

# Suche nach einem Endlager für radioaktive Abfälle

Gerhard Jentzsch<sup>1</sup> & Andreas Schuck<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität, Jena, gerhard.jentzsch@uni-jena.de

<sup>2</sup>GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH, Leipzig, andreas.schuck@ggl-gmbh.de

## Vorbemerkung: Definition des Problems

In diesem Artikel geht es um die sichere Verwahrung von radioaktivem Abfall, sowohl um den hoch aktiven Abfall, der große Wärme entwickelt und stark strahlt, als auch um den gering aktiven. Aufgrund der Halbwertszeiten der beteiligten Radionuklide sollte der sichere Abschluss mindestens eine Million Jahre betragen. Die Halbwertszeiten der in Frage kommenden Radionuklide liegen zwischen 30,2 Jahren (Cäsium-137) und 4,468 Mrd. Jahren (Uran-238, s. Tab. 1).

**Tabelle 1:** Halbwertszeiten einiger Radionuklide (zusammengestellt aus Karcher & Jakubke, 1998)

Radionuklid	Halbwertszeit (Jahre)
Uran, <sup>238</sup> U	4,468 Mrd.
Uran, <sup>235</sup> U	704 Mio.
Plutonium, <sup>239</sup> Pu	24 110
Kohlenstoff, <sup>14</sup> C	5730
Radium, <sup>226</sup> Ra	1602
Plutonium, <sup>238</sup> Pu	87,74
Cäsium, <sup>137</sup> Cs	30,2
Tritium, <sup>3</sup> H	12,36
Cobalt, <sup>60</sup> Co	5,3

Die Entwicklung der Abfallmengen wurde für den Arbeitskreis „Auswahlverfahren Endlagerstandorte“ (AkEnd) recherchiert und ist in Tabelle 2 zusammengefasst. Danach ist im Jahr 2040 mit ca. 24 000 m<sup>3</sup> an wärmeentwickelnden Abfällen zu rechnen und mit ca. 297 000 m<sup>3</sup> mit geringer Wärmeentwicklung. Diese Zahlen machen eine Vorgabe sowohl für die Auswahl des Standortes des Endlagers als auch für dessen Ausgestaltung (Volumen, Tiefe). So wurde im AkEnd auch die Frage diskutiert, ob es ein einziges Endlager für beide Abfallarten geben könne oder ob die unterschiedlichen Abfälle auf zwei spezielle Endlager verteilt werden sollten.

In Deutschland ist die Grube „Schacht Konrad“ als Lager für schwach- und mittelaktiven Atommüll vorgesehen. Hier wäre das erforderliche Volumen für den nicht stark wärmeentwickelnden Müll vorhanden. Das erforderliche Planfeststellungsverfahren läuft allerdings noch immer. Die Fertigstellung des Endlagers wird für das Jahr 2027 avisiert (Bundesgesellschaft für Endlagerung, 2022a).

Nach der deutschen Wiedervereinigung war mit dem Lager Morsleben in Sachsen-Anhalt ein weiteres Endlager vorhanden, das allerdings einsturzgefährdet ist und auch nur für schwach- und mittelaktiven Müll infrage kommen sollte. Die Stilllegung des Lagers soll unter Atomrecht erfolgen, allerdings ist auch hier das Planfeststellungsverfahren noch nicht abgeschlossen; der Antrag erfolgte im Jahr 2005; eine Genehmigung wird noch vor dem Jahr 2026 erwartet (Bundesgesellschaft für Endlagerung, 2022b).

Schließlich ist auch die Frage zu beantworten, ob das Endlager begehbar sein sollte, d. h. der Atommüll rückholbar gelagert werden sollte, und wenn ja, wie lange diese Rückholbarkeit gewährleistet werden müsste.

Dass die Wissenschaft nicht allein die Deutungshoheit hat, zeigt exemplarisch ein Presseartikel aus dem Jahr 1977: Der SPIEGEL schrieb im Vorfeld des SPD-Parteitags am 7.11.1977 (Der SPIEGEL, 1977): „[der] Leitantrag des Parteivorstands [sieht] einen Bau- und Genehmigungsstopp für neue Atommeiler [vor], bis die zentrale Entsorgungsanlage genehmigt ist.“ Der Antrag fand jedoch keine Berücksichtigung, da sich damals die Befürworter der Kernenergie durchsetzten. Die Bundespartei legte auf dem Hamburger Parteitag vom 15. bis 19. November 1977 einen Kompromiss in der Energiepolitik vor, der im Prinzip alles offen ließ. Die schleswig-holsteinische Delegation stimmte trotzdem geschlossen dagegen – eine Entscheidung, die sich im Nachhinein als konsequent herausstellte: In der Fortschreibung des Entwurfes setzte der Parteivorstand wieder voll auf Kernenergie.

