



Bericht vom 20 Juni 2017

Jahresbericht 2016

Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (Agneb)

Rapport annuel 2016

Groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets
nucléaires (Agneb)



Quelle: Nagra 2016



La version française du rapport est à la fin

Titelbild: Mit solchen Bohrtürmen wird die Nagra in den Standortregionen Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost nach Abschluss von Etappe 2 bohren.

Datum:

Ort: Bern

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE

CH-3003 Bern

www.bfe.admin.ch

Autor/in:

Im Bericht erwähnte Institutionen

Auflage: 250

Bezug: Olivia Schneider, Tel. 058 465 07 35, olivia.schneider@bfe.admin.ch

Weitere Informationen: José Rodriguez, Tel. 058 462 56 34, jose.rodriguez@bfe.admin.ch

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autorinnen und Autoren dieses Berichts verantwortlich.

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



Mitglieder der Arbeitsgruppe

Vorsitz

Franz Schnider, Vizedirektor und Leiter der Abteilung Recht, Wasserkraft und Entsorgung, Bundesamt für Energie (BFE), bis Februar 2016

Roman Mayer, Vizedirektor und Leiter der Abteilung Recht, Wasserkraft und Entsorgung, Bundesamt für Energie (BFE), ab Mai 2016

Mitglieder

| | |
|------------------------|--|
| Dr. Peter Allenspach | Direktionsmitglied und Leiter Fachbereich Logistik, Paul Scherrer Institut (PSI) |
| Dr. Sébastien Baechler | Leiter der Abteilung Strahlenschutz, Bundesamt für Gesundheit (BAG) |
| Thomas Baumann | Sektionschef UVP und Raumordnung, Bundesamt für Umwelt (BAFU) |
| Dr. Paul Bossart | Direktor des Mont Terri Projektes, Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) |
| Simone Brander | Leiterin Dienst Grundlagen Entsorgung, Sektion Entsorgung radioaktive Abfälle, Bundesamt für Energie (BFE) |
| Michael Wieser | Leiter des Aufsichtsbereichs Entsorgung, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), bis Mai 2016 |
| Stefan Theis | Interimleiter des Aufsichtsbereichs Entsorgung, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), ab Juni 2016 |
| Leonhard Zwiauer | Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Sektion Bundesplanungen, Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) |

Sekretariat Arbeitsgruppe

Dr. José Rodriguez Fachspezialist Grundlagen Entsorgung, Sektion Entsorgung radioaktive Abfälle, Bundesamt für Energie (BFE)

Zu den Sitzungen der Arbeitsgruppe zeitweise beigezogene Vertreter der Nagra

Dr. Thomas Ernst Vorsitzender der Geschäftsleitung

Dr. Markus Fritschi Mitglied der Geschäftsleitung

Regelmässig an den Sitzungen teilnehmende Mitarbeiterin des Bundesamtes für Energie

Ariane Thürler Fachspezialistin Kernenergierecht



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Vorwort | 6 |
| 2 | Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (Agneb) | 7 |
| | 2.1 Reporting der Forschungstätigkeiten des Bundes zur Entsorgung radioaktiver Abfälle | 7 |
| 3 | Bundesrat und Parlament | 8 |
| | 3.1 Kernenergiehaftpflichtgesetzgebung | 8 |
| | 3.2 Parlamentarische Vorstösse | 8 |
| 4 | Bundesamt für Energie (BFE) | 9 |
| | 4.1 Stilllegungs- und Entsorgungsfonds | 9 |
| | 4.2 Umgang mit Empfehlungen der KNS | 10 |
| | 4.3 Sachplan geologische Tiefenlager | 11 |
| | 4.4 Öffentlichkeitsarbeit | 18 |
| | 4.5 Forschung | 19 |
| | 4.6 Internationales | 20 |
| 5 | Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) | 22 |
| | 5.1 Einleitung | 22 |
| | 5.2 Entsorgung in den Kernkraftwerken | 24 |
| | 5.3 Entsorgung im Paul Scherrer Institut (PSI) | 24 |
| | 5.4 Zwilag Zwischenlager Würenlingen AG | 25 |
| | 5.5 Transporte von Kernmaterialien und radioaktiven Abfällen | 26 |
| | 5.6 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern | 26 |
| | 5.7 Sachplan geologische Tiefenlager | 27 |
| | 5.8 Felslaboratorien | 28 |
| | 5.9 Internationaler Wissenstransfer | 29 |
| 6 | Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung (EGT) | 32 |
| 7 | Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) | 34 |
| | 7.1 Sachplan geologische Tiefenlager | 34 |
| | 7.2 Ausblick | 37 |
| 8 | Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) | 38 |
| | 8.1 20-Jahr Jubiläum des Felslabors Mont Terri | 38 |
| | 8.2 Betrieb und Forschung im Felslabor Mont Terri | 38 |
| 9 | Bundesamt für Gesundheit (BAG) | 44 |
| | 9.1 Sammelaktion der MIF-Abfälle | 44 |
| 10 | Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) | 46 |
| 11 | Bundesamt für Umwelt (BAFU) | 47 |
| 12 | Paul Scherrer Institut (PSI) | 48 |
| | 12.1 Tätigkeiten des PSI zur Behandlung und Beseitigung radioaktiver Abfälle | 48 |
| | 12.2 Forschungsarbeiten am PSI | 48 |
| 13 | Nagra | 55 |
| | 13.1 Sachplan geologische Tiefenlager | 55 |
| | 13.2 Inventar der radioaktiven Materialien | 55 |
| | 13.3 Technisch-wissenschaftliche Grundlagen | 56 |
| | 13.4 Felslabors | 57 |
| | 13.5 Internationale Zusammenarbeit | 57 |



| | |
|--|----|
| 13.6 Öffentlichkeitsarbeiten..... | 58 |
| Anhang I: Ablieferung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle der Elektrizitätswirtschaft..... | 59 |
| Anhang II: Bestand konditionierter Abfallgebinde in der Schweiz am 31.12.2016 (gemäss ISRAM) | 60 |
| Anhang III: Mitglieder ENSI-Rat, KNS und EGT | 62 |
| Anhang IV: Abkürzungsverzeichnis..... | 64 |
| Anhang V: Internetadressen..... | 68 |
| Anhang VI: Liste der parlamentarischen Vorstösse 2016..... | 70 |
| Anhang VII: Liste der im Berichtsjahr erstellten Publikationen | 71 |



1 Vorwort

Geschätzte Leserinnen und Leser,

Im Mai 2016 durfte ich die Leitung der Abteilung Recht, Wasserkraft und Entsorgung im Bundesamt für Energie übernehmen und dadurch auch die Leitung der Agneb. Als Aussenstehender fiel mir sofort die Komplexität der zahlreichen Themen rund um die Entsorgung der radioaktiven Abfälle auf. Insbesondere sind im Sachplanverfahren sehr viele Akteurinnen und Akteure beteiligt, wobei die involvierten Personen bei mir einen sehr professionellen Eindruck hinterliessen. Obwohl das Verfahren zur Standortsuche sehr lange dauert, denke ich, dass es der richtige Weg ist, um das ambitionierte Ziel zu erreichen.

Die Entsorgung der radioaktiven Abfälle ist – wie schon erwähnt – ein komplexes Thema. Die Forschung muss dazu einen wichtigen Beitrag liefern. Mit dem Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle will die Agneb die unabhängige, staatliche Entsorgungsforschung sicherstellen und dabei auch sozialwissenschaftliche Fragestellungen berücksichtigen. Seit der Erarbeitung des ersten Forschungsprogramms der Agneb im Jahre 2008 haben sich verschiedene Rahmenbedingungen geändert. So wurde das ENSI in der Zwischenzeit unabhängig und hat seine regulatorische Forschung stark ausgebaut. Aufgrund der anstehenden Aktualisierung des Forschungsprogramms für die Periode 2017 bis 2020 hat sich die Agneb im Jahr 2016 in einer Klausur mit dem Thema Forschung auseinandergesetzt. Sie ist zum Schluss gekommen, dass das Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle weitergeführt werden soll, jedoch verschiedene Anpassungen notwendig sind. So soll das Forschungsprogramm ausschliesslich unabhängige Forschungsprojekte zu Entsorgungsfragen auf Bundesebene, an deren Beantwortung ein ämterübergreifendes Interesse besteht, enthalten.

Ende Jahr fanden verschiedene wichtige Ereignisse statt:

- Zum «2x2-Vorschlag» der Nagra in Etappe 2 des Standortauswahlverfahrens hatte das ENSI im Herbst 2015 zusätzliche Unterlagen zur bautechnischen Machbarkeit gefordert. Diese Zusatzdokumentation wurde von der Nagra im Sommer 2016 eingereicht und anschliessend vom ENSI geprüft. Im Dezember 2016 teilte das ENSI das Resultat seiner Überprüfung mit: Neben den geologischen Standortgebieten Jura Ost und Zürich Nordost soll zusätzlich auch Nördlich Lägern in Etappe 3 weiter untersucht werden.
- Am 15. Dezember 2016 gaben die Stilllegungs- und Entsorgungsfonds anlässlich einer Medienkonferenz die neuesten Kostenschätzungen für die Stilllegung und Entsorgung bekannt. Teuerungsbereinigt sind die Kosten für geologische Tiefenlager im Vergleich zum Jahre 2011 um ca. 12 % gestiegen. Im 2017 werden diese Schätzungen durch das ENSI und externe Kostenexperten geprüft. Das UVEK legt nach der unabhängigen Überprüfung die endgültigen Kosten fest.
- Die Nagra hat am 20. Dezember 2016 das Entsorgungsprogramm 2016 beim BFE eingereicht. Dieses dokumentiert das grundsätzliche Vorgehen von der Planung bis hin zum Verschluss der Tiefenlager für radioaktive Abfälle und enthält Angaben über Herkunft, Art und Menge der Abfälle, deren Zuteilung zu den geologischen Tiefenlagern und zum Finanzplan. Die Überprüfung der Unterlagen erfolgt durch das BFE, das ENSI sowie die KNS. Die behördlichen Gutachten sowie alle relevanten Dokumente und Berichte werden gegen Mitte 2018 im Rahmen einer Vernehmlassung veröffentlicht, bevor der Bundesrat über das Entsorgungsprogramm voraussichtlich Anfang 2019 entscheidet.

Roman Mayer



2 Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (Agneb)

Im Februar 1978 setzte der Bundesrat die Agneb ein. Sie hat den Auftrag, die Arbeiten zur nuklearen Entsorgung in der Schweiz zu verfolgen, zuhause des Bundesrats Stellungnahmen zu erarbeiten, die Bewilligungsverfahren auf Bundesebene zu begleiten und Fragen der internationalen Entsorgung zu behandeln. In der Agneb vertreten sind die Aufsichts-, Bewilligungs-, Gesundheits-, Umwelt- und Raumplanungsbehörden sowie die Landesgeologie und die Forschung. Die Arbeitsgruppe hat den Auftrag, dem Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) jährlich Bericht zu erstatten.

Die Agneb traf sich 2016 vier Mal (11. Mai, 22. Juni, 5. September und 6. Dezember 2016). Zentral war dabei wiederum der umfassende Informationsaustausch zu allen mit der nuklearen Entsorgung im Zusammenhang stehenden Ereignissen, Entwicklungen und Diskussionen.

Am 22. Juni 2016 verabschiedete die Agneb das Mandat einer Untergruppe, welche bis zum Jahr 2018 den Auftrag hat, einen Bericht zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie nach dem «Ende des Einlagerungsbetriebs» der geplanten geologischen Tiefenlager zu verfassen.

Seit der Einführung des Forschungsprogramms Radioaktive Abfälle der Agneb im Jahr 2008 haben sich die Rahmenbedingungen geändert. Daher traf sich die Agneb am 11. Mai 2016 zu einer Klausur, bei der die Ausrichtung und Inhalte des Forschungsprogramms vertieft diskutiert wurden: Das Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle soll neu unabhängige Forschungsprojekte und Studien zu interdisziplinären bzw. ämterübergreifenden Entsorgungsfragen auf Bundesebene beinhalten, welche nicht an anderen Orten behandelt werden. Dadurch kann die Agneb Vorschläge für Studien anstossen, auf Lücken hinweisen und so aus Resultaten lernen.

Weiter verabschiedete die Agneb das Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle 2017–2020, welches am 6. Dezember 2016 veröffentlicht wurde, informierte sich über den Stand der Revision der Strahlenschutzverordnung und liess sich durch die Nagra das Entsorgungsprogramm 2016 vorstellen.

2.1 Reporting der Forschungstätigkeiten des Bundes zur Entsorgung radioaktiver Abfälle

Die Agneb hat an ihrer Forschungsklausur vom 11. Mai 2016 beschlossen, jährliche eine Übersicht zu erstellen, die aufzeigt, welche Forschungstätigkeiten des Bund zur Entsorgung radioaktiver Abfälle im Berichtsjahr durchgeführt wurden. Im Auftrag der Agneb wird das Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle erarbeitet und umgesetzt. Über die im Rahmen des Forschungsprogramms Radioaktiven Abfälle vom BFE durchgeführten Projekte wird im Kapitel 4.5 informiert. Die vom ENSI betreuten Forschungsprojekte werden im Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** erläutert. Die swisstopo etreibt das Felslabor Mont Terri und beteiligt sich an zahlreichen Experimenten zur Entsorgung radioaktiver Abfälle. Informationen dazu finden sich im Kapitel 8.2. Zum besseren Verständnis der Rückhaltung und des Transports von Radionukliden in porösen Materialien und der geochemischen Wechselwirkungen in geologischen Tiefenlagern führt das Labor für Endlagersicherheit (LES) am PSI ein breites Experimentalprogramm durch. Darüber wird im Kapitel 12.2 berichtet.



3 Bundesrat und Parlament

3.1 Kernenergiehaftpflichtgesetzgebung

Das Schweizer Parlament hat das totalrevidierte Kernenergiehaftpflichtgesetz (KHG) am 13. Juni 2008 verabschiedet und die internationalen Übereinkommen von Paris und Brüssel ratifiziert. Die Kernenergiehaftpflichtverordnung (KHV) ist vom Bundesrat am 25. März 2015 verabschiedet worden. Beide Erlasse konnten noch nicht in Kraft gesetzt werden, weil die zugrundeliegenden internationalen Übereinkommen von Paris und Brüssel noch nicht in Kraft sind (möglicher Termin hierfür: 1. Januar 2018).

3.2 Parlamentarische Vorstösse

Im Berichtsjahr wurden neun parlamentarische Vorstösse im Themenbereich Entsorgung radioaktiver Abfälle eingereicht: sechs Interpellationen, eine Motion und zwei Postulate. Die Vorstösse betrafen mehrheitlich die finanzielle Situation der Betreiber/innen und die Einzahlungen in den Entsorgungsfonds sowie den Stilllegungsfonds. Weitere Themen waren der Sicherheitszuschlag gemäss Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung (SEFV, SR 732.17), sowie die Erarbeitung eines Plans B zur Lagerung von hochaktiven Abfällen. Eine Liste aller im Berichtsjahr eingereichter oder beantworteter parlamentarischer Vorstösse findet sich in Anhang VI.



4 Bundesamt für Energie (BFE)

4.1 Stilllegungs- und Entsorgungsfonds

Wer radioaktiven Abfall erzeugt, ist gesetzlich verpflichtet, diesen auf eigene Kosten sicher zu entsorgen. Entsorgungskosten, die während dem Betrieb der Kernkraftwerke (KKW) anfallen, wie z. B. Untersuchungen der Nagra oder der Bau von Zwischenlagern, müssen von den Betreiber/innen laufend bezahlt werden. Hingegen werden die Kosten für die Stilllegung der KKW sowie die nach ihrer Ausserbetriebnahme anfallenden Kosten für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle durch zwei unabhängige Fonds sichergestellt: den Stilllegungsfonds für Kernanlagen und den Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke.

Beide Fonds werden durch Beiträge der Betreiber/innen geäuft. Sie werden als eigene Rechtspersönlichkeiten mit Sitz in Bern geführt und sind der Aufsicht des Bundesrats unterstellt. Auch der Rückstellungsplan der Betreiber/innen für Entsorgungskosten, die vor der Ausserbetriebnahme der KKW anfallen, ist unter Aufsicht gestellt. Mit Inkrafttreten der revidierten SEFV per 1.1.2016 wurden folgende Änderungen vorgenommen: Die bisherige personelle Verflechtung der Aufsichtsbehörde BFE mit den Gremien der Fonds wurde aufgelöst. Das BFE ist in den Gremien der Fonds nicht mehr vertreten. Zudem werden die aufsichtsrechtlichen Interventionsmittel des Bundesrates gestärkt.

Weitere Informationen zu den Fonds sind unter www.stenfo.ch abrufbar.

4.1.1 Kostenstudie 2016 zu den Stilllegungs- und Entsorgungskosten

Grundlage für die Berechnung der Beiträge der Betreiber/innen in den Stilllegungs- und Entsorgungsfonds bildet die Kostenstudie, die gemäss SEFV alle fünf Jahre aufgrund des neusten Stands von Wissen und Technik aktualisiert werden muss. Die Kostenstudie 2016 wurde im Auftrag der Kommission für den Stilllegungs- und Entsorgungsfonds und gemäss den im 2014 von der Kommission verabschiedeten Vorgaben von swissnuclear durchgeführt und im Dezember 2016 veröffentlicht.

Die geschätzten Kosten für die Stilllegung der schweizerischen KKW, die Nachbetriebsphase und die Entsorgung der radioaktiven Abfälle betragen gemäss swissnuclear 24,286 Milliarden Franken. Im Vergleich zur teuerungsbereinigten Kostenstudie 2011 steigen die Kosten durchschnittlich um 7.1 %.

Die Kosten für die Nachbetriebsphase aller fünf schweizerischen KKW belaufen sich auf 1,703 Milliarden Franken (Preisbasis 2016). Sie werden von den Betreiber/innen direkt finanziert und sind nicht Teil der Fonds. Die Kostenstudie wird im Jahr 2017 vom ENSI sicherheitstechnisch und kostenmässig von unabhängige Experten überprüft. Das UVEK legt die voraussichtliche Höhe der Stilllegungs- und Entsorgungskosten im Einzelfall gestützt auf den Antrag der Kommission, voraussichtlich Mitte 2018, fest. Aufgrund der eingereichten Kostenstudie hat die Kommission für den Stilllegungs- und den Entsorgungsfonds die provisorischen Beiträge der Betreiber/innen in die beiden Fonds für die Veranlagungsperiode 2017–2021 entsprechend verabschiedet. Die definitive Veranlagung erfolgt nachdem das UVEK die voraussichtlichen Kosten festgelegt hat.

4.1.2 Stilllegungsfonds

Der Stilllegungsfonds für Kernanlagen stellt die Finanzierung der Kosten für die Stilllegung und den Abbruch der Kernanlagen sowie für die Entsorgung der dabei entstehenden radioaktiven Abfälle sicher. Die Stilllegungskosten für die fünf schweizerischen KKW und das Zentrale Zwischenlager (ZZL) in Würenlingen belaufen sich nach den aktuellen ungeprüften Berechnungen auf rund 3,204 Milliarden Franken (Kostenstudie 16, Preisbasis 2016). Diese Kosten müssen vollumfänglich durch den Fonds



gedeckt werden. Der Jahresbericht des Stilllegungsfonds mit dem Fondsvermögen und der Anlagerendite erscheint jeweils Mitte des Folgejahrs (www.stenfo.ch).

