

Geschäftsstelle

Kommission
Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe
gemäß § 3 Standortauswahlgesetz

**Beratungsunterlage zu TOP 3 der
17. Sitzung der Kommission am 19. November 2015**

Anhörung „Sicherheitsanforderungen des BMU 2010“

Stellungnahme zur Anhörung
von Dr. Jörg Mönig, Gesellschaft für Anlagen- und
Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH, Braunschweig

<p>Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe K-Drs. 135 d</p>

Erfahrungen in der Anwendung der Sicherheitsanforderungen des BMU

Dr. Jörg Mönig
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH
Theodor-Heuss-Str. 4, 38122 Braunschweig
joerg.moenig@grs.de

Die Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfälle hat zur Vorbereitung der Anhörung am 19.11.2015 eine Liste mit 15 Fragen vorgelegt, die sich überwiegend auf die Sicherheitsanforderungen des BMU, die im September 2010 veröffentlicht wurden, beziehen und rechtliche Gesichtspunkte, ethische Prinzipien, Verfahrensaspekte sowie naturwissenschaftlich-technische Fragestellungen berühren.

Der vorliegende Beitrag ist thematisch strukturiert, wobei ein Teil der Fragen der Kommission direkt aufgegriffen oder zumindest indirekt angesprochen wird. Die Ausführungen basieren auf den Erfahrungen, die der Autor diesbezüglich in den letzten zehn Jahren als Mitwirkender in einer ganzen Reihe von Forschungs- und Entwicklungsprojekten (F&E-Projekte) gesammelt hat. Gemeinsam ist diesen F&E-Vorhaben (siehe Tabelle 1), dass übergeordnet untersucht wird, wie eine sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle in bestimmten geologischen Situationen realisiert und entsprechende Sicherheitsnachweise geführt werden können. Mit Ausnahme der VSG wurden bzw. werden die F&E-Projekte vom für die anwendungsbezogene, standortunabhängige Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Entsorgung insbesondere Wärme entwickelnder und langlebiger radioaktiver Abfälle federführenden Bundesministerium für Wirtschaft und Energie seit 2005 gefördert.

Tabelle 1: Kurztitel der F&E-Projekte in Deutschland zur sicherheitlichen Bewertung von Endlagern für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle in unterschiedlichen Wirtsgesteinen (in Klammern Laufzeit der Vorhaben)

Salzgestein	Tongestein	Kristallingestein
<i>Salzstöcke</i>		
ISIBEL (Aug. 2005 – Mrz. 2010) ⁱ	AnSichT (Sep. 2011 – Jun. 2016) ^v	CHRISTA (Jul. 2015 – Jun. 2016) ^{vi}
ISIBEL-II (Dez. 2009 – Jun. 2016) ⁱⁱ		
VSG (Jul. 2010 – Feb. 2013) ⁱⁱⁱ		
<i>Flache Lagerung</i>		
KOSINA (Jul. 2015 – Feb. 2018) ^{iv}		

In den in Tabelle 1 aufgeführten F&E-Projekten werden alle in Deutschland möglicherweise für ein Endlager für radioaktive Abfälle in Frage kommenden geologischen Situationen betrachtet. Dazu gehören Salzstöcke, Salzvorkommen, bei denen es nicht zu einem ausgeprägten Salzaufstieg gekommen ist (flache Lagerung), Tongesteine und Kristallingesteine. Im Rahmen der F&E-Projekte sollen stets auch die offenen Fragen, die das Verständnis der im jeweiligen Endlagersystem ablaufenden Prozesse mit Auswirkungen auf die Sicherheit sowie methodische Aspekte der Nachweisführung erkannt werden. Einige Projekte laufen noch, so dass dazu derzeit noch keine Ergebnisse veröffentlicht sind.

1 Entwicklungslinien

In den letzten zwei Jahrzehnten sind zwei Entwicklungslinien auf internationaler und nationaler Ebene von Bedeutung, die bei der Formulierung der Sicherheitsanforderungen des BMU 2010 Eingang fanden.

