



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Aufruf zu Forschungsbeiträgen

Entwicklung geophysikalischer Messverfahren und
Methodenkombinationen zur Erstellung hochauflösender
übertägiger Erkundungsprogramme

BGE-Forschungsauftragsnummer STAFuE-21-13-Klei

Stand 01.09.2021

1 **Veranlassung und Gegenstand**

Am 21.09.2016 erfolgte die Gründung der Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit auf Basis des Gesetzes zur Neuordnung der Organisationsstruktur im Bereich der Endlagerung aus dem Juni 2016.

Zum 24.04.2017 wurde die Aufgabe des Bundes nach § 9a Abs. 3 Satz 1 AtG auf die BGE übertragen. Gemäß § 3 des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074) (StandAG)), ist die BGE Vorhabenträgerin für das Standortauswahlverfahren.

Am 05.09.2017 erfolgte der Start des Standortauswahlverfahrens in Berlin. Zu Beginn wird von einer „weißen Landkarte“ Deutschlands ausgegangen. Die BGE beginnt mit dem Ausschluss von Regionen nach Maßgabe der gesetzlich festgelegten Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen. Sie setzt die vergleichende Analyse auf Basis vorhandener Daten, nach Maßgabe der gesetzlich festgelegten geowissenschaftlichen und planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien, sowie der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen um. Die BGE schlägt dem Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) Standortregionen zur übertägigen Erkundung vor. Der Abschluss von Phase I ist mit dem Beschluss des Deutschen Bundestages und des Bundesrates über Standortregionen für die übertägige Erkundung erreicht.

Am 28.09.2020 wurde der erste Schritt der Phase I mit der Veröffentlichung des „Zwischenbericht Teilgebiete“ abgeschlossen. Zum jetzigen Zeitpunkt sind insgesamt 90 Gebiete mit ca. 240.874 km² Fläche als Teilgebiete nach § 13 StandAG ausgewiesen worden.

In Phase II des Standortauswahlverfahrens werden die Standortregionen übertägig erkundet. Bereits in Phase I Schritt 2 werden dafür standortspezifische Erkundungsprogramme erarbeitet, die gemeinsam mit den Vorschlägen für die Standortregionen an das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) übermittelt werden.

Die Suche nach dem Standort mit der bestmöglichen Sicherheit für ein Endlager für hochradioaktive Stoffe ist aus Sicht der Erkundung eine besondere Herausforderung. Zum einen liegt der Fokus im Gegensatz zur Rohstoffexploration oder anderen industriellen Erkundungsmaßnahmen auf den Homogenbereichen des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches (ewG). Zum anderen definieren sich die Erkundungsziele aus den Kriterien und Anforderungen gemäß §§ 22 – 24 StandAG sowie den in den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen aufgestellten Anforderungen an die sichere Endlagerung. Damit sind sowohl der ewG als auch die vorherrschenden geologischen Randbedingungen in den Standortregionen auf deren Wirksamkeit und Eignung zu prüfen.

Die oberflächengeophysikalischen Erkundungen als Teil der übertägigen Erkundungen in Phase II dienen zum einen der räumlichen Charakterisierung des ewG hinsichtlich