## Randbedingungen für den Standort

Klar ist, dass ein Endlager nicht in dicht besiedelten Gebieten errichtet werden darf. Andererseits gibt es auch natürliche Gefährdungen (Erdbeben, Vulkanismus, Tektonik), die berücksichtigt werden müssen (siehe u. a. Japan Nuclear Cycle Development Institute, 2000; Ritter & Christensen, 2007; Bundestag, 2017; Schreiber & Jentzsch, 2021). Wichtigstes Ziel ist es, kein Wasser in das Endlager gelangen zu lassen, da sonst die Behälter korrodieren, die Radionuklide herausgespült und womöglich in die Biosphäre gelangen könnten.

Die Asse war ein Salzbergwerk, das die Industrie gerne an die Bundesrepublik abgab, da es unrentabel ge-

**Tabelle 2:** Anfall an radioaktiven Abfällen bis zum Jahr 2040 in Kubikmetern (AkEnd, 2002)

Abfalltyp	Bestand Ende 2000	Prognose 2001–2010	Prognose 2011–2020	Prognose 2021–2030	Prognose 2031–2040	Summe
Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung	76 000	58 000	54 000	76 000	33 000	297 000
Abfälle mit hoher Wärmeentwicklung	8400	9200	5700	700	ca. 27	24 000

worden war. Dieses Bergwerk wurde ab 1965 als Testbergwerk für die Endlagerung deklariert und erheblich ausgebaut.

In allen Ländern, die nukleare Techniken einsetzen, wird an der Beseitigung der Abfälle gearbeitet. Allerdings sind die jeweiligen Voraussetzungen durchaus verschieden: Während es in Deutschland viele Salzformationen gibt, fehlen diese in Schweden und Finnland. Dort ist man auf die Endlagerung im Granit angewiesen. Durch die Klüftigkeit des Granits ist das Wasser dort ein besonderes Problem, das man durch die Verbesserung der technischen Barriere (Container aus Kupfer) lösen möchte. In Frankreich hingegen gibt es viel Sedimentgestein, so dass man hier wiederum andere Bedingungen hat. In Tabelle 3 sind die Konzepte für verschiedene Wirtsgesteine zusammengefasst.

Eine entscheidende Rolle spielt der einschlusswirksame Gebirgsbereich, da das Wirtsgestein davon vollständig umgeben ist und dieser garantieren muss, dass auf keinen Fall Radionuklide, die das Wirtsgestein bzw. die technischen Barrieren verlassen, in die Biosphäre gelangen können (AkEnd, 2002).

Die Antwort auf die Frage, ob ein Endlager für alle Arten von Abfällen ausreicht oder ob zwei Endlager für die getrennte Entsorgung unterschiedlicher Abfallarten benötigt werden, hat bei den unterschiedlichen Abfallvolumina Auswirkungen auf die jeweils benötigten Flächen für die Endlagerung; die Antwort hängt auch von den Ergebnissen des laufenden Verfahrens für den „Schacht Konrad“ ab.

### Soziale Aspekte

Die Erfahrungen mit den Protesten gegen die Einrichtung des Endlagers Gorleben bewirkten, dass die Mitsprache der lokalen Bevölkerung berücksichtigt wurde. Im AkEnd war ein Teil des Ausschusses nur damit befasst, Konzepte zur Bürgerbeteiligung zu entwickeln, wobei dies sehr unterschiedliche Reaktionen hervorrief. Die Vertreter der einzelnen Bundesländer neigten vorwiegend zur Ansicht „*Not in my backyard*“ und definierten ihren Bereich als geologisch ungeeignet, während Bürgerinitiativen sich doch eher als gut informiert erwiesen und sachlich diskutierten. Der AkEnd entwickelte daher ein Konzept, in dem die Bürger beteiligt werden und sogar eine finanzielle Ausstattung nutzen sollten, um sich fachlichen Rat zu holen (was in der derzeitigen Vorgehensweise dem heutigen „Na-

tionalen Begleitgremium“ entspricht). Die Ideen des AkEnd (2002) sind in das heutige Standortauswahlgesetz eingegangen.