Auf internationaler Ebene wurden seit den 1990er Jahren intensiv die fundamentalen Sicherheitsprinzipien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle und die methodischen Vorgehensweisen zur Führung der Sicherheitsnachweise diskutiert. Dabei hat sich ein gemeinsames Verständnis entwickelt, das in einer ganzen Reihe von Berichten und Empfehlungen der IAEO und der OECD-NEA dokumentiert ist und die Basis für alle nationalen Regelungen bildet. Im Detail sind allerdings Unterschiede in der Ausgestaltung bzw. in der Umsetzung der grundlegenden internationalen Empfehlungen festzustellen.

Es herrscht international Konsens, dass die wesentlichen Zielsetzungen einer Endlagerung radioaktiver Abfälle im tiefen geologischen Untergrund in dem Schutz des Menschen und der Umwelt durch einen dauerhaften und weitgehenden Einschluss der Radionuklide am Ort der Einlagerung sowie durch die Isolierung, d.h. räumliche Trennung der Abfälle von der Biosphäre, bestehen. Auch im Hinblick auf die Nachweisführung hat sich in den letzten Jahren ein einheitliches internationales Verständnis entwickelt. So werden die mit Modellrechnungen zur Radionuklidverbreitung im Endlagersystem errechneten Strahlenexpositionen in der Biosphäre als Indikator zur Bewertung des Sicherheitsniveaus angesehen und nicht als Prognose tatsächlicher radiologischer Belastungen von zukünftig am Standort lebenden Personen. Im Hinblick auf die nachzuweisenden Bewertungskriterien für das Sicherheitsniveau gibt es aber international Unterschiede bis zu einer Größenordnung, wobei die in den Sicherheitsanforderungen des BMU festgelegten Kriterienwerte am strengeren Ende angesiedelt sind.

Ebenso besteht heute international Einigkeit, dass es notwendig ist, einen umfassenden Sicherheitsnachweis (engl. Safety Case) zu erstellen, in dem neben der Einhaltung radiologischer Schutzziele zusätzliche Nachweise zu erbringen sowie weitere Argumente anzuführen sind, die die Aussage des Antragstellers untermauern, dass die Endlagerung an dem betrachteten Standort sicher ist. Dazu gehören auch eine umfassende Würdigung und eine methodische Auseinandersetzung mit den in den jeweiligen Aussagen

und Nachweisen innewohnenden Ungewissheiten. So herrscht u.a. Übereinstimmung, dass die Ungewissheiten in der Prognose der ablaufenden geologischen und klimatischen Prozesse mit dem Betrachtungszeitraum zunehmen. Insbesondere die zukünftigen klimatischen Veränderungen haben große Auswirkungen auf die Prozesse, die an der oder in der Nähe zur Erdoberfläche ablaufen, so dass eine Prognose der oberflächennah ablaufenden Prozesse mit erheblich größeren Ungewissheiten behaftet ist als bei geologischen Prozessen im tiefen Untergrund.

Die langfristigen Auswirkungen einer Endlagerung radioaktiven Abfälle im tiefen geologischen Untergrund werden in allen Ländern auf Basis numerischer Berechnung bewertet, denen verschiedene Szenarien zugrunde gelegt werden. Es herrscht Übereinstimmung, dass die tatsächliche zukünftige Entwicklung eines Standortes im Nachweiszeitraum nur mit Einschränkungen vorhergesagt werden kann. Daher wird auf Basis einer systematischen Analyse relevanter Einflussfaktoren eine begrenzte Zahl schlüssiger Zukunftsbilder (Szenarien) entworfen, die jeweils eine denkbare zukünftige Systementwicklung abbilden. Die Gesamtheit aller abgeleiteten Szenarien soll die Ungewissheit bezüglich der tatsächlichen zukünftigen Entwicklung des Endlagersystems abdecken. In der Regel werden die einzelnen Szenarien in bestimmte Klassen unterteilt, wobei in manchen Ländern - wie bei den Sicherheitsanforderungen des BMU - die Zuordnung anhand von Eintretenswahrscheinlichkeiten erfolgt. Für die Szenarien mit höherer Eintretenswahrscheinlichkeit gelten dann in der Regel geringere Kriterienwerte zur Bewertung des Sicherheitsniveaus, womit dem Risikogedanken Rechnung getragen wird.