4.1.3 Entsorgungsfonds

Der Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke deckt die Kosten, die nach der Ausserbetriebnahme der KKW für die Entsorgung der Betriebsabfälle und der abgebrannten Brennelemente anfallen. Die Entsorgungskosten belaufen sich nach den aktuell ungeprüften Berechnungen auf rund 19,176 Milliarden Franken (Preisbasis 2016). Davon entfallen 1,13 Milliarden auf den Bund und werden nicht durch den Entsorgungsfonds abgedeckt. Bis Ende 2015 sind davon rund 5,6 Milliarden Franken bezahlt worden (z. B. Forschungs- und Vorbereitungsarbeiten, Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente, Erstellung ZZL, Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern). Weitere Kosten von rund 2 Milliarden Franken werden ab 2016 bis zur Ausserbetriebnahme von den Betreiberinnen und Betreibern laufend beglichen. Durch den Fonds sind somit 10,5 Milliarden Franken sicherzustellen.

Der Jahresbericht des Entsorgungsfonds mit dem Fondsvermögen und der Anlagerendite erscheint jeweils Mitte des Folgejahrs (www.stenfo.ch).

4.2 Umgang mit Empfehlungen der KNS

Im Zusammenhang mit den Rücktritten zweier Mitglieder der KNS im Juni 2012 wurde eine Reihe von kritischen Aussagen über die bisherige Umsetzung des Sachplanverfahrens geologische Tiefenlager gemacht. Das GS-UVEK entschied nach Rücksprache mit der Vorsteherin des UVEK Abklärungen vorzunehmen. Die Resultate dieser Abklärungen wurden am 3. Dezember 2012 veröffentlicht.¹ Nicht explizit enthalten in den darin geäusserten Empfehlungen des GS-UVEK war der Umgang mit den Empfehlungen der KNS. Der Beirat Entsorgung empfahl dem BFE jedoch sicherzustellen, dass die Empfehlungen der KNS systematisch behandelt und bearbeitet werden bzw. ein allfälliges Nichteintreten auf Empfehlungen kommentiert und der KNS kommuniziert wird (s. auch Abschnitt über den Beirat Entsorgung in Kapitel 4.3.1).

Zum systematischen Umgang mit den Empfehlungen der KNS haben sich BFE, ENSI und KNS auf ein gemeinsames Vorgehen geeinigt und dieses in einem gemeinsamen Dokument festgehalten. Während mehrerer Sitzungen erarbeiteten BFE, ENSI und KNS ein gemeinsames Verständnis zum systematischen Umgang mit den Empfehlungen, welche die KNS in ihren Stellungnahmen im Bereich Entsorgung und Sachplanverfahren abgibt. Unter anderem wurde vereinbart, dass die KNS in Zukunft festhält, an wen sich eine Empfehlung richtet (Entsorgungspflichtige, Aufsichtsbehörde oder Bewilligungsbehörde) und bis wann diese aus Sicht der KNS behandelt werden sollte. Vor der Verabschiedung ihrer Stellungnahme lädt die KNS das ENSI bzw. das BFE zu Fachgesprächen ein, um ihre Schlussfolgerungen zu präsentieren und um Fragen zu klären und Differenzen zu diskutieren. Falls sich inhaltliche Differenzen zwischen der KNS und dem ENSI abzeichnen, informiert die KNS das BFE. Bezüglich Behandlung der KNS-Empfehlungen legt das BFE in Abstimmung mit dem ENSI die Verantwortlichkeiten und Termine provisorisch fest und informiert die KNS bis spätestens zwei Monate nach Eingang einer Empfehlung darüber. Falls nötig, finden Fachgespräche mit Vertretungen von BFE, ENSI und KNS statt. Basierend auf diesen Gesprächen erstellen das BFE bzw. das ENSI provisorische Stellungnahmen mit Erläuterung und Terminierung weiterführender Massnahmen, bzw. eine abschliessende Stellungnahme mit entsprechender fachlicher Argumentation. BFE und ENSI können die Nagra mit der Umsetzung von Empfehlungen der KNS beauftragen. Was die Kontrolle und Berichterstattung anbelangt, werden die

¹ Medienmitteilung des UVEK (03.12.2012), «UVEK: Verfahren des Sachplans geologische Tiefenlager wird korrekt umgesetzt», sowie Bericht des Generalsekretärs des UVEK «Abklärungen des Generalsekretariates des UVEK (GS-UVEK) zu den Vorwürfen betreffend die Umsetzung des Sachplans geologische Tiefenlager», November 2012.



Empfehlungen der KNS in eine Liste aufgenommen. Diese Liste weist die Verantwortlichkeiten, die Termine sowie den aktuellen Stand der Behandlung einer Empfehlung aus und wird jeweils Ende Jahr aktualisiert. ENSI und KNS gelangten im Herbst 2016 ans BFE und baten um die Verschiebung der für November 2016 geplanten Sitzung zur Überprüfung des Stands der KNS-Empfehlungen. In Bezug auf den Stand der Umsetzung der KNS-Empfehlungen ist davon auszugehen, dass sich mit der Einreichung des Entsorgungsprogramms 2016 im Dezember 2016 und der Publikation des ENSI-Gutachtens zum 2x2-Vorschlag der Nagra im April 2017 Aktualisierungen ergeben. Deshalb wurde die Aktualisierung der Liste in gegenseitigem Einvernehmen zwischen BFE, ENSI und KNS auf Mai 2017 verschoben.

4.3 Sachplan geologische Tiefenlager

4.3.1 Gremien

Das BFE ist als federführendes Bundesamt im Verfahren des Sachplans geologische Tiefenlager (SGT) für die Projektorganisation zuständig und stellt die Abstimmung zwischen den Tätigkeiten der involvierten Bundesstellen, Kantone, Gemeinden, Standortregionen sowie dem benachbarten Deutschland und den Entsorgungspflichtigen sicher. Seit dem Start des Auswahlverfahrens am 2. April 2008 setzte das BFE verschiedene fachliche und politische Gremien ein.

Beirat Entsorgung

Der 2009 vom Vorsteher des UVEK eingesetzte Beirat Entsorgung unter dem Vorsitz des Zuger Alt-Ständerats Peter Bieri setzte sich im Jahr 2016 aus Sibylle Ackermann Birbaum (Theologin und Biologin), Petra Baumberger (Sprach- und Medienwissenschaftlerin), Herbert Bühl (Geologe, Präsident der Eidgenössischen Natur- und Heimatschutzkommission) und Andrew Walo (CEO Axpo Holding AG, Vertreter der Elektrizitätswirtschaft) zusammen. Der Geologe Detlef Appel trat altersbedingt per Ende Juni 2016 aus dem Beirat zurück. Als sein Nachfolger wurde Jürgen Kreuzsch, Geologe und Entsorgungsexperte aus Deutschland, neu eingesetzt. Sibylle Ackermann Birbaum trat infolge beruflicher und familiärer Verpflichtungen per Ende Jahr 2016 aus dem Beirat Entsorgung zurück. Als ihre Nachfolgerin wird ab Januar 2017 Anna Deplazes Zemp (Ethikerin, Biochemikerin und Philosophin) die Arbeit im Beirat aufnehmen.

Der Beirat Entsorgung berät das UVEK bei der Durchführung des Standortauswahlverfahrens für geologische Tiefenlager im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager (SGT). Er begleitet das Verfahren mit dem Ziel, Konflikte und Risiken frühzeitig zu erkennen und Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Er fördert zudem den Dialog unter den Akteurinnen und Akteuren und begleitet die Öffentlichkeitsarbeit des Bundes. Im Jahr 2016 fanden fünf Sitzungen statt (25. Februar, 12. Mai, 21. Juni, 22. September und 6. Dezember 2016). Die Beiratsmitglieder nahmen im Berichtsjahr zudem an diversen Veranstaltungen und Sitzungen von Gremien des Sachplanverfahrens teil (s. unten).

39. Sitzung des Beirats Entsorgung vom 25. Februar 2016

An seiner ersten Sitzung im Jahr 2016 setzte sich der Beirat mit seiner personellen Zusammensetzung und der im Gremium benötigten Kompetenzen auseinander. Dies geschah vor dem Hintergrund der angekündigten Rücktritte von Detlef Appel auf Mitte Jahr 2016 und von Sibylle Ackermann auf Ende des Jahres 2016, sowie weiterer möglicher, mittelfristig absehbarer Rücktritte. Erneut wurde die Frage diskutiert, ob und wie die Umweltverbände, welche 2008 den Einsitz in den Beirat ablehnten, aus Sicht des Beirats eingebunden sein sollten. Der Sitz der Umweltverbände soll diesen offenstehen. Vor Beginn der Etappe 3 SGT möchte der Beirat die Zusammensetzung erneut zur Diskussion stellen.

Weiter setzte sich der Beirat Entsorgung mit der sozioökonomisch-ökologischen Wirkungsstudie (SÖW), den Zusatzfragen zur SÖW, der Gesellschaftsstudie des Ausschusses der Kantone, den



Syntheseberichten zur SÖW, zu den Zusatzfragen und zur Gesellschaftsstudie sowie mit den «vertieften Untersuchungen» (VU) auseinander. Insbesondere in Bezug auf die VU hat der Beirat darauf hingewiesen, dass die vorgegebenen Zuständigkeiten für die verschiedenen Themen gewahrt werden müssen bzw. dass eine saubere Abgrenzung zu gesetzlich vorgegebenen Verfahren und Prüfungen erfolgen muss.

Die im Dezember 2015 diskutierten Jahresziele wurden genehmigt.

40. Sitzung des Beirats Entsorgung vom 12. Mai 2016

An seiner 40. Sitzung setzte sich der Beirat Entsorgung mit dem Thema «Forschung» und insbesondere mit dem «Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle» der Agneb auseinander. Der Beirat stellte fest, dass insbesondere der Qualitätssicherung eine spezielle Beachtung durch die Verantwortlichen des Forschungsprogramms gezollt werden müsse. Ebenso sei bei der Durchführung von Forschungsaktivitäten bereits vorhandenes Wissen und Resultate aus anderen in- und ausländischen Forschungsprojekten zu berücksichtigen. Dadurch liessen sich personelle und finanzielle Ressourcen effizienter nutzen.

Im Weiteren fand an der Sitzung ein Austausch mit dem aus dem Amt scheidenden Direktor des BFE, Walter Steinmann, statt. Dieser erläuterte die zukünftigen Herausforderungen der Schweizer Energiepolitik und speziell des SGT-Verfahrens. Wichtige adressierte Punkte waren für ihn das Rollenverständnis von Bund und Kantonen, welches zusammen mit den kantonalen Energiedirektionen gefestigt werden soll, sowie die Zahlungen von Abgeltungen. Der Beirat nahm zur Kenntnis, dass gemäss dem Bericht des Bundesrats zum Postulat 13.3286 «Auswirkungen eines geologischen Tiefenlagers» der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie des Nationalrates (UREK-N) kein gesetzlicher Regelungsbedarf für Abgeltungszahlungen besteht. Der Verhandlungsprozess zur Zahlung von Abgeltungen, der in Etappe 3 SGT stattfinden soll, birgt aber ein Konfliktpotenzial, welchem bereits jetzt beim Ausarbeiten eines Leitfadens für die Durchführung der Verhandlungen Rechnung getragen werden muss.

Im Weiteren behandelte der Beirat die Kommunikation der bevorstehenden erdwissenschaftlichen Untersuchungen in dem von der Nagra zur Rückstellung vorgeschlagenen Standortgebiet Nördlich Lägern. Er verwies insbesondere auf die Gefahr, dass bei der Frage um Nördlich Lägern nicht nur sicherheitstechnisch argumentiert, sondern auch politisch diskutiert werden könnte.

41. Sitzung des Beirats Entsorgung vom 21. Juni 2016

Die 41. Sitzung des Beirats Entsorgung stand im Zeichen des Austauschs mit den zur Sitzung eingeladenen Präsidien der Regionalkonferenzen. Die Vertreter der Regionen Jura Ost, Jura-Südfuss, Nördlich Lägern und Zürich Nordost erläuterten dem Beirat den aktuellen Stand ihrer Arbeiten und wiesen auf die sich ihnen stellenden Schwierigkeiten hin. Zentrale Themen waren dabei die Organisationsform der Regionalkonferenzen in Etappe 3 SGT, die Anpassung der Standortregionen für Etappe 3 und die Thematik der Abgeltungen. Bei der Anpassung der Standortregionen zeichnen sich Spannungen zwischen Gemeinden ab, die vom Tiefenlager unterschiedlich betroffen sein werden. Ebenso wurde die Befürchtung geäussert, dass sich kleinere Gemeinden gegenüber den grösseren nicht behaupten könnten. Ferner bestehen unterschiedliche Erwartungshaltungen an den Verhandlungsprozess für die Abgeltungszahlungen: Während die betroffenen Regionen baldmöglichst verbindliche Absichtserklärungen durch die Betreibergesellschaften der KKW wünschen, stehen letztere diesem Wunsch mitunter aus aktionärsrechtlichen Gründen zurückhaltend entgegen. Der Beirat stellte fest, dass in den Standortregionen und in der Bevölkerung hohe Erwartungen bezüglich der Abgeltungszahlungen bestehen. Er schlägt vor, den möglicherweise aufkommenden Spannungen durch einen frühzeitigen gegenseitigen Dialog entgegenzuwirken.



42. Sitzung des Beirats Entsorgung vom 22. September 2016

An der 42. Sitzung des Beirats Entsorgung informierte das BFE über die Planung der Etappe 3 SGT auf Basis der Erkenntnisse aus der Planungsretraite der Projektoberleitung Planung Etappe 3 SGT vom 31. August 2016. Der Beirat vertrat die Meinung, dass eine Behördenmehrheit in den Regionalkonferenzen in Etappe 3 notwendig sei. Auch sei die Organisationsform der Regionalkonferenzen für die Etappe 3 von Beginn an verbindlich festzulegen. Erneut bekräftigte der Beirat das grosse Konfliktpotenzial, das mit der Ausarbeitung des Leitfadens und den Verhandlungen für die Abgeltungszahlen einhergeht. Diesem soll mit einer proaktiven Herangehensweise begegnet werden.

Im zweiten Teil der Sitzung fand ein Austausch mit dem Generalsekretär des UVEK, Toni Eder, statt. Dieser stellte fest, dass das Standortauswahlverfahren für die geologischen Tiefenlager immer länger dauert. Dadurch würden vermehrt gut informierte Entscheidungsträgerinnen und -träger bei Behörden und Organisationen aufgrund von Rücktritten aus dem Verfahren ausscheiden. Damit gehe das Risiko einher, dass frühere Entscheide immer wieder in Frage gestellt würden. Der Generalsekretär brachte den Wunsch vor, dass das Verfahren nicht unnötig in die Länge gezogen, sondern vielmehr soweit wie möglich verkürzt würde. Der Beirat Entsorgung kam in der Diskussion zum Fazit, dass nebst einem raschen Verfahrensverlauf auch die Qualität und Gewissenhaftigkeit der Entscheidungsfindung wichtig seien. Gleichwohl seien unnötige und willentlich verursachte Verzögerungen zu vermeiden. Ebenso wurde mit dem Generalsekretär das bereits erwähnte Konfliktpotenzial im Zusammenhang mit den Abgeltungszahlungen besprochen. Es zeigte sich insbesondere, dass auch die Rolle des Bundes als verantwortliche Stelle für die Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF-Abfälle) bei den Abgeltungszahlungen zu klären ist.

43. Sitzung des Beirats Entsorgung vom 6. Dezember 2016

An der letzten Sitzung des Jahres 2016 befasste sich der Beirat Entsorgung erneut mit der Frage der Verfahrensdauer der Standortwahl für die geologischen Tiefenlager. Das Verfahren kann nach seiner Einschätzung nur dort weiter beschleunigt werden, wo Aufgaben parallel ausgeführt werden können. Ein vermeintlicher Zeitgewinn wird jedoch wertlos, sobald eine Verkürzung die Gefahr mit sich bringt, dass das Verfahren scheitert. Der Beirat unterstützte seine Mitwirkung an einem «runden Tisch» mit dem Generalsekretariat des UVEK und anderen Akteuren und Akteurinnen am 22. Dezember 2016, bei dem Massnahmen zur Verfahrensverkürzung ausgelotet werden sollten. Der Präsident wurde beauftragt, die Erkenntnisse des Beirates zur Thematik der Verfahrensdauer von Etappe 3 SGT an dieser Sitzung einzubringen.

Anlässlich der 43. Sitzung liess sich der Beirat überdies über den Stand der Erarbeitung des «Zusammenfassenden Berichts über die Auswirkungen geologischer Tiefenlager auf die Umwelt» durch das BFE informieren. Weiter führte er eine Evaluation der Erreichung seiner Jahresziele für das Jahr 2016 durch und diskutierte seine Zielsetzungen für das kommende Jahr 2017.

Weitere Aktivitäten des Beirats Entsorgung

- Am 13. Januar 2016 fand eine von der Fachgruppe Swissnuclear und der Nagra organisierte Entsorgungstagung statt. Die Beirats-Mitglieder Peter Bieri, Herbert Bühl und Andrew Walo nahmen an der Tagung teil.
- Im Juni 2016 besuchte das U. S Nuclear Waste Technical Review Board (NWTRB) die Schweiz und führte Gespräche mit wichtigen Akteurinnen und Akteuren der Entsorgung radioaktiver Abfälle. Peter Bieri war beim Austausch mit dem BFE und der KNS am 15. Juni 2016 dabei und stellte die Arbeit des Beirats vor.
- Am 23. Juni 2016 fand ein Austausch zwischen dem Beirat Entsorgung, vertreten durch Peter Bieri und Herbert Bühl, und dem Vorstand der Konferenz kantonaler Energiedirektoren (EnDK) statt. Angesprochen wurde unter anderem die Verantwortung der Kantone sowohl als Mitinhaber der abfallverursachenden Kernkraftwerke wie auch als potenzielle Standorte für die geologischen



- Tiefenlager. Der Beiratspräsident bat insbesondere auch die von den Tiefenlagern nicht direkt betroffenen Kantone, sich der nationalen Bedeutung der Entsorgungsfrage bewusst zu sein.
- Vom 7.–9. September 2016 nahm Petra Baumberger am Länderworkshop des Forum on Stakeholder Confidence (FSC) der Nuclear Energy Agency (NEA) teil.
 - Petra Baumberger nahm am 15. Dezember 2016 am Koordinationstreffen des BFE mit den Regionalkonferenzen teil.
 - Am 22. Dezember fand ein «runder Tisch» unter der Leitung des Generalsekretariates des UVEK zur Verfahrensdauer des SGT statt. Der Beirat Entsorgung war durch Peter Bieri vertreten.
 - Herbert Bühl vertrat den Beirat an den Sitzungen des Fachgremiums erdwissenschaftliche Untersuchungen (16. Juni und 28. November 2016).
 - Peter Bieri nahm an der 17. und 18. Sitzung des Ausschusses der Kantone (AdK) am 2. Februar und am 26. September 2016 sowie am 15. Frühstückstreffen Entsorgung am 31. Mai 2016 teil.
 - Am 24. November 2016 orientierte Peter Bieri die Vorsteherin des UVEK über die Arbeiten und die Erkenntnisse des Beirates.