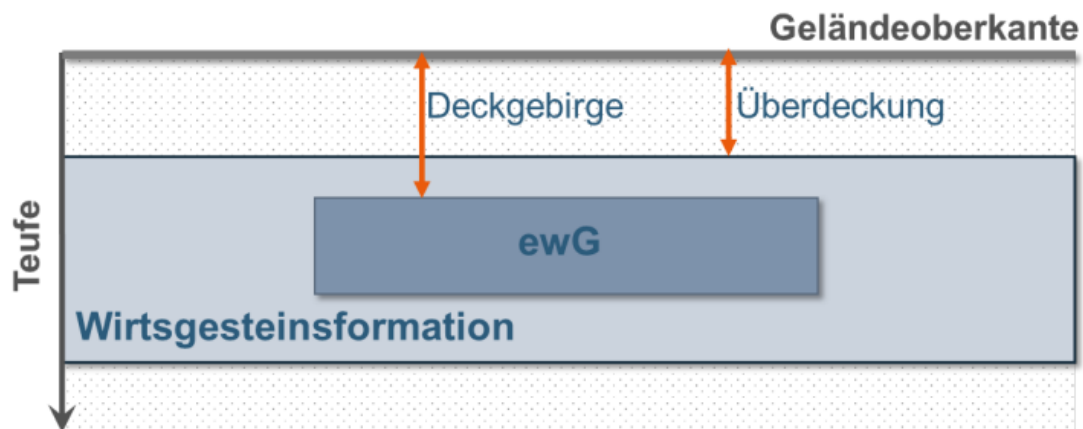


Abbildung 1: Unterschied Deckgebirge / Überdeckung

Teufenlage, Mächtigkeit und Ausdehnung sowie einer ersten Bewertung der Barrierewirkung. Des Weiteren ist die Überdeckung der Wirtsgesteinsinformation hinsichtlich seiner Schutzwirkung gegen Erosion und Subrosion und möglicher Beeinträchtigungen zu untersuchen. Die Überdeckung (s. Abbildung 1) ist in ihrer Ausdehnung eine Teilmenge des Deckgebirges oder im Falle einer gleichen Oberkante des ewG und des Wirtsgesteins identisch zum Deckgebirge (s. Abbildung 1). Potenzielle Fluidwegsamkeiten bzw. die Neigung zur Bildung solcher sind sowohl im Wirtsgestein als auch in seiner Überdeckung entscheidungserheblich.

Die derzeitigen Entwicklungen in der geophysikalischen Exploration konzentrieren sich auf drei Schwerpunkte:

- Entwicklung von Processing- und Inversionsverfahren zur Verbesserung der Aussagekraft geophysikalischer Messungen
- Einsatz neuer Technologien auf Basis messtechnischer Entwicklungen
- Gemeinsame Inversion bzw. Interpretation mehrerer Verfahren

Beispielsweise ist die Kombination verschiedener seismischer Verfahren ein Erfolg versprechender Ansatz zur Erhöhung der Aussagekraft seismischer Messungen im Kristallin. So könnten beispielweise tomographische Messungen Geschwindigkeitsanisotropien erfassen, welche dann wiederum beim Processing 3D-seismischer Daten Berücksichtigung finden.

Die Erfassung mehrerer Komponenten des seismischen Wellenfeldes ermöglicht die parallele Anwendung mehrerer seismischer Auswertalgorithmen und somit die Ableitung nicht nur struktureller Informationen, sondern auch von Gesteinseigenschaften wie beispielsweise Kompressions- und Scherverhalten und deren räumliche Anisotropien.

Die Erfassung des gesamten seismischen Wellenfeldes und anschließende „Full Waveform Inversion“ verspricht eine hochaufgelöste Wiedergabe der Struktur und der elastischen Eigenschaften des Untersuchungsgebietes.

Durch die Kombination mit geeigneten Potenzialverfahren wie z. B. Transient-Elektromagnetik, Magnetik, Magnetotellurik, Radiometrie und/oder Gravimetrie werden zusätzliche Informationen zu den physikalischen Eigenschaften und somit zur lithologischen Gliederung der strukturellen Einheiten gewonnen. Luftgestützte Verfahren (Aero- bzw. Semi-Aerogeophysik) ermöglichen dabei die Erkundung größerer Flächen in kurzen Zeiträumen.

Die Wahl optimaler Methodenkombinationen in der übertägigen Erkundung, welche auf die effiziente und zuverlässige Gewinnung der notwendigen Informationen abzielt, die sich aus den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen sowie §§ 22 – 24 StandAG ergeben, ist von größter Bedeutung. Hier setzt der vorliegende Forschungsauftrag an. Dieser konzentriert sich zum einen auf die Entwicklung von Methodenkombinationen für die zuverlässige Charakterisierung eines potenziellen ewG im kristallinen Wirtsgestein, da es hier die geringsten Erfahrungen und Informationen gibt. Zum anderen soll ein Erkundungsprogramm zur Charakterisierung des Deckgebirges bzw. der Überdeckung entwickelt werden, welches Aussagen zur Mächtigkeit und der strukturellen und lithologischen Gliederung und damit seiner Schutzwirkung und möglichen Beeinträchtigungen selbiger erbringt.

Das Forschungsvorhaben soll sich daher in zwei Teilvorhaben gliedern:

1. Entwicklung von oberflächengeophysikalischen Methoden und Methodenkombinationen für die Erkundung eines ewG im kristallinen Wirtsgestein
2. Entwicklung von oberflächengeophysikalischen Methoden und Methodenkombinationen zur Charakterisierung der Überdeckung des Wirtsgesteins

Die Ergebnisse beider Teilvorhaben sollen durch jeweils eine Tiefbohrung verifiziert werden.