### Standortauswahlverfahren

Zur Auswahl des Endlagerstandorts für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle trat am 27. Juli 2013 das „Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle“ (Standortauswahlgesetz, kurz StandAG) in Kraft. Zur Vorbereitung des Standortauswahlverfahrens wurde die „Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“ berufen, welche im Juli 2016 den Abschlussbericht „Verantwortung für die Zukunft – Ein faires und transparentes Verfahren für die Auswahl eines nationalen Endlagerstandortes“ veröffentlicht hat (Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe, 2016), auf dessen Grundlage das StandAG vom 5. Mai 2017 in der zweiten novellierten Fassung vom Bundestag beschlossen wurde (Bundestag, 2017).

Das übergeordnete Ziel des Standortauswahlverfahrens ist im § 1 Abs. 2 StandAG wie folgt beschrieben: „Mit dem Standortauswahlverfahren soll in einem partizipativen, wissenschaftsbasierten, transparenten, selbsthinterfragenden und lernenden Verfahren für die im Inland verursachten hochradioaktiven Abfälle ein Standort mit der bestmöglichen Sicherheit für eine Anlage zur Endlagerung nach § 9a Abs. 3 Satz 1 des Atomgesetzes in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt werden.“

Das StandAG legt die einzelnen Verfahrensschritte fest, welche bis zur Standortentscheidung durchgeführt werden müssen. Das Auswahlverfahren wird hierbei, wie von der Endlagerkommission empfohlen, dreistufig angelegt:

Auf Basis der von den zuständigen Behörden des Bundes und der Länder zur Verfügung gestellten geologischen Daten startet das Auswahlverfahren für die Ermittlung der Teilgebiete nach § 13 StandAG zunächst mit der Anwendung der geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien (§ 22 StandAG) auf das gesamte Bundesgebiet und der anschließenden Prüfung der verbleibenden Gebiete auf Einhaltung der Mindestanforderungen (§ 23 StandAG). Aus den damit identifizierten Gebieten werden nach Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 24 StandAG) mögliche Teilgebiete ermittelt. Im weiteren Verlauf

**Tabelle 3:** Endlagerkonzepte in den unterschiedlichen Wirtsgesteinen (Bräuer, 2008)

Endlagerkonzept	Steinsalz	Tongestein	Kristallingestein
Einlagerungssohle	ca. 900 m	ca. 500 m	ca. 500 – 1200 m
Lagerungstechnik	Strecken und tiefe Bohrlöcher	Strecken bzw. kurze Bohrlöcher	Bohrlöcher oder Strecken
Temperatur	max. 200 °C	max. 100 °C	max. 100 °C
Versatzmaterial	Salzgrus	Bentonit	Bentonit
Zwischenlagerzeit	min. 15 Jahre	min. 30 – 40 Jahre	min. 30 – 40 Jahre
Streckenausbau	nicht erforderlich	erforderlich, ggf. sehr aufwändig	in stark geklüfteten Bereichen erforderlich
Behälterkonzept	vorhanden	für Deutschland neu zu entwickeln	für Deutschland neu zu entwickeln
Bergbauerfahrung	sehr groß (Salzbergbau)	kaum	groß (Erzbergbau)

werden nach repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen und erneuter Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 24 StandAG) sowie gegebenenfalls der Anwendung der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 25 StandAG) günstige Standortregionen ermittelt und für diese vom Vorhabenträger, der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), übertägige Erkundungsprogramme erarbeitet und dem Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) vorgeschlagen. Das BASE prüft die Vorschläge des Vorhabenträgers und legt für die durch Bundesgesetz ausgewählten Standortregionen die Erkundungsprogramme fest.

Nach Festlegung der Standortregionen werden diese übertägig auf Grundlage der standortbezogenen Erkundungsprogramme erkundet (§ 16 Abs. 1 StandAG). Die Erkundungsergebnisse dienen als Grundlage für weiterentwickelte vorläufige Sicherheitsuntersuchungen der einzelnen Standortregionen sowie für sozioökonomische Potenzialanalysen. Im Ergebnis werden unter erneuter Anwendung der Ausschlusskriterien, der Mindestanforderungen und der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§§ 22–24 StandAG) Standorte vorgeschlagen, welche in der Folge untertägig untersucht werden sollen.