Steuerungsausschuss

Der Steuerungsausschuss trägt die politische Gesamtverantwortung für die Umsetzung des SGT. Darin vertreten sind das GS-UVEK, das BFE, das ARE, das BAFU und das ENSI. Geleitet wird der Steuerungsausschuss vom Direktor des BFE. 2016 hat dieses Gremium dreimal getagt (18. März, 4. Juli und 9. September). Im Berichtsjahr gab es personelle Wechsel. Ab März wurde das ARE anstelle von Stephan Scheidegger neu durch Ulrich Seewer vertreten. Ab September wurde das BAFU anstelle von Josef Hess neu durch Karine Siegwart vertreten.

An der Sitzung vom 18. März 2016 befasste sich der Steuerungsausschuss mit der Nachforderung des ENSI zur bautechnischen Machbarkeit eines Tiefenlagers und mit der Haltung der Kantone, dass Nördlich Lägern nicht zurückgestellt werden solle. Hauptthema der Sitzung vom 4. Juli 2016 waren die verzögerte Einreichung der Nagra-Zusatzdokumentation und die Auswirkungen auf den Zeitplan von Etappe 2. An der Sitzung vom 9. September wurde der Steuerungsausschuss umfassend über die Zeitpläne von Etappe 2 und Etappe 3 sowie über die Planungsarbeiten zu Etappe 3 informiert.

Ausschuss der Kantone

Der Ausschuss der Kantone (AdK) stellt die Zusammenarbeit zwischen den Regierungsvertretenden der potenziellen Standortkantone sowie der betroffenen Nachbarkantone und Deutschland sicher, begleitet den Bund bei der Durchführung des Auswahlverfahrens und gibt zuhänden des Bundes Empfehlungen ab. Mitglieder des Ausschusses sind die zuständigen Regierungsrätinnen und Regierungsräte der Kantone Aargau, Nidwalden, Obwalden, Schaffhausen, Solothurn, Thurgau und Zürich. Den Vorsitz führt der Zürcher Regierungsrat Markus Kägi. Vertretende des BFE und des ENSI, des Kantons Basel-Landschaft, des deutschen Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), des Umweltministeriums Baden-Württemberg, der Landkreise Konstanz und Waldshut sowie des Schwarzwald-Baar-Kreises nehmen als Beisitzer an den Sitzungen teil. Im Berichtsjahr fanden zwei Sitzungen statt. Personelle Wechsel gab es bei der Vertretung des Umweltministeriums Baden-Württemberg und bei der Vertretung des Kantons Nidwalden.

Am 5. Februar 2016 nahm der AdK den Fachbericht AG SiKa/KES² zur sicherheitstechnischen Begutachtung des 2x2-Vorschlags der Nagra zur Kenntnis und stimmte dessen Veröffentlichung mittels einer Medienmitteilung zu. Er liess sich über den Stand der Arbeiten bei der Definition der Standortregionen im Hinblick auf Etappe 3 und bei der Gesellschaftsstudie informieren. Der AdK beschloss

—
² AG SiKa/KES: Arbeitsgruppe Sicherheit Kantone/Kantonale Expertengruppe Sicherheit



am Länderworkshop des Forum on Stakeholder Confidence (FSC der Nuclear Energy Agency NEA) im September 2016 teilzunehmen.

An der Sitzung vom 26. September 2016 informierte sich der AdK über den Stand der Arbeiten bei der Definition der Standortregion im Hinblick auf Etappe 3. Der AdK war sich einig, dass für Etappe 3 des Sachplanverfahrens die Behörden in den Regionalkonferenzen ein höheres Gewicht erhalten, allerdings sollte das während den letzten Jahren aufgebaute Wissen in den Regionalkonferenzen nicht verloren gehen. Zudem müsste gewährleistet bleiben, dass neben Behördenvertretungen auch die Bevölkerung weiter einbezogen bleibt. Ein Teil der Aufwendungen der Standortkantone wird den Entsorgungspflichtigen in Rechnung gestellt. Der AdK beschloss den im 2016 verabschiedeten Verteilschlüssel auch im 2017 anzuwenden.

Frühstückstreffen Entsorgung

An den durch das BFE organisierten Frühstückstreffen mit Vertretenden der am Sachplanverfahren beteiligten Bundesstellen (GS-UVEK, ARE, BAFU, BFE, ENSI, KNS), den Präsidenten des Beirats Entsorgung und des AdK sowie Vertretenden der Nagra werden aktuelle Informationen ausgetauscht und für das weitere Verfahren zentrale Anliegen diskutiert. Im Berichtsjahr fand am 31. Mai 2016 in Bern ein Frühstückstreffen statt. Neben dem allgemeinen Informationsaustausch und dem Stand des Sachplanverfahrens war die geplante Erarbeitung eines Leitfadens zu Abgeltungen ein Hauptthema. Dieser Leitfaden wird in Etappe 2 erarbeitet und regelt, wie die Verhandlungen zu den Abgeltungen in Etappe 3 ablaufen sollen.

Im November 2016 hat das BFE entschieden, die Frühstückstreffen nicht mehr weiterzuführen, weil sich die relevanten Akteurinnen und Akteure bereits regelmässig in den verschiedenen Gremien des Sachplanverfahrens treffen und damit der Informationsaustausch sichergestellt ist.

Projektleitung

Die Projektleitung ist für die operative Umsetzung des Sachplanverfahrens zuständig. Sie plant und koordiniert die Verfahrensschritte und stellt die Zusammenarbeit der involvierten Bundesstellen sicher. Weitere Aufgaben betreffen Qualitätskontrolle, Berichterstattung und Risikomanagement. Die Projektleitung besteht aus Vertretenden des BFE, ARE und ENSI. Sie traf sich 2016 dreimal (23. Februar, 16. Juni und 1. November). Den Vorsitz und das Sekretariat führt das BFE.

Fachkoordination Standortkantone (FKS)

Um die Zusammenarbeit zwischen dem Bund und den Standortkantonen (AG, NW, OW, SH, SO, TG, ZH) auf Projektleitungsebene sicherzustellen, wurde die Fachkoordination Standortkantone ins Leben gerufen. Die Fachkoordination erarbeitet Grundlagen für den AdK, koordiniert die Arbeiten der Standortkantone und stellt die Zusammenarbeit mit dem Bund sicher.

Arbeitsgruppe Sicherheit Kantone (AG SiKa)

Die Arbeitsgruppe Sicherheit Kantone (AG SiKa) plant und koordiniert die sicherheitstechnische Begutachtung der Standortkantone und betreut die KES. In der Arbeitsgruppe vertreten sind Fachpersonen – zumeist Geologinnen und Geologen – der Standortkantone. Die Gruppe wird vom Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich geleitet.

Kantonale Expertengruppe Sicherheit (KES)

Die Kantonale Expertengruppe Sicherheit (KES) unterstützt und berät gemäss Sachplan die Kantone bei der Begutachtung sicherheitstechnischer Unterlagen. Die KES besteht zumeist aus Fachleuten mit erdwissenschaftlichem Hintergrund, kann aber nach Bedarf durch Personen mit weiteren Kompetenzen ergänzt werden. Sowohl Auswahl wie Beauftragung der Expertinnen und Experten obliegt den Standortkantonen. Die KES wird geführt durch Fachpersonen aus den Standortkantonen, nämlich die Arbeitsgruppe Sicherheit Kantone (AG SiKa).



Koordination SGT

In der «Koordination SGT» treffen sich die Projektverantwortlichen des Bundes (ARE, BAFU, BFE, ENSI) und der Nagra sowie eine Delegation der Fachkoordination Standortkantone regelmässig zum Informationsaustausch und zur Koordination ihrer operativen Tätigkeiten im Rahmen des Sachplanverfahrens. Die Koordination SGT tagte 2016 drei Mal, am 3. März, am 20. Juni und am 16. November. Die Sitzungen der Koordination SGT werden vom BFE geleitet.

Arbeitsgruppe Raumplanung

Die Arbeitsgruppe Raumplanung unterstützt und berät das ARE in raumplanerischen Belangen des Auswahlverfahrens. Sie setzt sich aus den Bundesstellen ARE, BAFU und BFE, den Kantonen AG, NW, OW, SH, SO, TG und ZH, Vertretungen aus fünf Standortregionen, aus der deutschen Region Hochrhein-Bodensee und der Nagra zusammen. Die Arbeitsgruppe hat sich 2016 drei Mal getroffen (17. März, 14. Juni und 28. November). Schwerpunkte waren die Konzepte, für die in Etappe 3 vorgesehenen vertieften Untersuchungen (VU) und für das Monitoring der sozioökonomischen Auswirkungen, die UVP-Voruntersuchungen, der zusammenfassende Bericht über die Umweltauswirkungen und der Bericht der Nagra zu den Schachtkopfanlagen / Nebenzuganlagen.

Technisches Forum Sicherheit (TFS)

Im Rahmen des SGT hat das BFE 2009 das Technische Forum Sicherheit (TFS) eingesetzt. Das ENSI leitet diese Informations- und Austauschplattform, in der technische und wissenschaftliche Fragen zur Sicherheit und Geologie aus der Bevölkerung, von Gemeinden, Standortregionen, Organisationen, Kantonen und Gemeinwesen betroffener Nachbarstaaten gesammelt, diskutiert und beantwortet werden. Im TFS sitzen Fachpersonen der verfahrensleitenden Behörde (BFE), der überprüfenden (ENSI) bzw. unterstützenden Behörde (swisstopo), der Kommissionen (KNS, Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung (EGT)), der Nichtregierungsorganisationen und der Entsorgungspflichtigen (Nagra) sowie delegierte Personen aus den Standortregionen, Standortkantonen, betroffenen Nachbarkantonen sowie aus Deutschland und Österreich. Die eingegangenen Fragen und die Antworten dazu werden der Öffentlichkeit im Internet (s. Anhang V) zur Verfügung gestellt.

Im Jahr 2016 fanden vier Sitzungen des TFS statt (8. März, 3. Juni, 25. August, 10. November). Von den bis Ende 2016 ins TFS aufgenommenen 137 Fragen waren zu diesem Zeitpunkt deren 121 beantwortet. Von den 16 offenen Fragen wurden 13 bereits mündlich behandelt, die dazugehörigen schriftlichen Antworten sind aktuell in Bearbeitung oder werden gegenwärtig durch die Fragestellenden kommentiert. Alle Fragen und Antworten sind unter www.technischesforum.ch einsehbar.

Arbeitsgruppe Information und Kommunikation

Die Arbeitsgruppe Information und Kommunikation wird vom BFE geleitet und setzt sich aus Vertretungen des Bundes (BFE, ENSI), der Standortkantone, der Standortregionen, aus Deutschland und der Nagra zusammen. Im Jahr 2016 traf sich die Arbeitsgruppe zu zwei Sitzungen (1. April und 30. September). Im Zentrum standen dabei die erdwissenschaftlichen Untersuchungen für Etappe 3 und der Kommunikationsablauf für die Sondiergesuche. Weitere Themen waren die Kommunikation des Berichts über die Schachtkopfanlagen (SKA-Bericht), die Vorstellung des Projekts Behördenseminare, die im Jahr 2017 stattfinden sollen sowie die Jahresplanung 2017 zur Kommunikation im Sachplanverfahren.

Zusammenarbeit mit Deutschland

Der Einbezug der Nachbarstaaten bei der Standortsuche wird im Konzeptteil SGT beschrieben. Da vier Standortregionen direkt an Deutschland angrenzen, wird Deutschland in das Verfahren einbezogen. Das zuständige deutsche Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) sowie das Bundesland Baden-Württemberg und die Landkreise Konstanz, Waldshut sowie der Schwarzwald-Baar-Kreis werden regelmässig über den Stand des Verfahrens und das weitere Vorgehen informiert und in



verschiedene Gremien einbezogen (AdK, Arbeitsgruppe Information und Kommunikation, Arbeitsgruppe Raumplanung, FKS, TFS).

Zudem finden regelmässig Gespräche zwischen dem BFE und der Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager (ESchT) statt: Am 11. November 2016 in Basel mit einer Delegation der ESchT mit dem Schwerpunkt regionale Partizipation.

Die ESchT veröffentlichte 2016 keine Stellungnahmen:

Die Leitung der im Frühjahr 2012 eingerichteten und vom BMUB sowie vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg finanzierten Deutschen Koordinationsstelle Schweizer Tiefenlager (DKST) nimmt seit ihrer Gründung an den Gesprächen mit der ESchT teil und ist Mitglied der Arbeitsgruppen Raumplanung und Information und Kommunikation. Auch bei der Planung der Etappe 3 ist Deutschland in den verschiedenen Projektgruppen vertreten.

4.3.2 Regionale Partizipation

Als letzte Regionalkonferenz verabschiedete Zürich Nordost ihre Stellungnahme zu Etappe 2 am 19. März 2016. Wie die anderen Regionalkonferenzen bezeichnete sie ihren Bericht als «vorläufig», weil man die Resultate des ENSI-Gutachtens abwarten will. In den Regionen Jura Ost und Zürich Nordost wurde die erste Welle der Bevölkerungsbefragung zur Gesellschaftsstudie durchgeführt. Die Resultate wurden an Vollversammlungen vorgestellt. Zudem informierte die Nagra Ende Jahr diese beiden Regionalkonferenzen über den Technischen Bericht 16-01 «Generische Beschreibung von Schachtkopfanlagen (Nebenzugangsanlagen)». Für Nördlich Lägern standen die Nachforderungen des ENSI im Fokus. Die Regionalkonferenz nahm auf Grund der Nachforderungen wieder alle Arbeiten auf. Die Leitungsgruppe der Plattform Wellenberg traf sich zweimal. In der Region Jura-Südfuss führte der Trägerverein eine Generalversammlung durch.

Für die Fachgruppen Oberflächenanlagen (FG OFA) war 2016 ein ruhigeres Jahr. Die Nagra informierte die FG OFA Zürich Nordost im Juni über die geplanten hydrogeologischen Untersuchungen im Gebiet Isenbuck-Bergholz. Die FG OFA NL setzte sich nachträglich an zwei Workshops mit den Voruntersuchungen für die Umweltverträglichkeitsprüfung für NL-2 in Weiach und NL-6 in Stadel auseinander.

Die Fachgruppen Sicherheit befassten sich 2016 schwerpunktmässig mit den Nachforderungen des ENSI, deren Beantwortung durch die Nagra sowie der Stellungnahme der AG SiKa und der KES.

Das Monitoringkonzept sowie das Konzept «Vertiefte Untersuchungen» wurden vor der Fertigstellung den Fachgruppen SÖW der drei Standortregionen Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost vorgestellt. Die Fachgruppenmitglieder konnten Bemerkungen anbringen, welche grösstenteils in die Schlussversionen einflossen. Die Fachgruppen SÖW wurde regelmässig über den Stand der Arbeiten hinsichtlich der Planung von Etappe 3 informiert, u. a. mit dem weiteren Vorgehen bezüglich der regionalen Entwicklung. Zudem haben sie sich mit den Ergebnissen der Gesellschaftsstudie auseinandergesetzt.

Anfang 2016 befragte das BFE die Mitglieder der Regionalkonferenzen mittels einer Online-Umfrage zu den Ausbildungsmodulen. Basierend auf den Ergebnissen nahm das BFE Änderungen vor, um den Bedürfnissen der Regionalkonferenzmitglieder besser gerecht zu werden. Im Berichtsjahr wurde das neue Modul «Radioaktivität und Strahlenschutz» eingeführt, welches im März und Oktober stattfand. Das ganztägige Ausbildungsmodul im Zwischenlager in Würenlingen (Zwilag) und im Felslabor Mont Terri in St-Ursanne sowie das Doppelmodul «Ethik und die Entsorgung von radioaktiven Abfällen» und «Sachplan geologische Tiefenlager» wurde je einmal durchgeführt.

Im März 2016 wurde der «Leitfaden zum Wissensmanagement in den Regionalkonferenzen: Wissensaufbau – Wissenstransfer – Wissenserhalt» publiziert. Dieser soll den Regionalkonferenzen als Hilfsmittel dienen, um das Wissensmanagement zu stärken. Viele der erläuterten Massnahmen werden von den Regionalkonferenzen bereits umgesetzt, z. B. wenn es darum geht, neue Mitglieder in die



Thematik einzuführen. Neu vorgeschlagene Massnahmen können von den RK nach Bedarf eingesetzt werden. Der Leitfaden soll periodisch aktualisiert werden.

Insgesamt fanden im Rahmen der regionalen Partizipation 161 Sitzungen statt (Vollversammlungen der Regionalkonferenzen, Sitzungen der Leitungsgruppen und Fachgruppen). Dazu kamen Sitzungen zwecks Koordination der Tätigkeiten: Viermal traf sich das BFE mit den Präsidien und Geschäftsstellen sowie einmal mit den Vorsitzenden der Fachgruppe OFA und ihren Stellvertretungen und dreimal mit den Leitenden der Fachgruppen SÖW und ihren Fachbegleitungen. Daneben nahmen Delegierte der Regionalkonferenzen an den Sitzungen der Sachplangremien teil (Arbeitsgruppe Raumplanung, Arbeitsgruppe Information und Kommunikation und TFS). Die Vertretungen der Regionalkonferenzen wurden weiterhin bei der Planung von Etappe 3 einbezogen und nahmen an acht Sitzungen der UG Zusammenarbeit teil. Unter anderem befasste sich die UG mit der Frage, welche Anpassungen es räumlich oder strukturell in den Standortregionen für Etappe 3 braucht.

