



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Agneb**

20. Juni 2013

Umsetzungsgruppe Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle

## **Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle 2013–2016**

---



### **Mitglieder der Umsetzungsgruppe Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle**

Urs Berner, PSI  
Paul Bossart, Swisstopo  
Simone Brander, BFE (Leitung)  
Erik Frank, ENSI  
Johannes Holocher, Leiter Sekretariat KNS  
Markus Hugi, ENSI  
Philippe Schaub, BFE (Protokoll)  
Christian Schlüchter, KNS



## Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	4
Organisation .....	4
Forschungsprojekte.....	6
1.    Langzeitaspekte .....	6
1.1.    Wissenserhalt und Markierungskonzepte .....	6
2.    Sachplanverfahren .....	8
2.1.    Begleitforschung regionale Partizipation .....	8
3.    Lagerkonzepte.....	10
3.1.    Abfallbewirtschaftung im Vergleich .....	10
3.2.    Schutz der Umwelt .....	12
3.3.    Auslegung und Inventar des Pilotlagers.....	13
3.4.    Monitoringkonzept und -einrichtungen .....	15
3.5.    Verschlussmassnahmen in Krisensituationen.....	17
3.6.    Materialwissenschaftliche Fragen .....	19
3.7.    Lagerauslegung .....	21
3.8.    Lagerauslegung-2.....	24
4.    Ethik / Recht .....	26
4.1.    Umweltpolitische Fragen .....	26
4.2.    Schutzziele .....	28
ANHANG 1: Terminplanung der Projekte .....	30
ANHANG 2: Fachkompetenzen und Zuständigkeiten der Institutionen des Bundes.....	31



## Einleitung

Auf der Grundlage des Forschungsprogramms Radioaktive Abfälle vom April 2012 erarbeitete die Umsetzungsgruppe zum Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle das vorliegende Programm für die Jahre 2013–2016. Projekte aus dem vorangehenden Programm, welche noch nicht umgesetzt werden konnten, wurden teilweise ins Folgeprogramm übernommen. Gewisse Themen werden von internationalen Fachgremien im Rahmen internationaler Projekte bearbeitet und deshalb im neuen Forschungsprogramm nicht mehr aufgeführt. Einzelne neue Fragestellungen werden in bestehende Projektvorschläge integriert. Projekte, welche bis ins Jahr 2012 abgeschlossen wurden, werden im vorliegenden Programm nicht nochmals aufgeführt.

Im August 2012 führte das Forschungssekretariat des Forschungsprogramms eine Umfrage bei den wichtigsten Anspruchsgruppen durch (befragte Stellen: Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (Agneb), Beirat Entsorgung, BFE, ENSI, Sekretariate Ausschuss der Kantone und Fachkoordination Standortkantone, Umsetzungsgruppe, Hochschulbereich), um zusätzlichen Forschungsbedarf für die Jahre 2013–2016 zu erheben. Beim Forschungssekretariat trafen 13 Rückmeldungen ein. Die Ergebnisse der Umfrage zeigten, dass die vorhandenen fünf Schwerpunkte des Forschungsprogramms grundsätzlich auf Zustimmung stiessen. Die Schwerpunkte «Sachplanverfahren» und «Wahrnehmung, Meinungsbildung und Akzeptanz» werden im vorliegenden Forschungsprogramm jedoch neu zum Schwerpunkt «Sachplanverfahren» zusammengefasst.

Seit dem Jahr 2008 führt das BFE im Auftrag der Agneb das Forschungssekretariat zur Umsetzung des Forschungsprogramms Radioaktive Abfälle. Ebenfalls im Jahr 2008 vereinbarte die Agneb, dass das ENSI den Bereich der regulatorischen Sicherheitsforschung und das BFE denjenigen der geisteswissenschaftlichen Entsorgungsforschung betreuen und finanzieren soll.

Die auf den folgenden Seiten skizzierten Projekte sollen im Rahmen des Forschungsprogramms wissenschaftlich fundiert und gleichzeitig anwendungsorientiert bearbeitet werden. Nach Abschluss jedes Forschungsprojekts soll evaluiert werden, ob ein Folgeprojekt auf diesem Themengebiet Sinn macht und notwendig ist. Die im vorliegenden Forschungsprogramm aufgeführten Forschungsprojekte zeigen die nächsten, anstehenden Schritte auf.

Die Themen der verschiedenen Projekte sollen nach Möglichkeit offen und interdisziplinär angegangen werden. Dabei wird die Qualitätssicherung der einzelnen Projekte jeweils durch eine Begleitgruppe sichergestellt. Je nach Projekt kann statt einer Begleitgruppe auch eine Reviewgruppe eingesetzt werden. In diesen Gruppen sind die entsprechenden Bundesstellen vertreten, Sachverständige von Hochschulen sowie weitere Expertinnen und Experten. Bei den Punkten Zeitplan und Kosten handelt es sich bei den meisten Projekten um grobe Schätzungen.

## Organisation

Die Geschäftsleitungen des BFE und des ENSI nehmen das Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle 2013–2016 vor der Veröffentlichung zur Kenntnis.

### **Aufgabe der Agneb im Bereich Forschung**

Die Agneb begleitet und koordiniert die Umsetzung und Aktualisierung des Forschungsprogramms Radioaktive Abfälle.

### **Arbeitsweise**

BFE und ENSI informieren die Agneb regelmässig über den Fortschritt und die Ergebnisse der Projekte des Forschungsprogramms Radioaktive Abfälle. Ebenso orientieren die anderen Stellen, die in der Agneb vertreten sind, über wichtige entsorgungsrelevante Projekte und Erkenntnisse in ihrem Zuständigkeitsbereich.



Die Agneb wird für ihre Aufgabe von einem Forschungssekretariat im BFE unterstützt. Dieses erarbeitet die Grundlagen für die Agneb und ist zuständig für die Umsetzung und Aktualisierung des Forschungsprogramms. Es stellt die Koordination mit der entsprechenden Stelle beim ENSI, welche für die Forschungsprojekte in der regulatorischen Sicherheitsforschung zuständig ist, und den anderen Bundesstellen sicher. Eine weitere Aufgabe ist es, die geisteswissenschaftliche Forschung im Bereich Entsorgung zu verfolgen und darüber in der Agneb zu berichten.

### **Umsetzungsgruppe Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle**

Die Agneb hat an der Sitzung vom 1. März 2013 der Umsetzungsgruppe zum Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle folgendes Mandat erteilt:

- Review des Forschungsprogramms Radioaktive Abfälle und periodische Aufdatierung
- Information über den Stand und Koordination der einzelnen Forschungsprojekte
- Aufgleisung künftiger Projekte und Klärung der Finanzierung
- Erarbeitung des Forschungsprogramms für die neue Periode

### **Organisation der Arbeit zwischen der Agneb und der Umsetzungsgruppe Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle**

An der Agneb-Sitzung vom 7. Juni 2013 wurde folgende Organisation für die Zusammenarbeit festgelegt:

- Der Schlussbericht zu einem Forschungsprojekt inkl. Schlussfolgerungen/Empfehlungen wird der Agneb vorgestellt. Die Agneb diskutiert den Schlussbericht.
- Der Schlussbericht ist grundsätzlich öffentlich.
- Das Projektteam informiert die Agneb über die weiterführende Behandlung der Schlussfolgerungen/Empfehlungen spezifischer Projekte.



## Forschungsprojekte

1. Langzeitaspekte	
1.1. Wissenserhalt und Markierungskonzepte	
Ausgangslage	<p>Mit der geologischen Tiefenlagerung, die im Kernenergiegesetz verankert ist, werden radioaktive Abfälle sicher und dauerhaft in tiefen geologischen Formationen entsorgt. Auf die Beobachtungsphase, die einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten bis Jahrhunderten umfasst, folgt die Nachverschlussphase.</p> <p>Die Kernenergieverordnung verlangt das Erstellen einer Dokumentation, die für die langfristige Sicherstellung der Kenntnisse über das geologische Tiefenlager geeignet ist. Damit sollen Informationen über die Lage und den Inhalt des Lagers lange über dessen Verschluss hinaus erhalten bleiben. Mit zunehmender Dauer wird die Weitergabe dieser Informationen auf Grund unterschiedlichster Veränderungen immer schwieriger werden. Das hat einen Einfluss auf das Risiko eines unbeabsichtigten Eindringens in das Lager.</p> <p>Je nach Art der Abfälle muss das Tiefenlager über Zeiträume von 100 000 Jahren und mehr Schutz für Mensch und Umwelt bieten. Dazu gehört, dass das Risiko eines unbeabsichtigten Eindringens in das Lager möglichst gering bleibt. Ein denkbares Hilfsmittel ist eine Markierung des Lagers, die über sehr lange Zeiträume Bestand hat und verständlich bleibt.</p>
Zielsetzung, Fragestellungen	<p>Das Projekt hat zum Ziel, einen Überblick über den heutigen Stand der Kenntnisse bezüglich des möglichen Vorgehens zur langfristigen Weitergabe von Informationen zu schaffen sowie einen Überblick über den internationalen Stand der Vorhaben und Anforderungen bezüglich einer Markierung von Endlagern zu geben. Es sollen insbesondere die folgenden Leitfragen beantwortet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>–Welche Argumente sprechen für eine Markierung über sehr lange Zeiträume hinweg, welche Argumente sprechen dagegen?</li><li>–Wie wird die Notwendigkeit einer Markierung beurteilt?</li><li>–Wie wird die Machbarkeit einer Markierung, die über sehr lange Zeiträume hinweg funktionsfähig bleibt, beurteilt?</li></ul> <p>Als Grundlage für die Beurteilung der Notwendigkeit und Machbarkeit einer Markierung sowie für allfällige weitergehende Arbeiten zur Umsetzung der Markierung dient die Beantwortung folgender Fragen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>–Welche Erkenntnisse existieren heute zu Dokumentation und Wissensmanagement über Jahrzehnte, Jahrhunderte und Jahrtausende hinweg?</li><li>–Welche Vorkehrungen können sicherstellen, dass dokumentiertes Wissen über geschichtliche Zeiträume und darüber hinaus verstanden wird?</li><li>–Welche Vorkehrungen können sicherstellen, dass dokumentiertes Wissen über geschichtliche Zeiträume praktiziert wird, zur Anwendung kommt?</li><li>–Welche Grundlagen, Erkenntnisse und Konzepte existieren zur Markierung als Kommunikationsmittel über geologische Zeiträume und zur Kommunikation mit anderen Lebensformen?</li><li>–Welche Markierungskonzepte schützen über welche Zeiträume Tiefenlager gegen unbeabsichtigtes Eindringen?</li><li>–Welche Empfehlungen lassen sich aus den zuvor erhobenen Grundlagen und Erkenntnissen für die Nachverschlussphase ableiten?</li><li>–Welche Massnahmen sollten bereits heute oder in den kommenden Jahren in die Wege geleitet werden? Welche raumplanerischen Konsequen-</li></ul>



