



Bericht vom 23. September 2019

Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle 2017–2020





Datum: 23. September 2019

Ort: Bern

Auftraggeberin und Autorin:

Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung Agneb

c/o Bundesamt für Energie BFE

CH-3003 Bern

www.bfe.admin.ch

BFE-Bereichsleitung: Simone Brander BFE, simone.brandner@bfe.admin.ch

BFE-Programmleitung: Simone Brander BFE, simone.brandner@bfe.admin.ch

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
1. Einleitung	4
2. Grundsätze zum Forschungsprogramm	4
3. Organisation	4
4. Forschungsprojekte	5
4.1 Wissenserhalt und Markierungskonzepte	5
4.2 Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung nach Verschluss	8
4.3 Monitoring aus interdisziplinärer Sicht	10
Anhang: Themenpool	11



1. Einleitung

Auf der Grundlage des Forschungsprogramms Radioaktive Abfälle der vorangehenden Vierjahresperiode erarbeitete die Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (Agneb) das vorliegende Programm für die Jahre 2017–2020. Projekte aus dem vorangehenden Programm, welche noch nicht umgesetzt werden konnten, wurden teilweise ins Folgeprogramm übernommen. Gewisse Themen werden vom ENSI künftig in Eigenregie bearbeitet und deshalb im neuen Forschungsprogramm nicht mehr aufgeführt.

Im Juni 2015 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 2017 bis 2020 zu erheben. Die von der Umsetzungsgruppe beurteilten Themenvorschläge wurden von der Agneb an der Forschungsklausur vom 11. Mai 2016 diskutiert und verabschiedet.

2. Grundsätze zum Forschungsprogramm

Am 22. Juni 2016 verabschiedete die Agneb die folgenden Grundsätze zum Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle 2017–2020:

- Das Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle der Agneb beinhaltet unabhängige Forschungsprojekte und Studien zu interdisziplinären bzw. ämterübergreifenden Entsorgungsfragen auf Bundesebene, die nicht an anderen Orten behandelt werden, bzw. für die kein anderes Gefäss besteht (Auffangbecken für Forschungsfragen).
- Die Agneb kann damit Vorschläge für Studien, etc. anstossen, auf Lücken hinweisen und aus den Resultaten lernen.
- Die Finanzierung der Projekte erfolgt durch die Ämter, welche sich an der interdisziplinären Forschung beteiligen.
- Die Verantwortung für die Durchführung eines Forschungsprojekts trägt die von der Agneb festgelegte Projektleitung. Für die Qualitätssicherung und die Kommunikation ist die Agneb zuständig.

3. Organisation

- Unterstützt wird die Agneb administrativ vom Forschungssekretariat, welches beim BFE angesiedelt ist.
- Die Agneb plant jährlich eine Forschungsklausur durchzuführen und lädt dazu die KNS ein.
- Pro Forschungsprojekt wird ein Projekt-Team aus Agneb-Mitgliedern eingesetzt.

Die auf den folgenden Seiten skizzierten Ressortforschungsprojekte 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. Jährlich findet eine Aktualisierung des Forschungsprogramms durch die Agneb statt.



4. Forschungsprojekte

4.1 Wissenserhalt und Markierungskonzepte

<p>Ausgangslage</p>	<p>Mit der geologischen Tiefenlagerung, die im Kernenergiegesetz verankert ist, sollen radioaktive Abfälle sicher und dauerhaft in tiefen geologischen Formationen entsorgt werden. 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 bis zu einer Million Jahre 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>
<p>Zielsetzung, Fragestellungen</p>	<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">- Welche Argumente sprechen für eine Markierung über sehr lange Zeiträume hinweg, welche Argumente sprechen dagegen?- Wie wird die Notwendigkeit einer Markierung beurteilt?- Wie wird die Machbarkeit einer Markierung, die über sehr lange Zeiträume hinweg funktionsfähig bleibt, beurteilt? <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> <p>Welche Erkenntnisse existieren heute zu Dokumentation und Wissensmanagement über Jahrzehnte, Jahrhunderte und Jahrtausende hinweg?</p> <ul style="list-style-type: none">- Welche Vorkehrungen können sicherstellen, dass dokumentiertes Wissen über geschichtliche Zeiträume und darüber hinaus verstanden wird?- Welche Vorkehrungen können sicherstellen, dass dokumentiertes Wissen über geschichtliche Zeiträume praktiziert wird, zur Anwendung kommt?