4.4 Öffentlichkeitsarbeit

Die Information der Öffentlichkeit im Sachplanverfahren obliegt dem BFE als federführende Behörde. Die Kommunikation konzentrierte sich im Jahr 2016 auf folgende Punkte:

- *Stellungnahmen der Regionalkonferenzen:* Nachdem die Nagra im letzten Jahr den 2x2-Vorschlag einreichte, konnten die Regionalkonferenzen aller sechs ursprünglich vorgeschlagenen Standortregionen dazu Stellung nehmen. Am 19. März 2016 wurde mit der Stellungnahme von Zürich Nordost die letzte Stellungnahme der Regionalkonferenzen eingereicht.
- *Veröffentlichung Beurteilung BAFU UVP-Voruntersuchungen JO und ZNO:* Das BFE kommunizierte in Form einer Medienmitteilung am 22. März 2016 die Beurteilungen des BAFU zu den UVP-Voruntersuchungen der Standortregionen Jura Ost und Zürich Nordost. Das BAFU prüfte, ob die Nagra bei ihren Voruntersuchungen die voraussichtlichen Umweltauswirkungen in ihrer Relevanz richtig erfasst hat. Die UVP-Voruntersuchungsberichte für die beiden vorgeschlagenen Standortgebiete wurden von der Nagra im Januar 2015 beim BFE eingereicht. Die Beurteilung des BAFU fällt positiv aus: die 13 untersuchten Umweltbereiche würden die Vorgaben der Umweltschutzgesetzgebungen weitgehend erfüllen. Anpassungen sollen vor allem bei der Anordnung und Einpassung in die Landschaft der Oberflächenanlage in der Region Jura Ost vorgenommen werden.
- *Einreichung Zusatzdokumentation:* Während der Überprüfung des Nagra-Vorschlags durch das ENSI, forderte das ENSI von der Nagra zusätzliche technisch-wissenschaftliche Unterlagen zur maximalen Tiefe eines Lagers. Dieser Aspekt ist insbesondere relevant für die Beurteilung, ob das Gebiet Nördlich Lägern in Etappe 3 weiter untersucht werden soll. Am 11. August 2016 reichte die Nagra die vom ENSI geforderte Zusatzdokumentation ein. Die Nagra hält nach wie vor an ihrem Vorschlag fest, Nördlich Lägern in der dritten Etappe nicht weiter zu untersuchen. Über die Einreichung der Zusatzdokumentation informierte das BFE mit einer Medienmitteilung und löste grosses mediales Interesse aus.
- *Einreichung Sondiergesuche:* Ende September reichte die Nagra sechzehn Sondiergesuche ein, jeweils acht für die Standortregion Jura Ost und acht für die Region Zürich Nordost. Das BFE informierte am 27. September 2016 mit einer Medienmitteilung über die Einreichung der Sondiergesuche und erläuterte das Bewilligungsverfahren zu den Sondierbohrungen. Zudem nahm das BFE am gleichen Tag an Mediengesprächen in Remigen und Marthalen teil, um den Medienschaffenden den Stand und das weitere Vorgehen im Sachplanverfahren sowie rechtliche Fragen zur Prüfung der Sondiergesuche zu erläutern. Die Gesuche sollen Anfang 2017 öffentlich aufgelegt werden.
- *Ergebnis ENSI-Gutachten:* Die Bekanntgabe des Ergebnisses des ENSI-Gutachtens war der kommunikativ wohl herausforderndste Schritt des Auswahlverfahrens im Berichtsjahr. Am 14. Dezember 2016 informierte das BFE zusammen mit dem ENSI an einer Medienkonferenz über das Hauptergebnis des Gutachtens. Das ENSI kam zum Schluss, dass Nördlich Lägern nicht zurückgestellt werden kann, hingegen stimmt es mit der Nagra überein, Jura Ost und Zürich Nordost in Etappe 3 weiter zu untersuchen und die anderen drei Standortgebiete (Jura-Südfuss, Südranden und Wellenberg) zurückzustellen. Neben einer vom BFE durchgeführten Medienkonferenz wurde eine



Medienmitteilung publiziert. Die frühzeitige Kommunikation des Ergebnisses löste einige Kritik, aber auch Zustimmung aus. Das BFE hat sich nach Rücksprache mit dem ENSI und der Konsultation der Kantone AG und ZH sowie dem Präsidenten der Regionalkonferenz Nördlich Lägern dafür entschieden, das Ergebnis der Analyse des ENSI bereits im Dezember 2016 zu kommunizieren. Dem BFE war es wichtig, die Beteiligten des Sachplanverfahrens umgehend über die neusten Erkenntnisse zu informieren. Der Anspruch an die Transparenz des Verfahrens wird dadurch eingelöst und es können rechtzeitig Vorbereitungsarbeiten für in Etappe 3 relevante Untersuchungen durchgeführt werden. Die Nagra hat im Winter 2016/17 bereits 3D-seismische Messungen im Gebiet Nördlich Lägern durchgeführt und wird gegen Mitte 2017 Gesuche für Sondierbohrungen für das Standortgebiet Nördlich Lägern einreichen.

- *Wechsel im Beirat Entsorgung*: Im Jahr 2016 traten zwei Mitglieder des Beirats zurück, der deutsche Geologe Detlef Appel und die Ethikerin Sibylle Ackermann. Anstelle von Detlef Appel trat der Geologe Jürgen Kreuzsch in den Beirat ein. Nachfolgerin von Sibylle Ackermann wird auf Anfang 2017 die Bioethikerin Anna Deplazes Zemp. Das BFE informierte über den jeweiligen Wechsel mit einer Medienmitteilung.

Insgesamt veröffentlichte das BFE im Jahr 2016 elf Medienmitteilungen zum Sachplanverfahren, sieben elektronische «Newsletter Tiefenlager», einen gedruckten «Focus Entsorgung» für die Haushalte der Standortregionen sowie diverse Berichte.³ Seit Oktober 2014 veröffentlicht das BFE zudem kurze Beiträge zu aktuellen Themen über den Blog *energeiaplus.com* und den dazugehörigen Twitter-Kanal. Im Schnitt bloggte das BFE drei Mal monatlich zum Thema Tiefenlager. In Anhang VII findet sich eine Auflistung aller im Berichtsjahr erschienenen Publikationen.

4.5 Forschung

4.5.1 Wissenserhalt und Markierungskonzepte

Der Bund hat gemäss KEG und KEV dafür zu sorgen, dass die Informationen über geologische Tiefenlager langfristig erhalten bleiben. So schreibt der Bundesrat nach KEG «die dauerhafte Markierung des Lagers vor». Damit sollen Informationen über die Lage und den Inhalt eines Tiefenlagers lange über dessen Verschluss hinaus erhalten bleiben.

Um die Markierungsfrage auf internationaler Ebene koordiniert anzugehen, beteiligt sich die Schweiz an einem Projekt der Nuclear Energy Agency (NEA) – einem spezialisierten Organ der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD). Ziel dieses Projekts ist es, ein gemeinsames Dokument zu erarbeiten, welches verschiedene Themenbereiche abdecken soll, damit – basierend auf denselben internationalen Standards – jedes Land einen passenden Aktionsplan zusammenstellen kann. Vom 23. bis 25. Februar 2016 und vom 17. bis 19. Oktober 2016 traf sich die Expertengruppe «Preservation of Records, Knowledge and Memory across Generations», RK&M, zu einer Sitzung. Im Jahr 2016 wurden unter der Leitung des neuen Vorsitzenden, Stephan Hotzel, die Arbeiten weitergeführt und u. a. die Konzepte des Key Information File und des Set of Essential Records weiter konkretisiert. Es zeigte sich, dass die Projektergebnisse nicht wie ursprünglich geplant in Form eines Wikis veröffentlicht werden können, deshalb muss auf die Form eines Schlussberichts ausgewichen werden. Dazu wurde ein Entwurf eines Inhaltsverzeichnisses erstellt. Das RK&M-Projekt wurde bis April 2018 verlängert.

³ Alle genannten Publikationen sind aufgeschaltet unter www.radioaktiveabfaelle.ch. Nicht genannt sind Mitteilungen des Bundes zur Finanzierung der Entsorgung, bspw. zu den Jahresberichten der Stilllegungs- und Entsorgungsfonds.



4.5.2 Begleitforschung zur regionalen Partizipation

Der Prozess der Bildung der Regionalkonferenzen zwischen 2009 und 2011 wurde in einer Arbeit beleuchtet, welche im Jahr 2013 abgeschlossen und im Januar 2014 publiziert wurde. Die wichtigsten Erkenntnisse wurden in Form von «Lessons Learned» zusammengefasst und Empfehlungen dazu abgegeben.⁴

An der Agneb-Sitzung vom 20. März 2014 beschloss die Agneb, die geplante Studie zur Partizipation von Frauen und Jugendlichen bei technischen Langzeitprojekten in den zweiten Teil des Begleitforschungsprojekts der Partizipation zu integrieren. Teil 2 der Begleitforschung regionale Partizipation wurde aufgrund eines Einladungsverfahrens als Dissertation am Institut für Politikwissenschaften der Universität Bern aufgelegt und am 19. September 2014 gestartet. Ziel des Dissertationsprojekts ist die Auswertung der regionalen Partizipation ab Gründung der Regionalkonferenzen bis zum Ende von Etappe 2 des Sachplanverfahrens. Dabei sollen konkrete Optimierungen und Handlungsempfehlungen für die laufenden Partizipationsprozesse in den Standortregionen formuliert sowie eine Analyse vorgenommen werden, ob sich die Befunde zur regionalen Partizipation im Rahmen des Sachplanverfahrens für die Standortsuche für geologische Tiefenlager auf andere Grossprojekte des Bundes übertragen lassen.

Mit einer Medienmitteilung und einem Beitrag auf dem BFE-Blog energieplus wurden am 23. September 2016 als erste Ergebnisse die Evaluationskriterien und der erste Zwischenbericht veröffentlicht:

Ziel des ersten Teils des Forschungsprojekts war es, Bewertungskriterien zu formulieren, welche für die Analyse der regionalen Partizipation angewendet werden sollen. Bei den Bewertungskriterien handelt es sich um ein Set von normativen und funktional-analytischen Verfahrensregeln. Die 14 Evaluationskriterien werden in die vier Gruppen Prozessmerkmale, Beteiligte, Informationen/Ressourcen und Wirkung unterteilt.

Der erste Zwischenbericht evaluiert die regionale Partizipation seit der Gründung der Regionalkonferenzen in den sechs potenziellen Standortregionen in den Jahren 2011 und 2012 bis hin zum 2x2-Vorschlag der Nagra im Januar 2015 anhand der 14 Evaluationskriterien. Aufgrund der Erkenntnisse aus der Evaluation formuliert der Bericht erste Handlungsempfehlungen zuhanden der verfahrenleitenden Behörde BFE, um den Partizipationsprozess weiterzuentwickeln. So sollen unter anderem die Miliztauglichkeit, der überregionale Austausch zwischen den Regionen, die Zusammensetzung der Gremien und der Ausgleich der Sachkompetenz der Beteiligten verbessert werden.

4.6 Internationales

4.6.1 OECD/NEA

Forum on Stakeholder Confidence (FSC)

Vom 6. bis 7. September 2016 fand im Bundesamt für Energie das 17. jährliche Treffen statt. Die Schwerpunkte waren der Informationsaustausch über die Tätigkeiten des Radioactive Waste Management Committee (RWMC) der NEA, Berichte aus den Mitgliedsländern Deutschland, USA und Spanien sowie die Präsentation der Ergebnisse der unter den FSC-Mitgliedern regelmässig durchgeführten Umfrage zur Verwendung von Sozialen Medien. Ausserdem wurde über und eine Zusammenarbeit mit weiteren Arbeitsgruppen des RWMC diskutiert, welche sich ebenso oder zukünftig vermehrt mit «Stakeholder Involvement» beschäftigen. Pascale Künzi (BFE) wurde als neue Vorsitzende des FSC gewählt.

⁴ s. auch «Newsletter Tiefenlager» No. 11 des BFE, 26. März 2014.



Die Schweiz führte als Gastgeberland vom 7. bis 9. September 2016 den 10. Länderworkshop des FSC im Kursaal Bern durch. Der Workshop mit dem Titel «Bridging Gaps. Developing Intergenerational Decision-Making in Nuclear Waste Management» wurde von Bundesrätin Doris Leuthard eröffnet. Die Kernfrage war, was wir heute tun können, um nachhaltige Entscheidungen zu fällen, die von der nächsten Generation nachvollzogen und akzeptiert werden können. Dabei soll ihnen genügend Raum für eigene Entscheidungen gelassen werden, falls sich die Umstände verändern. Im Zentrum standen Gruppendiskussionen, an denen die über 80 nationalen und internationalen Teilnehmenden gegenseitig voneinander lernen konnten. Auch die nächste Generation brachte sich ein – es nahmen zehn Jugendliche zwischen 16 und 25 Jahren teil.

Radioactive Waste Management Committee (RWMC)

Das RWMC-Komitee traf sich am 12./13. April 2016 im OECD-Hauptsitz in Paris zu seinem jährlichen Treffen. Die Schweizer Delegation besteht aus je einer Vertretung des BFE («policy maker»), des ENSI («regulator») und der Nagra («implementer»). Neben der Berichterstattung der diversen Arbeits- und Expertengruppen orientierten sich die Mitgliedstaaten gegenseitig über die aktuellen Entwicklungen in ihren Ländern. In einer «Topical Session» stellte die Leiterin der neuen Abteilung HANS (Human Aspects of Nuclear Safety) ihre generelle Sicht auf die Sicherheitskultur bei der Entsorgung der radioaktiven Abfälle dar. Weiter informierte das RWMC-Sekretariat über die geplanten Peer Reviews im 2016 in Japan und Rumänien. Das Komitee diskutierte zudem über seine zukünftige Ausrichtung und Tätigkeiten zwischen 2017–2022.

Austausch mit dem U. S. Nuclear Waste Technical Review Board

Am 15. Juni 2016 besuchte das amerikanische Nuclear Waste Technical Review Board (NWTRB) – das amerikanische Gegenstück zur schweizerischen KNS – im Rahmen einer Studienreise das BFE und liess sich vom BFE, dem Präsidenten des Beirats Entsorgung und einem Mitglied der KNS über das Schweizer Sachplanverfahren informieren. Insbesondere die regionale Partizipation und die Arbeit der Regionalkonferenzen stiessen auf grosses Interesse.



5 Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI)⁵

5.1 Einleitung

Das Berichtsjahr 2016 war im Bereich Entsorgung des ENSI einerseits durch die Prüfung der Vorschläge der Nagra für Etappe 2 des Sachplans geologische Tiefenlager (SGT) geprägt. Andererseits ging mit der Rücklieferung der letzten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (WA) schweizerischer Brennelemente im Ausland Anfang Dezember ein mehrere Jahrzehnte langes Kapitel der schweizerischen Entsorgung definitiv zu Ende; alle WA-Abfälle der Schweiz sind nun im ZZL am Standort Würenlingen zwischengelagert. Ein weiterer Meilenstein in der Entsorgung war der Abtransport der Kernmaterialbestände des Kernbrennstofflagers von PSI in die USA im Rahmen der so genannten «global threat reduction initiative» der US-amerikanischen Regierung.

Während der Rückbau verschiedener Anlagen des PSI Fortschritte machte, wurde der Entwurf zum Gutachten zum Bau- und Betriebsbewilligungsgesuch des PSI für den Erweiterungsbau des Bundeszwischenlagers abgeschlossen und befand sich zum Jahresende in der KNS-Vernehmlassung.

Gleich zwei organisatorische Veränderungen in der ENSI Geschäftsleitung betreffen die Entsorgung und den damit eng verknüpften Strahlenschutz: Die seit dem Ausscheiden von Michael Wieser Ende Mai ad interim besetzte Leitung des Aufsichtsbereiches Entsorgung wurde per Ende 2016 durch Felix Altorfer übernommen und die durch den Ruhestand von Georges Piller vakante Leitung des Fachbereichs Strahlenschutz (S) konnte unmittelbar durch Rosa Sardella übernommen werden.

Im TFS fanden im Jahr 2016 vier Sitzungen statt. Von den bis Ende 2016 ins TFS aufgenommenen 137 Fragen waren deren 121 bis Ende 2016 beantwortet. Alle Fragen und Antworten sind unter www.technischesforum.ch einsehbar. Über die Beantwortung der Fragen hinaus wurden in diesem Jahr an den Sitzungen verschiedene Fachthemen vertieft diskutiert. Im März wurden die Stellungnahmen der Kantone und des Umweltbundesamtes Österreich vorgestellt, im Juni informierte das ENSI über die Agneb-Forschungsprojekte Lagerauslegung und Monitoring. Anlässlich der Sitzungen im August und November hat die Nagra die Zusatzdokumentation zur Nachforderung des ENSI zur Etappe 2 SGT vorgestellt sowie über die eingereichten Sondierbohrgesuche informiert.

Im Folgenden wird auf verschiedene dieser Meilensteine des Berichtsjahres 2016 eingegangen. Die ordentliche Geschäftstätigkeit des ENSI im Bereich der Entsorgung wird in den darauffolgenden Kapiteln summarisch beschrieben.⁶

Stilllegung

Am Paul Scherrer Institut (PSI) befinden sich vier Kernanlagen in unterschiedlichen Phasen der Stilllegung. Dabei handelt es sich um die ehemaligen Forschungsreaktoren SAPHIR, DIORIT und PROTEUS sowie um die ehemalige Versuchsverbrennungsanlage (VVA). In der Anlage SAPHIR konnte, nach Auflösung des ursprünglich dort befindlichen Kernbrennstofflagers, dessen Infrastruktur weitgehend zurückgebaut und auch sonst Fortschritte beim Entfernen – im Wesentlichen durch Inaktivfreigabe – von Material erzielt werden. Das PSI entschloss sich hinsichtlich der Anlage DIORIT für eine Änderung des Stilllegungsziels; anstatt der ursprünglich beantragten und bewilligten Nachnutzung des Gebäudes nach dessen Entlassung aus den Geltungsbereich des KEG ist nun ein vollständiger Abriss beabsichtigt. Nach Entscheid des BFE stellt dies eine wesentliche Änderung der Stilllegungsverfügung dar und bedingt ein erneutes

⁵ Die Liste der Mitglieder des ENSI-Rats, welche das strategische und das interne Aufsichtsorgan des ENSI sind, befindet sich in Anhang III.

⁶ Das ENSI verfasst im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit über die Sicherheit der Kernanlagen, den Strahlenschutz in Kernanlagen und die regulatorische Sicherheitsforschung jeweils eigene Jahresberichte, in denen über alle Aspekte der Entsorgung umfassend und detailliert berichtet wird. Für detaillierte Informationen wird auf die genannten Berichte verwiesen.



Bewilligungsverfahren. Das PSI erarbeitet derzeit die erforderlichen Bewilligungsunterlagen. Das Rückbauprojekt für die Anlage PROTEUS wurde vom ENSI zuhanden des BFE begutachtet, die öffentliche Auflage der Unterlagen ist erfolgt, die Stilllegungsverfügung wird derzeit vorbereitet. In der VVA startete im Frühjahr 2016 die Abwicklung der ersten Rückbauphase nach entsprechender Freigabe des ENSI. Die Unterlagen zur Freigabe der 2. Rückbauphase sind derzeit zur Prüfung beim ENSI.

Für den seit Juli 2015 kernbrennstofffreien Ausbildungs- und Forschungsreaktor AGN-211-P der Universität Basel wurde im Berichtsjahr das Stilllegungsprojekt erarbeitet. In diesem Zusammenhang fanden klärende Fachgespräche statt.

Im Herbst 2013 hatte die BKW AG entschieden, den Leistungsbetrieb des Kernkraftwerks Mühleberg im Jahr 2019 endgültig einzustellen. Im Dezember 2015 reichte die BKW das Stilllegungsprojekt beim UVEK ein. Die Arbeiten des ENSI an diesen Unterlagen nahmen das gesamte Berichtsjahr in Anspruch, so dass zum Jahresende 2016 ein weitgehend fertiggestellter Berichtsentswurf vorlag. Die Tatsache, dass die federführende Sektion STIL zum grossen Teil auch zukünftig durch dieses Projekt absorbiert sein wird, veranlasste den ENSI-Rat und die Geschäftsleitung des ENSI, diese Sektion aus dem Aufsichtsbereich Entsorgung (E) in den Aufsichtsbereich Kernkraftwerke zu verschieben.

Richtlinien des ENSI

Unterhalb der gesetzlichen Anforderungen bilden mehrere Richtlinien des ENSI eine Beurteilungsgrundlage für die Aufsicht über die Entsorgung radioaktiver Abfälle. Zentral sind namentlich folgende Richtlinien:

- ENSI-B05: Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle
- ENSI-G03: Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis
- ENSI-G04: Auslegung und Betrieb von Lagern für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente
- ENSI-G05: Transport- und Lagerbehälter für die Zwischenlagerung
- ENSI-G17: Stilllegung von Kernanlagen

Diese Richtlinien blieben im Berichtsjahr unverändert gültig. Für die Richtlinien G03 und B05 wird jedoch nach Abschluss des Gutachtens zur Etappe 2 des SGT und der Prüfung der Unterlagen zum Entsorgungsprogramm 2016 eine Aktualisierung erwogen. Zusätzlich dürften sich Anpassungsnotwendigkeiten aus der Implementierung der entsprechenden WENRA-Anforderungen (Western European Nuclear Regulators Association) an die Endlagerung bzw. an die Abfallbehandlung ergeben.