	zen ergeben sich aus den Anforderungen an die Markierung? Welche Aufgaben stellen sich für den Bund, welche Aufgaben für andere Institutionen? Welche Anforderungen müssen bereits im Rahmen des Sachplanverfahrens umgesetzt werden?
Vorgehen	Anhand einer Literaturrecherche wurde der aktuelle Stand der Markierung von geologischen Tiefenlagern im Jahr 2010 erhoben. Anschliessend wurde beschlossen, das Forschungsprojekt auf internationale Ebene im Rahmen der OCED weiterzuführen. Deshalb beteiligt sich das BFE am bis ins Jahr 2014 dauernden OECD-Projekt «Preservation of Records, Knowledge and Memory (RK&M) Across Generations» (vgl. <a href="http://www.oecd-neo.org/rwm/rkm/">http://www.oecd-neo.org/rwm/rkm/</a> ). Ziel dieses Projekts ist es, bis ins Jahr 2013 ein gemeinsames Dokument zu erarbeiten, welches verschiedene Themenbereiche abdecken soll, damit – basierend auf den selben internationalen Standards – jedes Land einen passenden Aktionsplan zusammenstellen kann.
Organisation	Beteiligung am OECD-Projekt RK & M.
Zeitplan	Bis mindestens 2013.
Kosten	Pro Jahr ca. Euro 8000.
Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte Forschungsarbeiten	<ul style="list-style-type: none"><li>–Projekt 1.1 (Langzeitaspekte: Beobachtungsphase: Regelung, Finanzierung und Organisation)</li><li>Fachliteratur und Arbeiten internationaler Gremien, einschliesslich älterer Quellen, z. B.</li><li>–DOE, U.S. Department of Energy (1999): Waste Isolation Pilot Plant. How Will Future Generations Be Warned? Carlsbad.</li><li>–OECD (1995): Future Human Actions at Disposal Sites, Report of a Working Group on Assessment of Future Human Actions at Radioactive Waste Disposal Sites.</li><li>–NKS (1993): Conservation and Retrieval of Information. Elements of a Strategy to Inform Future Societies about Nuclear Waste Repositories, Nordiske Seminar og Arbejdsrapporter 1993:596</li><li>–Arbeiten der ANDRA zu diesem Thema</li><li>–Jüngere Literatur zur Langzeitarchivierung. Literatur zur Haltbarkeit von Datenträgermedien. Berichte zu Erfahrungen mit der Erhaltung der Lesefähigkeit von Datenträgern. Literatur zur «transkulturellen Kommunikation» (ev. Raumflugkörper-Botschaften der NASA, Interpretationen der Zeugnisse vergangenen Kulturen) soweit zugänglich.</li><li>–R. Posner, (Hrsg.) (1984): Und in alle Ewigkeit: Kommunikation über 10 000 Jahre: Wie sagen wir unsern Kindeskindern wo der Atommüll liegt? In: Zeitschrift für Semiotik. <a href="http://ling.kgw.tu-berlin.de/semiotik/deutsch/ZFS/Zfs84_3.htm">http://ling.kgw.tu-berlin.de/semiotik/deutsch/ZFS/Zfs84_3.htm</a></li><li>–R. Posner (Hrsg.) (1990): Warnungen an die ferne Zukunft: Atommüll als Kommunikationsproblem. München, Raben-Verlag.</li></ul>
Ergebnisse	Buser Marcos (2010): Literaturstudie zum Stand der Markierung von geologischen Tiefenlagern. Bundesamt für Energie BFE. Bern.



2. Sachplanverfahren	
2.1. Begleitforschung regionale Partizipation	
Ausgangslage	Mit der regionale Partizipation im Rahmen des Sachplanverfahrens zur Standortsuche von geologischen Tiefenlager soll gewährleistet werden, dass die Interessen und Bedürfnisse der Standortregionen berücksichtigt werden. In Etappe 1 wurden die benötigten Strukturen aufgebaut, die den Einbezug von Gemeinden, Organisationen und der Bevölkerung in allen sechs Regionen (Jura Ost, Jura-Südfuss, Nördlich Lägern, Südranden, Zürich Nordost, Wellenberg) gewährleistet. Dafür wurden so genannte Regionalkonferenzen gebildet. Insgesamt haben so fast 500 Betroffene die Möglichkeit, sich in das Verfahren einzubringen. Das Verfahren ist national, aber auch international, in dieser Breite und Gestaltung einmalig und es ist ein zunehmendes Interesse daran erkennbar (Medien, internationale Gremien (z. B. FSC), aber auch von Forschungsinstitutionen).
Zielsetzung, Fragestellungen	Die Ergebnisse des Forschungsprojekts sollen es dem BFE ermöglichen, die jetzt laufenden partizipativen Prozesse zu verbessern, Schwächen und Stärken zu erkennen und den Regionalkonferenzen adäquate Hilfestellungen anzubieten. Zudem kann der Wissenserhalt der umfangreichen Tätigkeiten erhalten werden und Involvierte zeitnah befragt werden.  Mögliche Fragestellungen: <ul style="list-style-type: none"><li>- Welche Erfahrungen und Konklusionen können aus dem bisherigen Verfahren der regionalen Partizipation gezogen werden? Konnten die Anforderung an partizipative Prozesse erfüllt werden? Falls nicht, was sind die Gründe dafür?</li><li>- Wie kann das partizipative Verfahren im Sachplanprozess kurz- und mittelfristig optimiert werden?</li><li>- Welche Rahmenbedingungen und partizipativen Methoden bewähren sich in der Umsetzung eines Verfahrens dieser Dimension?<ul style="list-style-type: none"><li>• Welche Erfahrungen sind für andere Grossprojekte (z. B. andere Sachplanverfahren des Bundes) übertragbar?</li></ul></li></ul>
Vorgehen	Das Forschungsprojekt soll in zwei aufeinanderfolgenden Schritte aufgeteilt werden: <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>1. Schritt:</b> Qualitative Auswertung des Aufbauprozesses der regionalen Partizipation in Etappe 1 von Mitte 2009 (erste Sitzungen der Startteams) bis Ende 2011 (letzte Gründungen der Regionalkonferenzen). Dabei sollen die relevanten Dokumente (v. a. Sitzungsprotokolle, Arbeitshilfen und Konzepte) ausgewertet und Interviews mit Mitgliedern der Startteams (Vorsitzende) sowie Startmoderierenden geführt werden. Ein Fokus dieser Auswertung ist die Umsetzung der theoretischen Grundlagen und Vorgaben in die Praxis und die Zusammenarbeit der Akteurinnen und Akteure. Die Ergebnisse werden in einem Zwischenbericht festgehalten.</li><li>- <b>2. Schritt:</b> Auswertung ab Gründung der Regionalkonferenzen bis Ende Etappe 2 (vorgesehen Ende 2016). Dabei werden die tatsächliche Umsetzung mit den vorgegebenen Rahmenbedingungen (u. a. Konzept) verglichen und die Ergebnisse des ersten Schrittes in die Analyse mit einbezogen. Der Fokus dieses Schrittes richtet sich u. a. auf die Arbeiten und Vorgänge in den jeweiligen Gremien der Regionalkonferenzen (Leitungs- und Fachgruppen, Vollversammlungen), der Entscheidungsfindung und der Diskussionskultur. Dazu werden relevante Dokumente ausgewertet sowie Interviews mit Präsidien, Geschäftsführern, Mitgliedern der Leitungs- und Fachgruppen und solchen ohne besondere Funk-</li></ul>



	<p>tionen durchgeführt.</p> <p>Wichtig ist die Nutzung von Synergien mit der Gesellschaftsstudie, in deren Rahmen ebenfalls Interviews mit Mitgliedern der Regionalkonferenzen vorgesehen sind. Zudem muss die Interaktion der Auftragnehmer mit der Projektleitung der regionalen Partizipation (BFE) vorgesehen werden, damit «Lessons Learnt» direkt in den laufenden Prozess einbezogen werden können. Abschliessend sollen die gewonnenen Erkenntnisse auf verallgemeinerbare Empfehlungen für andere Grossprojekte oder Sachpläne des Bundes hin analysiert werden, für welche eine erweiterte Partizipation von Interesse sein könnte. Die Ergebnisse werden in einem Schlussbericht festgehalten.</p>
Organisation	<p>Schritt 1: evtl. Kooperation mit Verfasser der Konzeptstudie</p> <p>Schritt 2: Ausschreibung; enge Kooperation mit den Auftragnehmer der Gesellschaftsstudie.</p>
Zeitplan	<p>Schritt 1: möglichst rasch;</p> <p>Schritt 2: Nach Abschluss Schritt 1 (2. Hälfte 2013)</p>
Kosten	<p>Schritt 1: 40 000.–</p> <p>Schritt 2: 300 000.– (Periode 2013–2016)</p>
Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte Forschungsarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE (2006): Die Anwendung partizipativer Verfahren in der Entsorgung radioaktiver Abfälle, Bern.</li> <li>• BFE (2009): Sachplan geologische Tiefenlager – Leitfaden Aufbau regionale Partizipation, Bern.</li> <li>• BFE (2011): Sachplan geologische Tiefenlager – Konzept regionale Partizipation: Grundlagen und Umsetzung in Etappe 1 und 2</li> <li>• Organisationsreglemente und weitere Grundlagendokumente (z. B. Kommunikationskonzepte) der Regionalkonferenzen.</li> </ul> <p><i>Synergien zu Gesellschaftsstudie:</i></p> <p>–In der Gesellschaftsstudie soll das Partizipationsverfahren begleitend beobachtet werden (BFE (2012): Pflichtenheft zur Ausschreibung). Fokus dabei sind Erkennen von Veränderungen der Diskussions- und Betroffenheitsdynamik in den Regionen sowie das Früherkennen dieser.</p>
Ergebnisse	



