

## Anwendungsmethodik der Mindestanforderungen nach § 23 Standortauswahlgesetz

### Auszug aus dem StandAG

---

(1) Für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle kommen die Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein in Betracht. Für das Wirtsgestein Kristallingestein ist unter den Voraussetzungen des Absatzes 4 für den sicheren Einschluss ein alternatives Konzept zu einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich möglich, das deutlich höhere Anforderungen an die Langzeitintegrität des Behälters stellt.

(2) Gebiete, die kein Ausschlusskriterium nach § 22 erfüllen, sind nur als Endlagerstandort geeignet, wenn sämtliche in Absatz 5 genannten Mindestanforderungen erfüllt sind.

(3) Sofern für die Bewertung der Erfüllung einer Mindestanforderung notwendige Daten für ein Gebiet erst in einer späteren Phase des Standortauswahlverfahrens erhoben werden können, gilt die jeweilige Mindestanforderung bis zur Erhebung dieser Daten als erfüllt, soweit dies aufgrund der vorhandenen Datenlage zu erwarten ist. Spätestens in der Begründung für den Vorschlag nach § 18 Absatz 3 ist die Erfüllung aller Mindestanforderungen standortspezifisch nachzuweisen.

(4) Ist in einem Gebiet absehbar, dass kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann, es sich aber für ein wesentlich auf technischen oder geotechnischen Barrieren beruhendes Endlagersystem eignet, muss anstelle der Mindestanforderung nach Absatz 5 Nummer 1 der Nachweis geführt werden, dass die technischen und geotechnischen Barrieren den sicheren Einschluss der Radionuklide für eine Million Jahre gewährleisten können. Der Nachweis ist spätestens in der Begründung für den Vorschlag nach § 18 Absatz 3 zu führen. Die Mindestanforderungen nach Absatz 5 Nummer 2 bis 5 sind in diesem Fall auf den Einlagerungsbereich entsprechend anzuwenden. Absatz 3 gilt entsprechend.

(5) Die Mindestanforderungen sind:

1. Gebirgsdurchlässigkeit

in einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich muss die Gebirgsdurchlässigkeit  $k_f$  weniger als  $10^{-10}$  m/s betragen; sofern ein direkter Nachweis in den Begründungen für die Vorschläge nach den §§ 14 und 16 noch nicht möglich ist, muss nachgewiesen werden, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich aus Gesteinstypen besteht, denen eine Gebirgsdurchlässigkeit kleiner als  $10^{-10}$  m/s zugeordnet werden kann; die Erfüllung des Kriteriums kann auch durch den Einlagerungsbereich überlagernde Schichten nachgewiesen werden;

2. Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

der Gebirgsbereich, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen soll, muss mindestens 100 Meter mächtig sein; bei Gesteinskörpern des Wirtsgesteins Kristallin mit geringerer Mächtigkeit kann der Nachweis des sicheren Ein-

*schlusses für den betroffenen Gebirgsbereich bei Vorliegen geringer Gebirgsdurchlässigkeit auch über das Zusammenwirken des Wirtsgesteins mit geotechnischen und technischen Barrieren geführt werden; eine Unterteilung in mehrere solcher Gebirgsbereiche innerhalb eines Endlagersystems ist zulässig;*

### *3. minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*

*die Oberfläche eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG) muss mindestens 300 Meter unter der Geländeoberfläche liegen. In Gebieten, in denen im Nachweiszeitraum mit exogenen Prozessen wie insbesondere eiszeitlich bedingter intensiver Erosion zu rechnen ist, deren direkte oder indirekte Auswirkungen zur Beeinträchtigung der Integrität eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs führen können, muss die Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs tiefer als die zu erwartende größte Tiefe der Auswirkungen liegen; soll ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich im Gesteinstyp Steinsalz in steiler Lagerung ausgewiesen werden, so muss die Salzscheibe über dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich mindestens 300 Meter mächtig sein; soll ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich im Gesteinstyp Tonstein ausgewiesen werden, so muss zu erwarten sein, dass das Deckgebirge auch nach dem Eintreten der genannten exogenen Prozesse ausreichend mächtig ist, um eine Beeinträchtigung der Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch Dekompaktion ausschließen zu können;*