Auf nationaler Ebene hat der im Jahr 1999 gegründete Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) die Idee des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG) entwickelt. Auf diese Weise wurden auf konsequente Weise die wesentlichen Zielsetzungen einer Endlagerung radioaktiver Abfälle im tiefen geologischen Untergrund zum Ausgangspunkt für eine Standortsuche festgelegt. So sollte sichergestellt werden, dass der Auswahlprozess auf die Auswahl von geologischen Gesamtsituationen abzielt, die einen möglichst guten Einschluss der Abfallstoffe sicherstellen. Hierzu gehört, dass in grundwasserhaltigen Formationen der Einschluss in einem möglichst kleinräumigen Gebirgsbereich erfolgt und die Menge an möglicherweise verunreinigtem Wasser klein ist und auf den Anlagenbereich begrenzt bleibt. Dies soll zuverlässig und langfristig durch eine Kombination von geologischen und technischen Barrieren erreicht werden. Für die Entwicklung des Vorschlags für ein Auswahlverfahren traf der AkEnd die Festlegung, dass die geologischen Barrieren im Hinblick auf die Langzeitsicherheit die Hauptlast tragen soll.

Im Nachgang des AkEnd wurde der ewG-Gedanken in Fachkreisen weiter diskutiert. Seit 2005 wurde im Rahmen von F&E-Projekten u.a. untersucht, wie auf ewG-Basis quantitative Indikatorwerte ermittelt werden können, mit denen der sichere Einschluss der Radionuklide im ewG belegt werden kann. Die bisher dazu veröffentlichten Erkenntnisse betreffen nur Endlager in Salzgesteinen und belegen die Anwendbarkeit des methodischen Ansatzes.

2 Ausrichtung der Sicherheitsanforderungen

Die Entwicklung der Sicherheitsanforderungen des BMU aus dem Jahr 2010 war in einen breiten, mehrjährigen Diskussionsprozess in Fachkreisen, auch unter Einbeziehung internationaler Experten, eingebettet. Diese Fachdiskussionen erfolgten stets vor dem Hintergrund der Zielsetzung und des Geltungsbereiches, die in den Sicherheitsanforderungen formuliert sind, d.h. auf dem Verständnis, dass die Sicherheitsanforderungen für ein Endlager für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle in einem neu zu errichtenden Bergwerk gelten.

Die Sicherheitsanforderungen des BMU reflektieren das grundlegende internationale Verständnis zu den Sicherheitsprinzipien einer Endlagerung im tiefen geologischen Untergrund und zu den Grundzügen der Nachweisführung. Darüber hinaus verankern die Sicherheitsanforderungen den ewG als ein wichtiges Element der Nachweisführung. In diesem Aspekt stellen die Sicherheitsanforderungen des BMU aus dem Jahr 2010 einen internationalen Sonderfall dar. Der ewG-Begriff ist zwar auch im Regelwerk des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI) verankert, allerdings werden keine quantitativen Indikatorwerte zum Einschluss der Radionuklide abgeleitet.

In den Sicherheitsanforderungen des BMU sind Anforderungen im Zusammenhang mit der Rückholbarkeit und Bergbarkeit der Abfallbehälter aufgeführt. Diese Anforderungen üben einen steuernden Einfluss auf die Möglichkeiten zur technischen Auslegung des Endlagerbergwerks aus und haben damit möglicherweise auch Auswirkungen auf das zu erreichende Sicherheitsniveau des Endlagersystems.

Positiv ist aus Sicht des Autors, dass das Sicherheitsniveau zur Erfüllung der atomrechtlichen Anforderungen für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle im tiefen geologischen Formationen nicht allein durch allgemeine Schutzziele und die Einhaltung von Schutzkriterien bestimmt wird sondern durch die Umsetzung der Gesamtheit der Sicherheitsanforderungen.