3. Lagerkonzepte	
3.1. Abfallbewirtschaftung im Vergleich	
Ausgangslage	<p>In der Schweiz wird die Bewirtschaftung nicht-radioaktiver Abfälle im Umweltschutzgesetz, die Bewirtschaftung radioaktiver Abfälle im Kernenergie- bzw. Strahlenschutzgesetz geregelt. Im Vergleich bestehen einige wichtige Unterschiede, die beispielsweise die Verbringung organischer Abfälle oder metallischer Werkstoffe in unterirdische Deponien anbelangen. So gilt für nicht-radioaktive Abfälle in Bezug auf den Organikagehalt ein verbindlicher Grenzwert, während für radioaktive Abfälle bzgl. geologischer Tiefenlagerung die organischen Stoffe zwar zu minimieren sind, dafür aber keine quantitative Beschränkung besteht (im Extremfall handelt es sich bei den einzulagernden Abfällen um bituminierte Ionenaustauscherharze aus Kernkraftwerken). Gemäss Umweltschutzgesetz gelten Metalle als Rohstoffe, welche von den übrigen Abfällen zu trennen und der Wiederverwertung zuzuführen sind.</p>
Zielsetzung, Fragestellungen	<p>Das Projekt «Abfallbewirtschaftung im Vergleich» beinhaltet eine systematische Analyse der heutigen Bewirtschaftungspraxis für radioaktive und nicht-radioaktive Abfälle. Es wird geprüft, ob relevante Regelungen und Prinzipien des Umweltschutzgesetzes in der Gesetzgebung zur Bewirtschaftung radioaktiver Abfälle nicht oder nur ungenügend berücksichtigt werden. Die Studie zeigt auf, wo bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle diesbezüglich Handlungsbedarf besteht und welche Massnahmen angezeigt sind. In Bereichen, wo kein Handlungsbedarf besteht, liefert die Studie dafür überzeugende Begründungen.</p> <p>Wichtige Arbeitsschwerpunkte betreffen die Abfallminimierung, den Umgang mit organika-haltigen radioaktiven Abfällen und die Verbringung metallischer Werkstoffe in geologische Tiefenlager.</p> <p>Die bisherigen Arbeiten haben bestätigt, dass sich in Hinblick auf die zentralen Fragestellungen des Projekts die folgenden radioaktiven Abfälle als besonders bedeutungsvoll erweisen: Harze, Konzentrate und Mischabfälle aus dem Betrieb der Kernkraftwerke, Abfälle aus deren Nachbetriebsphase (Stilllegung) sowie Betriebs- und Stilllegungsabfälle aus Grossforschungsanlagen (PSI-West, CERN).</p>
Vorgehen	<p>Die fachtechnischen Grundlagen für das Projekt «Abfallbewirtschaftung im Vergleich» wurden im Rahmen von vier Projektsitzungen erarbeitet und in Fachgesprächen mit den Abfallproduzierenden (Kernkraftwerksbetreiber, ZWILAG, PSI) vertieft. Ausgewählte Fragestellungen wurden durch externe Auftragnehmer bearbeitet.</p> <p>Die Schlussfolgerungen aus den Projektarbeiten und die darin enthaltenen Empfehlungen hinsichtlich alternativer Behandlungsmethoden wurden im Sommer 2012 in einem Berichtsentwurf zusammengefasst und der Projektgruppe zur Stellungnahme unterbreitet. Ferner wurden die Projektergebnisse verschiedenen Organisationen im Rahmen von Fachvorträgen präsentiert.</p> <p>Die Fortsetzung und der Abschluss des Projekts beinhalten die Verarbeitung der Kommentare aus der Vernehmlassung des Projektberichts (Entwurf August 2012) innerhalb der Projektgruppe (BAG, BAFU, KNS) sowie geringfügige redaktionelle Änderungen im Bereich der Schlussfolgerungen. Der definitive Projektbericht wird bis Mitte Jahr 2013 fertig gestellt.</p>
Organisation	<p>Das ENSI bearbeitet das Projekt «Abfallbewirtschaftung im Vergleich» zu-</p>



	<p>sammen mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU), dem Bundesamt für Gesundheit (BAG), sowie der Kommission für nukleare Sicherheit (KNS).</p> <p>Für spezifische Fragestellungen wurden Spezialistinnen und Spezialisten der Nuklearindustrie (Abfallproduzierende und die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle – Nagra) einbezogen.</p>
Zeitplan	Fertigstellung des Projektberichts bis Mitte 2013.
Kosten	Druckkosten des Schlussberichts ca. CHF 5000
Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte Forschungsarbeiten	<ul style="list-style-type: none"><li>- Strahlenschutz-, Kernenergie- und Umweltschutzgesetzgebung</li><li>- HSK-Richtlinie B05 (heute ENSI) zur Konditionierung radioaktiver Abfälle</li><li>- Vorläufiger Projektbericht: Abfallbewirtschaftung im Vergleich, ENSI 33/188, August 2012 (Entwurf)</li></ul>
Ergebnisse	



3. Lagerkonzepte	
3.2. Schutz der Umwelt	
Ausgangslage	<p>Für geologische Tiefenlager (wie auch andere Kernanlagen) verlangt das KEG den Schutz von Mensch und Umwelt vor Gefährdungen durch ionisierende Strahlen. International wird bisher die Ansicht vertreten, dass nicht-menschliche Spezies als Arten geschützt seien, wenn Vorkehrungen getroffen werden, die dem Menschen als Individuen ausreichenden Schutz gewähren. In den letzten Jahren wird vermehrt nach einer wissenschaftlichen Begründung dieser Annahmen gefragt.</p> <p>Die Expertisen gehen in dieser Frage behutsam vor. Es scheint, dass die Annahme, dass mit dem individuellen Schutze des Menschen auch die anderen Lebewesen als Arten geschützt seien, wieder an Akzeptanz gewinnt. In diesem Sinne äussern sich auch aktuelle Publikationen der ICRP (International Commission on Radiological Protection) zu dieser Frage. Bei der IAEA und im Rahmen des OSPAR-Übereinkommens (OSPAR ist nach den beiden Vorläufern Oslo-Konvention und Paris-Konvention benannt und ist ein Übereinkommen vom 22. September 1992 über den Schutz der Meeresumwelt des Nordost-Atlantiks) laufen aktuell (2013) Projekte zu diesem Thema.</p>
Zielsetzung, Fragestellungen	<p>Einen Überblick zu schaffen über die internationalen Bestrebungen, den Schutz von nicht-menschlichem Leben vor Strahlung aus einem Endlager zu begründen.</p> <p>Die Fragestellung betrifft</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>–die grundsätzlichen Überlegungen von ICRP, OSPAR und IAEA zu diesem Thema</li> <li>–den Stand der begleitenden Untersuchungen bei Aufsichtsbehörden und Betreibenden von Endlagern, um andere Schutzkriterien für nicht-menschliche Lebewesen zu entwickeln.</li> </ul>
Vorgehen	<p>Aktuell laufende internationale Projekte von OSPAR und IAEA gehen den oben genannten Zielsetzungen nach. Diese Projekte dauern an und eine Umsetzung des Projekts soll auf die Zeit nach der Beurteilung zur Etappe 2 SGT verschoben werden (2015–2016).</p> <p>Ausgehend von den Schlussberichten der IAEA- und OSPAR-Projekte sollen dazumal</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. die wichtigsten Erkenntnisse zum Strahlenschutz von nicht-menschlichen Lebensformen festgehalten und ihre Begründungen dargelegt werden,</li> <li>b. die wesentlichsten Einsichten einzelner Autorinnen und Autoren und Organisationen über die Strahlenempfindlichkeit nicht-menschlicher Organismen und über deren modellmässige Erfassung dargelegt werden, und</li> <li>c. ein kurzer Überblick über die Anforderungen an den Schutz nicht-menschlicher Organismen in verschiedenen Ländern gegeben werden.</li> </ol>
Organisation	Auftrag an in diesem Fachgebiet erfahrene Einzelperson oder Institution.
Zeitplan	Ca. 3 Monate (Projektzeit)
Kosten	Aufwand: a) 1 PW (Personenwoche); b) 2 PW; c) 1 PW; Redaktion: 2 PW. Total 6 PW oder CHF 36 000
Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte Forschungsarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Zum Zeitpunkt des Projekts aktuelle Publikationen der ICRP,</li> <li>–Schlussberichte der IAEA- und OSPAR-Projekte,</li> <li>–In den genannten Dokumenten zitierte Quellen sowie zusätzliche Literatur.</li> </ul>



3. Lagerkonzepte	
3.3. Auslegung und Inventar des Pilotlagers	
Ausgangslage	<p>Das Tiefenlager für radioaktive Abfälle enthält gemäss KEV ein so genanntes Pilotlager, das einen kleinen aber repräsentativen Anteil des gesamten Lagerinventars enthält. Im Pilotlager ist das Verhalten der Abfälle, der Verfüllung und des Wirtgesteins bis zum Ablauf der Beobachtungsphase zu überwachen. Die Ergebnisse dienen der Erhärtung des Sicherheitsnachweises und müssen auf das Hauptlager übertragbar sein.</p> <p>In der Kernenergiegesetzgebung und der Richtlinie ENSI-G03 sind die Grundsätze zum Pilotlager und zu dessen Monitoringprogramm festgehalten. Im Projekt gilt zu klären, ob weitere spezifische Regelungen für ein Pilotlager notwendig sind. Beispielsweise sind Aspekte zu den zu überwachenden Parametern, zur Sicherheit und Sicherung während der Beobachtungsphase, zur möglichen Auswahl der Abfallgebinde für ein Pilotlager unter Bewahrung der Aussagekraft für das Hauptlager zur Positionierung und Auslegung des Pilotlagers zu diskutieren.</p>
Zielsetzung, Fragestellungen	<p>Das Projekt bezweckt das Erarbeiten von grundlegenden Erkenntnissen, die zum zielgerechten Betrieb des Pilotlagers beitragen.</p> <p>Dabei sind unter anderem die folgenden Fragen zu beantworten:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>–Welche gesellschaftlichen Anforderungen werden an das Pilotlager gestellt?</li><li>–Welche Fragen sollen mit dem Betrieb des Pilotlagers beantwortet werden?</li><li>–Welche Beobachtungen sollen messtechnisch erfasst werden?</li><li>–Wie ist bei gegebenem Inventar des Hauptlagers das Inventar des Pilotlagers zu wählen?</li><li>–Welche Eigenschaften können innerhalb welcher Zeiträume im Pilotlager gemessen werden, die zu eindeutigen Aussagen auch über das Hauptlager führen?</li><li>–Welche Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Abfallsorten müssen im Pilotlager vermieden werden, damit für das Hauptlager gültige Aussagen gemacht werden können?</li><li>–Welche Anforderungen sind an den Unterhalt und die Instandsetzung der Untertagebauten zu stellen?</li><li>–Welche besonderen Anforderungen stellt die Beobachtungsphase bezüglich Sicherheit und Sicherung? Welche gesellschaftlichen Anforderungen ergeben sich daraus?</li><li>–Welche Anforderungen sind an organisatorisch-institutionelle und rechtliche Vorkehrungen während der Beobachtungsphase zu stellen?</li></ul>
Vorgehen	<p>Aus Literaturstudien ist zuerst ein Überblick darüber zu erstellen, welche Prozesse in einem geologischen Tiefenlager ablaufen können und während der Beobachtungsphase messbar sind. Anhand der ablaufenden und messbaren Prozesse im geologischen Tiefenlager werden mögliche Konzepte zur Auslegung und zum Inventar des Pilotlagers sowie mögliche langfristig messbare Parameter diskutiert (vgl. Projekt 3.4, Monitoringkonzept und -einrichtungen).</p> <p>Daraus sollen allgemeingültige Erkenntnisse und Empfehlungen für die Auslegung und den Betrieb von Pilotlagern sowie für die Beobachtungsphase allgemein abgeleitet werden.</p>
Organisation	<p>Unter Leitung des ENSI wurde eine Arbeitsgruppe gebildet. Die erste Sitzung fand am 21. Oktober 2011 statt. Beteiligt sind Vertreter von swisstopo, ETH Zürich, AG SiKa, ENSI und externe Experten. Die Fragestellungen</p>



	werden gemäss dem erstellten Projektplan diskutiert.
Zeitplan	Koordiniertes Vorgehen mit den Projekten «Monitoringkonzept und -einrichtungen» und «Lagerauslegung» erforderlich. Ende 2013 wird eine erste Zwischenbilanz gezogen, das Projekt wird nach der Beurteilung von Etappe 2 wieder aufgenommen, der Abschluss des Projektes «Auslegung und Inventar des Pilotlagers» erfolgt 2016.
Kosten	Externe Expertinnen und Experten ca. CHF 60 000.
Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte Forschungsprojekte	Zu messbaren Parametern: Siehe Grundlagenangaben zum Projekt 3.4 (Monitoringkonzept und -einrichtungen). Modellannahmen zu Lagern und Inventaren können aus bisherigen Endlagerprojekten der Nagra oder aus solchen anderer Länder gewonnen werden.
Ergebnisse	



