

Fachliche Position der Staatlichen Geologischen Dienste Deutschlands (SGD) zu den Ausschlusskriterien des Standortauswahlgesetzes (StandAG)

Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen“ (§ 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG)

07. Oktober 2020

Anlass

Die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) hat auf ihrer Internetseite einen Methodensteckbrief zum Ausschlusskriterium „aktive Störungszonen“ veröffentlicht, der sich auf § 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG bezieht (<https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/methodik/>, Stand 24.03.2020). Hierzu wurde vorliegendes Positionspapier erarbeitet und im Anschluss mit den SGD aller Bundesländer abgestimmt.

BGE-Ansatz zum Teil-Ausschlusskriterium Aktive Störungen

Im Standortauswahlgesetz werden aktive Störungszonen wie folgt definiert: *Unter einer „aktiven Störungszone“ werden Brüche in den Gesteinsschichten der oberen Erdkruste wie Verwerfungen mit deutlichem Gesteinsversatz sowie ausgedehnte Zerrüttungszonen mit tektonischer Entstehung [verstanden], an denen nachweislich oder mit großer Wahrscheinlichkeit im Zeitraum Rupel bis heute, also innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre, Bewegungen stattgefunden haben. Atektonische beziehungsweise aseismische Vorgänge, also Vorgänge, die nicht aus tektonischen Abläufen abgeleitet werden können oder nicht auf seismische Aktivitäten zurückzuführen sind und die zu ähnlichen Konsequenzen für die Sicherheit eines Endlagers wie tektonische Störungen führen können, sind wie diese zu behandeln.* (§ 22 Absatz 2 Nummer 2 StandAG).

Zur Breite des Ausschlussbereiches um potentiell aktive Störungen gibt es Hinweise in der Begründung zum StandAG (Bundestag-Drucksache 18/11398): *Durch das Kriterium werden Gebiete ausgeschlossen, in denen geologisch aktive Störungszonen vorliegen, die die Sicherheit eines Endlagers beeinträchtigen können. Der erforderliche Sicherheitsabstand zu derartigen Störungszonen ist individuell abzuschätzen. Er beträgt in der Regel mindestens einen Kilometer.* (Bundestag-Drucksache 18/11398, S. 68).

Die BGE hat zur Anwendung dieses Ausschlusskriteriums einen Methodensteckbrief sowie diesbezügliche Ergänzungen veröffentlicht, in denen sie vorschlägt, Störungen als aktiv zu klassifizieren, wenn diese in Gesteinseinheiten auftreten, die jünger als 34 Millionen Jahre sind. Im Rahmen der Teilgebietsausweisung findet die Selektion von Störungen auf Grundlage der Geologischen Übersichtskarte Deutschlands (GÜK250) statt. Für die Breite des Ausschlussbereichs

definiert die BGE einen Sicherheitsabstand von 1000 m als Saum um die Störungsspur. *In den späteren Phasen des Standortauswahlverfahrens (Phasen 2 und 3) werden ggf. Ausdehnungen von Zerrüttungszonen einzelner Störungszonen individuell abgeschätzt. Dies kann zu einer Vergrößerung der Ausschlussbereiche im Laufe des weiteren Verfahrens führen.* Sockelstörungen unterhalb von Salinarstrukturen sollen im ersten Schritt nicht zu einem Ausschluss führen. Scheitelstörungen im Deckgebirge oberhalb von Salzstrukturen erfüllen das Ausschlusskriterium. Da sich diese in der Regel nur auf das Deckgebirge und nicht auf die liegende Salzstruktur beziehen, betrifft laut BGE der Ausschluss nicht die im liegenden von Scheitelstörungen befindlichen Salzstrukturen.

Fachliche Position der SGD

Aktive Störungen und ihr Nachweis

Nach §22 Absatz 2 Nummer 2 StandAG gelten nicht nur aktuell seismisch aktive Störungszonen als Ausschlusskriterium, sondern alle Störungen, die in den vergangenen 34 Millionen Jahren „nachweislich oder mit großer Wahrscheinlichkeit“ aktiv waren.

Störungen sind geologische Elemente, an denen ein Versatz der Gesteinseinheiten stattgefunden hat, was oft mit mehr oder weniger weitreichenden Zerrüttungszonen einhergeht.