Für die durch das Bundesgesetz ausgewählten Standorte erfolgt die untertägige Erkundung nach Maßgabe der durch das BASE festzulegenden Erkundungsprogramme und Prüfkriterien. Die Ergebnisse der Erkundung fließen in umfassende vorläufige Sicherheitsuntersuchungen ein. Auf Basis dessen findet eine erneute Anwendung der Ausschlusskriterien, der Mindestanforderungen und der geowissenschaftlichen und planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien (§§ 22–25 StandAG) statt. Die möglichen Standorte werden untereinander abwägend verglichen mit dem Ziel, den Standort mit bestmöglicher Sicherheit gemäß den Vorgaben zu finden. Der Vorhabenträger erstellt außerdem Unterlagen für die Umweltverträglichkeitsprü-

fung und übermittelt diese zusammen mit den Standortvorschlägen einschließlich des Standortvergleichs an das BASE. Das BASE prüft die Standortvorschläge und -vergleiche und übermittelt dann einen abschließenden und begründeten Standortvorschlag an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMU). Diese Standortauswahl wird abgeschlossen mit der Festlegung des Endlagerstandortes per Gesetz.

#### Geowissenschaftliche Randbedingungen

Der Ort des zukünftigen Endlagers muss bestimmte geowissenschaftliche Voraussetzungen erfüllen (Ausschlusskriterien nach § 22 Abs. 2 StandAG): So darf der Standort nicht von großräumigen Vertikalbewegungen und aktiven Störungszonen betroffen sein. Dies gilt auch für die seismischen und vulkanischen Aktivitäten des Gebietes. Auch Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit dürfen das Gebirge in seiner Einschlussfunktion nachweislich nicht beeinträchtigen. Darüber hinaus spielt auch das Grundwasseralter eine Rolle.

Grundsätzlich ist von mehreren Barrieren auszugehen: Zunächst umschließt die technische Barriere den Abfall. Diese ist je nach lokalen Gegebenheiten mehr oder weniger aufwändig; z. B. kann es im Fall starker Klüftigkeit notwendig sein, einen großen Aufwand mit Kupferbehältern zu betreiben. An die technische Barriere schließt sich die Barriere des Wirtsgesteins an, die wiederum vom einschlusswirksamen Gebirgsbereich umgeben ist (Abb. 1). Das Endlager sollte in einer Tiefe von mindestens 300 m liegen (s. Tab. 4), aber aus technischen Gründen nicht tiefer als 1500 m sein. Für die Charakterisierung des Endlagers ist die Gebirgsdurchlässigkeit  $k_f$  von Bedeutung (s. Tab. 5).

#### Aufgaben der Geophysik

Für die Geophysik lassen sich verschiedene Aufgaben formulieren: Zunächst müssen die Strukturen des Untergrundes erforscht werden (z. B. Seismik, Gravime-

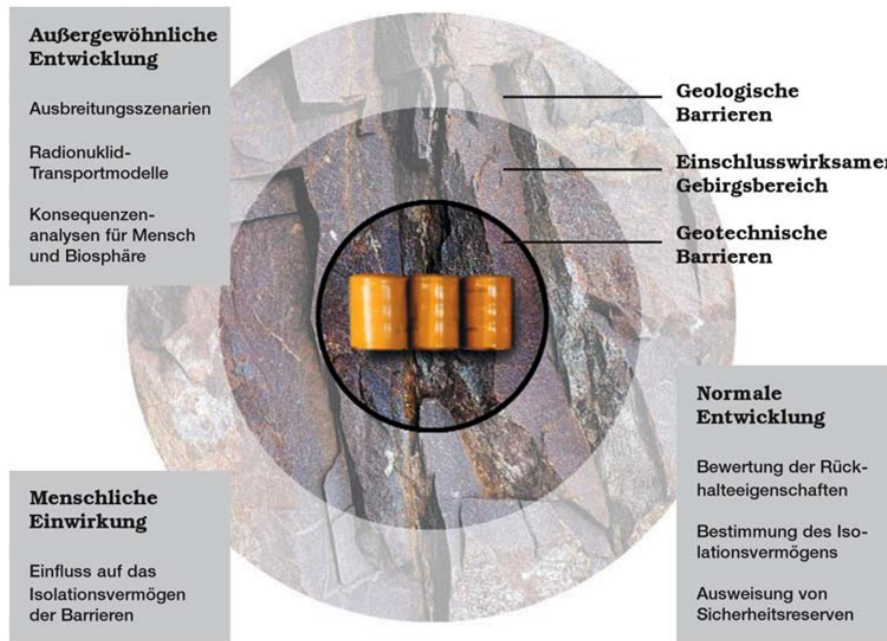


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Langzeitsicherheit des Mehrbarrierensystems Endlager (AkEnd, 2002)

Tabelle 4: Mindestanforderungen an Endlager (Auszug aus § 23 Abs. 5 StandAG, 2020)

Mindestanforderungen
Gebirgsdurchlässigkeit: In einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich muss die Gebirgsdurchlässigkeit $k_f$ weniger als $1 \cdot 10^{-10}$ m/s betragen.
Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs: Der einschlusswirksame Gebirgsbereich muss mindestens 100 m mächtig sein.
Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs: Die Oberfläche eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs muss mindestens 300 m unter der Geländeoberfläche liegen.
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.
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.