3. Lagerkonzepte	
3.4. Monitoringkonzept und -einrichtungen	
Ausgangslage	<p>Die Entsorgung radioaktiver Abfälle beruht auf dem Konzept der geologischen Tiefenlagerung, wie es in KEG und KEV festgehalten wird. Die Elemente eines geologischen Tiefenlagers umfassen das Hauptlager zur Aufnahme der Abfälle, ein Pilotlager und Testbereiche. Das Hauptlager wird dabei so ausgelegt, dass nach Einbringung der Abfälle die Stollen verfüllt und versiegelt werden, um sicherzustellen, dass die erforderliche passive Langzeitsicherheit durch das Mehrfachbarriersystem gewährleistet ist. KEG/KEV schreiben vor dem ordnungsgemässen Verschluss des Tiefenlagers eine so genannte Beobachtungsphase (Monitoring) vor. Das Pilotlager dient dabei der Überwachung des Verhaltens der technischen Barrieren des Nahfelds und der Geosphäre und der Überprüfung der Prognosemodelle, mit denen die Langzeitsicherheit aufgezeigt wurde. Abweichungen von den Modellen oder unerwartete Entwicklungen des Lager-systems können so rechtzeitig erkannt werden. Das Pilotlager hat damit die Funktion eines Nachweislagers, welches über den Verschluss des Hauptlagers hinaus eine Langzeitkontrolle ermöglicht und die Grundlagen zum späteren Verschluss des geologischen Tiefenlagers liefert.</p>
Zielsetzung, Fragestellungen	<p>Ziel der Studie ist, den Stand der Technik und die zukünftigen Entwicklungsrichtungen in Bezug auf ein Monitoringkonzept und die -einrichtungen im Hinblick auf ein Pilotlager darzustellen. Dabei sollen folgende Fragen beantwortet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>–Wie sieht die generelle Strategie der Überwachung eines Pilotlagers räumlich und zeitlich aus (Monitoring: wo, warum, wann, wie)?</li><li>–Welche sicherheitsrelevanten Prozesse können über welche Zeiträume im Pilotlager und seinem Umfeld erfasst werden?</li><li>–Welche Parameter müssen gemessen werden, um einerseits die allgemeine Entwicklung der Lagerbedingungen zu erfassen und andererseits die Prozessvorgänge, welche zur Freisetzung und Ausbreitung von Radionukliden führen, überwachen zu können?</li><li>–Welche Messmethoden und Messinstrumente stehen für diese Aufgaben zur Verfügung und wo sind ihre Grenzen (u. a. Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Langzeitbeständigkeit)?</li><li>–Welche Erfahrungen liegen heute aus Untertagebauten oder Felslabors bereits vor?</li><li>–Wie könnte das konkrete Monitoringkonzept eines Pilotlagers aussehen und welche Anforderungen sind an dieses zu stellen?</li></ul>
Vorgehen	<p>Für eine stufengerechte Beantwortung dieser Fragen ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Projekt «Auslegung und Inventar des Pilotlagers» nötig, da dieses Projekt mit den folgenden drei Arbeitspaketen (AP) wichtige Vorarbeiten bzw. Grundlagen für das Monitoring-Projekt liefert:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>–AP2 Prozesse im Pilotlager und im geologischen Tiefenlager</li><li>–AP4 Auslegung des Pilotlagers</li><li>–AP5 Modellierung der relevanten Prozesse im Pilotlager</li></ul> <p>2009 wurde im Rahmen des 7<sup>ten</sup> EU-Forschungsprogrammes das internationale Projekt MoDeRn («Monitoring Developments for Safe Repository Operation and Staged Closure» gestartet, welches bis 2013 praktisch die gleichen Fragestellungen bearbeitet. Das ENSI verfolgt und begleitet deshalb dieses Projekt eng und nimmt an den Fachtagungen, Workshop und Konferenzen des MoDeRn teil. Nach Vorliegen der Schlussfolgerungen des MoDeRn-Projektes sollen die Ergebnisse gesichtet und zusammengefasst werden. Darauf abgestützt werden Folgerungen für das Monitoringkonzept eines Pilotlagers gezogen und es wird diskutiert, welche Anforderungen an die Überwachung eines Pilotlagers zu stellen sind. Detaillierte Angaben zum Vorgehen sind im ENSI-Projektplan «Monitoringkonzept und</p>



	-einrichtungen» in ENSI 33/84 vom 13.08.2010 festgehalten.
Organisation	Projektumfang und Projektorganisation sind in ENSI 33/84 festgehalten. Es zeigt sich, dass die Ergebnisse des EU-Projektes MoDeRn gegen Ende 2013 publiziert vorliegen werden. Es ist daher sinnvoll, die Resultate von MoDeRn und des Projektes Pilotlager abzuwarten, damit diese ins Projekt einfließen können.
Zeitplan	Koordiniertes Vorgehen mit dem Projekt «Auslegung und Inventar des Pilotlagers» und dem EU-Projekt MoDeRn erforderlich. Ende 2013 wird eine erste Zwischenbilanz gezogen, der Abschluss des Projektes «Monitoringkonzept und -einrichtungen» erfolgt 2016.
Kosten	Externe Expertinnen und Experten ca. CHF 60 000
Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte Forschungsarbeiten	<ul style="list-style-type: none"><li>–Entsprechende Arbeiten in den Felslaboratorien Mont Terri und Grimsel.</li><li>–Ergebnisberichte des EU-Projektes MoDeRn (2013 ?).</li><li>–IAEA Guideline «Monitoring of Geologic Repositories for High Level Radioactive Waste» Draft 2012.</li><li>–ICRP Recommendations on «Monitoring of Geologic Repositories», Draft 2013.</li><li>–EU-Report «Thematic Network on the Role of Monitoring in a Phased Approach to Geologic Disposal of Radioactive Waste» 2004.</li><li>–Weitere technische Berichte aus nationalen Entsorgungsprojekten.</li></ul>
Ergebnisse	



3. Lagerkonzepte	
3.5. Verschlussmassnahmen in Krisensituationen	
Ausgangslage	<p>Die Anforderungen an die geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle sind im Kernenergiegesetz (KEG 2003), der Kernenergieverordnung (KEV 2004) und der Richtlinie ENSI-G03 (2009) festgehalten. Die erforderlichen Sicherheitsnachweise für die Betriebsphase (u. a. mit einer probabilistischen Analyse zur Bewertung des Schutzes gegen Störfälle gemäss UVEK 2009) und für die Nachbetriebsphase sind in ENSI-G03 im Detail spezifiziert.</p> <p>Die Gesetzgebung sieht nach Abschluss der Einlagerung der Abfälle eine längere Phase der Beobachtung vor, während welcher im sogenannten Pilotlager das Verhalten der Abfälle, der Verfüllung und des Wirtgesteins bis zum Ablauf der Beobachtungsphase überwacht wird. Die Dauer der Beobachtungsphase ist im Gesetz nicht vorgegeben und wird im Rahmen der Baubewilligung vom Departement festzulegen sein. Der Gesetzgeber will damit zukünftigen Generationen einen möglichst grossen Entscheidungsraum lassen. Für die Schätzung der Kosten schreibt die Verordnung über den Stilllegungs- und Entsorgungsfonds (SEFV 2007) für die Beobachtungsphase eine Zeitdauer von 50 Jahren vor. Die Betriebsphase eines geologischen Tiefenlagers mit Einlagerungsphase, Beobachtungsphase und ordnungsgemäsem Verschluss wird sich somit über einen Zeitraum von mindestens mehreren Jahrzehnten wenn nicht bis über mehr als hundert Jahre erstrecken.</p> <p>Über solch grosse Zeiträume können Krisensituationen in Gesellschaft und Wirtschaft nicht ausgeschlossen werden. Auch in solchen Situationen muss die Sicherheit des Tiefenlagers gewährleistet sein. Die EKRA schlägt in ihren Berichten (2000, 2002) deshalb Massnahmen für einen raschen Verschluss in Form von Schnell-/Selbstverschlüssen vor, ohne diese aber weiter zu konkretisieren. In der Richtlinie ENSI-G03 hat das ENSI den Gedanken der EKRA aufgenommen. Für den Fall ungünstiger Entwicklungen der Rahmenbedingungen (z. B. gesellschaftliche Instabilitäten, Krieg, Epidemien oder ökonomischer Zusammenbruch), welche die Sicherheit des Lagers oder des ordnungsgemässen Verschluss in Frage stellen, fordert das ENSI technische und betriebliche Vorkehrungen für einen temporären Verschluss, um die Einlagerungsbereiche rasch in einen passiv sicheren Zustand überführen zu können. Zur Ausarbeitung dieser Forderung hat das ENSI zusammen mit ihrem Experten, der Ingenieurunternehmung EMCH &amp; BERGER AG Bern, vorgängig eine Studie zum Thema «Schnell-/Selbstverschluss» gemacht, in welcher Szenarien ungünstiger Entwicklungen während der Einlagerungs- und Beobachtungsphase und mögliche Massnahmen für einen raschen Verschluss diskutiert und beleuchtet wurden (Klubertanz et al 2007). Die Studie kommt zum Schluss, dass das Konzept eines raschen Verschlusses nicht auf technische Verschlussmechanismen allein beschränkt bleiben darf sondern dass auch vorbeugende Massnahmen bei der Planung, der Auslegung und dem Betrieb eines geologischen Tiefenlagers zur Beherrschung von Krisensituationen einzubeziehen sind. Mit der vorliegenden Folgestudie «Verschlussmassnahmen in Krisensituationen» soll das Thema weiter vertieft und der regulatorische Handlungsbedarf geklärt werden.</p>
Zielsetzung, Fragestellungen	<p>Mit der Studie soll anhand einer systematischen Szenarien- und Systemanalyse die Notwendigkeit rascher Verschlussmassnahmen in Krisensituationen während der Einlagerungs- und Beobachtungsphase am Beispiel eines HAA/BE-Tiefenlagers abgeklärt werden.</p> <p>Es sollen u. a. folgende Fragen beantwortet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>–Wie sieht der Ablauf der Einlagerungsphase des HAA/BE-Lagers aus?</li><li>–Welche Krisensituationen, die Massnahmen zum raschen Verschluss eines Lagers notwendig machen, können da auftreten?</li><li>–Welche Art von Massnahmen kommen dafür in Frage?</li></ul>