3 Der ewG als Element der Nachweisführung

Gemäß Kap. 7.2.1 der Sicherheitsanforderung des BMU ist der ewG vom Antragsteller räumlich und zeitlich eindeutig zu definieren. Dabei sind verschiedene qualitative Anforderungen hinsichtlich der Positionierung des ewG und der Auffahrung von Hohlräumen im ewG zu berücksichtigen. Es gibt aber keine Festlegungen in den Sicherheitsanforderungen bezüglich der Maximalgröße des auszuweisenden ewG. Allerdings würde aus Sicht des Autors eine sehr große Ausdehnung des ewG dem Aspekt des Konzentrierens der radioaktiven und sonstigen Schadstoffe in den Abfällen im ewG, der beim unter Punkt 4.1 aufgeführten Sicherheitsprinzip genannt wird, widersprechen. Im Hinblick auf diese allgemeinen Anforderungen zum ewG bestehen aus Sicht des Autors keine Defizite.

Zwangsläufig werden immer Bergwerksauffahrungen, an denen radioaktive Abfallstoffe eingelagert sind, Bestandteil eines ewG sein. Neben der geologischen Barriere gehören zu einem ewG auch stets eine Reihe von technischen Barrieren wie Abfallmatrix, Endlagerbehälter oder Verschlussbauwerke, die zumindest für eine gewisse Zeitspanne die Freisetzung von Radionukliden aus dem ewG ver- oder behindern. In der zeitlichen Entwicklung eines Endlagersystems über den Nachweiszeitraum und abhängig von der Dichtwirkung des jeweiligen Wirtsgesteins tragen die geologischen und technischen Barrieren in unterschiedlichem Ausmaß zum gewünschten Einschluss der Radionuklide im ewG bei. Ein ewG ist von weiteren geologischen Schichten umgeben, die für dessen Schutz sorgen, wobei es sich um gleichartige oder unterschiedliche Gesteinsarten handeln kann.

Der Begriff ewG wird in den Sicherheitsanforderungen stets nur im Singular verwendet. Nach Einschätzung des Autors spricht aber nichts dagegen, in einem Endlagersystem mehrere ewG auszuweisen, solange die Einhaltung der Sicherheitsanforderungen für die einzelnen ewG bzw. für die Gesamtheit aller ewG nachgewiesen wird.

In den Sicherheitsanforderungen des BMU ist der ewG ein wichtiges Element der Nachweisführung. An mehreren Stellen der Sicherheitsanforderungen ist der Ansatz angelegt, quantitative Indikatorwerte für den Nachweis des Einschlusses der Radionuklide im ewG zu ermitteln. So sind in Kap. 7.2.1 spezifische Vorgaben für einen Nachweis der Integrität des ewG bei Endlagersystemen in Ton- und Salzgestein zu finden. Darüber hinaus ist es laut Kap. 7.2.2 zulässig, eine sogenannte vereinfachte radiologische Langzeitaussage zu treffen, bei der die Freisetzung von Radionukliden aus dem ewG in eine fiktive jährliche Strahlenexposition umgerechnet und anhand von radiologischen Kriterienwerten bewertet wird, wenn die geforderten Kriterienwerte unterschritten werden.

Dieser methodische Ansatz wird bislang nur in den deutschen Sicherheitsanforderungen verfolgt. Er weist erhebliche methodische Vorteile in Bezug auf die Führung eines Sicherheitsnachweises auf, da auf diese Weise nicht vermeidbare Ungewissheiten im Hinblick auf die Auswirkungen zukünftiger klimatischer Prozesse auf die Standortverhältnisse erheblich reduziert werden. Dies gilt für alle geologischen Situationen, die in Deutschland für die Errichtung eines Endlagers in Frage kommen.

Für die klimatische Entwicklung im Nachweiszeitraum von 1 Million Jahre ist davon auszugehen, dass es mehrfach zu Kaltzeiten mit Permafrost kommen wird. Dabei werden - wie in der Vergangenheit - weite Teile Deutschlands mit mächtigen Eisschichten (Gletscher) überdeckt werden, in deren Folge es zu einer grundlegenden Umgestaltung der Eigenschaften des Deckgebirges, das das Wirtsgestein überlagert, und damit der hydrogeologischen Situation am Standort kommen kann. Aus der Vergangenheit ist bekannt, dass sich dabei zum Teil tief reichende Rinnensysteme bilden, die durch den Abfluss großer Schmelzwassermengen entstehen. Es ist nach heutiger Erkenntnislage nicht möglich verlässlich zu prognostizieren, in welchem Ausmaß und an welchen Orten diese Veränderungen auftreten werden.