Die Ausbildung von Störungszonen bzw. Störungen wird vor allem durch die Gesteinseigenschaften, das Spannungsfeld, die Deformationstiefe und die abgelaufene Bewegung bestimmt und kann demzufolge sehr unterschiedlich sein. Dies kann sich in einer Skala von kleinen Diskontinuitäten bis hin zu überregionalen Störungszonen (wie beispielsweise dem Oberrheingraben oder Sockelstörungen im norddeutschen Präsalinar) ausprägen. Von der Ausbildung der Störung (-szone) (unabhängig vom Alter) hängt auch ab, wie gut eine Störungsaktivität nachzuweisen ist. Störungen können mehrfach reaktiviert werden, weswegen im § 22 StandAG für die „Aktivität“ der relativ lange erdgeschichtliche Zeitraum von 34 Ma definiert wurde (neotektonischer Zeitraum). Diese Festlegung bedingt, dass nicht nur messbar aktive Störungszonen nachzuweisen sind. Der Beobachtungszeitraum mit modernen messtechnischen Methoden beträgt ca. 100 Jahre, mit historischen Aufzeichnungen ca. 1000 Jahre sowie unter Zuhilfenahme paläoseismischer Methodik bis wenige 10er tausend Jahre. Unabhängig davon besteht eine Unschärfe in der Zuweisung seismologischer Informationen zu spezifischen Störungszonen.

Für sehr junge bzw. gegenwärtig aktive Störungen kommen verschiedene Messmethoden wie z. B. die Aufzeichnung der seismischen Aktivität, Radar-Interferometrie oder Präzisionsnivellements zum Nachweis in Frage.

Für Störungen, an denen Bewegungen nicht messtechnisch nachweisbar sind (u. a. aufgrund der zeitlichen Nachweisgrenze), müssen andere Nachweismethoden zur Anwendung kommen. Die Nachweistiefe dieser Methoden ist unterschiedlich, weswegen sie im Folgenden entsprechend kategorisiert werden.

Ein eindeutiger Nachweis einer Aktivität innerhalb der letzten 34 Ma kann mit folgenden Befunden erbracht werden:

1. Gesteine, die jünger als 34 Ma sind, wurden versetzt;
2. Magmatite, die jünger als 34 Ma sind, sind in der Störungszone aufgestiegen;
3. zerbrochene oder synkinematische Gangmineralisationen auf Störungsflächen sind auf ein Alter < 34 Ma datiert (z. B. mit radioisotopischen Methoden);

Eine große Wahrscheinlichkeit einer Aktivität innerhalb der letzten 34 Ma kann vermutet werden, wenn:

4. Die Störungszone über einer derzeit seismisch aktiven Zone liegt;
5. die Störung in streichender Verlängerung eines als aktiv datierten Störungssegments liegt;
6. die Störungsorientierung sie als Teil eines struktureologisch plausiblen Deformationsmusters mit den Spannungsfeldern der vergangenen 34 Ma in Beziehung setzt (z. B. alpidische Deformation im Alpenvorland und Neotektonik, Haupteinengungsrichtungen überwiegend 120°–145° NW–SE);
7. die Störung über geomorphologische Indikatoren und Aufschlüsse abgeleitet werden kann und in Gesteinsschichten mit einem Alter kleiner als 34 Ma nachgewiesen wurde („alte“ Störungen (mehrere 100 Ma) können sich aufgrund eines Versatzes von kompetenten Gesteinsschichten älter als 34 Ma gegen weniger kompetente Gesteinsschichten geomorphologisch bemerkbar machen und/oder im Aufschluss nachgewiesen werden, ohne eine Relevanz für die Bewertung der Aktivität der Störung nach StandAG zu haben);
8. die Störung der gesetzmäßig bedingten Halotektonik von Salinarstrukturen zugeordnet werden können.

Als wenig wahrscheinlich innerhalb der letzten 34 Ma bewegt und daher nicht relevant können gelten:

9. Störungen die diskordant und ohne Versatz von Sedimenten überlagert werden, die älter als 34 Ma sind; dagegen können listrische Störungen mit ihrer Flachbahn in scheinbar schichtparallelen Einheiten verlaufen wo ein Versatz nicht offensichtlich ist (der Beleg für die Aktivität bei nicht vorhandener Seismizität sollte im Bereich einer ausgebildeten Störungsrampe erfolgen können). ;
10. Störungen, die nach struktureologischen Kriterien ungünstig in Bezug auf eine mögliche Reaktivierung gegen das alpidische bis rezente Spannungsfeld orientiert sind;
11. Störungen, die mit älter als 34 Ma datierten Mineralisationen verheilt sind.

Unabhängig von der seismischen Aktivität können geologische Störungszonen potenzielle Salzwasseraufstiegsbahnen darstellen. Geophysikalische Verfahren können diese detektieren, jedoch nicht deren gesamten Verlauf nachweisen.