Vorkommnisse

Zu den beiden Vorkommnissen im US-amerikanischen Endlager WIPP (Waste Isolation Pilot Plant) in New Mexico (vergl. Jahresbericht 2015) hat die OECD-NEA am 1. März 2016 einen ganztägigen Informationsworkshop in Paris durchgeführt, bei dem Experten der unterschiedlichen involvierten Behördenorganisationen, die auch im Untersuchungsausschuss vertreten waren, ausführlich über die Ergebnisse berichtet haben. Der ENSI-Teilnehmer an diesem Workshop berichtete hierüber im Technischen Forum Sicherheit (TFS) zur Beantwortung einer diesbezüglichen Frage.

Nachdem aus den Lagern verschiedener belgischer Kernkraftwerke über Innenkorrosion von Fässern mit zementierten Konzentraten berichtet worden war, forderte das ENSI von allen schweizerischen Abfallkonditionierern (Werke, PSI, ZWILAG) diesbezügliche Stellungnahmen. Die Ursache für die chemischen Reaktionen in den belgischen Fällen kann infolge anderer Zementrezepturen, chemischen Bedingungen und Zuschlagsstoffen in den hiezulande produzierten Abfallgebänden ausgeschlossen werden.



5.2 Entsorgung in den Kernkraftwerken

Beim Betrieb der Kernkraftwerke fallen radioaktive Rohabfälle aus verschiedenen Quellen an. Die radioaktiven Rohabfälle werden gesammelt, kampagnenweise konditioniert und zwischengelagert bis zur Entsorgung in einem geologischen Tiefenlager. Diese Tätigkeiten werden vom ENSI beaufsichtigt.

Rohabfälle, die in der Plasma-Anlage (Verbrennungs- und Schmelzanlage) der Zwischenlager Würenlingen AG (Zwilag) verarbeitet werden sollen, werden in entsprechenden Fässern vorbereitet. Die anderen Rohabfälle werden im Hinblick auf eine spätere Behandlung in dafür vorgesehenen Räumen der kontrollierten Zone der Kernkraftwerke aufbewahrt.

Die Rückstände aus den Wasserreinigungssystemen werden entweder zementiert (Kernkraftwerke Mühleberg und Leibstadt), bituminiert (Kernkraftwerk Gösgen) oder in Polystyrol eingebunden (Kernkraftwerk Beznau). Als Konditionierungsverfahren von nicht brenn- oder schmelzbaren Abfällen kommt dazu noch die Zementierung zum Einsatz. Für alle angewendeten Verfahren liegen die gemäss KEV und Richtlinie ENSI-B05 erforderlichen behördlichen Typengenehmigungen vor.

Die Einbindung von Harzen und Konzentraten in eine organische Matrix erhöht zwar den organischen Anteil im zukünftigen geologischen Tiefenlager, dient aber der Minimierung der Abfallvolumina. Verglichen mit den noch vor 10 bis 20 Jahren erwarteten Mengeneinträgen an organischen Stoffen wurden erhebliche Reduktionen erreicht, vor allem dank der Verminderung der entsprechenden Rohabfallmengen, der Betriebsaufnahme der Plasma-Anlage im zentralen Zwischenlager und dem Ersatz der ursprünglich zur Rücknahme vorgesehenen bituminierten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung durch eine geringere Menge an verglasten Abfällen. Das ENSI verfolgt weiterhin die internationale Entwicklung von Konditionierungsverfahren wie auch die kontinuierlichen Arbeiten der Schweizer Werke zur weiteren Reduktion organikahaltiger radioaktiver Abfälle.

Ein wichtiges Element zur Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien aus kontrollierten Zonen. Das freigemessene Material kann wieder verwendet oder der konventionellen Entsorgung zugeführt werden.

Die radioaktiven Abfälle der Kernkraftwerke sind in einem von allen schweizerischen Kernanlagen eingesetzten elektronischen Buchführungssystem ISRAM (Informationssystem für radioaktive Materialien) erfasst, so dass die Information über Menge, Lagerort und radiologische Eigenschaften jederzeit verfügbar ist.

Abgebrannte Brennelemente sind gemäss Kernenergiegesetz seit Inkrafttreten des Moratoriums (Verbot der Ausfuhr zum Zweck der Wiederaufarbeitung) am 1. Juli 2006 als radioaktive Abfälle zu entsorgen. Dieses Moratorium wurde durch einfachen Bundesbeschluss im Berichtsjahr um weitere 4 Jahre verlängert. Bei der Zwischenlagerung dieser Brennelemente kommt in der Schweiz die Trockenlagerung in Transport- und Lagerbehältern (T/L-Behältern) im Zwilag und im Zwischenlager des Kernkraftwerks Beznau (ZWIBEZ) sowie die Nasslagerung im Nasslager Gösgen zur Anwendung.

5.3 Entsorgung im Paul Scherrer Institut (PSI)

Nachstehend wird über die Aufsichtstätigkeit des ENSI in Bezug auf Behandlung und Lagerung von radioaktiven Abfällen durch das PSI informiert.

5.3.1 Behandlung radioaktiver Abfälle

Das PSI ist die Sammelstelle des Bundes für MIF-Abfälle (s. auch Kapitel 9 und 12). Ebenfalls im Eigentum des Bundes sind die im PSI anfallenden radioaktiven Abfälle aus der Anwendung radioaktiver Isotope in Forschungsprojekten, insbesondere bei Brennstoffuntersuchungen, aus den Beschleunigeranlagen, aus dem Rückbau von Forschungsanlagen sowie aus dem Betrieb der nuklearen Infrastruktur. Dazu gehören zudem LüftungsfILTER und Abfälle aus der Abwasserbehandlung. Alle genannten Abfälle sind sowohl chemisch als auch physikalisch unterschiedlich, so dass vor ihrer Endkonditionierung oft eine Triage und



Vorbehandlungen notwendig sind. Zudem sind unterschiedliche Konditionierungs- und Verpackungskonzepte erforderlich, was im Vergleich mit den KKW zu einem umfangreicheren und sich häufig ändernden Spektrum an Abfallgebindetypen führt.

5.3.2 Lagerung radioaktiver Abfälle

Im Bundeszwischenlager (BZL) werden konditionierte Abfälle vorwiegend in 200-Liter-Fässern und Kleincontainern (bis 4,5 m³) eingelagert. Fallweise werden mit spezifischer Zustimmung des ENSI konditionierte Komponente in Kleincontainern temporär aufbewahrt, sofern dies dem Optimierungsgebot nach Artikel 6 der Strahlenschutzverordnung entspricht.

In weiteren Hallen der Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (AERA) lagern entsprechend den betrieblichen Erfordernissen sowohl unkonditionierte als auch konditionierte Abfälle.

Das PSI setzt das gleiche elektronische Buchführungssystem wie die Kernkraftwerke ein, so dass die Information über Mengen, Lagerort und radiologische Eigenschaften der radioaktiven Abfälle jederzeit verfügbar ist.

Im Berichtsjahr wurden zunächst dem PSI der Entwurf des Gutachtens zu den überarbeiteten Gesuchsunterlagen zur Erweiterung der BZL-Lagerkapazitäten – dem Projekt OSPA – übermittelt. Zum Jahresende wurde das hinsichtlich der PSI-Kommentare leicht überarbeitete Gutachten der KNS zur Stellungnahme übergeben.

Nach mehreren teils iterativen Fachgesprächen zur Revision der Störfallanalyse des BZL ist die Begutachtung der nun vorliegenden Version durch das ENSI weitgehend abgeschlossen, womit nachgewiesen sein wird, dass auch die in den kommenden Jahren erwarteten Abfälle aus dem MIF-Bereich und den PSI-eigenen Kernanlagen dort sicher zwischengelagert werden können.

5.4 Zwiilag Zwischenlager Würenlingen AG

Die Zwiilag Zwischenlager Würenlingen AG (Zwiilag) betreibt am Standort Würenlingen das ZZL, welches aus verschiedenen Einrichtungen zur Behandlung und Lagerung von radioaktiven Abfällen und von abgebrannten Brennelementen besteht.

5.4.1 Lagerung radioaktiver Abfälle

Die Zwischenlagergebäude dienen der Lagerung von Abfällen und abgebrannten Brennelementen über mehrere Jahrzehnte bis zur Einlagerung in ein geologisches Tiefenlager. Die Lagergebäude umfassen die Behälterlagerhalle (HAA-Lager) für abgebrannte Brennelemente und verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung, das Lagergebäude für mittelaktive Abfälle (MAA-Lager) und die Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle (SAA-Lager). Zum Zwischenlager gehören auch das Empfangsgebäude und die heisse Zelle.

Im Berichtsjahr wurde durch die Zwiilag Zwischenlager Würenlingen AG das Projekt zur aktiven Inbetriebnahme der Halle S lanciert. In mehreren Fachgesprächen wurden die Projektstruktur sowie wesentlich ablaufbestimmende Aspekte, wie etwa die technischen Anforderungen an die noch zu installierenden Ausrüstungen diskutiert. Diese für die grossen Volumina der Stilllegungsabfälle aus den ersten Stilllegungsprojekten vorgesehene Halle wurde bisher zur Lagerung von inaktiven Gegenständen genutzt und soll nun im Hinblick auf die Abfälle aus dem Stilllegungsprojekt KKM aktiv in Betrieb genommen werden.



5.4.2 Behandlung radioaktiver Abfälle

Die Konditionierungsanlage dient der Behandlung schwachaktiver Abfälle aus dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke und aus der Sammelstelle des Bundes (MIF-Abfälle), sofern diese keine Alphastrahler enthalten.

Betriebsabfälle aus den Kernkraftwerken, die nicht als verbrennbarer oder schmelzbarer Abfall direkt in der Plasma-Anlage verarbeitet werden können, werden im Bereich der Konditionierung unterschiedlichen Behandlungsverfahren unterzogen. Dabei ist das Ziel, eine möglichst grosse Menge als inaktives Material freizumessen und den verbleibenden radioaktiven Abfall in eine konditionierte Form zu überführen, die den Anforderungen der Richtlinie ENSI-B05 entspricht.

Aufgabe der Plasma-Anlage ist es, brenn- und schmelzbare schwachaktive Abfälle durch sehr hohe Temperaturen in eine inerte Schlackenmatrix ohne organische Stoffanteile zu überführen. Dieses Produkt stellt nach entsprechender Verpackung eine zwischen- und endlagerfähige Abfallform dar. Zur Verarbeitung gelangen Abfälle aus dem Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke sowie aus Medizin, Industrie und Forschung.

Nach erfolgreichem Austausch des Ofendeckels erfolgte in der Plasma-Anlage eine Verarbeitungskampagne im 4. Quartal, bei der ca. 700 Fässer verarbeitet werden konnten.

5.5 Transporte von Kernmaterialien und radioaktiven Abfällen

Nach den Artikeln 6 und 34 des Kernenergiegesetzes bedarf der Umgang mit Kernmaterialien und radioaktiven Abfällen aus Kernanlagen einer Bewilligung des Bundes. Artikel 3 des Kernenergiegesetzes präzisiert den Begriff Umgang als Forschung, Entwicklung, Herstellung, Transport, Einfuhr, Ausfuhr, Durchfuhr, Lagerung und Vermittlung. Zuständig für die Erteilung solcher Bewilligungen ist das BFE. Im Hinblick auf die kernenergierechtliche Bewilligung von Transporten prüft das ENSI als Fachbehörde, dass die nukleare Sicherheit und Sicherung gewährleistet und die Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter erfüllt sind.

5.6 Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern

Das Konzept der Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und von hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung (Glaskokillen) besteht darin, diese Abfälle in störfallsicheren T/L-Behältern einzuschliessen, deren Dichtheit im Zwischenlager kontinuierlich überwacht wird. Im Falle des Kernkraftwerks Gösgen erfolgt vorher eine verlängerte Lagerung unter Wasser im auf dem Betriebsgelände gelegenen störfallsicheren externen Nasslager. Die T/L-Behälter müssen die Sicherheit für den gesamten Zeitraum der Zwischenlagerung gewährleisten, weshalb hierfür gegenüber einem reinen Transportbehälter nochmals erhöhte Anforderungen zu erfüllen sind. Details und Verfahren hierzu regelt die Richtlinie ENSI-G05. Mit dieser Richtlinie sind nicht nur die Anforderungen an die Auslegung der T/L-Behälter spezifiziert, sondern auch die Anforderungen an die Behälterfertigung, wie etwa Qualitätsanforderungen, begleitende Kontrollen oder Behälterdokumentation.

Bei der Fertigung der bereits lizenzierten T/L-Behälter sind festgelegte und vom ENSI freigegebene Abläufe einzuhalten, was im Auftrag des ENSI von unabhängigen Experten kontrolliert wird. Für jedes einzelne Behälterexemplar bestätigt das ENSI schliesslich den qualitätsgerechten Abschluss der Fertigung durch seine Freigabe zur Verwendung. Zusätzlich zur normalen Entsorgung der KKW kam es durch einen Spitzenbedarf von Behältern für den Abschluss der Rücknahme von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung im Jahr 2016 zu einer massiven Erhöhung des Aufwandes für die Fertigungsüberwachung; das ENSI wird in diesem Bereich ständig durch mehrere Mitarbeiter des Schweizerischen Vereins für Technische Überwachung (SVTI) unterstützt.



Über die Fertigungsüberwachung hinaus beschäftigt sich das ENSI allerdings auch mit der Lizenzierung neuer oder den schweizerischen Erfordernissen angepasster Behälterbauarten zu überwachen. Diese Aufgabe nimmt inzwischen einen immer grösseren Anteil am Arbeitsaufkommen der beteiligten Fachsektionen ein. Auch mittelfristig wird der Arbeitsanfall dort hoch bleiben, da die schweizerischen Brennelementtypen durch am internationalen Markt erhältliche Standarddesigns nicht abgedeckt sind und zur möglichst schnellen Brennstofffreiheit des KKM nach dessen Ausserbetriebnahme besondere Bedingungen zu berücksichtigen sind. Gemäss dem unverändert gültigen Konzept der ENSI-Geschäftsleitung erfolgen diese Arbeiten zu Kernkompetenzen des ENSI weitestgehend durch Eigenpersonal.

5.7 Radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

In La Hague (Frankreich) und in Sellafield (Vereinigtes Königreich) sind in früheren Jahren ca. 1000 t abgebrannte Brennelemente aus schweizerischen Kernkraftwerken durch die Firmen AREVA NC und SL (Sellafield Ltd.) im Rahmen der abgeschlossenen Verträge wiederaufgearbeitet worden. In Folge des Wiederaufarbeitungsmoratoriums (Art. 106 Abs. 4 KEG) wurde dieser Entsorgungsweg ab Juli 2006 durch die direkte Lagerung in T/L-Behältern, d. h. ohne Wiederaufarbeitung, ersetzt. Mit den letzten drei Transporten, einmal mittelaktive Abfälle aus La Hague und jeweils einmal hochaktive Abfälle aus La Hague bzw. Sellafield, sind seit Dezember 2016 nun sämtliche Abfälle aller Abfallarten, zu denen gemäss den völkerrechtlich bestätigten Verträgen eine Rücknahmeverpflichtung der Schweizer Werke besteht, im HAA-Lager bzw. Im MAA-Lager des ZZL in Würenlingen eingelagert.

5.8 Sachplan geologische Tiefenlager

Der vom Bundesrat im April 2008 genehmigte Konzeptteil zum Sachplan geologische Tiefenlager regelt das Schweizer Standortauswahlverfahren für geologische Tiefenlager. Das Verfahren ist in drei Etappen gegliedert. Etappe 1 wurde Ende 2011 vom Bundesrat gutgeheissen, nachdem der von der Nagra eingereichte Vorschlag durch das ENSI und weitere Gremien geprüft worden war. Dieser Vorschlag umfasst sechs Standortgebiete für ein Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (Gebiete Jura Ost, Jura-Südfuss, Nördlich Lägern, Südranden, Wellenberg und Zürich Nordost) sowie drei Standortgebiete für die Lagerung hochaktiver Abfälle (Gebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost). Diese geologischen Standortgebiete wurden in die Raumplanung der jeweiligen Region integriert.

Für die aktuell laufende Etappe 2 hatte die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) im Januar 2015 ihren Vorschlag für mindestens zwei Standortgebiete pro Lagertyp eingereicht. Jura Ost und Zürich Nordost sind die Standortgebiete, welche die Nagra in der dritten Etappe der Standortsuche sowohl für ein SMA- als auch HAA-Lager vertieft untersuchen will. Das ENSI hatte Ende 2015 zum von der Nagra vorgeschlagenen Ausschluss der Region Nördlich Lägern für die Prüfung der umfangreichen Berichte aufgrund des Indikators «Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit» zusätzliche Informationen zu verschiedenen Themen, so etwa zu alternativen Lagerkonzepten, geotechnischen Bedingungen oder bautechnischen Herausforderungen (Gefährdungsbildern) und Massnahmen zu deren Beherrschung gefordert.

Die Nagra kam dieser Nachforderung nach. Das BFE hat die entsprechende Zusatzdokumentation im August 2016 veröffentlicht. Das ENSI und seine Experten haben diese Unterlagen im Berichtsjahr geprüft und das ENSI die Prüfergebnisse in seine Gesamtbeurteilung integriert. Die Prüfung des ENSI hat ergeben, dass die Nagra die vorgegebenen Kriterien hinsichtlich Sicherheit und technischer Machbarkeit bei der Erarbeitung des Vorschlags adäquat und stufengerecht berücksichtigt hat. Die Erarbeitung des Vorschlags wurde gemäss den Vorgaben des Sachplans transparent und grösstenteils nachvollziehbar dargelegt. Die Nagra hat die verfügbaren relevanten geologischen Informationen und deren Berücksichtigung für die Erarbeitung des Vorschlags ausführlich erläutert.



Das ENSI hat im Rahmen der Überprüfung der Parameter und der Beurteilung der quantitativen Sicherheitsanalyse die Ergebnisse der Nagra durch eigene Dosisberechnungen überprüft und kann die Resultate der Nagra nachvollziehen. Die Dosisintervalle aller Standortgebiete liegen für alle jeweils betrachteten Wirtgesteine unterhalb des Dosischutzkriteriums von 0.1 mSv pro Jahr.

Die qualitative Bewertung der optimierten Lagerperimeter in den geologischen Standortgebieten erfolgt gemäss den Vorgaben im Konzeptteil des SGT und anhand der 13 Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit. Diese 13 Kriterien bestehen, wie in Etappe 1 SGT, jeweils aus mehreren Indikatoren. Das ENSI hat die qualitative Bewertung überprüft und bestätigt die Eignung aller Standortgebiete mit den jeweiligen Wirtgesteinen aus Etappe 1 SGT. Aus Sicht des ENSI ist keines der Standortgebiete aufgrund der charakteristischen Dosisintervalle oder der Gesamtbewertung zurückzustellen. Damit bestätigt das ENSI die Aussage der Nagra, dass in allen in Etappe 1 SGT vorgeschlagenen Standortgebieten grundsätzlich sichere geologische Tiefenlager erstellt werden könnten. Die Zurückstellung eines Standortgebiets ist gemäss den behördlichen Vorgaben daher nur über eindeutige Nachteile basierend auf den Kriterien der Sicherheit und technischen Machbarkeit möglich.