Um im Rahmen eines Sicherheitsnachweises die Strahlenexposition in der Biosphäre als Indikator zur Bewertung des Sicherheitsniveaus zu errechnen, müssten diese zukünftigen Veränderungen der hydrogeologischen Situation an einem Standort in systematischer Weise berücksichtigt werden.

Auch um diese methodischen Schwierigkeiten zu umgehen, wurde das gesamte Nachweiskonzept der VSG darauf abgestellt, den Nachweis zu führen, dass die Radionuklide im ewG verbleiben und dass es allenfalls zu geringfügigen Freisetzungen von Radionukliden aus dem ewG kommt, die die aus der natürlichen Strahlenexposition resultierenden Risiken nur sehr wenig erhöhen. Die Einwirkungen drastischer klimatischer Veränderungen an der Erdoberfläche, wie sie z.B. bei Eiszeiten auftreten, auf die Prozesse, die im Tiefenbereich, in dem sich der ewG mit den eingelagerten Abfallstoffen befindet, ablaufen sind im Wesentlichen thermischer und mechanischer Natur durch die zusätzliche Auflast des Eismassen. Solche Einwirkungen können mit geringen Ungewissheiten verlässlich prognostiziert werden. Bei der VSG wurde der Nachweis, dass der ewG im Nachweiszeitraum erhalten bleibt, in das Nachweiskonzept aufgenommen. Dieser Aspekt ist in den Sicherheitsanforderungen des BMU bisher nicht enthalten. Dabei ist zu belegen, dass im Nachweiszeitraum keine geologischen Prozesse die Mächtigkeit der geologischen Barriere im ewG beeinträchtigen.

Für die Bewertung der Radionuklidfreisetzung aus dem ewG wurde in der VSG eine Vorgehensweise verwendet, die im Rahmen der F&E-Vorhaben ISIBEL und ISIBEL-II entwickelt worden ist und die kompatibel mit der vereinfachten radiologischen Langzeitaussage nach den Sicherheitsanforderungen des BMU ist. In diesem Zusammenhang wurden einige Aspekte identifiziert, die in den Sicherheitsanforderungen des BMU konkretisiert werden müssen oder bislang gar nicht geregelt sind. Beispielsweise gibt es in den Sicherheitsanforderungen keine Vorgaben, wie die Freisetzung volatiler und in der Gasphase transportierter Radionuklide zu bewerten ist.

Die Erfahrungen im Vorhaben VSG haben darüber hinaus gezeigt, dass für die Festlegung der Lage und Umgrenzungen des ewG ein iterativer Prozess erforderlich ist, der nicht bereits zu Beginn einer Sicherheitsanalyse abgeschlossen werden kann. Auf der Basis der vorliegenden Kenntnisse zum Standort kann zusammen mit einer vorläufigen Planung zum technischen Endlagerkonzept eine Anfangsannahme getroffen werden. Die endgültige Ausweisung des ewG kann jedoch erst auf Grundlage der verschiedenen Nachweise vorgenommen werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Qualitätsanforderungen an das dauerhafte und sichere Einschlussvermögen des ewG nachweislich gegeben sind. Die Sicherheitsanforderungen des BMU sollten daher dahingehend angepasst werden.

4 Übertragbarkeit auf andere Endlagersysteme

Auf Basis der Ergebnisse der VSG wurde auch eine detaillierte Bewertung der Übertragbarkeit der methodischen Vorgehensweisen zur Entwicklung von Sicherheits- und Nachweiskonzepten auf Standorte, bei denen die Einlagerung in Tongesteinen erfolgt, sowie auf Standorte mit Salzgestein in flacher Lagerung vorgenommen. Danach erscheint eine prinzipielle Übertragbarkeit mit entsprechenden Anpassungen gegeben. Inwieweit diese Einschätzungen zutreffen, wird im Rahmen der laufenden F&E-Vorhaben AnSichT und KOSINA zurzeit überprüft.