	<p>–Welche Anforderungen sind an solche Massnahmen zu stellen?</p> <p>–Wie sind diese Massnahmen im Kontext der Langzeitsicherheit eines HAA/BE-Tiefenlagers zu beurteilen?</p> <p>–Welche Untertagebauwerke sind während der Beobachtungsphase des HAA/BE-Lagers noch offen, und welche Notwendigkeiten von Verschlussmassnahmen ergeben sich daraus in Krisensituationen?</p> <p>–Mit welchen Massnahmen bei Planung, Auslegung und Betrieb eines HAA/BE-Lagers können Gefährdungen in Krisensituationen begegnet werden?</p> <p>–Bei der geologischen Tiefenlagerung von HAA/BE ist ferner zu berücksichtigen, dass bei technischen, planerischen und organisatorischen Massnahmen zur Beherrschung von Krisensituationen auch die Vorgaben der IAEA-Safeguards (gegenwärtig in Entwicklung) eingehalten werden müssen.</p>
Vorgehen	<p>In einem ersten Schritt sollen die Abläufe/Dauer der Einlagerungsphase und der Beobachtungsphase eines HAA/BE-Tiefenlagers dargelegt und mit einer systematischen Szenarien- und Systemanalyse die möglichen Krisensituationen identifiziert werden. In einem zweiten Schritt sollen diejenigen Ereignisse festgehalten werden, die Massnahmen zum raschen Verschluss des Lagers notwendig machen. Neben technischen Massnahmen soll auch aufgezeigt werden, welche planerischen (Auslegung des Lagers) und organisatorischen Massnahmen (Betriebsabläufe) zur Beherrschung von Krisensituationen notwendig sind (im Sinne der Vorsorge und der Vermeidung unerwünschter Auswirkungen auf die Sicherheit). In einem dritten Schritt sind die funktionalen Anforderungen an die aufgezeigten Massnahmen abzuleiten (Anforderungskatalog).</p>
Organisation	<p>Unter der Leitung des ENSI wird eine Projektgruppe gebildet, welche das Vorgehen zur Abarbeitung der Fragestellungen evaluiert. Zur Abarbeitung der Fragestellungen sind Fachbeiträge externer Expertinnen und Experten vorgesehen. In Form einer Begleitung soll die KNS ins Projekt einbezogen werden, damit ihre Anliegen berücksichtigt werden können.</p>
Zeitplan	<p>Zeitplan: 2015–2016</p>
Kosten	<p>Kosten: ca. CHF 40 000 für externe Expertinnen und Experten.</p>
Grundlagen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. KEG (2003): Kernenergiegesetz vom 21. März 2003, Schweiz, SR 732.10</li> <li>2. KEV (2004): Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004, Schweiz, SR 732.11</li> <li>3. EKRA (2000): Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle, Schlussbericht, UVEK, Schweiz, Januar 2000</li> <li>4. EKRA (2002): Beitrag zur Entsorgungsstrategie für radioaktive Abfälle in der Schweiz, UVEK, Schweiz, Oktober 2002</li> <li>5. ENSI-G03 (2009): Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen, ENSI, Schweiz, April 2009, mit Erläuterungsbericht</li> <li>6. G. Klubertanz, P. Hufschmied, E. Frank (2007): Self closure mechanisms for underground waste repositories. Proceedings International Conference on Radioactive waste Disposal in Geological Formations, Braunschweig, November 6–9, 2007</li> <li>7. Literatur aus den angesprochenen Fachgebieten.</li> <li>8. Studie «Gesellschaftliche Veränderung und Entsorgung radioaktiver Abfälle» der B,S,S. Volkswirtschaftliche Beratung AG in Zusammenarbeit mit Basler &amp; Hofmann, Dr. Andreas M. Walker Strategieberatung und der EMPA im Rahmen des Forschungsprogramms Radioaktive Abfälle vom 22. März 2013</li> </ol>



3. Lagerkonzepte	
3.6. Materialwissenschaftliche Fragen	
Ausgangslage	<p>Plastische tonreiche Materialien (z. B. Bentonit, mit oder ohne Beimischung von Sand) erfüllen in den Konzepten für Tiefenlager für hochaktive Abfälle, wo sie als eine der Nahfeldbarrieren eingesetzt werden, eine wichtige Rolle. Ein umfassendes Verständnis zum Materialverhalten während der transienten Phase der Aufsättigung und der erhöhten Temperatur im BE/HAA-Lager sind notwendige Voraussetzung für die Analyse der Langzeitsicherheit, d. h. um die langfristige Prognose der Lagerentwicklung auf möglichst sicherer Grundlage erstellen zu können, müssen die relevanten Eigenschaften der Tone und Tongesteine bekannt sein und ihre Entwicklung beurteilt werden können. Die Sicherheitsbehörde muss das nötige Know-how haben, um den Stand des Wissens zu beurteilen.</p> <p>Das Material der Lagerbehälter für BE bzw. HAA hat einen entscheidenden Einfluss auf die sicherheitsrelevanten Prozesse im geologischen Tiefenlager. Alternativen zum Behälter aus geschmiedetem Stahl sind eine Kupferummantelung des Stahlbehälters sowie keramische Werkstoffe.</p> <p>Im Weiteren können sich die unterschiedlichen Materialien, die in einem Tiefenlager zusammentreffen, gegenseitig chemisch beeinflussen. Die möglichen Prozesse, die durch eine gegenseitige Beeinflussung ausgelöst werden, müssen verstanden und im Hinblick auf die Langzeitsicherheit beurteilt werden können.</p>
Zielsetzung, Fragestellungen	<p>Das Projekt soll materialwissenschaftliche Fachkompetenz bei den Behörden aufbauen. Damit schafft sich die Behörde Know-how, um ihre Beurteilungsarbeiten durchführen zu können. Zudem wird sie für die Entsorgungspflichtigen und für Expertinnen und Experten damit zu einer kompetenten Gesprächspartnerin.</p> <p>Wichtige Fragestellungen, die beim Aufbau von Know-how behandelt werden sollten, betreffen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Verhalten von Tonmaterial unter gleichzeitiger mehrfacher Beanspruchung durch Wärme, Gasdruck, Wasserdruck und mechanischen Druck; Folgerungen in Bezug auf Gastransport und Wasseraufsättigung.</li><li>– Chemische Wechselwirkungen zwischen den Materialien des Mehrfachbarrierensystems eines geologischen Tiefenlagers.</li><li>– Korrosion möglicher Behältermaterialien unter Tiefenlagerbedingungen und Auswirkungen von Korrosionsprodukten.</li></ul>
Vorgehen	<p>Eine Fachperson ist zu bezeichnen (falls nötig zu rekrutieren), die über Grundwissen in Materialwissenschaften verfügt. Die Ausbildung erfolgt über die Mitarbeit an Projekten, in denen materialwissenschaftliche Themen erforscht werden, beispielsweise in Felslabors oder an internationalen oder nationalen Projekten mit Bezug zu relevanten Fragestellungen im CH-Programm. Falls notwendig wird der interne Know-how Aufbau durch Aufträge an externe Expertinnen und Experten ergänzt.</p>
Organisation	<p>Die Bearbeitung der materialwissenschaftlichen Fragen erfolgt durch organisatorische Massnahmen innerhalb der zuständigen Fachsektion der Aufsichtsbehörde (ENSI): Bezeichnen resp. Rekrutierung der auszubildenden Fachperson, Aufstellen eines Ausbildungsprogramms, Teilnahme an nationalen (Felslabors) oder internationalen Projekten (EU-Forschungsrahmenprogramm).</p> <p>Durch die Verstärkung der ENSI-Modelliergruppe können interdisziplinäre Fragestellungen (thermisch-hydraulisch-chemische Kopplungen) umfassend</p>



	bearbeitet werden. Das ENSI beteiligt sich am DECOVALEX-Projekt, um die eigenen Berechnungen mit experimentell gewonnenen Daten zum Nahfeldverhalten vergleichen zu können.
Zeitplan	Dauer: nicht limitiert
Kosten	Da die Person bei der Aufsichtsbehörde fest angestellt sein muss, betreffen die anfallenden Kosten in erster Linie Aufenthaltskosten im Ausland und allenfalls eine Mitfinanzierung gemeinsamer Projekte, z. B. über das EU-Forschungsrahmenprogramm. Es ist mit bis zu 100 000 CHF zu rechnen, verteilt über 3–4 Jahre.
Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte Forschungsarbeiten	Spezielliteratur, Technische Berichte aus dem Umfeld der Tiefenlagerung, EU-Projekte und -Berichte (COBECOMA, NF-PRO, TIMODAZ, MICADO, GLAMOR).
Ergebnisse	