Das Vorgehen der Nagra unter Einbezug überwiegend konservativer geomechanischer Grundlagen und vereinfachter Berechnungsannahmen bestätigt grundsätzlich die bautechnische Machbarkeit in den Standortgebieten. Das ENSI beurteilt im Sinn rein bautechnischer Machbarkeitsüberlegungen die Grundlagen der Nagra als ausreichend. Für die quantitative Beurteilung der Tiefenlage und den Nachweis eindeutiger Nachteile aus bautechnischer Sicht sind die geomechanischen Grundlagen, insbesondere die Annahmen zu den geomechanischen Parametern, jedoch nicht belastbar.

Das ENSI kommt bezüglich der von der Nagra identifizierten eindeutigen Nachteile, insbesondere bei der Beurteilung der maximalen Tiefenlage und des Platzangebots, zu einer abweichenden Beurteilung. Das ENSI sieht die bautechnische Machbarkeit eines HAA-Lagers bzw. eines SMA-Lagers in der Nordschweiz bis zu Lagertiefen von 800 m u. T. (SMA-Lager) bzw. 900 m u. T. (HAA-Lager) als gegeben an und identifiziert daher für das Standortgebiet Nördlich Lägern keinen eindeutigen Nachteil. Deshalb kann das ENSI dem Vorschlag der Nagra, das Standortgebiet Nördlich Lägern zurückzustellen, nicht zustimmen. Aus Sicht des ENSI sind die drei geologischen Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost jeweils für ein SMA-Lager und ein HAA-Lager in Etappe 3 SGT vertieft weiter zu untersuchen.

Das ENSI hat in Absprache mit dem BFE die wichtigsten Begutachtungsergebnisse im Dezember 2016 bekannt gegeben, das Gutachten wird im Frühjahr 2017 veröffentlicht.

5.9 Felslaboratorien

In der Schweiz werden zwei Felslabors im Kristallingestein (Felslabor Grimsel) und im Tongestein (Felslabor Mont Terri) betrieben, in welchen unter internationaler Beteiligung umfangreiche Forschungsprojekte zur geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle durchgeführt werden (siehe Kapitel 8.1 und 13.4). Ziel der Forschung ist die Charakterisierung und Erfassung der geotechnischen, geochemischen und hydraulischen Eigenschaften der dortigen Gesteinsformationen und die Entwicklung und Überprüfung von Lagerkonzepten für den sicheren Einschluss radioaktiver Abfälle sowie von Techniken zur Erfassung relevanter Daten. Die Resultate der Forschung erlauben es ausserdem, anhand von Demonstrationsversuchen das Verhalten technischer (Bentonit, Zement, Stahlbehälter) und natürlicher Barrieren (Wirtgestein und Rahmengesteine) zu untersuchen und entsprechende Modellrechnungen zu validieren.

Seit 2003 ist das ENSI mit eigenen Projekten und Kooperationen an der Forschung im Felslabor Mont Terri beteiligt, um die behördeninterne Fachkompetenz auszubauen und zu erhalten sowie eigene Datensätze und Modelle zu entwickeln und zu testen. Die vom ENSI durchgeführten Forschungsarbeiten umfassten 2016 insgesamt sieben Experimente:

- Mit dem FS-Experiment möchte das ENSI das Verständnis der Stabilität von tektonischen Störungszonen in Tongesteinen und der Bedingungen für deren Reaktivierung verbessern. Dabei



sollen die Zusammenhänge zwischen der Bewegung einer Störung, dem Porenwasserdruck und der Mobilität der Fluide untersucht werden. Die Ergebnisse sind zum Beispiel für die Klärung der Mechanismen für natürliche und induzierte Erdbeben, deren Auslöser und das Risikomanagement, aber auch für den Verlust der Integrität natürlicher geringdurchlässiger Barrieren wichtig. Ziel des Jahres 2016 war die Auswertung der durchgeführten Experimente im Bereich der Hauptstörung. In den Tests wurden die Verschiebung der Störung sowie die daraus resultierende Seismizität in Folge der Injektion von Wasser beobachtet. Es konnten mehrere Ereignisse identifiziert werden, die eine Erhöhung der Permeabilität der Störung um einen Faktor 1000 bewirkten.

- Das HM-Experiment diene der Untersuchung von gekoppelten kurzfristigen hydro-mechanischen Prozessen im Opalinuston anhand von Labor- und Feldversuchen, die für die Bau- und Betriebsphasen eines zukünftigen Tiefenlagers für radioaktive Abfälle in der Schweiz relevant sind. Im Berichtsjahr wurde dieses im Rahmen einer Doktorarbeit an der ETH Zürich laufende Experiment erfolgreich abgeschlossen (Wild 2016). Die ursprünglich geplante numerische Simulation der Laborversuche und die Verifizierung des Stoffgesetzmodells sollen im Rahmen eines neu geplanten HM-C-Experiments ab 2017 durchgeführt werden.
- Das HM-B-Projekt dient der Evaluierung der mechanisch erzeugten kapillaren Saugwirkung in Bohrungen im Opalinuston. Im Berichtsjahr 2016 wurde dazu die Versuchseinrichtung (Pilotbohrung, Packer-System, Messgeräte) erfolgreich installiert. Die aus dem HM-B-Experiment zu erwartenden Ergebnisse sind relevant für die Beurteilung der Gebirgsstabilität und der Scherfestigkeit des Opalinustons im Nahbereich von Tunneln.
- Im Rahmen des FM-D-Experiments in Zusammenarbeit mit dem Karlsruher Institut für Technologie und swisstopo wurden im Berichtsjahr die Erkenntnisse aus den Laborversuchen auf das Bohrlochinstrument übertragen. Die dabei auftretenden technischen Herausforderungen wurden systematisch analysiert und das Bohrlochinstrument wurde optimiert.
- Im HM-A-Experiment wurde ein numerisches Modell erstellt, welches auf den konstitutiven Stoffgesetzen beruht und das Deformationsverhalten im Felslabor Mont Terri beschreibt. Im Berichtsjahr wurde dieses Modell im Rahmen einer Doktorarbeit an der EPF Lausanne fertiggestellt (Pariso 2016) und das Projekt abgeschlossen. Es zeigte sich, dass noch nicht alle hydro-mechanischen Prozesse vollständig beschrieben werden können.

5.10 Internationaler Wissenstransfer

Die Mitarbeit in diversen nationalen und internationalen Arbeitsgruppen bietet dem ENSI Gelegenheit, relevante Fragestellungen im Bereich der Entsorgung in geologischen Tiefenlagern zu verfolgen und bezüglich des Stands von Wissenschaft und Forschung über die aktuellen Entwicklungen informiert zu bleiben. Die Resultate dieser Arbeiten fliessen in die Aufsichtstätigkeit des ENSI im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager ein. Im Berichtsjahr 2016 engagierte sich das ENSI neben der Beteiligung an der internationalen Forschung im Felslabor Mont Terri (Kap. 8.1) unter anderem im Rahmen folgender Projekte und Gremien:

DECOVALEX-2019

Das Projekt begann im Jahr 2016 und wird im Jahr 2019 beendet werden. Es befasst sich mit der Simulation gekoppelter thermisch-hydraulisch-mechanischer Prozesse, wie sie in der unmittelbaren Umgebung eines geologischen Tiefenlagers auftreten können. An diesem Projekt nehmen Partner von elf Organisationen verschiedener Länder teil. Das ENSI hat gemeinsam mit dem Lawrence Berkeley National Laboratory die Leitung eines der insgesamt sieben Arbeitspakete bezüglich der Aktivierung von Störungszonen übernommen. Das Projekt zielt auf eine Verbesserung des Prozessverständnisses sowie auf die Überprüfung und Erweiterung der Fähigkeit zur Simulation solcher Prozesse.



BIOPROTA

Dies ist ein internationales Forum, das sich mit Prozessen zur Freisetzung von Radionukliden aus einem Lager für radioaktive Abfälle in die Biosphäre befasst. Die Arbeiten betreffen den Umgang mit Ungewissheiten bei der Modellierung der Umweltauswirkungen und der entsprechenden Strahlenexposition im Zusammenhang mit dem Sicherheitsnachweis für geologische Tiefenlager. Das Forum trifft sich jährlich, um die Ergebnisse von aktuellen Forschungsarbeiten zu diskutieren und zukünftige Forschungsschwerpunkte festzulegen. Ausserdem finden Workshops zu spezifischen Themenschwerpunkten statt. Schwerpunkt im Berichtsjahr war die Referenzbiosphären-Methodik. Das ENSI ist seit 2012 Mitglied von BIOPROTA. Diese Mitgliedschaft dient der Kompetenzerweiterung des ENSI im Bereich der Biosphärenmodellierung.

BenVaSim

Das ENSI hat 2013 eine Kooperationsvereinbarung mit Prof. Karl-Heinz Lux und seinen Mitarbeitenden am Lehrstuhl für Deponietechnik und Geomechanik der Technischen Universität (TU) Clausthal unterzeichnet, um einen Informationsaustausch über die Themen der hydromechanischen Modellierung zu ermöglichen. Im Rahmen dieser Kooperationsvereinbarung nimmt das ENSI neben der Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) (Braunschweig, Köln), dem Lawrence Berkeley National Laboratory und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover an dem von der TU Clausthal lancierten Projekt BenVaSim (Internationales Benchmarking zur Verifizierung und Validierung von TH2M-Simulatoren) teil. Im Jahr 2016 wurde das Projektvorhaben zwischen den Teilnehmerinnen und Teilnehmern konkretisiert. Der Projektbeginn ist auf Mitte 2017 vorgesehen.

OECD-NEA-Aktivitäten

Das ENSI beteiligt sich im Rahmen der OECD-NEA an den Aktivitäten der Arbeitsgruppe IGSC («Integration Group for the Safety Case»), der Untergruppe «Working Group on Measurements and Physical Understanding of Groundwater Flow through Argillaceous Media» (Clay-Club) und der «Expert Group on Operational Safety» (EGOS). Im Jahr 2016 fand das 18. Treffen der Arbeitsgruppe IGSC in Paris statt. In dieser Arbeitsgruppe wird jeweils über landesspezifische und internationale Aktivitäten und Projekte in Bezug auf die Tiefenlagerung berichtet wie z. B. die RWMC-Aktivitäten, die NEA-Projekte, die Aktivitäten der internationalen Organisationen und die spezifischen IGSC-Aktivitäten (Clay Club, Salt Club, EGOS, FEP Database, Crystalline Club und RepMet-Projekt). Das Schwerpunktthema der IGSC im Berichtsjahr war die Demonstration von Technologien zur Tiefenlagerung mit Vorträgen von Ländern mit fortgeschrittenen Tiefenlagerungsprogrammen. Die Mitarbeit des ENSI in der EGOS, im Clay Club und in der IGSC ermöglicht den Zugang zu wichtigen internationalen Informationsplattformen. Im Zentrum steht dabei der Wissenstransfer bezüglich des Sicherheitsnachweises für ein geologisches Tiefenlager, der Tongesteinsforschung und der Betriebserfahrung.

Die Arbeiten des Clay Clubs konzentrierten sich im Berichtsjahr 2016 auf das Projekt «Argillaceous Media Database Compilation» und sind bis Ende 2016 weitgehend abgeschlossen worden. Das Projekt beschäftigt sich mit den für die Sicherheitsbeurteilung von geologischen Tiefenlagern in Tongesteinen massgebenden geologischen, hydrogeologischen, mineralogischen, geophysikalischen, geochemischen und felsmechanischen Datensätzen. Die finale Vernehmlassung des Berichts ist für 2017 geplant. Anschliessend wird der Bericht als NEA-Dokument veröffentlicht. Das Projekt wird von der Nuclear Waste Management Organisation (NWMO, Kanada) koordiniert.

Von der Universität Bern wurde 2016 die Lancierung des Projekts «CLAYWAT – Binding state and mobility of WATER in CLAY-rich media» vorgeschlagen. Darin soll es um die Verbesserung der Methoden zur Bestimmung des Porenwassergehaltes in Tonen und Schiefertönen, die Interpretation der Porenwasserzusammensetzung aus Extraktionsexperimenten, die advective Mobilität des Porenwassers und die Evaluation geeigneter Methoden zur Charakterisierung des Bindungszustands von Porenwasser



gehen. Das Projekt wurde von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern positiv beurteilt. Das Projekt ist 2016 gestartet und wird bis 2019 laufen.

Die Expertengruppe EGOS («Expert Group on Operational Safety») dient dem Austausch von technischen und regulatorisch/gesetzgeberischen Erfahrungen in Bezug auf die nukleare und radiologische Betriebssicherheit eines geologischen Tiefenlagers. Im Berichtsjahr 2016 beschäftigte sich die EGOS vor allem mit Sicherheitsaspekten zu den Themen Brandschutz und Ventilation sowie Transport und Einlagerung in geologischen Tiefenlagern. Im Juni 2016 fand in Paris der von der OECD-NEA und der IAEA gemeinsam initiierte Workshop «Operational Safety of Geological Repositories» statt. Dort wurden die aktuellen Entwicklungen und Ergebnisse der EGOS und des GEOSAF-Projekts der IAEA aus verschiedenen Bereichen der operationellen Sicherheit präsentiert. Darüber hinaus wurden die Erfahrungen der teilnehmenden Länder und die bestehenden regulatorischen Rahmenbedingungen in Bezug auf die Betriebssicherheit von geologischen Tiefenlagern vorgestellt und der Bedarf für eine mögliche Harmonisierung der nationalen Regelwerke diskutiert.

Das ENSI stellt seine internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der geologischen Tiefenlagerung in seinem Erfahrungs- und Forschungsbericht 2016 ausführlich dar.



6 Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung (EGT)

Gemäss Sachplan geologische Tiefenlager unterstützt die EGT das ENSI in ihrer Arbeit zu den sicherheitstechnischen Beurteilungen, verfasst zuhanden des ENSI Stellungnahmen zur geologischen Beurteilung der Standortgebiete und Standorte und zur bautechnischen Machbarkeit der geologischen Tiefenlager, nimmt Stellung zu Gesuchen für erdwissenschaftliche Untersuchungen und arbeitet im Technischen Forum Sicherheit mit. Für das ENSI ist die EGT eine wichtige Wissensträgerin, da darin von der Nagra unabhängige Fachpersonen vertreten sind.

Der EGT gehörten in der Berichtsperiode sieben Mitglieder an, vornehmlich aus dem Hochschulbereich des In- und Auslands, welche verschiedene in der geologischen Tiefenlagerung relevante Fachbereiche abdecken (s. Anhang III).

Die Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung EGT hat sich mit dem Wiedereintritt von Fritz Schlunegger verstärkt. Der Professor für Exogene Geologie an der Universität Bern war bis März 2013 ordentliches Mitglied der EGT. Seine Expertise für Sedimentations- und Erosionsprozesse und seine langjährige Erfahrung in Sachen Tiefenlager-Beurteilung macht ihn zu einem wertvollen Mitglied des Expertengremiums. Das Sekretariat der EGT wird vom ENSI geführt. Die Aktivitäten der EGT werden laufend auf einer Website präsentiert (www.egt-schweiz.ch).

In der Berichtsperiode 2016 fanden sieben ganztägige, reguläre Plenarsitzungen statt. Im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager nahm die EGT am Behördenseminar zu den Unterlagen der Nachforderungen des ENSI und an der Medienkonferenz zur Vorstellung der Resultate des sicherheitstechnischen Gutachtens des ENSI zum Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete teil. Hier leistete die EGT wichtige Zuarbeit für die Nachforderungen des ENSI an die Nagra für eine bessere Beurteilungsgrundlage der Standortgebiete. Vertreten war die EGT in der zweiten Sitzung des Fachgremiums Erdwissenschaftliche Untersuchungen, die sich mit dem Explorationskonzept der Nagra auseinandergesetzt hat. Ein Vertreter der EGT nahm ausserdem an den vier Sitzungen des TFS teil. Mit Vertretern der Arbeitsgruppe Sicherheit der Kantone (AG SiKa), weiteren Kantonsvertretern und dem ENSI wurden die kantonalen Expertenberichte zu Etappe 2 SGT erörtert.

Die EGT und das ENSI legen jährlich gemeinsam die Schwerpunkte der Arbeiten der EGT fest. Im Berichtsjahr wurde die anno 2015 begonnene schriftliche Stellungnahme zum Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete in Etappe 3 SGT fertiggestellt, die gemeinsam mit dem Gutachten des ENSI veröffentlicht wird. Zur Bearbeitung hat sich die EGT u. a. mit Expertenberichten der KES auseinandergesetzt. Die in der Stellungnahme der EGT behandelten Schwerpunkte bildeten die Felsmechanik, die Erosion, die Interpretation der 2D-Seismik und die lagerbedingten Einflüsse. Die EGT beschäftigte sich im Berichtsjahr darüber hinaus auch mit den folgenden Themen:

- Barriereneigenschaften der Wirt- und Rahmengesteine für das SMA- und HAA-Lager,
- konzeptuelle Modelle und Parameter der SMA-Wirtgesteine für den Radionuklidtransport,
- Migration und Verdünnung der Radionuklide in der Biosphäre,
- wirtgesteins- und standortgebietspezifische Dosisrechnungen für das SMA-Lager,
- sicherheitsrelevante Auswirkungen geochemischer Prozesse auf das SMA-Lager,
- Gastransport in den SMA- und HAA-Wirtgesteinen und in technischen Einbauten,
- Homogenität und Explorierbarkeit von Heterogenitäten im Opalinuston und Braunen Dogger,
- Neotektonik und geodynamische Entwicklung der Nordschweiz,
- Seismizität in den geologischen Standortgebieten,
- Abgrenzung der Lagerperimeter basierend auf der tektonischen Überprägung,
- Platzbedarf der Tiefenlager in den verschiedenen Standortgebieten,
- Annahmen zur Auslegung, Vortriebsmethode, Stützung und Versiegelung der SMA- und HAA-Lager,
- Abgrenzung der Lagerperimeter,



- sicherheitstechnische Bewertung und Vergleich der geologischen SMA- und HAA-Standortgebiete.



7 Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS)

Als beratendes Organ des Bundesrats, des UVEK und des ENSI prüft die KNS grundsätzliche Fragen der nuklearen Sicherheit und kann zuhanden des Bundesrats und des UVEK Stellung zu den sicherheitstechnischen Gutachten des ENSI nehmen. Die KNS besteht aus sieben Mitgliedern (siehe Anhang III).

7.1 Sachplan geologische Tiefenlager

7.1.1 Vorschlag für die Standorteinengung in Etappe 2 SGT

Ziel der Etappe 2 des SGT ist die Einengung auf mindestens je zwei Standortgebiete für Tiefenlager für HAA und für SMA. Die Nagra hatte ihren Vorschlag für die Standorteinengung im Januar 2015 bei der verfahrensleitenden Behörde, dem BFE, eingereicht. Die Nagra sieht vor, die beiden geologischen Standortgebiete Jura Ost und Zürich Nordost als mögliche Standortgebiete für geologische Tiefenlager in Etappe 3 SGT vertieft zu untersuchen. Beide Standortgebiete eignen sich nach Einschätzung der Nagra sowohl für ein SMA-Lager als auch für ein HAA-Lager oder ein Kombi-Lager⁷.