Tabelle 5: Geforderte Gebirgsdurchlässigkeiten (AkEnd, 2002)

Gesteinstyp	Mittlere Testtiefe unter Geländeoberfläche (m)	Anzahl Messwerte	Gebirgsdurchlässigkeit $k_f$ (m/s)	
			Bandbreite	Medianwert
Steinsalz	300 – 841	75	$9,81 \cdot 10^{-17} - 2,94 \cdot 10^{-10}$	$5,50 \cdot 10^{-14}$
Mergelstein	304 – 1104	157	$5,00 \cdot 10^{-14} - 3,00 \cdot 10^{-5}$	$3,07 \cdot 10^{-11}$
Ton/Tonstein	313 – 1474	36	$5,50 \cdot 10^{-15} - 2,05 \cdot 10^{-10}$	$9,50 \cdot 10^{-13}$
Granit	302 – 1480	605	$2,23 \cdot 10^{-15} - 4,00 \cdot 10^{-4}$	$2,80 \cdot 10^{-8}$
Gneis	301 – 1498	271	$4,70 \cdot 10^{-15} - 1,20 \cdot 10^{-5}$	$3,00 \cdot 10^{-10}$

trie oder Geoelektrik). Hinsichtlich der Gesteinseigenschaften kann die Geophysik bei der Erforschung von Gesteinsdurchlässigkeiten und Leitfähigkeiten Beiträge leisten.

Als Beispiel für Modelluntersuchungen sei hier ein Test erwähnt, der im Auftrag des AkEnd durchgeführt worden ist: Hinsichtlich der Temperaturentwicklung im Endlager nach Abschluss der Einlagerung zeigte sich, dass die Temperatur zunächst ansteigt. Der zeitliche Verlauf der Temperatur im Endlager und der Umgebung ergibt sich aus den thermischen Parametern des Gesteins und der Wärmeproduktion. Bei der zugrunde gelegten maximalen Wärmeproduktion von  $0,1 \text{ W/m}^3$  steigt die Wärmeproduktion im Endlager zunächst innerhalb von 50 Jahren von  $0 \text{ W/m}^3$  auf  $0,1 \text{ W/m}^3$  linear an (Kaltphase) und fällt dann aufgrund der abklingenden Aktivität des Abfalls mit einer Halbwertszeit von 200 Jahren exponentiell ab (Warmphase). Die Wärmeproduktion von  $0,1 \text{ W/m}^3$  ergibt sich aus dem bekannten gesamten Wärmeeintrag der vorhandenen und noch zu erwartenden Abfälle. Für den Bereich des Endlagers im Tiefenbereich von 870 m bis 1170 m wurde ein Quader der Ausdehnung 300 m in der Tiefe und  $1600 \text{ m} \times 300 \text{ m}$  horizontal angenommen. Dies entspricht einem Volumen von 144 Mio. Kubikmetern, also einer Packungsdichte von einem Kubikmeter Abfall auf  $6000 \text{ m}^3$  Endlagervolumen (AkEnd, 2001; Jentzsch, 2002). Dieser Wärmeeintrag führt zu Dehnungen und kann daher zur Ausbildung von Brüchen und damit zur Ausbildung von Wasserwegsamkeiten führen.

### Zusammenfassung

Die Endlagerung von radioaktiven Abfällen stellt uns trotz der mittlerweile jahrzehntelangen Forschung immer noch vor große Herausforderungen bei der Suche nach einem geeigneten Ort. Diese Suche ist abhängig von den Eigenschaften des Gesteins wie auch von möglichen lokalen Einflüssen durch Tektonik, Vulkanismus und Seismizität sowie den Eigenschaften des Grundwassers. Der auszuwählende Standort soll die bestmögliche Sicherheit für den dauerhaften Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle für einen Zeitraum von einer Million Jahren gewährleisten, wobei die Möglichkeit einer Rückholbarkeit für die Dauer der Betriebsphase des Endlagers und die Möglichkeit einer Bergung für 500 Jahre nach dem geplanten Verschluss des Endlagers vorzusehen sind (§ 1, Abs. 2 und 4 StandAG, 2020).