	<ul style="list-style-type: none">- Welche Grundlagen, Erkenntnisse und Konzepte existieren zur Markierung als Kommunikationsmittel über geologische Zeiträume und zur Kommunikation mit anderen Lebensformen?- Welche Markierungskonzepte schützen über welche Zeiträume Tiefenlager gegen unbeabsichtigtes Eindringen?- Welche Empfehlungen lassen sich aus den zuvor erhobenen Grundlagen und Erkenntnissen für die Nachverschlussphase ableiten?- Welche Massnahmen sollten bereits heute oder in den kommenden Jahren in die Wege geleitet werden? Welche raumplanerischen Konsequenzen 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	<p>Anhand einer Literaturrecherche wurde der aktuelle Stand der Markierung von geologischen Tiefenlagern im Jahr 2010 erhoben. Anschliessend wurde beschlossen, das Forschungsprojekt auf internationaler Ebene im Rahmen der OCED weiterzuführen. Deshalb beteiligt sich das BFE am bis ins Jahr 2018 dauernden OECD-Projekt «Preservation of Records, Knowledge and Memory (RK&M) Across Generations» (vgl. http://www.oecd-nea.org/rwm/rkm/). Ziel von Phase I dieses Projekts war es, bis ins Jahr 2014 ein gemeinsames Dokument zu erarbeiten, welches verschiedene Themenbereiche abdecken soll, damit – basierend auf den selben internationalen Standards – jedes Land einen passenden Aktionsplan zusammenstellen kann. Von 2014 bis 2018 dauerte Phase II der RK&M-Initiative. An einem Workshop vom 22. bis 24. Januar 2019 der Nuclear Energy Agency wurden die Resultate der zweiten Phase präsentiert und diskutiert. Zurzeit werden der Schlussbericht und weitere Projektdokumente erarbeitet.</p>
Organisation	Das BFE beteiligt sich am OECD-Projekt RK & M.
Zeitplan	Phase I 2011–2014, Phase II 2014–2018.
Kosten	Pro Jahr ca. Euro 8000.
Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte Forschungsarbeiten	<p>Fachliteratur und Arbeiten internationaler Gremien, einschliesslich älterer Quellen, z. B.</p> <ul style="list-style-type: none">- DOE, U.S. Department of Energy (1999): Waste Isolation Pilot Plant. How Will Future Generations Be Warned? Carlsbad.- OECD (1995): Future Human Actions at Disposal Sites, Report of a Working Group on Assessment of Future Human Actions at Radioactive Waste Disposal Sites.- 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- Arbeiten der ANDRA zu diesem Thema- Jüngere Literatur zur Langzeitarchivierung. Literatur zur Haltbarkeit von Datenträgermedien. Berichte zu Erfahrungen mit der Erhaltung der Lesefähigkeit von Datenträgern. Literatur zur «transkulturellen Kommunikation» (evtl. Raumflugkörper-Botschaften der NASA, Interpretationen der Zeugnisse vergangenen Kulturen) soweit zugänglich.- R. Posner, (Hrsg.) (1984): Und in alle Ewigkeit: Kommunikation über 10 000 Jahre: Wie sagen wir unsern Kindeskindern wo der Atom Müll liegt?



	<p>In: Zeitschrift für Semiotik. http://ling.kgw.tu-berlin.de/semiotik/deutsch/ZFS/Zfs84_3.htm</p> <ul style="list-style-type: none">- R. Posner (Hrsg.) (1990): Warnungen an die ferne Zukunft: Atommüll als Kommunikationsproblem. München, Raben-Verlag.
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none">- Buser Marcos (2010): Literaturstudie zum Stand der Markierung von geologischen Tiefenlagern. Bundesamt für Energie BFE. Bern.- OECD, NEA, RK&M (https://www.oecd-nea.org/rwm/rkm/), Studien zum Monitoring, RK&M-Verlust, Japanische Tsunami Marker, Internationale Mechanismen zur Unterstützung von RK&M, Key Information File (KIF), RK&M Referenz-Bibliografie, Set of Essential Records (SER), Final Report of the RK&M-Initiative.