Nach der Bekanntgabe des Einengungsvorschlags der Nagra hatte das ENSI mit dessen sicherheitstechnischer Detailprüfung begonnen. Im Verlauf dieser Überprüfung kam das ENSI zum Schluss, dass die von der Nagra eingereichten felsmechanischen Grundlagen, die getroffenen Annahmen und die Argumente für die Beurteilung der maximalen Tiefenlage im Hinblick auf die bautechnische Machbarkeit nicht ausreichend bzw. nicht nachvollziehbar seien. Aus diesem Grund hatte das ENSI am 6. November 2015 eine entsprechende Nachforderung an die Nagra gestellt. Am 27. Juli des Berichtsjahres reichte die Nagra ihre Unterlagen zur Erfüllung der Nachforderung ein. Nach Abschluss der Überprüfung des Einengungsvorschlags der Nagra hat das ENSI am 14. Dezember 2016 das Hauptergebnis seiner Analysen öffentlich bekanntgegeben. So stützt das ENSI den Vorschlag der Nagra in weiten Teilen, es empfiehlt aber, neben den Standortgebieten Jura Ost und Zürich Nordost auch das Standortgebiet Nördlich Lägern in Etappe 3 SGT vertieft zu untersuchen. Das sicherheitstechnische Gutachten des ENSI wird im Frühjahr 2017 vorliegen.

Die KNS hat im Berichtsjahr ihre Analyse des Vorschlags der Nagra für die Standorteinengung fortgesetzt:

- Im November 2015 hatte die KNS Fragen zum Vorschlag der Nagra für die Standorteinengung für geologische Tiefenlager festgehalten und der Nagra mit der Bitte um Beantwortung zugestellt. Die Antworten der Nagra auf die Fragen sind der Kommission zwischen Februar und September des Berichtsjahres von Vertretungen der Nagra fortlaufend im Rahmen von KNS-Sitzungen vorgestellt worden. Die Fragen der KNS zur Berichterstattung der Nagra betrafen vorwiegend grundlegende Aspekte des Einengungsvorschlags, welche im Hinblick auf eine Beurteilung des Einengungsvorschlag von besonderer Bedeutung sind, insbesondere die betrachteten alternativen Lager- und Barrierenkonzepte, die maximal mögliche bzw. minimal notwendige Tiefenlage und die damit verbundenen geotechnischen Bedingungen.
- In ihrer Sitzung am 8. Januar führte die Kommission ein Fachgespräch mit einer Vertretung der Ingenieurgesellschaft «Sanierungstunnel Belchen» und der zugehörigen Geologengemeinschaft zum Thema Tunnelvortrieb und -ausbau im Opalinuston. Dabei wurden unter anderem Vortriebsmethoden und Ausbaumöglichkeiten für Untertagebauwerke im Opalinuston sowie die geotechnischen Eigenschaften des Gesteins, besonders im Hinblick auf dessen Quellfähigkeit, thematisiert.

⁷ Anordnung eines HAA-Lagers und eines SMA-Lagers in einem geologischen Standortgebiet



- Den Ergebnissen der 2D-reflexionsseismischen Messungen, welche die Nagra im Winter 2011/2012 durchgeführt hatte, kommt für die Standorteinengung eine wichtige Bedeutung zu. Aus diesem Grund hat die KNS Fragen zu diesen Ergebnissen und deren Interpretation festgehalten und durch einen externen Experten für Seismik beantworten lassen. Die Antworten wurden in Rahmen von zwei Kommissionssitzungen vorgestellt und diskutiert.

Die KNS hat ihre interne Meinungsbildung zum Einengungsvorschlag der Nagra im November des Berichtsjahres abgeschlossen. Das Ergebnis wird in die Stellungnahme der KNS zum sicherheitstechnischen Gutachten des ENSI betreffend den Einengungsvorschlag einfließen, welche die KNS nach Vorlage des ENSI-Gutachtens bis Sommer 2017 erarbeiten wird.

7.1.2 Planung Etappe 3 des Sachplans geologische Tiefenlager

Die KNS war im Berichtsjahr an den fortgesetzten Planungsarbeiten für die Etappe 3 SGT beteiligt, welche unter der Leitung des BFE als verfahrensleitende Behörde durchgeführt wurden. Im August fand eine Planungsretraite der Projektoberleitung statt, an welcher auch eine Vertretung der KNS teilnahm. Neben einer aktuellen Darstellung des Stands der verschiedenen Planungsarbeiten wurden insbesondere die durch die Nagra in Etappe 3 vorzunehmende Auswahl des Standorts für die Vorbereitung des Rahmenbewilligungsgesuchs⁸ und dessen Einbettung in den Verfahrensablauf thematisiert. Erörtert wurde auch die Bedeutung sozioökonomisch-ökologischer Aspekte in Etappe 3 SGT.

7.1.3 Fachgremium «Erdwissenschaftliche Untersuchungen»

In Etappe 3 SGT wird die Nagra ein Rahmenbewilligungsgesuch für ein geologisches Tiefenlager für radioaktive Abfälle stellen.⁸ Um die erforderlichen vertieften geologischen Kenntnisse im Hinblick auf das Rahmenbewilligungsgesuch zu beschaffen, werden von der Nagra erdwissenschaftliche Untersuchungen, beispielsweise 3D-Seismik und Tiefbohrungen, durchgeführt.

Zur fachlichen Begleitung der erdwissenschaftlichen Untersuchungen der Nagra wurde Ende 2015 das Fachgremium «Erdwissenschaftliche Untersuchungen» eingesetzt. Dieses Gremium, in dem die im SGT involvierten Fachstellen mit erdwissenschaftlicher Sachkenntnis, so auch die KNS, vertreten sind, hat das Ziel, den Wissenstransfer bezüglich des aktuellen geologischen Kenntnisstands zwischen den einzelnen Fachstellen sicherzustellen. Es sorgt für einen fachtechnischen Informationsaustausch und die Diskussion über die im Rahmen der standortspezifischen Exploration von der Nagra durchgeführten erdwissenschaftlichen Untersuchungen, deren Ergebnisse und die daraus gewonnenen Erkenntnisse.

Im Berichtsjahr wurden anlässlich zweier Sitzungen des Fachgremiums «Erdwissenschaftliche Untersuchungen» die 3D-seismischen Untersuchungen in den möglichen Standortgebieten Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost sowie die geplanten Tiefbohrungen und Quartäruntersuchungen in diesen Standortgebieten thematisiert.

—

⁸ Dies gilt für den Fall, wenn für alle Abfallkategorien ein geologisches Tiefenlager vorgesehen ist (Kombilager). Ansonsten wird pro Lager (HAA und SMA) je ein Rahmenbewilligungsgesuch eingereicht.



7.2 Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle

Im Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle sind die von Bundesstellen vorgesehenen Forschungsprojekte im Bereich Entsorgung zusammengefasst.⁹ Das Forschungsprogramm wird im Auftrag der Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (Agneb) von einem Sekretariat betreut, das beim BFE angesiedelt ist. Die KNS ist in der Umsetzungsgruppe zum Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle vertreten.

7.2.1 Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle 2017–2020 und Umsetzungsgruppe

Anfangs des Berichtsjahres schloss die Umsetzungsgruppe ihre Überlegungen hinsichtlich möglicher Schwerpunkte des Forschungsprogramms für die Jahre 2017–2020 ab. Nach der Beratung und Verabschiedung durch die Agneb wurde das Forschungsprogramm «Radioaktive Abfälle 2017–2020» am 6. Dezember 2016 veröffentlicht.¹⁰ Im Rahmen der Konkretisierung der Programmperiode wurden durch die Agneb auch grundsätzliche Entscheide zur zukünftigen Ausrichtung des Forschungsprogramms und dessen Umsetzung getroffen. Aufgrund damit verbundener organisatorischer Neuerungen wurde seitens Agneb keine Notwendigkeit mehr gesehen, die Umsetzungsgruppe in ihrer bisherigen Form weiterzuführen.¹¹ Neu ist geplant, jährlich eine Forschungsklausur durchzuführen, zu welcher auch die KNS eingeladen ist.

7.2.2 Anwendbarkeit der Prinzipien der Abfallverordnung auf radioaktive Abfälle

Das BFE gelangte Ende 2015 mit einer Anfrage zu den Ergebnissen des Agneb-Forschungsprojekts «Abfallbewirtschaftung im Vergleich» an die KNS. Für das BFE war von Interesse, ob aus Sicht der KNS mit den vorliegenden Ergebnissen des Forschungsprojekts die bereits von der früheren Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) gestellten Fragen¹² bezüglich der Anwendbarkeit der Gründe und Prinzipien der «Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen» (Abfallverordnung, VVEA, SR 814.600)¹³ im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle hinreichend geklärt seien. Die KNS hat sich daraufhin mit dieser Fragestellung befasst und ihre diesbezügliche Einschätzung im April des Berichtsjahres zuhanden des BFE festgehalten.

7.3 Kontakte und Informationsaustausch

Auch im Berichtsjahr fand wiederum ein regelmässiger Informationsaustausch mit den in der Schweiz am Prozess der Entsorgung radioaktiver Abfälle beteiligten Institutionen statt. Daneben nahmen Vertretungen der KNS unter anderem an nachfolgend genannten Treffen im Zusammenhang mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle teil.

⁹ Die Bundesverwaltung kann zum Zwecke des Erwerbs und des Ausbaus von Fachkenntnissen, die für ihre aktuellen oder zukünftigen Tätigkeiten relevant sind, Forschungsarbeiten durchführen lassen oder fördern. Diese Forschung wird Ressortforschung genannt. Im Bereich Kernenergie gehört unter anderem das Forschungsprogramm «Radioaktive Abfälle» zur Ressortforschung des Bundes.

¹⁰ Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle 2017–2020; Arbeitsgruppe des Bundes für nukleare Entsorgung Agneb, Bern, 6. Dezember 2016

¹¹ Die letzte Sitzung der Umsetzungsgruppe fand am 30. März des Berichtsjahres statt.

¹² Das Forschungsprojekt «Abfallbewirtschaftung im Vergleich» geht auf eine Initiative der KSA, die per 1. Januar 2008 durch die KNS ersetzt wurde, zurück. Der entsprechende Projektantrag wurde am 17.07.2007 beim BFE eingereicht.

¹³ Bis 31. Dezember 2015: Technische Verordnung über Abfälle (TVA)



7.3.1 Paul Scherrer Institut

Im Rahmen der KNS-Sitzung am 8. Januar des Berichtsjahres fand am Paul Scherrer Institut (PSI) ein Fachgespräch zum Thema Abfallmanagement und Konditionierung der MIF-Abfälle statt. Eine Vertretung der Sektion «Rückbau und Entsorgung» des PSI informierte unter anderem über die bei den MIF-Abfällen relevanten Abfallströme und die Möglichkeiten der Abfallbehandlung, einschliesslich der Konditionierung der Abfallgebinde. Im Anschluss an das Fachgespräch besichtigte die Kommission das auf dem Gelände des PSI gelegene Bundeszwischenlager, in welchem gemäss gesetzlichem Auftrag die MIF-Abfälle bis zu deren späteren Einlagerung in ein geologisches Tiefenlager gesammelt werden.

7.3.2 OECD/NEA-Meeting of Chairpersons of Advisory Bodies to Governments

Am 8./9. Dezember 2016 fand in Paris ein weiterer Austausch in der Reihe von Treffen der Vorsitzenden beratender Gremien im Bereich Entsorgung unter Obhut der OECD Nuclear Energy Agency (OECD/ NEA) statt. Die KNS delegierte ein Mitglied zur Teilnahme.

Neu nahm auch Japan mit einer Delegation am Austausch teil. In den vergangenen Jahren wurde in Japan der Ansatz verfolgt, mögliche Standorte für ein geologisches Tiefenlager für hochradioaktive Abfälle in einem ersten Schritt nach dem Prinzip der Freiwilligkeit auszuwählen, d. h. interessierte Gemeinden waren eingeladen, sich um das Tiefenlager zu bewerben. Dieses Vorgehen war bisher wenig zielführend; vor diesem Hintergrund wurde seitens der Vertretung Japans die mit dem Treffen verbundene Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch über die Projekte zur Entsorgung radioaktiver Abfälle in den Ländern der übrigen teilnehmenden Gremien begrüsst. Im Zentrum der Fachgespräche standen dabei die Themen Vertrauen, Freiwilligkeit und stufengerechte Kommunikation im Prozess der Standortauswahl.

7.3.3 Fachtagungen

Vertretungen der KNS nahmen im Berichtsjahr unter anderem an folgenden Veranstaltungen zum fachlichen Informations- und Gedankenaustausch auf internationaler Ebene teil:

- 2. Konferenz «Key Topics in Deep Geological Disposal»; Deutsche Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung, 26.–28. September, Köln
- EUROSAFE Forum 2016; European Technical Safety Organisations Network, 7.–8. November, München

Neben dem Verfolgen des internationalen Stands von Wissenschaft und Technik in den für die nukleare Sicherheit relevanten Fachgebieten bot der Besuch der Veranstaltungen auch die Möglichkeit eines offenen fachtechnischen Austausches über aktuell wichtige Themen und Fragestellungen.¹⁴

7.4 Ausblick

Im Zentrum der Tätigkeiten der KNS werden auch 2017 Aufgaben im Zusammenhang mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle stehen. So wird die KNS ihre Stellungnahme zum Gutachten des ENSI betreffend den Einengungsvorschlag für die Standortgebiete für geologische Tiefenlager im Rahmen von Etappe 2 SGT vorlegen. Des Weiteren wird die Kommission zum Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen bzw. zum Gutachten des ENSI Stellung nehmen.

¹⁴ Z. B.: Keynote-Vortrag «The Swiss Sectoral Plan for Nuclear Waste Disposal Site Selection: Step-wise (Geo-)Science-based Decisions», C. Schlüchter, 2nd Conference on Key Topics in Deep Geological Disposal



8 Bundesamt für Landestopografie (swisstopo)

8.1 20-Jahr-Jubiläum des Felslabors Mont Terri

Im Beisein von Bundesrat Guy Parmelin wurde am 19. Mai 2016 das 20-Jahr-Jubiläum gefeiert. Dabei trafen sich Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Politik und Behörden. Sie würdigten die Arbeiten, die dazu beigetragen haben, dass das Labor nach 20 Jahren zu den weltweit führenden Institutionen bei der Erforschung von Tongesteinen gehört. Am 21. Mai 2016, am Tag der offenen Tür, hatte auch die Bevölkerung die Gelegenheit, das Felslabor zu besuchen. Mehr als 300 Besucher/innen nahmen diese Gelegenheit wahr.

8.2 Betrieb und Forschung im Felslabor Mont Terri

Seit 1996 werden im Felslabor Mont Terri im jurassischen St-Ursanne Experimente im Opalinuston durchgeführt. Diese leisten einen wichtigen Beitrag zur Erforschung der geologischen Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle. Die swisstopo ist Betreiberin des Felslabors Mont Terri und leitet das Mont Terri-Projekt mit insgesamt 16 Forschungspartnerinnen und -partnern¹⁵ aus acht Ländern. Seit 2006 nimmt swisstopo das Management des Felslabors wahr, ist verantwortlich für die Sicherheit unter Tage, unterbreitet dem Kanton Jura die jährlichen Forschungsprogramme und realisiert nach deren Bewilligung die Experimente zusammen mit den Partnerorganisationen und den Kontraktorinnen und Kontraktoren. Insgesamt sind rund 50 Forschungsinstitute und 50 private Unternehmungen an der Implementierung der Forschung beteiligt.

8.2.1 Experimente

Seit Beginn des Forschungsprogramms im Jahr 1996 wurden 147 Experimente gestartet und davon 99 abgeschlossen. Ende 2016 waren somit noch 48 Experimente im Gang (in-situ Experimente, neue Experimente in Planung, reine Laborexperimente), wovon 9 neu sind (siehe Tabelle unten). Bis jetzt haben die 16 Projektpartner/innen für Aufträge, die an über hundert Hochschulen, Forschungsinstitute und Spezialfirmen gingen, 80,4 Millionen Franken ausgegeben (inklusive Budget bis Mitte 2017). Bedeutendste schweizerische Projektpartnerin ist die Nagra mit einem Kostenbeitrag von 33 %. Die bedeutendste ausländische Partnerin ist die französische Andra mit einem Beitrag von 20 %. Die anderen 14 Partner/innen kommen für die restlichen 47 % auf.

Das Budget für die Experimente betrug 2016 rund 2,83 Millionen Franken (Mittelwert aus Phase 21 und 22). Verglichen mit 2015 ist dies ein Rückgang von rund 12 %. Für den Betrieb und die Sicherheit des Felslabors steuerte die swisstopo 0,6 Millionen Franken bei. Damit werden unter anderem die Mieten (Felslabor), die Honorare der «Commission de suivi» (kantonale Begleitkommission) sowie die Sicherheitsvorkehrungen und der Unterhalt im Felslabor finanziert.

Die laufenden Experimente können in drei Gruppen eingeteilt werden:

- *Forschung und Entwicklung von Methoden und Messgeräten* z. B. die Experimente IC (Iron corrosion of Opalinus Clay; downhole impedance measurements), FM-D (Evaporation logging) und MD (Cosmic myon density tomography).
- *Prozessverständnis und Kennwerte Opalinuston* z. B. die Gasexperimente HG-A, HG-D und HT (Long-term gas migration, reactive gas transport, hydrogen transfer) aber auch die Diffusionsexperimente mit Radionukliden DR-A, (Radionuclide diffusion, retention and perturbations) und ohne Radionuklide DR-B (Long-term diffusion with iodine) sowie das Mikrobiologieexperiment MA (Microbial activity).

—

¹⁵ Projektpartner/innen, siehe auch: <https://www.mont-terri.ch/de/mont-terri-projekt/organisation/projektpartner.html>



– *Demonstrationsexperimente*

Aktuell laufen 2 grosse Demonstrationsexperimente: das HE-E Experiment (In-situ heater test in VE micro-tunnel, scale 1:2) und das FE- (Full scale emplacement, scale 1:1) Experiment. Beim letzteren hat die Heizphase im März 2015 definitiv begonnen. Details dazu sind auch im AgneB-Jahresbericht im Kapitel der Nagra enthalten.

Die Forschungsarbeiten werden von in- und ausländischen Universitäten, Forschungsinstituten und privatwirtschaftlichen Kontraktorinnen und Kontraktoren durchgeführt. In der Schweiz sind dies vor allem die ETH Zürich, das PSI und die Universität Bern. Die Forschungsaufträge werden von swisstopo vergeben.