### *4. Fläche des Endlagers*

*ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich muss über eine Ausdehnung in der Fläche verfügen, die eine Realisierung des Endlagers ermöglicht; in den Flächenbedarf des Endlagers eingeschlossen sind Flächen, die für die Realisierung von Maßnahmen zur Rückholung von Abfallbehältern oder zur späteren Auffahrung eines Bergungsbergwerks erforderlich sind und verfügbar gehalten werden müssen;*

### *5. Erhalt der Barrierewirkung*

*es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, insbesondere die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs über einen Zeitraum von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen.*

§ 23 StandAG (2017)

---

## Mindestanforderungen im Kontext der Standortauswahl

Die Anwendung der Mindestanforderung (§ 23 StandAG) erfolgt auf Gebiete in Deutschland, die im Zuge der Anwendung der Ausschlusskriterien (§ 22 StandAG) nicht ausgeschlossen wurden und im geologischen Untergrund Wirtsgesteinsvorkommen mit Steinsalz, Tongestein und Kristallin aufweisen, in denen die Einlagerung der hochradioaktiven Abfälle erfolgen soll. Durch die Anwendung der Mindestanforderun-

gen werden identifizierte Gebiete (IG) ausgewiesen, die jeweils alle Mindestanforderungen erfüllen und nicht durch ein Ausschlusskriterium ausgeschlossen sind. Aus den identifizierten Gebieten ermitteln wir als BGE durch Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 24 StandAG) die Teilgebiete, die auf Basis der Abwägung günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung hochradioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Anwendung der Mindestanforderungen bezieht sich u.a. auf einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich (ewG). Dieses Sicherheitskonzept für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle fordert, dass der sichere Einschluss der hochradioaktiven Abfälle über einen Zeitraum von 1 Million Jahre wesentlich auf geologischen Barrieren beruht, die im günstigsten Fall den Einlagerungsbereich vollständig umschließt. Der sichere Verschluss von untertägigen Zuwegungen zum Einlagerungsbereich (Endlagerbergwerk) wird durch technische Abdichtungsbauwerke realisiert. Dieses Sicherheitskonzept kann entweder durch ein ewG oder durch mehrere ewGs realisiert werden. Im Zuge der Phase I, die die Ausweisung der Teilgebiete einschließt, können weder ewG noch Einlagerungsbereich konkret räumlich beschrieben werden. Auf Grundlage einfacher generischer Annahmen zur Konfiguration von ewG und Wirtsgestein wird im Rahmen der Ausweisung der Teilgebiete davon ausgegangen, dass der ewG vom Wirtsgestein vollends aufgenommen werden kann und damit der ewG durch Gesteinstypen aufgebaut wird, die den nach StandAG zu betrachtenden Wirtsgesteinen entsprechen.

Im kristallinen Wirtsgestein ist ein Sicherheitskonzept für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle ohne Ausweisung eines ewG denkbar. Der sichere Einschluss wird hier dann für die jeweilige geologische Umgebung geeignete technische und geotechnische Barrieren erreicht und stellt deutlich höhere Anforderungen an die Langzeitintegrität des Endlagergebindes (mit radioaktiven Abfällen beladener Endlagerbehälter). In diesem Fall muss anstelle der Mindestanforderung „Gebirgsdurchlässigkeit“ der Nachweis geführt werden, dass die technischen und geotechnischen Barrieren den sicheren Einschluss der Radionuklide für eine Million Jahre gewährleisten können.