4.2 Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung nach Verschluss

Ausgangslage	Die Betriebsdauer vieler grosser Forschungsanlagen wie des CERN oder des PSI und Forschung an Universitäten ist noch unbestimmt. Demzufolge ist unklar, ob nach dem Verschluss der geologischen Tiefenlager noch radioaktive Abfälle aus diesen Anlagen sowie aus zukünftigen Technologien in Medizin und Industrie anfallen werden. Für die Kernkraftwerke ist eine Stilllegung aller KKW und die Einlagerung sämtlicher radioaktiver Abfälle in die geplanten geologischen Tiefenlager vor deren Verschluss vorgesehen. Bei den Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF) stellt sich hingegen die Frage der Entsorgung nach dem Ende des Einlagerungsbetriebs in die geologischen Tiefenlager.
Zielsetzung, Fragestellungen	Dieses Projekt soll eine vertiefte Analyse der Problemstellung ermöglichen und mögliche Lösungsansätze darstellen. Dabei werden unter anderem folgende Punkte untersucht: <ul style="list-style-type: none">• Herkunft, Zeithorizont und zu erwartende Mengen an radioaktivem Abfall aus Medizin, Industrie und Forschung.• Konditionierung und Zwischenlagerung dieser Abfälle.• Vor- und Nachteile sowie technische Möglichkeiten und finanzielle Konsequenzen<ul style="list-style-type: none">○ einer verlängerten Offenhaltung eines SMA-Lagers;○ einer Einlagerung am Ende der Beobachtungsphase eines SMA-Lagers vor dem definitiven Verschluss oder○ eines weiteren SMA-Lagers.• Mögliche Alternativen zum geologischen Tiefenlager für die noch zu erwartenden Mengen an radioaktiven MIF-Abfällen nach Ende des Einlagerungsbetriebs in der Schweiz.
Vorgehen	Die mögliche zukünftige Menge an radioaktiven Abfällen kann nur anhand von Erfahrungswerten und Expertenmeinungen abgeschätzt werden. Dabei müssen u. U. Szenarien konstruiert oder Annahmen getroffen werden. Die anderen Fragestellungen werden mittels Analyse der vorhandenen Systeme, Analyse von Szenarien und Extrapolationen angegangen. Daten zu den Mengen radioaktiven Abfalls aus der Vergangenheit sind vorhanden. Zudem verfügt man aufgrund der sogenannten Kostenstudien über Daten von guter Qualität zu den Entsorgungskosten radioaktiver Abfälle unter heutigen Bedingungen der Entsorgungspflichtigen. Weiter liefern auch ausländische Projekte zur Entsorgung radioaktiver Abfälle Erfahrungen zu den Sicherheitsaspekten gewisser Lösungen sowie zu deren Kosten.
Organisation	Diese Fragestellung wird durch eine Arbeitsgruppe mit Vertretungen der Behörden (BAG, BFE, ENSI), der Sammelstelle des Bundes (PSI) sowie der durch die Entsorgungspflichtigen beauftragten Planenden der Entsorgung radioaktiver Abfälle (Nagra) sowie unter Einbezug von Abfall-Produzierenden bearbeitet.



Zeitplan	Die Agneb hat das Projekt mit der Verabschiedung des Mandats im Juni 2016 gestartet. Die eingesetzte Arbeitsgruppe hat sich regelmässig getroffen und mit einer Vertretung des CERN Abklärungen zu den im CERN anfallenden Abfällen getätigt. Der Bericht wurde im zweiten Quartal 2019 der AGNEB zugestellt. Eine Endversion des Berichts soll nach Einarbeiten der Kommentare der Mitglieder der Agneb bis Ende 2019 vorliegen.
Kosten	Ca. 3 Personen-Monate Aufwand.
Grundlagen, Referenzprojekte, verwandte Forschungsarbeiten	<ul style="list-style-type: none">• Informationssystem für radioaktive Materialien ISRAM• Kostenstudien 2011 und 2016 der Entsorgungspflichtigen• Kernenergiegesetz und -verordnung• Strahlenschutzgesetz und -verordnung
Ergebnisse	



4.3 Monitoring aus interdisziplinärer Sicht

Das ENSI führt zurzeit ein Projekt durch, welches zum Ziel hat, den Stand der Technik und die zukünftigen Entwicklungsrichtungen in Bezug auf ein Monitoringkonzept und die -einrichtungen im Hinblick auf ein Pilotlager darzustellen.

Das BFE veröffentlichte im Frühling 2017 das «Konzept für das Monitoring der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen geologischer Tiefenlager und des Standortauswahlverfahrens im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager». Mit dem Monitoring sollen Auswirkungen der Standortsuche für geologische Tiefenlager und später des Tiefenlagers selbst erhoben werden. Damit soll eine Grundlage geschaffen werden, um negativen Entwicklungen entgegenzuwirken und Chancen für positive Entwicklungen zu nutzen. Das Monitoring soll ein Instrument sein, das regionale Entwicklungen systematisch erfasst und damit die Diskussionen versachlicht.

Das EU-Forschungsprogramm Modern2020 bearbeitet v. a. Fragen zum Monitoring im Nahfeld geologischer Tiefenlager während der Betriebsphase. Voraussichtlich im Jahr 2020 liegen die Ergebnisse vor.

Nach Abschluss des ENSI-Projekts und des Projekts Modern2020 entscheidet die Agneb – voraussichtlich im Jahr 2020 – über die Ziele und Zuständigkeiten sowie die Finanzierung eines ämterübergreifenden, interdisziplinären Folgeprojekts.



Anhang: Themenpool

Zudem befinden sich in einem Themenpool folgende Themen:

- Auswirkungen von Niedrigstrahlung im Rahmen von geologischen Tiefenlagern
- Ethische Aspekte des laufenden Planungs- und Auswahlverfahrens für geologische Tiefenlager evaluieren
- Empfehlungen zum Prozess der ethischen Entscheidungsfindung für die verantwortungsvolle Entsorgung radioaktiver Abfälle formulieren
- Dynamische Änderungen von Meinungen, Einstellungen, Befürchtungen, usw. auf individueller Ebene (voraussichtlich in Etappe 3 des Sachplanverfahrens relevant)
- Nachwuchsförderung (u. a. an EPFL, ETH Zürich und PSI)
- Sozioökonomische Fragestellungen zur Rückholbarkeit