische Eckpunkte eines identifizierten Gebietes. Es werden Fakten zusammengestellt, aber noch keine Bewertung oder Interpretation durchgeführt.

Die finale Darstellung der Geosynthese wird noch diskutiert, daher kann zum jetzigen Zeitpunkt keine beispielhafte Geosynthese präsentiert werden. Aber auch diese Anregung nehmen wir gerne für die Präsentation des Zwischenberichts Teilgebiete auf.

**"Sämtliche Ergebnisse aus der Anwendung des Bewertungsmoduls werden der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt":** Auch hier wüsste man gerne schon jetzt, in welcher Form dies geschehen wird. Je früher die Öffentlichkeit Leseübungen machen und sich an das Format gewöhnen kann, umso weniger Zeit muss später dafür einkalkuliert werden.

**Antwort BGE:**

Die Ergebnisse aus der Anwendung des Bewertungsmoduls werden zeitgleich mit dem Zwischenbericht Teilgebiete veröffentlicht (ansonsten würde man vorgreifen). Es wird einen eigenständigen Bericht zu den geowissenschaftlichen Abwägungskriterien geben, in welchem auf die Ergebnisse des Bewertungsmoduls eingegangen wird. Für die Leserschaft werden vor allem die Ergebnisse des Bewertungsmoduls im Hinblick auf die

ermittelten Teilgebiete interessant sein. Daher werden im Zwischenbericht Teilgebiete für jedes Teilgebiet Kurzbeschreibungen präsentiert, aus denen die relevanten Daten und Fakten hervorgehen.

**Archivierung:** Sicher ist es gut, wenn die BGE alle Ergebnisse separat speichert und systematisch ablegt. Man wüsste aber zusätzlich gerne, ob auch schon an eine Quer-Verbindung zum Bundesamt gedacht ist, das ja nach § 38 StandAG genau diese Aufgabe eigentlich übernehmen sollte.

**Antwort BGE:**

Nach § 38 StandAG werden vom Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit alle Daten und Dokumente gespeichert, die für die End- und Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle bedeutsam sind oder werden. Die Verordnung, in der die Standards dafür festgelegt werden, ist noch in Erarbeitung. Sobald sie vorliegt, wird die BGE ihre für die Standortauswahl relevante Archivierung an die Vorgaben anpassen.

**Referenzdatensätze:** Gemäß Punkt 3 auf S. 7 sollen "Referenzdatensätze" dazu dienen, dass "die Bewertung im oberen Bereich der physikalisch möglichen Bandbreite des Wirtsgesteins erfolgt". Dieser Satz ist so leider vollkommen unverständlich, und sollte weiter erläutert werden.

**Antwort BGE:**

Sie haben Recht. Auf Anhieb kann sich unter Referenzdatensätzen vermutlich nur jemand vom Fach etwas vorstellen. Die Referenzdatensätze dienen zur Bewertung der Indikatoren und Kriterien, zu denen zum jetzigen Zeitpunkt keine Daten vorliegen. Sie füllen die Lücken auf der Basis des geologischen Wissens, das vorhanden ist. Die Referenzdatensätze präsentieren unter anderem Annahmen für verschiedene Parameter für das jeweilige Wirtsgestein. Diese Parameter gehen aus den Indikatoren der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien hervor. Die getroffenen Annahmen beruhen unter anderem auf Literaturwerten, Forschungsarbeiten oder Erfahrungen aus dem Bergbau. Da für die unterschiedlichen Parameterannahmen zahlreiche Quellen herangezogen werden, ergibt sich nicht nur ein physikalisch möglicher Wert oder mögliche Ausprägung eines Parameters, sondern meist eine Bandbreite an physikalisch möglichen Werten oder Ausprägungen. Um nun zu verhindern, dass potentiell geeignete Gebiete unterschätzt werden, wird bei der ersten Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien innerhalb dieser physikalisch möglichen Bandbreite, stets vom bestmöglichen Szenario ausgegangen. Das bedeutet, dass die Bewertung „im oberen Bereich der physikalisch möglichen Bandbreite des Wirtsgesteins erfolgt“.

Mit oberen Bereich ist hier der im jeweiligen Fall günstige Bereich gemeint.

Somit wird verhindert, dass Gebiete mit fehlenden Daten unterschätzt und aufgrund dessen ausgeschlossen werden.

**Onlineportal:** Auf S. 9 folgt die Ankündigung einer "interaktiven Kartendarstellung in einem Online-Portal". Gerne würde man erfahren, wo und ab wann dieses zu finden sein wird.

**Antwort BGE:**

Das Onlineportal wird mit der Veröffentlichung des Zwischenberichts Teilgebiete online bereitgestellt.

**Review:** Auf S. 9 unten wird ein "Review" durch "externe Fachexpert\*innen" angekündigt. Das ist im Prinzip sehr begrüßenswert – doch wie so oft liegt hier der Teufel im Detail: Wer beruft die Expert\*innen? Auf welcher Grundlage werden sie ausgewählt? Wie wird ihr Auftrag formuliert, wieviel Zeit erhalten sie dafür, werden ihre Rückmeldungen veröffentlicht? Wenn ein wissenschaftlicher Diskurs zustande kommen soll, könnten die Review-Ergebnisse einen wertvollen Beitrag dazu liefern – falls sie denn veröffentlicht werden.

**Antwort BGE:**

Wie in Kapitel 9 dargestellt geschieht das Review auf verschiedenen Ebenen. Zum einen fanden Workshops statt, zu denen Wissenschaftler\*innen und Mitarbeiter\*innen zuständiger Behörden von der BGE eingeladen wurden. Unter anderem wird hier die BGE durch einige ausgewiesene Wissenschaftler\*innen, unter anderen Michael Sailer, beraten. Darüber hinaus wurde auch im Rahmen der öffentlichen Veranstaltung „Tage der Standortauswahl“ mit den Teilnehmenden diskutiert und Feedback für die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien aufgenommen.

Des Weiteren finden im Rahmen der Qualitätssicherung sowohl interne, als auch externe Reviews statt. Es ist vorgesehen, dass externe Review-Ergebnisse in Form von fachgutachterlichen Stellungnahmen erfolgen.“

### **2.3 Konsultation zur Anwendungsmethode der Mindestanforderungen**

Der [Steckbrief zur Anwendungsmethode der Mindestanforderungen nach § 23 Standortauswahlgesetz](#) konnte vom 29. Juni 2020 bis zum 4. August 2020 im Forum diskutiert werden. Der Steckbrief erhielt 529 Ansichten. Es gab keine Kommentare oder andere Beiträge zu diesem Dokument.

### **3 Literaturverzeichnis**

BGE (2020h): Anwendung Ausschlusskriterien gemäß §22 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH

StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 247 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist

**Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH**  
**Eschenstraße 55**  
**31224 Peine**  
**T +49 05171 43-0**  
**[poststelle@bge.de](mailto:poststelle@bge.de)**  
**[www.bge.de](http://www.bge.de)**