Für die Mindestanforderung „minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches“ besteht zusätzlich die Anforderung, dass oberhalb des ewG in steilstehenden Salzstrukturen (z.B. Salzstöcke) das Steinsalz noch mindestens 300 Meter in Richtung der Geländeoberkante vorhanden sein muss (> 300 Meter mächtige Salzschwebe). Die Oberfläche des ewG muss dabei mindestens 300 Meter unter der Geländeoberkante liegen. Mit diesen Festlegungen kann der Salzspiegel<sup>1</sup> oder die Oberkante des darüber befindlichen Hutgesteins einer steilstehenden Salzstruktur bis in eine Teufelage flacher als 300 Meter unter Geländeoberkante liegen, wenngleich die Mindestanforderungen „minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches“ und „> 300 Meter mächtige Salzschwebe“ erfüllt ist.

---

<sup>1</sup> Als **Salzspiegel** bezeichnet man in der Geologie die oberste, meist horizontale Begrenzungsfläche einer unterirdischen Salzlagerstätte.

Für die Anwendung der Mindestanforderungen werden die Daten und Informationen genutzt, die seitens der zuständigen Bundes- und Landesbehörden an die BGE übermittelt wurden.

## So wendet die BGE die Mindestanforderungen an

In der Geologie werden mittels Methoden der Stratigraphie geologische sedimentäre Schichten und Schichtabfolgen gleichen erdgeschichtlichen Alters korreliert und in geologischen Karten, Profilschnitten und 3D-Modellen des geologischen Untergrundes mit ihrer Lage und räumlicher Erstreckung als stratigraphische Einheiten dargestellt und beschrieben.

Die Arbeiten der BGE zur Standortauswahl erfordern das Auffinden von Gesteinsformationen, die maßgeblich aus den Wirtsgesteinen Ton / Tongestein, Steinsalz oder kristallinem Wirtsgestein wie z.B. Granit aufgebaut sind. Die Identifikation der jeweils auf einem Tiefenniveau anstehenden Gesteinsart erfolgt z.B. mittels Bohrungen, bei denen Gesteinskerne (Gesteinsproben) gewonnen und ausgewertet wurden. Die so gewonnenen Ergebnisse zur Petrologie (beschreibende Wissenschaft von den Gesteinen) bzw. Lithologie der sedimentär abgelagerten Gesteine werden in einem der jeweiligen Bohrung zugehörigen Schichtenverzeichnis festgehalten.

Um geologische Karten, Profile und 3D- Modelle zur Auffindung von relevanten Wirtsgesteinsvorkommen nutzen zu können, hat die BGE anhand der stratigraphischen Tabelle von Deutschland (STD 2016) alle stratigraphischen Einheiten auf Wirtsgesteinsvorkommen geprüft. Dafür werden Lithologie und Mächtigkeit aus publizierten Regionalwerken der Länder sowie Standardwerken der Deutschen Stratigraphischen Kommission und Subkommissionen erfasst. Daraus resultiert eine Auflistung stratigraphischer Einheiten, die erwarten lassen, dass alle Mindestanforderungen erfüllt sein können und die von der BGE näher untersucht werden.

Die von den Bundes- und Landesbehörden abgefragten und gelieferten Daten und Informationen sind sehr unterschiedlich in ihrer Art und Weise, im Format sowie in ihrer Abdeckung und Informationsdichte. Aus diesem Konglomerat an unterschiedlichen Basisdaten resultieren für die Anwendung der Mindestanforderungen zur Ausweisung von identifizierten Gebieten zwei unterschiedliche Bearbeitungspfade, die sich dadurch unterscheiden, dass die Bearbeitung entweder im zweidimensionalen oder dreidimensionalen Raum beginnt (vgl. Abbildung 1).