Nicht datierbare Störungen:

Für eine Vielzahl aseismisch aktiver Störungen und/oder Störungen, für die keine direkten Datierungs- oder Nachweismöglichkeiten anwendbar sind, kann jedoch eine Aktivität innerhalb der letzten 34 Ma nicht ausgeschlossen werden. Eine Erfassung durch Rekonstruktion der geologischen Entwicklung wäre möglich und sinnvoll:

- Die Störung ist mit jungen Sedimenten überdeckt, die entweder in der jüngeren geologischen Vergangenheit keine Aktivität erfahren haben oder keine Störungsaktivität abbilden (z. B.: quartäre Überdeckung wie im Oberrheingraben und wie in Norddeutschland flächenhaft, z. B. im Falle eines Hiatus und damit einhergehender Informationslücke über mögliche Aktivitätsphasen innerhalb der Zeitspanne, welche durch die nicht abgelagerten oder nicht mehr erhaltenen Sedimente repräsentiert wird);
- Die Störung und die durch sie versetzte Gesteinsformation sind nicht von Gesteinen mit einem jüngeren Alter als 34 Ma bedeckt; ein Versatz im Zeitraum von vor 34 Ma bis heute ist aufgrund des Fehlens dieser jüngeren Gesteine nicht erkennbar.

Sicherheitsabstand um Störungen

Je nach Randbedingungen kann das Umfeld von Störungen sehr verschieden beeinflusst worden sein und die Reichweite von Deformation in das Nebengestein unterschiedlich ausfallen. Einflussgrößen sind dabei u. a. Lithologie oder Versatz. Demzufolge ist um aktive Störungszonen ein entsprechender Sicherheitsabstand zu wählen. In der Begründung zum StandAG ist dazu ausgeführt: *Der erforderliche Sicherheitsabstand zu derartigen Störungszonen ist individuell abzuschätzen. Er beträgt in der Regel mindestens einen Kilometer.* Diese Einschätzung wird im Rahmen einer ersten Phase der Standortauswahl im Grundsatz geteilt, sollte jedoch im Zuge des weiteren Verlaufs des Verfahrens standortspezifisch geprüft werden. Die pauschale Abstandsannahme von einem Kilometer muss prinzipiell nicht nur für den Ausstrich der Störung an der Erdoberfläche ausreichende Sicherheit gewährleisten, sondern der Puffer muss für den Fall, dass der Verlauf der Störung in die Tiefe bekannt ist, entsprechend auf die Oberfläche projiziert werden. Für die meisten Störungen ist jedoch der genaue Verlauf im Untergrund (der Einfallswinkel) nicht bekannt oder kann nur aus Beobachtungen an der Erdoberfläche abgeleitet werden. Ein beidseitiger, vergrößerter Sicherheitsabstand bei Störungen mit unbekanntem Einfallswinkel und Geometrie um den oberirdischen Ausbiss der Störung wird in diesem Fall für sicherheitsgerichtet angemessen erachtet, um typische Einfallswinkel abzubilden. Bei bekannter Einfallswinkelrichtung und Geometrie ist ein Sicherheitsabstand dieser vergrößerten Distanz nur in dieser Richtung einzuhalten. Die Lokalisierung von Störungen ausschließlich über seismische Aktivität kann mit größeren Unsicherheiten behaftet sein, weswegen hier ein größerer Sicherheitsabstand notwendig sein kann. Zur genauen Abschätzung ist stets eine Einzelfallbetrachtung vorzunehmen.

Position der SGD zur Anwendung des Kriteriums „Aktive Störungen“ für die Abgrenzung der Teilgebiete

- Die vorgesehene Klassifizierung der Störungszonen in „aktiv, inaktiv oder unbekannt“ ist nachvollziehbar. Da dieses Ausschlusskriterium im Verlaufe der Standortsuche bestehen bleibt und weiter angewendet werden muss, können derzeit als „unbekannt“ klassifizierte Störungen in den späteren Phasen noch bewertet werden. Dafür sind die in diesem Positionspapier dargestellten wissenschaftlichen Ansätze und Methoden zu berücksichtigen.
- Es bedarf einer eigenen fachlichen Bewertung durch die BGE (auch im Sinne des Gesetzgebers), eine Übernahme der von Geologischen Diensten vorgenommenen

Klassifizierungen oder des Störungsinventars der GÜK250 genügen nicht den Ansprüchen an die Anwendung der Kriterien.