3. Lagerkonzepte	
3.7. Lagerauslegung	
Ausgangslage	<p>Die Anforderungen an die Lagerauslegung sind im Kernenergiegesetz, der Kernenergieverordnung und der Richtlinie ENSI-G03 festgehalten.</p> <p>Die Vorschläge der Nagra in Etappe 1 des Sachplanverfahrens beinhalten die Erstellung von geologischen Tiefenlagern in tonreichen Gesteinen. Die Vorschläge beinhalten verschiedene Möglichkeiten der Lagerrealisierung (bspw. Kombilager, Aufteilung des SMA-Lagers auf zwei Wirtgesteine, Sicherung der aufgefahrenen HAA-Lagerstollen, Erschliessung des Lagers mittels Rampe und/oder Schacht.</p> <p>In den weiteren Schritten der Lagerrealisierung werden die für die Lagerkonzepte sicherheitsrelevanten Aspekte der tonreichen Wirtgesteine optimiert werden. Aus Sicht des ENSI ist deshalb abzuklären, ob hinsichtlich der behördlichen Anforderungen Reglungsbedarf besteht.</p>
Zielsetzung, Fragestellungen	<p>Im Projekt sollen Möglichkeiten der Lagerrealisierung (bspw. Kombilager, Aufteilung des SMA-Lagers auf zwei Wirtgesteine, Sicherung der aufgefahrenen HAA-Lagerstollen, Erschliessung des Lagers mittels Rampe und/oder Schacht) diskutiert werden. Ausgehend von den grundlegenden Sicherheitsfunktionen der jeweiligen Lagerteile soll geklärt werden, ob die vorgeschlagenen Tiefenlagerkonzepte den gesetzlichen Auftrag nach dauerndem Schutz von Mensch und Umwelt sicherstellen.</p> <p>Im Rahmen einer breiten Anhörung soll abgeklärt werden, ob für das ENSI Regelungsbedarf für Anforderungen an die Lagerkonzepte besteht. Zu den Projekten 3.3 und 3.4 soll eine enge Zusammenarbeit und themengerechte Abgrenzung erfolgen.</p> <p>Zu beantwortende Fragen sind unter anderen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Welche Möglichkeiten der Anordnung der Einlagerungsstollen gibt es und welches sind ihre Vor- und Nachteile? Welche Faktoren sind zu berücksichtigen?</li><li>– Wie ist die Lagerauslegung optimal auf die geologisch-tektonische Situation am Standort anzupassen (Trennflächengeometrie und -häufigkeit, Spannungsverteilung)? Welche Faktoren sind zu berücksichtigen? Welche Anpassungen in der Auslegung wären möglich/sinnvoll, wenn geologische Komplikationen auftreten?</li><li>– Welche vollflächigen Stützmittel können entlang der HAA-Einlagerungsstollen im Opalinuston bzw. Tongesteinen verwendet werden? Welche Anpassungen an das Design aus dem Entsorgungsnachweis sind dazu notwendig (z. B. Ausbruchsquerschnitt)? Welche Konsequenzen haben die Anpassungen auf die Langzeitsicherheit?</li><li>– Wie stark kann und soll ein Lagerkonzept auf geologische Komplikationen ausgerichtet werden? Welche Komplikationen sind in der Planung zu berücksichtigen?</li><li>– Mit welchen Techniken können wirksam und langfristig Wassereinträge in den Zugangsbauwerken (Schacht/Rampe) bei der Querung von Aquifere oder Störungszonen vermieden bzw. deren Wirkung aufgefangen werden?</li><li>– Was ist die sicherheitstechnische Bedeutung der Ausbruchstechniken?</li><li>– Erfüllen die vorgeschlagenen Zugangsbauwerke (d. h. Rampe und/oder Schacht) ihre sicherheitstechnische Funktion im Lagerkonzept?</li></ul>



	<ul style="list-style-type: none"><li>– Was sind die sicherheitstechnische Bedeutung einer Aufteilung des SMA-Lagers auf zwei Wirtgesteine?</li><li>– Was sind die sicherheitstechnischen Vor- und Nachteile eines Kombilagers?</li><li>– Wie beeinflussen Behältermaterial, Hohlraumverfüllung, Versiegelungsbauwerke und die lagerbedingten Einflüsse die Lagerauslegung?</li><li>– Welchen Einfluss hat die Behältergrösse auf das Lagerkonzept?</li><li>– Welche sicherheitstechnischen Fragen würden sich aus einer direkten Einlagerung der Transport- und Lagerbehälter in das Tiefenlager ergeben?</li></ul>
Vorgehen	<p>Anhand eines Fragebogens soll zunächst ein Überblick über die potenziell sicherheitsrelevanten Aspekte zusammengestellt werden. Anhand dieser Aspekte wird das weitere Vorgehen bestimmt. Es soll in einer breiten Expertenbefragung geprüft werden, ob alternative Ansätze eine sicherheitstechnische Verbesserung darstellen und ob sie ins Lagerkonzept eingebaut werden sollen (Arbeitspaket 1).</p> <p>Die von der Nagra vorgeschlagenen Lagerkombinationen sollen bezüglich ihrer sicherheitstechnischen Eigenschaften evaluiert werden, insbesondere die verschiedenen Möglichkeiten von Schacht und Rampe als Zugangsbauwerke, eine direkte Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern (folglich der Verzicht auf eine Umverpackung der HAA) oder die Möglichkeiten einer mehrstöckigen Anlegung der Lagerkavernen (Arbeitspaket 2).</p> <p>Es soll abgeklärt werden, ob verschiedene Techniken der Hohlraumsicherung Relevanz für die Langzeitsicherheit haben und wie die Zugangsbauwerke sicher vor Wassereintrüben geschützt werden können (Arbeitspaket 3).</p> <p>Für eine optimierte Auslegung des Lagers in einer geologischen Situation sollen die entsprechenden Kriterien gesammelt und gewichtet werden. Dabei sollen auch die entsprechenden Flexibilitäten für unerwartete Situationen beurteilt werden (Arbeitspaket 4).</p> <p>Die Ergebnisse des Projekts werden in einem Schlussbericht zusammengeführt (Arbeitspaket 5).</p>
Organisation	Das Projekt wird vom ENSI geleitet. Weitere Expertinnen und Experten (z. B. von der ehemaligen EKRA) und die Nagra sind für Fachsitzungen beizuziehen. Nach Bedarf werden weitere Expertinnen und Experten aus dem Ausland zur Präsentation der dortigen Lagerkonzepte beigezogen.
Zeitplan	Ca. 30 Monate. Ein koordiniertes Vorgehen mit den Projekten 3.3 (Auslegung und Inventar des Pilotlagers) sowie 3.4 (Monitoringkonzept und -einrichtungen) ist erforderlich. Das Projekt wird Ende 2013 abgeschlossen.
Kosten	Ca. vier Personen-Monate Aufwand oder CHF 105 000.–, ca. CHF 30 000.– für externe Expertinnen und Experten.
Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte Forschungsarbeiten	<ul style="list-style-type: none"><li>– Unterlagen der Nagra zu Etappe 1, insbesondere NTB 08-01 bis -07 sowie NTB 10-01,</li><li>– SIA-Normen zum Tunnelbau</li><li>– Aktuelle und frühere Berichte zu den Lagerkonzepten in anderen Ländern</li></ul>



	mit weit fortgeschrittenen Entsorgungsprogrammen in tonreichen und anderen Gesteinen (insbesondere Frankreich, Belgien, Spanien, Schweden, Finnland, Kanada, USA, Ungarn), – Berichte zu den Themen Stollenverfüllung, Versiegelungstechniken, Schacht und Rampenbau, Wassereinbrüche und deren Handhabung.
Ergebnisse	



3. Lagerkonzepte	
3.8. Lagerauslegung-2	
Ausgangslage	<p>Von 2011 bis 2013 hat das ENSI im Rahmen des Projekts «Lagerauslegung» (3.7) diverse Aspekte zum Design eines geologischen Tiefenlagers und zu dessen Zugangsbauwerken mit Experten und der Nagra diskutiert. Im Rahmen des Projekts konnten einige Aspekte nicht abschliessend ausdiskutiert werden bzw. sind neue Fragestellungen aufgetaucht. Es ist daher sinnvoll, im Rahmen einer Fortsetzung einige der früheren Aspekte erneut aufzunehmen, weiterzuentwickeln bzw. auch neue Aspekte anzugehen.</p> <p>Die Projekte «Lagerauslegung» und «Lagerauslegung-2» werden zeitlich durch die Beurteilungsarbeiten des ENSI zur Etappe 2 des Sachplans geologische Tiefenlager unterbrochen werden. Projekt «Lagerauslegung-2» kann somit frühestens Mitte 2015 beginnen.</p>
Zielsetzung, Fragestellungen	<p>Im Projekt «Lagerauslegung-2» sollen im Hinblick auf die von der Nagra in Etappe 2 vorgeschlagenen Standortgebiete und Wirtgesteine die Lagerkonzepte der Nagra erneut kritisch hinterfragt werden. Dabei soll auch definiert werden, was «Rückholung ohne grossen Aufwand» bedeutet und wie dies umgesetzt werden kann. Der Rahmen des Projekts wird sich auf eine breite Expertenbefragung abstützen und klären, ob hinsichtlich der Anforderungen an die Lagerkonzepte Regelungsbedarf besteht.</p> <p>Im Folgeprojekt soll die Betrachtung der Lagerkonzeption auf die Oberflächenanlagen ausgedehnt und es sollen sicherheitstechnische (nicht raumplanerische!) Aspekte einer Verlagerung der Verpackungsanlage an einen vom Tiefenlagerstandort entkoppelten Standort, dem Transport der T/L- bzw. Endlagerbehälter zum Eingang der Zugangsbauwerke beschäftigt. Die Resultate aus den Projekten 3.3 und 3.4 sollen integriert werden.</p> <p>Zu beantwortende Fragen sind unter anderen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Welche sicherheitstechnischen Vor- und Nachteile ergeben sich, wenn eine Verpackungsanlage nicht am Standort des Tiefenlagers steht, sondern die Abfälle zum Eingang der Zugangsbauwerke über eine grössere Distanz transportiert werden müssen?</li><li>– Welche sicherheitstechnischen Vor- und Nachteile ergeben sich bei längerem Transport der Endlagerbehälter? Wie können solche Transporte entsprechend den heutigen Transportvorschriften (ADR-SDR) abgewickelt werden?</li><li>– Welche Konditionierungsanlagen sind in den Oberflächenanlagen vorzusehen? Welche Mengen an radioaktiven Abfällen werden entstehen?</li><li>– Welche Lagereinheiten sollen nach Ende der Einlagerung verfüllt werden?</li><li>– Welche Verfüllmaterialien sieht die Nagra vor? Gibt es Überlegungen, das ausgebrochene Opalinuston-Material in der Verfüllung zu rezyklieren und, wenn ja, mit welchem Sicherheitsgewinn?</li><li>– Welche neuen Aspekte ergeben sich aufgrund der von Etappe 1 auf 2 erfolgten Reduktion der vorgeschlagen Standortgebiete? Welche neuen Erkenntnisse bzgl. der tektonischen Beanspruchung der Wirtgesteine in den Standortgebieten wurden aufgrund der erfolgten 2D- bzw. 3D-Seismik gewonnen? Welche Anpassungen sieht die Nagra dazu bzgl. des Ausbaus der untertägigen Anlagen vor?</li><li>– Welche Voraussetzungen müssen gegeben sein, um von einer Rückholung ohne grossen Aufwand zu sprechen?</li><li>– Welche technischen und baulichen Massnahmen sind zur Realisierung</li></ul>