Eine wichtige Datengrundlage bilden die 3D- Modelle des geologischen Untergrundes der einzelnen Bundesländer. Sie sind das Ergebnis einer umfassenden wissenschaftlichen Bewertung und Interpretation geologischer Daten und zeigen den tiefen Untergrund mit den stratigraphischen Einheiten und deren Struktur z.B. aufgrund einer Bruchtektonik (Störungen) und / oder einer Verformung (Falten). Die 3D- Modelle wurden von den zuständigen geologischen Landesämtern erstellt und der BGE übergeben. Diese Modelle werden von der BGE genutzt, um die Mindestanforderungen Mächtigkeit, Tiefenlage und Flächenbedarf zu prüfen und die Bereiche zu identifizieren, welche potentielle Wirtsgesteine enthalten können.

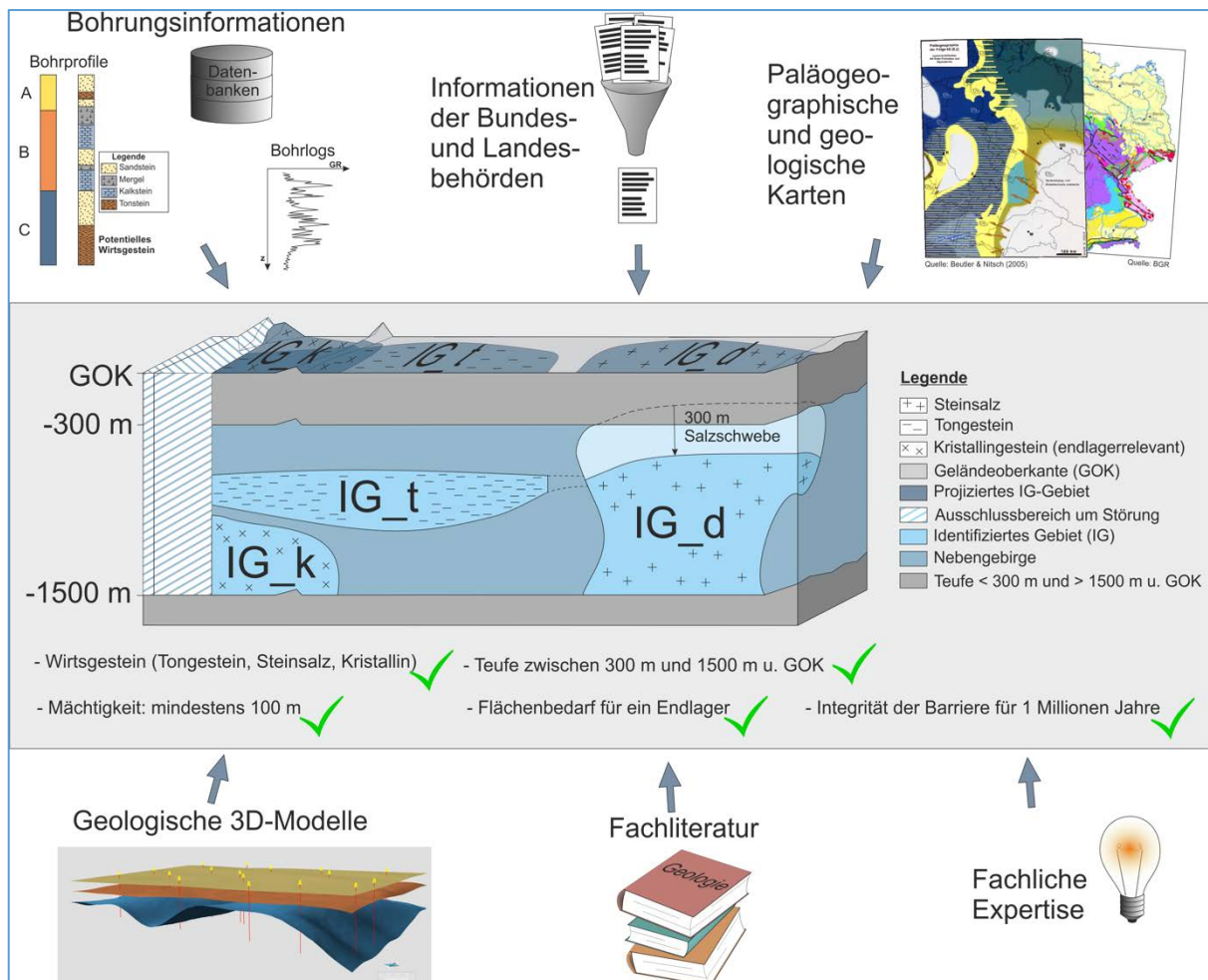


Abbildung 1: Schematische Darstellung zum Daten- und Wissenszugang zur Ermittlung von identifizierten Gebieten (IG; IG\_t – Identifizierte Gebiete Tongestein; IG\_k – Identifizierte Gebiete Kristallingestein; IG\_d – Identifizierte Gebiete Steinsalz in steiler Lagerung).

Es existieren für ca. 60 % der Fläche Deutschlands 3D- Modelle des tieferen geologischen Untergrundes.

In einigen Fällen entspricht die stratigraphische Einheit in einem 3D- Modell des geologischen Untergrundes einer lithologischen Einheit aus potentiell für die Endlagerung geeigneten Wirtsgesteinsinformationen (z.B. 3D- Modell → Unterkreide in Niedersachsen = potentielles Wirtsgestein → Unterkreide). In anderen Fällen besitzt die stratigraphische Einheit im 3D- Modell eine deutlich größere Mächtigkeit (Schichtdicke) als die darin enthaltene Wirtsgesteinsinformation oder Wirtsgesteinsinformationen (z.B. 3D- Modelle → Keuper in Niedersachsen > potentielles Wirtsgestein → Steinsalz der Weser- Formation). Im zuletzt genannten Fall kann die Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ nicht über die Mächtigkeit der stratigraphischen Einheit abgeprüft werden. Hierfür sind weitere geologische Informationen heranzuziehen.