Auf Grund der genannten beiden Schwerpunkte kann das Vorhaben in zwei unterschiedlichen Testgebieten (s. Kapitel 2.1) stattfinden. In beiden Testgebieten sollen sowohl hochauflösende seismische Verfahren, als auch eine Auswahl von Methoden der Potenzialverfahren aus der Luft und an Land zur Anwendung kommen, um daraus optimale Methodenkombinationen zu entwickeln.

2 Leistungsinhalt

Mit diesem Aufruf erbitten wir Projektvorschläge bis zum 29.10.2021 für die übertägige Erkundung von zwei Testgebieten.

2.1 Testgebiete

2.1.1 Testgebiet 1 – Wirtsgestein Kristallin

1) Eigenschaften des Testgebietes

- Das Testgebiet liegt nicht in einem Teilgebiet.
- Das Testgebiet unterliegt keinen über die allgemeinen Zutritts- und Nutzungsrechte nach Bürgerlichem Gesetzbuch (BGB) hinausgehenden Einschränkungen (Schutzgebiet o. ä.).
- Die kristalline Formation erfüllt folgende Bedingungen:
 - Es handelt es sich um einen Plutonit oder hochgradig regionalmetamorphes Gestein.
 - Die Mächtigkeit beträgt mindestens 200 m.
 - Ein angenommener ewG liegt in mindestens 600 m Tiefe.
- Im Testgebiet gibt es bekannte, prägnante Strukturen wie z. B. Störungszonen, Gangvererzungen oder andere Erscheinungen, deren Nachweis durch komplementäre geophysikalische Verfahren realistisch ist.

2) Aufgabenstellung

- Seismik:
 - Synthetische Studie zum Nachweis der bekannten Strukturen durch Kombination mehrerer seismischer Verfahren und/oder
 - Reprozessing vorhandener Seismischer Daten unter Berücksichtigung zusätzlicher Informationen; ggf. Erhebung der zusätzlichen Informationen durch Datenakquisition
 - Erstellung von Prozessing-Sequenzen; die Codes sollen im Anschluss veröffentlicht werden
- Potenzialverfahren:
 - Synthetische Studie zum Nachweis bekannter Strukturen mit Aero-geophysikalischen Verfahren
 - Erprobung der Verfahren im Testgebiet
- Gemeinsame Interpretation:

- Gemeinsame Interpretation aller Verfahren und Ableitung einer optimalen Erkundungsstrategie

3) Abteufen einer Bohrung

Im Anschluss an die oberflächengeophysikalischen Erkundungen sollen die Ergebnisse durch eine Bohrung verifiziert werden. Die Bohrlokation wird auf Basis der Ergebnisse der vorangegangenen Erkundungsmaßnahmen bestimmt. Ziel ist die Verifizierung der durch die Oberflächengeophysik ermittelte Struktur. Das Bohr- und Testprogramm soll auf die Bestimmung der Barriere- und Festigkeitseigenschaften des kristallinen Wirtsgesteins abgestimmt sein. Die Bestimmung der hydraulischen, hydrochemischen und elastischen Eigenschaften soll in Situ und im Labor durchgeführt werden. Der Bieter soll hierzu ein Bohr- und Testprogramm vorschlagen.

4) Genehmigungen

Der/die beauftragte(n) Projektinhaber sind für das Einholen aller Genehmigungen und Erlaubnisse verantwortlich.

2.1.2 Testgebiet 2 – Untersuchung der Überdeckung eines ewG

1) Eigenschaften des Testgebietes

- Das Testgebiet liegt nicht in einem Teilgebiet.
- Das Testgebiet unterliegt keinen über die allgemeinen Zutritts- und Nutzungsberechtigungen nach BGB hinausgehenden Einschränkungen (Schutzgebiet o. ä.).
- Das Deckgebirge hat eine Mächtigkeit von mindestens 600 m und besteht im Wesentlichen aus jüngeren Ablagerungen als das Wirtsgestein.
- Im Deckgebirge sind barrierewirksame Ablagerungen (Tonschichten) vorhanden bzw. gemäß petrographischer Informationen zu erwarten.
- Die regionale geologische Situation ist bekannt, das Vorhandensein prägnanter Strukturen (z. B. Störungen, glaziale Rinnen o. ä.) ist bekannt oder wird vermutet.