	<p>der Rückholbarkeit notwendig und wie wirken sich diese auf die Langzeitsicherheit aus?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Welche Anpassungen ergeben sich in der Lagerauslegung aufgrund der Erkenntnisse aus den früheren Projekten 3.3, 3.4 und 3.7?</li></ul>
Vorgehen	<p>Die oben genannten Fragen sollen an entsprechenden Sitzungen mit Expertinnen und Experten und der Nagra diskutiert werden. Die zugängliche Literatur über Rückholung und Rückholbarkeit soll ausgewertet werden. Die Fragen sollen aufgrund der Beurteilungsarbeiten zu Etappe 2 angepasst werden.</p> <p>Die Ergebnisse des Projekts werden in einem Schlussbericht festgehalten.</p>
Organisation	<p>Das Projekt wird vom ENSI geleitet. Expertinnen und Experten und die Nagra werden für Fachsitzungen beigezogen. Nach Bedarf werden weitere Expertinnen und Experten aus dem Ausland zur Präsentation der dortigen Lagerkonzepte bzw. Erfahrungen in der Umsetzung dieser Lagerkonzepte beigezogen.</p>
Zeitplan	<p>Ca. 18 Monate (15 Monate für die Abklärungen der oben aufgelisteten Fragen, ca. eine Sitzung alle 2 Monate, und 3 Monate für die Redaktion eines Schlussberichts.</p> <p>Aufgrund der Beurteilungsarbeiten zu Etappe 2 (gegenwärtig geplant von Mai 2014 bis Mitte 2015) soll das Projekt nicht vor Mitte 2015 gestartet werden und entsprechend bis Ende 2016 dauern.</p>
Kosten	<p>Ca. 3 Personen-Monate Aufwand oder CHF 55 000.–, ca. CHF 40 000.– für externe Expertinnen und Experten.</p>
Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte Forschungsarbeiten	<ul style="list-style-type: none"><li>– Schlussberichte zu den Forschungsprojekten 3.3, «Auslegung und Inventar des Pilotlagers», 3.4, «Monitoringkonzept und -einrichtungen» sowie 3.7, «Lagerauslegung»</li><li>– Schlussberichte zu EU-Projekt «MoDeRn»</li><li>– Transportvorschriften ADR und SDR</li><li>– Unterlagen der Nagra zu Etappe 2, insbesondere Berichte zur Bautechnik.</li><li>– SIA-Normen für Tunnelbau</li><li>– Berichte zu ausländischen Lagerkonzepten, insbesondere in tonreichen Wirtgesteinen (Frankreich, Belgien).</li><li>– Berichte zu ausländischen Entsorgungsprojekten mit Rückholbarkeit bzw. gegenwärtig ausgeführter Rückholung (z. B. Asse II).</li></ul>
Ergebnisse	



4. Ethik / Recht	
4.1. Umweltpolitische Fragen	
Ausgangslage	<p>Die Sorge um den Schutz von Mensch und Umwelt vor schädigenden Einwirkungen, die aus menschlichen Tätigkeiten stammen, hat in den vergangenen Jahren zu verschiedenen grundsätzlichen Diskussionen geführt. Nachhaltigkeit und Vorsorgeprinzip beispielsweise sind zwei wichtige Grundsätze, mit deren Umsetzung an praktischen Beispielen mittlerweile auch vielfältige Erfahrungen existieren.</p> <p>Die Entsorgung radioaktiver Abfälle stellt – unter anderem aus historischen Gründen – einen Sonderfall der Abfallbewirtschaftung dar. Um Konsistenz mit anderen Bereichen der Abfallbewirtschaftung und allgemeiner des Schutzes von Mensch und Umwelt zu gewährleisten, sollte die Anwendung grundlegender umweltpolitischer Prinzipien und aktueller umweltpolitischer Diskussionen im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle überprüft werden (vgl. auch Projekt 3.1, Lagerkonzepte: Abfallbewirtschaftung im Vergleich).</p>
Zielsetzung, Fragestellungen	<p>Die Untersuchung liefert Entscheidungsgrundlagen für BFE und ENSI. Sie zeigt auf, wo Konsistenz mit aktuellen umweltpolitischen Grundsätzen besteht, wo allenfalls Handlungsbedarf besteht und welche Entwicklungen sich für die kommenden Jahre abzeichnen.</p> <p>Mit dem Projekt sollen vor allem folgende Leitfragen beantwortet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>–Welche wichtigen umweltpolitischen und umweltethischen Diskussionen der vergangenen Jahre sind für die Entsorgung radioaktiver Abfälle von Bedeutung?</li><li>–Welche neuen Diskussionen, die für die Entsorgung wichtig werden könnten, zeichnen sich heute ab?</li><li>–Wie wird insbesondere das Prinzip der Nachhaltigkeit im Entsorgungsbereich umgesetzt?</li><li>–Welche Verpflichtungen bestehen aus heutiger Sicht gegenüber späteren Generationen? Wie können diese Verpflichtungen erfüllt werden?</li><li>–Welche Anforderungen sind an gesellschaftliche Steuerungsmechanismen im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle zu stellen?</li><li>–Welche wesentlichen Anforderungen ergeben sich zusammenfassend an die Entsorgung radioaktiver Abfälle? Welche dieser Forderungen sind bereits erfüllt? Wo besteht ggf. noch Handlungsbedarf? Welche Massnahmen sind geeignet, evtl. bestehende Lücken zu schliessen?</li></ul>
Vorgehen	<p>Systematische Erhebung und Darstellung wichtiger umweltpolitischer und umweltethischer Diskussionen, z. B. um Nachhaltigkeit, Vorsorge- und Fairnessprinzip, intergenerationelle Ethik resp. Gerechtigkeit. Umsetzung auf die Entsorgung radioaktiver Abfälle. Das Projekt beruht wesentlich auf einer Literaturrecherche und den Erfahrungen des Projektteams. Dabei soll auf eine konkrete Auslegeordnung für die aktuellen und künftigen Arbeiten des BFE hingearbeitet werden.</p>
Organisation	<p>Bei einer Arbeitsgemeinschaft ist eine Federführung zu bestimmen. Innerhalb der Arbeitsgemeinschaft sind Kompetenzen in den Bereichen Umweltethik und Recht sowie in der Entsorgung radioaktiver Abfälle nachzuweisen. Erfahrungen mit der praktischen Umsetzung umweltethischer Prinzipien sind von Vorteil. Die Arbeiten werden durch eine Begleitgruppe betreut. In der Offerte sind erste Vorschläge für eine Begleitgruppe darzulegen. Dabei sind die Expertinnen und Experten noch nicht anzufragen. Die Begleitgrup-</p>



	pe soll nicht mehr als acht Personen umfassen.
Zeitplan	Dauer: 9 Monate bis 1 Jahr. Da das Projekt wichtige Informationen für weitere Forschungsarbeiten, z. B. für die Projekte 1.2 und 3.1 liefert, sollte es zügig realisiert werden.
Kosten	Ca. 65 Personentage; CHF 80 000
Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte Forschungsarbeiten	<ul style="list-style-type: none"><li>–Der Bundesrat (2012): Strategie nachhaltige Entwicklung 2012–2015. Bern.</li><li>–Interdepartementale Arbeitsgruppe «Vorsorgeprinzip» (2003): Das Vorsorgeprinzip aus schweizerischer und internationaler Sicht. Synthesepapier. Bern.</li><li>–D. Appel, J. Kreusch, W. Neumann (2001): Vergleichende Bewertung von Entsorgungsoptionen für radioaktive Abfälle. Abschlussbericht im Auftrag des Forschungszentrums Karlsruhe. Hannover.</li><li>–W. Boetsch (2003): Ethische Aspekte bei der Endlagerung radioaktiver Stoffe. Abschlussbericht. Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Bonn.</li><li>–W. Leder, G. B. Achenbach, R. Spaemann, V. Gerhardt (2003): (2003): Ethische Aspekte der Endlagerung. Tagungsbericht. Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Bonn.</li><li>–W. Veith (2006): Intergenerationelle Gerechtigkeit. Stuttgart.</li></ul>
Ergebnisse	



4. Ethik / Recht	
4.2. Schutzziele	
Ausgangslage	<p>Mit Schutzziele für geologische Tiefenlager wird festgelegt, welches Mass an Sicherheit für Mensch und Umwelt erreicht werden soll. Im Vordergrund steht dabei der Mensch. Daneben sind jedoch auch nicht-menschliche Arten und ökologische Systeme zu berücksichtigen. Da je nach Art der Abfälle über Zeiträume von 100 000 Jahren und mehr dafür gesorgt werden muss, dass keine unzumutbare Gefährdung von den Abfällen ausgeht, wird zudem auch der Schutz künftiger Lebensformen diskutiert.</p> <p>Auf internationaler Ebene befasst sich gegenwärtig eine Expertengruppe der «International Commission on Radiological Protection» ICRP mit dieser Frage, und ein Entwurf des Dokumentes ICRP-122 («Protection of the Environment under Different Exposure Situations») befindet sich in Vernehmlassung.</p>
Zielsetzung, Fragestellungen	<p>Mit dem Projekt soll eine Übersicht über die aus ethischer Sicht relevanten Überlegungen zum Vorhaben, Menschen (Lebewesen) in einer weit entfernten Zukunft angemessen zu schützen, erarbeitet werden. Der Fokus soll dabei nicht zu eng auf geologische Tiefenlager gelegt werden, d. h. auch andere Aspekte sollen mit einbezogen werden (ganzheitliche Betrachtungsweise). Zudem wird eine fundierte Entscheidungsgrundlage für die Definition von Schutzziele beim ENSI bereitgestellt.</p> <p>Mit dem Projekt sollen folgende Leitfragen beantwortet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>–Welche Überlegungen und umweltpolitischen Prinzipien sind geeignet, als Grundlage für die Wahl künftiger Schutzziele zu dienen?</li><li>–Was heisst insbesondere «schützen» über lange Zeiträume (bei unbekannter Evolution von Mensch und Technik)?</li><li>–Was ist unter Gerechtigkeit im Umgang mit Mensch und Umwelt (z. B. bezüglich Strahlenschutz) über sehr lange Zeitspannen zu verstehen (intergenerational equity)?</li><li>–Gibt es eine Zeitspanne, nach der eine intergenerationelle Verpflichtung ihren Sinn verloren hat?</li></ul>
Vorgehen	<p>Übersicht über die aus ethischer, rechtlicher und naturwissenschaftlich-technischer Sicht relevanten Überlegungen zum Vorhaben, Menschen (Lebewesen) in einer weit entfernten Zukunft angemessen zu schützen. Das Projekt besteht wesentlich in einer systematischen Literaturrecherche. Erhebung und Diskussion bestehender Ansätze, Entwicklung von Empfehlungen zuhanden des ENSI.</p>
Organisation	<p>Bei einer Arbeitsgemeinschaft ist eine Federführung zu bestimmen. Innerhalb der Arbeitsgemeinschaft sind Kompetenzen im Bereich Schutzziele sowie in der Entsorgung radioaktiver Abfälle nachzuweisen. Die Arbeiten werden durch eine Begleitgruppe betreut. In der Offerte sind erste Vorschläge für eine Begleitgruppe darzulegen. Dabei sind die Expertinnen und Experten noch nicht anzufragen. Die Begleitgruppe soll nicht mehr als acht Personen umfassen. Allenfalls sind im Verlauf des Projektes Synergien zu den derzeit laufenden Arbeiten der Nationalen Plattform Naturgefahren PLANAT und zum Projekt «Risiko Schweiz» beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz zu nutzen.</p>
Zeitplan	Dauer: 6 bis 9 Monate
Kosten	Ca. 65 Personentage; CHF 80 000



Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte For- schungsarbeiten	–Projekte 1.2 (Langzeitaspekte: Wissenserhalt und Markierung), 3.1 (Lagerkonzepte: Abfallbewirtschaftung im Vergleich), 4.2 (Schutz der Umwelt) und 4.1 (Umweltpolitische Fragen) –Richtlinie ENSI-G03 –Entsprechende Regelwerke anderer Länder –Ergebnisse der Projekte «Schutzziele» der PLANAT im Rahmen des Aktionsplans Naturgefahren der PLANAT –Umfangreiche Publikationen der IAEA und der ICRP –NEA (1995): The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal. Paris. Fachliteratur zur intergenerationellen Ethik, insbesondere: –D. Birnbacher (1988): Verantwortung für zukünftige Generationen. –H. Jonas (1984): Das Prinzip Verantwortung. –W. Veith (2006): Intergenerationelle Gerechtigkeit. Stuttgart.
Ergebnisse	

## ANHANG 1: Terminplanung der Projekte

		ca. Dauer (Mt)	2013	2014	2015	2016
<b>1</b>	<b>Langzeitaspekte</b>					
1.1.	Wissenserhalt und Markierungskonzepte	30	Das Projekt wird im Rahmen der OECD/RWMC/NEA weitergeführt.			
<b>2</b>	<b>Sachplanverfahren</b>					
2.1.	Begleitforschung Partizipation	18				
<b>3</b>	<b>Lagerkonzepte</b>					
3.1.	Abfallbewirtschaftung im Vergleich	30				
3.2.	Schutz der Umwelt	3				
3.3.	Auslegung und Inventar des Pilotlagers	24				
3.4.	Monitoringkonzept und -einrichtungen	30				
3.5.	Verschlussmassnahmen in Krisensituationen	6*				
3.6.	Materialwissenschaftliche Fragen	n. limitiert				
3.7.	Lagerauslegung	4*				
3.8.	Lagerauslegung-2	3*				
<b>4</b>	<b>Ethik / Recht</b>					
4.1.	Umweltpolitische Fragen	2*				
4.2.	Schutzziele	2*				

\*Personenmonate

## ANHANG 2:

### Fachkompetenzen und Zuständigkeiten der Institutionen des Bundes

<b>Organisation</b>
<b>BFE</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Erarbeiten von Grundlagen für die Entsorgungspolitik und -strategie des Bundes.</li><li>– Planen, koordinieren und leiten der Entsorgungsprojekte und überwachen der Durchführung von Verfahren (z. B. Sachplanverfahren).</li><li>– Koordinieren und zusammenarbeiten mit Bundesstellen, Kantone, Organisationen und dem benachbarten Ausland.</li><li>– Sicherstellen der Finanzierung von Stilllegung und Entsorgung.</li><li>– Planen und durchführen von Informations- und Kommunikationstätigkeiten.</li><li>– Mitarbeiten in nationalen und internationalen Gremien (z. B. IAEO, OECD/NEA).</li></ul>
<b>ENSI</b>
<b>Generell:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Aufsichtsbehörde des Bundes im Kernenergiebereich: Anlagenbegutachtung und Betriebsüberwachung für Kernkraftwerke, Zwischenlager für radioaktive Abfälle und nukleare Forschungseinrichtungen</li><li>– Strahlenschutz von Personal und Bevölkerung sowie Schutz kerntechnischer Anlagen vor Sabotage</li><li>– Aufsicht über die Entstehung, Behandlung, Zwischenlagerung und Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle, über den Transport radioaktiver Materialien und über die Stilllegung von Kernanlagen</li><li>– Förderung und Koordination der regulatorischen Sicherheitsforschung</li></ul>
<b>Speziell im Zusammenhang mit der geologischen Tiefenlagerung:</b>
<i>a) Geologie</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Erarbeitung der geologischen Anforderungen und Beurteilungsgrundlagen für die geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle</li><li>– Beurteilung und Begleitung der geowissenschaftlichen Untersuchungen im Hinblick auf die geologische Tiefenlagerung</li><li>– Führung des Sekretariates der Expertengruppe geologische Tiefenlager (EGT)</li><li>– Überprüfung und Begleitung der Forschungsprogramme zur geologischen Tiefenlagerung</li><li>– Durchführung von Studien zur Szenarienanalyse geologischer Prozesse und zum Langzeitverhalten der Geosphäre</li><li>– Prüfung der geowissenschaftlichen Inputdaten für die sicherheitstechnische Überprüfung von Tiefenlagerprojekten (im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager)</li><li>– Technische und wirtschaftliche Beurteilung der periodisch erstellten Unterlagen zum Entsorgungsfonds</li></ul>
<i>b) Sicherheit</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Erarbeitung der sicherheitstechnischen Anforderungen an die Auslegung des Tiefenlagers und seiner Komponenten</li><li>– Erarbeitung von Beurteilungsgrundlagen für die geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle</li><li>– Sicherheitstechnische Begutachtung von Unterlagen der Entsorgungspflichtigen; Durchführung von Studien zur Szenarien- und Konsequenzenanalyse, insbesondere zu den geochemischen Vorgängen, zum Langzeitverhalten von technischen Barrieren, zur Radionuklidausbreitung und zu lagerbedingten Einflüssen aus einem Tiefenlager in die Geosphäre und Biosphäre</li><li>– Entwicklung, Prüfung und Einsatz von konzeptuellen Modellen und Computerprogrammen für Sicherheitsanalysen für geologische Tiefenlager</li><li>– Überprüfung und Überwachung des von den Entsorgungspflichtigen einzureichenden Entsorgungsprogramms</li><li>– Beurteilung der Endlagerfähigkeit neuer Abfallgebindetypen</li><li>– Führung des Sekretariates des Technischen Forums Sicherheit (im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager)</li></ul>
<b>Speziell im Zusammenhang mit der Behandlung und Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>– Erarbeitung von Beurteilungsgrundlagen für die Konditionierung und Lagerung radioaktiver Abfälle bzw. Lagerung und Behandlung abgebrannter Brennelemente</li><li>– Beurteilung der Spezifikationen von Abfallgebinden/-gebindetypen</li><li>– Beurteilung der Projekte zur Behandlung/Lagerung von Abfällen und abgebrannten Brennelementen sowie die Aufsicht über Bau und Betrieb solcher Einrichtungen</li><li>– Buchführung über radioaktive Abfälle in den schweizerischen Kernanlagen</li><li>– Beurteilung der Sicherheitsnachweise von Transport- und Lagerbehältern für die Lagerung abgebrannter Brennelemente und hochaktiver Abfälle</li></ul>
Behandlung von allgemeinen Fragen zur Stilllegung, Projektleitung bei Stilllegungsprojekten und periodische Beurteilung der Stilllegungspläne von Kernanlagen im Hinblick auf die Rückstellungsbildung

**Generell:**

- Kompetenzzentrum der Schweiz für Geoinformationen sowie für geologische, geophysikalische, geotechnische, geodätische und topografische Grundlagen; betreibt die Bundes-Geodateninfrastruktur und koordiniert die Nationale Geodaten-Infrastruktur der Schweiz.
- Ist die erdwissenschaftliche Fachstelle des Bundes und stellt den übrigen Stellen des Bundes, den kantonalen Fachstellen sowie Dritten geologische Informationen zur Verfügung im Hinblick auf die nachhaltige Nutzung des geologischen Untergrunds, die Berücksichtigung der geologischen Gegebenheiten in Planungs- Konzessionierungs- und Bewilligungsverfahren; die Präventionen vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen geologischer Prozesse auf Personen und Sachen.
- Geologische Beratung und Unterstützung der Bundesverwaltung sowie Dritter, denen Aufgaben des Bundes übertragen sind; Begleitung geologischer Untersuchungen bei Projekten der Bundesverwaltung

**Speziell im Zusammenhang mit der geologischen Tiefenlagerung:**

**a) Fachliche Kompetenzen & Beratung**

- Bereitstellen von geologischen Daten und Informationen von nationalem Interesse wie Vorkommen und Beschaffenheit von geeigneten Gesteinsformationen zur Lagerung von Stoffen und Abfällen oder im Bereich bestehender und geplanter Infrastrukturen von nationalem Interesse.
- Geologie der Schweiz: detaillierte Kenntnisse der Lithofazies und Stratigraphie aller Gesteine. Verbreitung der verschiedenen Fazies. Detaillierte Kenntnisse über die Tektonik der Schweiz, insbesondere von tektonischen Brüchen und Diskontinuitäten (geologischer Atlas der Schweiz, 1:25 000).
- Projekt Geomol: Aufbau eines geometrisch-kinematisch konsistenten geologischen 3D-Basismodell der Schweiz
- Leitung und Betrieb des Felslabors Mont Terri. Experimentelle Fachkenntnisse in Selbstabdichtung von Tongesteinen, hydraulischen Tests, seismisches Monitoring (in Zusammenarbeit mit SED), hydraulisch-mechanische Charakterisierung von tektonischen Brüchen und langzeitlichen Hebungsraten (geodätische Präzisionsmessungen).
- Simulation von thermo-hydro-mechanischen Prozessen im Felslabor Mont Terri (FLAC3D), in Zusammenarbeit mit der EPFL.
- CO<sub>2</sub> Sequestrierung: Abklärung der Dichtigkeit von Tongesteinen, laufende Experimente im Felslabor Mont Terri

**b) Dienstleistungen mit Schnittstellen zur geologischen Tiefenlagerung**

- Führung des Sekretariates der Eidgenössischen Geologischen Kommission (EGK).
- Leitung des interdepartementalen Koordinationsorgans Geologie des Bundes.
- Leitung des Besucherzentrums Mont Terri.
- Sekretariat und Einberufungsstelle der Kantonsgeologen-Konferenz.
- Präsidium des Stratigraphischen Komitees der Schweiz.
- Umfangreich dokumentiertes Bohrkernlager von bedeutenden Tiefbohrungen der Schweiz.