Trotz übergeordneter allgemeiner Formulierungen zielen aus Sicht des Autors die Sicherheitsanforderungen auf eine Endlagerung in Salz- oder Tongesteinen ab, die sich durch eine hohe Dichtwirkung auszeichnen, so dass die Hauptlast der langfristigen Einschlusswirkung auf der geologischen Barriere liegt. Ob ein mit den Sicherheitsanforderungen des BMU vereinbares Sicherheits- und Nachweiskonzept auch für ein Endlager in Kristallingesteinen umsetzbar ist, kann jetzt noch nicht beantwortet werden. Die entsprechenden Untersuchungen im F&E-Vorhaben CHRISTA werden derzeit durchgeführt. Das Ergebnis wird erst Mitte 2016 vorliegen.

Gegebenenfalls ergeben sich aus den Ergebnissen dieser F&E-Vorhaben Hinweise zu weiteren Überarbeitung bzw. Anpassung der Sicherheitsanforderungen.

5 Fazit und Empfehlungen

Nach Einschätzung des Autos reflektieren die Sicherheitsanforderungen des BMU von 2010 das internationale Verständnis zu den Sicherheitsprinzipien einer Endlagerung im tiefen geologischen Untergrund und zu den Grundzügen der Nachweisführung. Eine Fokussierung auf den Nachweis des Einschusses der Radionuklide im ewG stellt im internationalen Raum einen Sonderfall dar, der klare Vorteile aufweist und daher positiv bewertet wird.

Im Rahmen des Vorhabens VSG wurde zum ersten Mal in Deutschland eine umfassende vorläufige Sicherheitsanalyse für ein Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle auf Basis der Kenntnisse an einem realen Standort unter Berücksichtigung der Sicherheitsanforderungen des BMU von 2010 durchgeführt. Die bei der VSG verfolgte prinzipielle Vorgehensweise mit Entwicklung eines Sicherheitskonzeptes und der hieraus abgeleiteten Nachweisführung, die konsequent auf den sicheren Einschluss der Radionuklide im ewG abzielt, haben sich bewährt. Für die Sicherheitsanforderungen des BMU haben sich in der VSG einige konkrete Hinweise für Klarstellungen und Ergänzungsbedarf ergeben, die bei einer Überarbeitung der Sicherheitsanforderungen berücksichtigt werden sollten. In einigen Bereichen besteht außerdem die Notwendigkeit einer Präzisierung der methodischen Vorgehensweise bei der Nachweisführung. Diese Präzisierungen sollten zweckmäßigerweise durch Leitlinien erfolgen. Fundamentale Schwachstellen in den Sicherheitsanforderungen des BMU wurden nicht festgestellt.

Nach Abschluss der hier aufgeführten, laufenden F&E-Projekte zu den für die Endlagerung in Frage kommenden geologischen Situationen in Deutschland und Auswertung der gewonnenen Erkenntnisse sollten die Sicherheitsanforderungen des BMU überarbeitet und Leitlinien entwickelt bzw. aktualisiert werden. Zeitdruck für diese Anpassungen besteht derzeit nicht.

- i Überprüfung und Bewertung des Instrumentariums für eine sicherheitliche Bewertung von Endlagern für HAW. BMWi-Förderkennzeichen: 02 E 10055
- ii Komplementierung des Instrumentariums zur Technischen Realisierbarkeit und Sicherheitlichen Bewertung von HAW-Endlagern im Salinar. BMWi-Förderkennzeichen: 02 E 10719
- iii Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. BMU-Förderkennzeichen UM10A03200
- iv Konzeptentwicklung für ein generisches Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle in flach lagernden Salzschieben in Deutschland sowie Entwicklung und Überprüfung eines Sicherheits- und Nachweiskonzeptes. BMWi-Förderkennzeichen 02 E 11405
- v Methodik und Anwendungsbezug eines Sicherheitsnachweiskonzeptes für ein HAW-Endlager im Tonstein. BMWi-Förderkennzeichen 02 E 11061
- vi Machbarkeitsuntersuchung zur Entwicklung einer Sicherheits- und Nachweismethodik für ein Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle in einer Kristallingesteinsformation in Deutschland. BMWi-Förderkennzeichen 02 E 11375