### Literatur

AkEnd (2001). *Zwischenbericht*. Techn. Ber. Köln: Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte.  
 AkEnd (2002). *Abschlussbericht*. Techn. Ber. Köln: Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte. URL: <https://t.ly/FE1s> (besucht am 08.03.2023).  
 Bräuer, V. (2008). „Untersuchung von Wirtsgesteinen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland“. In: *Internationales Endlagersymposium*.

*sium*. Berlin, 30.10. - 01.11.2008. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

Bundesgesellschaft für Endlagerung (2022a). *Endlager Konrad*. URL: <https://www.bge.de/de/konrad/> (besucht am 10.01.2023).

Bundesgesellschaft für Endlagerung (2022b). *Endlager Morsleben*. URL: <https://www.bge.de/de/morsleben/> (besucht am 10.01.2023).

Bundestag (2017). *Das Standortauswahlgesetz*. Gesetz, zuletzt geändert am 7.12.2020. Bundesgesetzblatt Nr. 26, 2017; Bundesgesetzblatt Nr. 60, 2020. URL: <https://t.ly/axEKs> (besucht am 08.03.2023).

Der SPIEGEL (Nov. 1977). „Das wird kein Wir-Parteitag mehr“. 46/1977. URL: <https://t.ly/4jAM> (besucht am 08.03.2023).

Japan Nuclear Cycle Development Institute (2000). *Second Progress Report on Research and Development for the Geological Disposal of HLW in Japan, H12: Project to Establish the Scientific and Technical Basis for HLW Disposal in Japan*. Projektübersicht. JNC TN1410 2000-001. URL: <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JNC-TN1410-2000-001.pdf> (besucht am 08.03.2023).

Jentzsch, G. (2002). *Temperaturverträglichkeit der Gesteine – Neigung zur Ausbildung von Wasserwegsamkeiten*. Techn. Ber. Jena: i. A. des AkEnd. URL: <https://t.ly/Tl6j> (besucht am 08.03.2023).

Karcher, R. & Jakubke, H.-D., Hrsg. (1998). *Lexikon der Chemie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/> (besucht am 08.03.2023).

Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe (2016). *Verantwortung für die Zukunft – Ein faires und transparentes Verfahren für die Auswahl eines nationalen Endlagerstandortes*. Abschlussbericht, K-Drs. 268. Berlin. URL: [https://t.ly/sl\\_4](https://t.ly/sl_4) (besucht am 08.03.2023).

Ritter, J. R. & Christensen, U. R., Hrsg. (2007). *Mantle Plumes – A Multidisciplinary Approach*. Berlin, Heidelberg: Springer. DOI: 10.1007/978-3-540-68046-8.

Schreiber, U. & Jentzsch, G. (2021). *Vulkanische Gefährdung in Deutschland – Bewertung möglicher vulkanischer Aktivitäten der nächsten 1 Million Jahre in Deutschland inklusive Festlegung der Gebiete mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit in diesem Zeitraum*. Techn. Ber. Bonn: i. A. der Bundesgesellschaft für Endlagerung. URL: <https://t.ly/prfm> (besucht am 08.03.2023).

## Impressum



Herausgeber: Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V. (DGG)  
Geschäftsstelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe  
Stilleweg 2, 30655 Hannover  
Redaktion: Komitee DGG100  
E-Mail [dgg100@dgg-online.de](mailto:dgg100@dgg-online.de)  
Internet <https://dgg-online.de/>

Beiträge für die DGG-Schriftenreihe „Geophysik im Wandel“ sind aus allen Bereichen der Geophysik und der angrenzenden Fachgebiete erwünscht. Für den Inhalt der Beiträge sind die Autorinnen und Autoren verantwortlich. Bitte beachten Sie, dass die namentlich gekennzeichneten Beiträge persönliche Meinungen bzw. Ansichten enthalten können, die nicht mit der Meinung oder Ansicht des Herausgebers, des Vorstands der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft e.V. oder der Redaktion übereinstimmen müssen. Die Autorinnen und Autoren erklären gegenüber der Redaktion, dass sie über die Vervielfältigungsrechte aller Fotos und Abbildungen innerhalb ihrer Beiträge verfügen.