- Die Vorgehensweise, Störungen nur als aktiv zu klassifizieren, wenn diese in Gesteinseinheiten auftreten, die jünger als 34 Millionen Jahre sind, entspricht nicht den Vorgaben des Gesetzestextes. Dem Gesetz nach geht es um die Aktivität der letzten 34 Ma (Zeitspanne). Mit der angezeigten Vorgehensweise werden nur Gebiete extrahiert, in denen Gesteinsschichten tertiären oder jüngeren Alters auch tatsächlich anstehen und mit seismischen Methoden erfasst werden konnten. Die gesamte geotektonische Aktivität seit dem Rupel und die rezente Aktivität wird damit nicht erfasst. Entsprechend sind sowohl kartierte Störungen und Störungszonen als auch messmethodisch (z. B. seismisch) nachgewiesene Störungen zu berücksichtigen, die in den letzten 34 Ma nachweislich aktiv waren (Fälle 1 bis 3). Da Störungen mehrfach reaktiviert werden können, kann unter konservativen Gesichtspunkten auch in den Fällen 4-8 von einer zukünftigen Aktivität und damit einer direkten Gefährdung für das Endlager oder die Barrieren ausgegangen werden. Die Aktivität ist plausibel und durch Expertenwissen fachlich begründet darzustellen und mit dem entsprechenden Sicherheitsabstand zu berücksichtigen. Sind tertiäre Einheiten lückenhaft verbreitet, kann über indirekte Verfahren eine qualitative Aussage zur Aktivität dieser Störungen gemacht werden. Dies setzt eine Einzelfallbetrachtung voraus (im Falle nicht datierbarer Störungen).
- Die BGE sieht vor, „auf Grundlage der Geologischen Übersichtskarte Deutschlands (GÜK250) alle Störungen zu selektieren, die Gesteinseinheiten mit einem Maximalalter von 34 Millionen Jahren versetzen“. Eine Ableitung des Störungsinventars aus geologischen Karten, die beispielsweise im Norddeutschen Becken im Wesentlichen die Lockersedimente des Quartärs und holozäne Schichten erfassen, ist nicht möglich. Im Quartär sind rezente atektonische (glazial bedingte) oder tektonische Störungen nicht ausgeschlossen, wurden jedoch bisher noch nicht ausreichend identifiziert und belegt.
- Die Methodik im Umgang mit aktiven Scheitelstörungen oberhalb von Salzstrukturen sollte überarbeitet und deren Umsetzung in der ersten Phase zurückgestellt werden bzw. in einer späteren Phase der Standortsuche (Einzelfallbetrachtung) erfolgen. Es gilt dann zu differenzieren zwischen tektonischen Bewegungen an Störungen im postsalinaren Deckgebirge aufgrund des Salzaufstiegs und aufgrund von tektonischen Bewegungen an Sockelstörungen und zu erkennen, ob und welchen Einfluss Scheitelstörungen auf das Endlagersystem und seine Barrieren haben können.
- Dem Vorschlag der BGE, dass Sockelstörungen im jetzigen Verfahrensschritt, in dem noch keine Einzelfallprüfungen stattfinden, nicht zu einem Ausschluss überlagernder Gebirgsbereiche führen, kann gefolgt werden.
- Dem Vorschlag der BGE hinsichtlich der Breite des Ausschlussbereichs hierfür den in der Begründung des StandAG genannten Sicherheitsabstand von 1000 m als Saum um die Störungsspur zu verwenden, kann nur in einem ersten Schritt gefolgt werden. Da es hier um einen Mindestabstand geht, ist für spätere Phasen der Standortsuche die tatsächliche Breite der Zerrüttungszone unbedingt zu berücksichtigen und zu aktualisieren. Im Falle, dass Tiefenverlauf und Art der Zerrüttung unbekannt sind, ist der Sicherheitsabstand entsprechend zu vergrößern.

Verweise:

Entwurf eines Gesetzes zur Fortentwicklung des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und anderer Gesetze, Bundestag-Drucksache 18/11398

Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz - StandAG) vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2510) geändert worden ist.

BGE-Methodensteckbrief Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen“, BGE-Geschäftszeichen: SG02101/27/7-2020#7 | Objekt-ID: 758630 | Stand: 24.03.2020,
https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodensteckbriefe_fuer_Forum/20200325_Endfassung_Steckbrief_Stoerungen.pdf

Ergänzungen zum Steckbrief für das Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen“, BGE-Geschäftszeichen: SG02101/27/7-2020#7 | Stand: 29.04.2020,
https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodensteckbriefe_fuer_Forum/20200430_Endfassung_-_Ergaenzung_Steckbrief_Aktive_Stoerungszonen.pdf