Für die Bereiche ohne Abdeckung mit einem 3D- Modell des geologischen Untergrundes hat die BGE eine andere Bearbeitungsmethodik entwickelt und nutzt geologisch-thematische Karten, Informationen aus Bohrungen, Fachliteratur und Ergebnisse aus



Studien, um die Erfüllung der Mindestanforderungen zu prüfen. Diese Karten können Informationen über die flächige Verbreitung, die Mächtigkeit und Zusammensetzung von stratigraphischen Einheiten mit einem signifikanten Wirtsgesteinsanteil liefern.

Als Ergebnis der Bearbeitung liegen identifizierte Gebiete vor, die der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien zugeführt werden.

Der BGE ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass in der Phase I auch identifizierte Gebiete ausgewiesen werden können, für die sich erst im weiteren Verlauf des Standortauswahlverfahrens herausstellt, dass nicht alle Mindestanforderungen erfüllt sind.

Gemäß § 23 Absatz 3 StandAG gilt: Sofern für die Bewertung der Erfüllung einer Mindestanforderung notwendige Daten für ein Gebiet erst in einer späteren Phase des Standortauswahlverfahrens erhoben werden können, gilt die jeweilige Mindestanforderung bis zur Erhebung dieser Daten als erfüllt, soweit dies aufgrund der vorhandenen Datenlage zu erwarten ist.

## Konsultation zur Anwendungsmethodik Mindestanforderungen

Gerne möchten wir die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen mit Ihnen diskutieren. Haben Sie Fragen oder Anregungen zum Verfahren oder Erkenntnisse, die uns bei der Anwendung helfen können? Teilen Sie uns diese mit.

Hier geht's zur Online-Konsultation: [www.forum-bge.de](http://www.forum-bge.de)

## Literaturverzeichnis

StandAG (2017): Standortauswahlgesetz 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.

STD 2016 (Deutsche Stratigraphische Kommission, Hrsg.; Redaktion, Koordination und Gestaltung: Menning, M. & Hendrich, A.) (2016): Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016. – Potsdam (GeoForschungsZentrum).