2) Aufgabenstellung

Dieses Teilprojekt zielt im Wesentlichen auf Deckgebirge bzw. Überdeckungen mit horizontalen Ablagerungen sedimentären Ursprungs mit mindestens 600 m Mächtigkeit ab. Dazu zählen auch Deckgebirge von steil stehenden Salzstrukturen, zählt man die Mindestteufe von 300 m unter dem Salzspiegel dazu. Bei einer bekannten regionalen geologischen Situation soll durch die oberflächengeophysikalischen Verfahren folgende Informationen gewonnen werden:

- Ergänzung der stratigraphischen Informationen durch eine lithologische Gliederung
- Erfassung der Mächtigkeit und Ausbreitung der einzelnen lithologischen Einheiten

- Erfassung struktureller Besonderheiten wie z. B. Störungen, glaziale Rinnen, glaziale Aufschiebungen, Diskordanzen
- Erfassung der Morphologie der Wirtsgesteinsoberfläche

Dabei soll eine Kombination aus seismischen und Potenzialverfahren mit folgender Spezifizierung zur Anwendung kommen:

- Seismik:
 - Durchführung von Mehrkomponentenseismik zur Erfassung des gesamten seismischen Wellenfeldes; dies kann in einem Schritt oder durch mehrere parallele bzw. unmittelbar aufeinanderfolgende Datenakquisitionen erfolgen
 - Parallele Anwendung mehrerer Auswertalgorithmen zur Ermittlung von Strukturen und Materialeigenschaften; der Bieter soll hierzu Vorschläge unterbreiten
 - Strukturelle und materialspezifische Interpretation
- Aerogeophysikalische Verfahren:
 - Durchführung von mehreren aerogeophysikalischen Verfahren mit Ausrichtung auf o. g. Zielstellungen
- Landgestützte potenzialgeophysikalische Verfahren:
 - Anwendung von Potenzialverfahren am Boden zur Verifizierung der aerogeophysikalischen Ergebnisse in Abhängigkeit dieser Ergebnisse
- Gemeinsame Interpretation:
 - Gemeinsame Interpretation aller Verfahren/Methoden hinsichtlich der Eignung bei der Erkundung von Standortregionen und Ableitung einer optimalen Erkundungsstrategie für Deckgebirge bzw. Überdeckung

3) Abteufen einer Bohrung

Im Anschluss an die oberflächengeophysikalischen Erkundungen sollen die Ergebnisse durch eine Bohrung verifiziert werden. Die Bohrlokation wird auf Basis der Ergebnisse der vorangegangenen Erkundungsmaßnahmen bestimmt. Das Bohr- und Testprogramm soll auf die Bestimmung der Materialeigenschaften insbesondere von hydraulisch gering- bis nichtleitendem Material abgestimmt sein. Die Bestimmung der hydraulischen, hydrochemischen und elastischen Eigenschaften soll in Situ und im Labor durchgeführt werden. Der Bieter soll hierzu ein Bohr- und Testprogramm vorschlagen.

4) Genehmigungen

Der/die beauftragte(n) Projektinhaber sind für das Einholen aller Genehmigungen und Erlaubnisse verantwortlich.

2.2 Erkundungs-Testprogramme

Die Erkundungs-Testprogramme sind durch den/die Bewerber vorzuschlagen und zu beschreiben.

Die Innovation kann dabei in der Anwendung neuer Technik, neuer Messkonfigurationen, neuer Prozessing- und Inversionsverfahren und/oder der Kombination und gemeinsamen Interpretation der Verfahren liegen. Auch völlig neue verfahrens- bzw. erkundungstechnische Ansätze können vorgeschlagen werden. Die Innovation ist durch den/die Bewerber darzustellen.

Im Anschluss an die Oberflächenverfahren ist in jedem Testgebiet eine Bohrung zur Verifizierung der Ergebnisse vorgesehen. Der/die Bewerber sollen auch hier die Bohrverfahren und die begleitenden Testprogramme vorschlagen.

Literaturverzeichnis

AtG: Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3530) geändert worden ist

BGB: Bürgerliches Gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S.738), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3515) geändert worden ist

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
www.bge.de