Übersicht der 48 laufenden in-situ Experimente 2015 (Phase 22):

| Abkürzung | Titel des Experimentes | Partner/in ¹ | Aktivität ² |
|-----------|---|-------------------------|------------------------|
| BN | Bitumen-nitrate-clay interaction | A, F, I, S | D, L, M, R |
| CI | Cement-clay interaction | A, C, F, N, O, S | D, L, R |
| CS-A | Well leakage simulation & remediation | T, V | D, L, M, R |
| CS-C | Experimental assessment of shale prop. for safe geol. CO ₂ storage | F, T | D, L, R |
| DB | Deep inclined borehole through the OPA | B, G, I, N, T, W | L, M, R |
| DF | Drilling fluids for Opalinus Clay | N | P, D, M, R |
| DM-A | Long-term deformation measurement | B, G | D, M, R |
| DR-A | Diffusion, retention and perturbations | N, W | R |
| DR-B | Long-term diffusion | F, N, W | L, M |
| EG | EDZ gas diffusion by carbon isotopes | C | D, L, M |
| FE-G | Monitoring the gas composition within the FE experiment | A, N, W | D, M, R |
| FE-M | Long-term monitoring of the Full Scale Emplacement Experiment | A, B, D, F, G, N, W | M |
| FI | Fluid-mineral interactions in OPA during natural faulting/heating | T | L, R |
| FM-D | Evaporation logging | H, T | D, M, R |
| FR* | FractReact – Reactive Transport in Fractures | B | D, M, R |
| FS | In-situ clay faults slip hydro-mechanical characterisation | B, D, J, H, T | D, L, M, R |
| FS-A | Friction Properties of Opalinus Clay | N, T | L, R |
| GC | Geomechanical in situ Characterization of Opalinus Clay | B, N | D, L, R |
| GD | Analysis of geochemical data | A, E, F, N, S | L, R |



| Abkürzung | Titel des Experimentes | Partner/in ¹ | Aktivität ² |
|-----------|--|-------------------------|------------------------|
| HA-A | Analysis and synthesis of the variability of hydrogeological and geophysical parameters of the Opalinus Clay | B, F, N | L, R |
| HE-E | In-situ heater test in VE microtunnel | B, E, G, N, O | M, L, R |
| HE-F* | Gases & watersoluble organic compounds in OPA at elevated T/p | B, F | P, L, R |
| HM | Evaluation of the hydromechanical props and behaviour of the OPA | H | L, D, R |
| HM-B | Evaluation of mechanically induced suction in bore cores | B, H, T | P, D, L, M |
| HM-C* | Implementation & validation of a new const. model for clay shales | H | R |
| HS | Hydrogeological survey of aquifers around the Opalinus Clay | T | M, R |
| HT | Hydrogen transfer in Opalinus Clay | A, F, W | D, L, M, R |
| IC | Iron corrosion of Opalinus Clay | A, J, N, W | D, M |
| IC-A | Corrosion of iron in bentonite | A, N, W | D, M |
| LP-A | Long-term monitoring of the measured pore parameters | A, B, F, I, N, T, V, W | M, R |
| LT-A | Properties analysis in lab tests | B, G, N | L, R |
| MA | Microbial activity | A, B, F, N, W | D, L, M, R |
| MA-A | Modular platform for microbial studies | N, T | P, L, M, D |
| MD | Cosmic muon density tomography | T | D, M, R |
| MH | Long term monitoring of heaves | T | D, M |
| MO | Preparation of technology for long-term monitoring | A, H, T | D, M |
| MR* | Feasibility study of tunnel MRS | B | P, D, M |
| PS | Petrofabric and strain determination | T | L, R |
| RA | Rock mechanics analyses | B, N | M, L, R |
| SB-A | Borehole sealing experiment | B, G | D, L, M |
| SE-P* | Self-sealing processes in old EDZs and breakout zones | B, H, T | P, D, L, M, R |
| SM-C | Permanent nanoseismic monitoring | T | D, M, R |
| SO | Sedimentology of Opalinus Clay | B, T | D, L, R |



| Abkürzung | Titel des Experimentes | Partner/in ¹ | Aktivität ² |
|-----------|--|-------------------------|------------------------|
| SO-B | Statistical Analysis & Detection of periodic Patterns in Lithofacies | T | R |
| ST | Seismic transmission measurements | B | P, D, R |
| SW-A* | Planning and tech. prep. Work for a large-scale Sandwich seal experiment | B, E, G, N, T | P, L |
| SW-B* | Scoping calculations for a large-scale Sandwich seal experiment | B, G, H | P, R |
| WS-I | Investigation of wet spots | B, N | D, L, M |

* neue Experimente

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|-------------|---|----------------|------------------------|---|----------------------------------|--|--|
| ¹ Partner/in | A | Andra (FR) | J | JAEA (JP) | ² Aktivität | P | Planung | | |
| | B | BGR (DE) | N | Nagra (CH) | | D | Bohrung, Installationen, in-situ | | |
| | C | Criepi (JP) | O | Obayashi (JP) | | | Testing | | |
| | D | US DOE (US) | S | SCK•CEN (BE) | | L | Laboranalysen | | |
| | E | Enresa (ES) | T | swisstopo (CH) | | M | Monitoring | | |
| | F | FANC (BE) | V | Chevron (US) | | R | Modellierung, Reporting | | |
| | G | GRS (DE) | W | nwmo (CA) | | | | | |
| | H | ENSI (CH) | | | | | | | |
| | I | IRSN (FR) | | | | | | | |

Die swisstopo beteiligt sich an 20 der insgesamt 48 laufenden Experimente (siehe Tabelle oben). Schwerpunkte bilden dabei vor allem die kleinskalige mikroskopische Beschreibung der Porenräume von tektonischen Bruchzonen, der Auflockerungszone und der undeformierten Matrix (DB, PS, SO und SO-B Experimente). Ein weiterer Schwerpunkt liegt im Feuchtetransport des Opalinustons (Schrumpfen und Schwellen, LP-A-Experiment) und in der Ermittlung von Feuchteknennwerten mit neuen Messmethoden (FM-D-Experiment). Beim HS Experiment konnten 2016 die on-site-Installationen der vier Permanentstationen und der Messung des Gesamtabflusses im Hauptdrainagestollen abgeschlossen werden. Beim FSExperiment wurden 2016 die Daten aus der erfolgreichen hydraulischen Stimulation der Hauptstörzone im Felslabor ausgewertet. Zudem wurde mit dem neuen FS-A Experiment ein Laborprogramm aufgezogen, welches die Reibungseigenschaften von natürlichen Brüchen untersucht. Bei den 2016 neu dazu gekommenen Aktivitäten handelt es sich um die Experimente SE-P und SW-A. Beim SE-P Experiment sollen im Rahmen einer vom ENSI finanzierten Dissertation an der ETH die Ausbildung der Auflockerungszone (EDZ) und die Selbstabdichtungsprozesse in Galerien unterschiedlichen Alters untersucht werden. Die Standorte für die Untersuchung sind festgelegt und die Feldkampagne soll in diesem Jahr beginnen. Beim sogenannten «Sandwich» (SW-A) Experiment geht es um die Planung eines grossskaligen Versiegelungsexperimentes. Das Experiment soll im Jahre 2018 in einer neuen Nische der Laborerweiterung durchgeführt werden. Zudem trägt swisstopo zur Öffnung des Felslabors für nicht-nukleare Forschungsvorhaben bei, z. B. im Bereich der CO₂-Speicherung mit den CS-A- und CS-C-Experimenten. Beim CS-A-Experiment wurden zahlreiche Systemtests und hydraulische Tests durchgeführt und die Heizung verbessert. Demnächst wird dort die Injektion der «biosealants» anstehen.

8.2.2 Dokumentation und Bewilligung

Alle in-situ Aktivitäten, Laborversuche und Modellierungsarbeiten werden in Form von «Technical Notes» und «Technical Reports» dokumentiert. Das physische Archiv befindet sich in St-Ursanne. Das elektronische Archiv, das für alle Mont Terri-Projektpartner/innen und den Kanton Jura zugänglich ist, befindet sich auf dem Mont Terri-Extranet.



Im Rahmen des 20-Jahr-Jubiläums hielt das PSI anlässlich des jährlichen Technical Meetings (10.–11. Februar 2016, Porrentruy) Rückschau auf die wesentlichen Resultate und Erkenntnisse seit dem Start des Mont Terri Projektes 1996. Über 20 wissenschaftliche Beiträge kamen zusammen. Es ist geplant, diese Beiträge 2017 im Rahmen einer Spezialausgabe des «Swiss Journal of Geosciences» zu publizieren.

Am 30. Mai 2016 reichte swisstopo das Gesuch für die Forschungsarbeiten der Phase 22 beim Kanton Jura ein (1. Juli 2016 bis 30. Juni 2017). Nach der Begutachtung durch die jurassische Commission de suivi erhielt swisstopo am 30. Juni 2016 vom Département de l'Environnement des Kantons Jura unter der Leitung von Ministre David Eray die Bewilligung zur Durchführung der Phase 22. Das offizielle schriftliche Bewilligungsdokument lag am 12. Juli 2016 vor.

Das Baugesuch für die Erweiterung des Felslabors (2018–2019) wurde von swisstopo am 14. November 2017 eingereicht; das entsprechende Vorprojekt war bereits 2015 bewilligt worden. Der Kanton Jura (Département de l'Environnement) erteilte swisstopo die Bewilligung für die Erweiterung am 22. Dezember 2016.

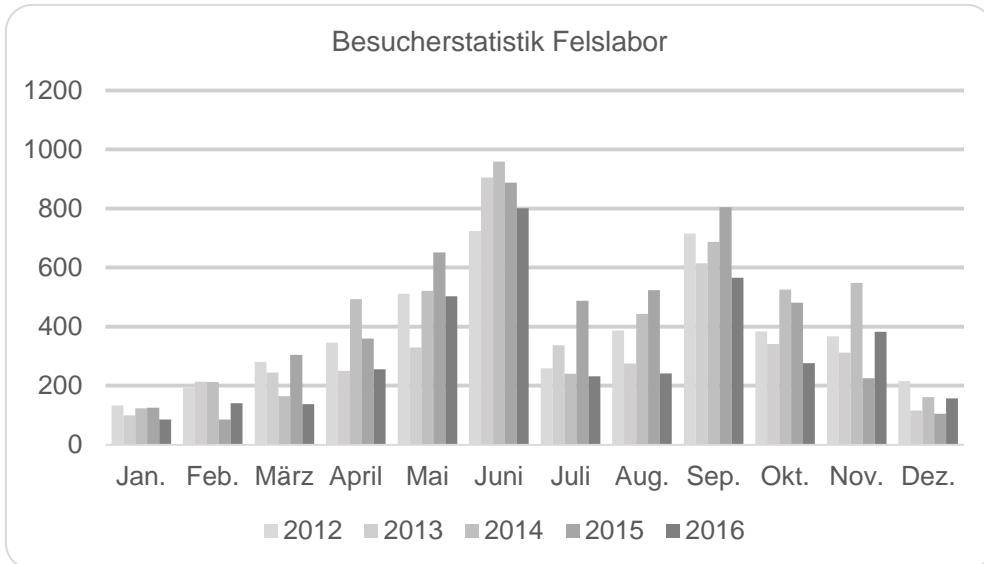
8.3 Das Mont Terri-Besucherzentrum

Das Mont Terri-Besucherzentrum wird von den Partner/innen Nagra, ENSI und swisstopo betrieben. Ziel ist es, die Bevölkerung über die Sicherheit und Machbarkeit eines zukünftigen Tiefenlagers für radioaktive Abfälle zu informieren. Besonders interessant sind die laufenden Experimente im Felslabor Mont Terri, wo Besucherinnen und Besucher sich selbst ein Bild über die geologische Tiefenlagerung machen können.

Einige statistische Zahlen zum Jahr 2016: (In Klammer Vorjahr 2015)

- 3778 (5038) Besucherinnen und Besucher mit zwei Peaks im Juni und September (siehe Grafik unten)
- 197 (256) Besuchergruppen
- 37 (37) verschiedene Guides von Nagra, ENSI und swisstopo waren 372 (416) Mal im Einsatz
- Vereine, Firmen: 1745 (2600) Besucherinnen und Besucher
- Schulen, Universitäten: 1126 (1126) Besucherinnen und Besucher
- Politiker, Parteien: 51 (153) Besucherinnen und Besucher
- Deutsche Sprache 2149 (3465), Französische Sprache 808 (953), Englische Sprache 263 (258), gemischte Gruppen 131 (155) Besucherinnen und Besucher
- 33 (17) Medienschaffende von 5 (7) Medien machten Reportagen
- 322 (431) Mal ist ein Bus mit Besucherinnen und Besuchern ins Labor gefahren.
- Aus den Standortgebieten und der Nachbarschaft kamen 322 (161) Besucherinnen und Besucher
- 1328 (1247) Personen nutzten das Besucherzentrum für Tagungen, Sitzungen oder besondere Anlässe.
- Budget 2016: 410 000 CHF. Darin enthalten ist der Betrieb des Besucherzentrums mit rund 2,2 Stellen.
- 22 (25) Besuche mit 514 (423) Teilnehmenden wurden angemeldet und später wieder abgesagt!

| Monat /Jahr | Jan. | Feb. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sep. | Okt. | Nov. | Dez. | Total |
|-------------|------|------|------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 2012 | 133 | 194 | 281 | 346 | 511 | 724 | 259 | 387 | 715 | 384 | 367 | 215 | 4516 |
| 2013 | 99 | 213 | 245 | 250 | 329 | 905 | 337 | 275 | 614 | 341 | 312 | 116 | 4036 |
| 2014 | 123 | 212 | 164 | 493 | 521 | 959 | 240 | 443 | 687 | 525 | 548 | 161 | 5076 |
| 2015 | 125 | 85 | 304 | 360 | 651 | 887 | 488 | 523 | 804 | 481 | 225 | 105 | 5038 |
| 2016 | 85 | 141 | 137 | 256 | 503 | 801 | 232 | 242 | 566 | 276 | 382 | 157 | 3778 |



Im 2016 gab es einen markanten Rückgang der Besucher/innen im Vergleich zu den Vorjahren. Gründe sind das Ausbleiben eines grossen Organisations (z. B. Twerenbold) und das Abflachen der Anfangseuphorie nach dem Bau des Besucherzentrums. Viele Interessierte aus den Standortregionen haben das Felslabor schon gesehen. Mit gezielten Werbemassnahmen wird versucht den Rückgang zu stoppen.



9 Bundesamt für Gesundheit (BAG)

9.1 Sammelaktion der MIF-Abfälle

Die Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501) schreibt vor, dass MIF-Abfälle bei der Sammelstelle des Bundes abgeliefert werden müssen. Das PSI als Sammelstelle des Bundes nimmt die Abfälle entgegen, konditioniert sie und ist für die Zwischenlagerung im Bundeszwischenlager verantwortlich. Das BAG organisiert in Absprache mit dem PSI in der Regel eine Sammelaktion für MIF-Abfälle pro Jahr.

Bei der 2016 durchgeführten Sammelaktion haben insgesamt 20 Betriebe radioaktive Abfälle mit einer Gesamtaktivität von $2,75 \cdot 10^{11}$ Becquerel¹⁶ (dominiert von Tritium H-3) und einem Gesamtvolumen von 1,3 m³ (Rohvolumen) abgeliefert. In der diesjährigen Sammelaktion ist die abgelieferte H-3 Aktivität im Vergleich zu den Vorjahren sehr gering, da aufgrund von Verspätungen zwei Lieferanten aus der Industrie nicht zeitlich Ihre Abfälle abliefern konnten. Diese werden aber dafür voraussichtlich in 2017 zwei Mal ihre Abfälle abliefern. Die Aktivität an α -Strahler ohne Radium (hauptsächlich Am-241) ist aus dem gleichen Grund auch kleiner als in den Vorjahren.

Unter Berücksichtigung des Artikels 83 der StSV konnten verschiedene Tritium- und C-14-haltige Abfälle mit Zustimmung des BAG einer Verbrennung zugeführt werden. Für mehrere geschlossene Strahlenquellen hoher Aktivität (insb. Americium-241, Cobalt-60, Cäsium-137) zeigten sich Weiterverwendung und Recycling als sinnvolle Alternativen zur Entsorgung als radioaktiver Abfall. Der Austausch von verbrauchten Quellen mit Rücknahme der alten Quelle durch die Lieferantin oder den Lieferanten wird weitgehend angewendet und minimiert weiter die Abfalllast für die Schweiz. Soweit möglich und sinnvoll werden auch Dekontamination und Abklinglagerung mit anschliessender Freimessung in den Betrieben angewendet.

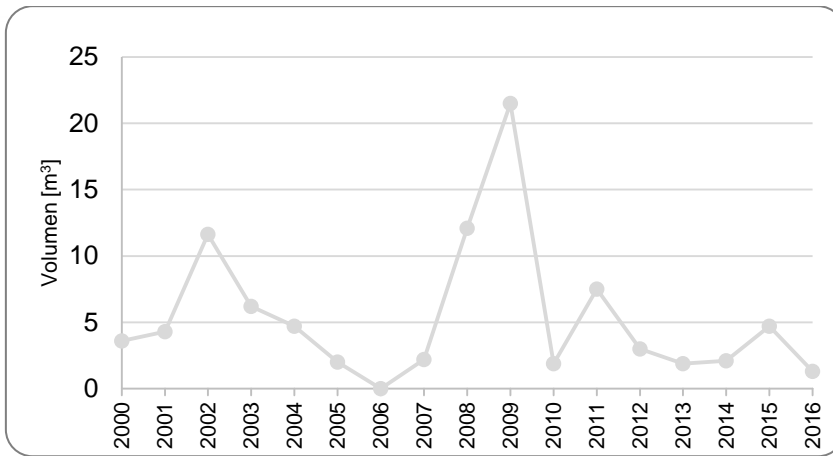
In der folgenden Tabelle sind die seit 1974 vom PSI entgegengenommenen MIF-Abfälle zusammengestellt. In der ersten und zweiten Zeile sind die Summen der von 1974–1999 und von 2000–2010 abgelieferten Aktivitäten aufgelistet:

| Aktivität [GBq ¹] | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|--------------------------|------------|--------------------|--------|--|
| Jahr | Anzahl Betriebe | β/γ -Strahler | | α -Strahler | | Volumen ² [m ³] |
| | | Ohne Tritium | Tritium | Ohne Radium | Radium | |
| 1974–1999 | | 105 185 | 12 296 635 | 6 935 | 737 | 586 |
| 2000–2010 | | 11 177 | 4 937 361 | 452 | 45 | 70,1 |
| 2011 | 27 | 140 | 1 000 000 | 3,8 | 0,19 | 7,5 |
| 2012 | 25 | 110 | 25 000 | 1,4 | 0,36 | 3,0 |
| 2013 | 28 | 66 | 61 000 | 0,64 | 0,25 | 1,9 |
| 2014 | 24 | 350 | 17 000 | 1,31 | 0,29 | 2,1 |
| 2015 | 26 | 346 | 2 160 000 | 2,19 | 0,73 | 4,7 |
| 2016 | 20 | 28 | 245 | 0.039 | 0.819 | 1.3 |

¹ Gigabecquerel ($1 \cdot 10^9$ Zerfälle pro Sekunde).

² bis 1999 abgegebenes Fassvolumen, ab 2000 effektiv abgegebenes Rohvolumen.

¹⁶ Becquerel: Einheit für die Aktivität eines Radionuklids (1 Bq = 1 Zerfall pro Sekunde)



Zeitlicher Verlauf der abgegebenen Rohvolumen seit 2000



10 Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)

Im SGT ist das ARE für die Prüfung und Beurteilung der raumplanerischen Aspekte zuständig. Insbesondere trägt es die Gesamtverantwortung für die raumplanerischen Abklärungen bezüglich der Oberflächenanlagen. Unterstützt wird das ARE von der Arbeitsgruppe Raumplanung (s. Kapitel 4.3.1). Das ARE hat sich 2016 auf die Führung der Arbeitsgruppe Raumplanung konzentriert und einen ersten Entwurf der raumplanerischen Beurteilung der Resultate von Etappe 2 des Sachplanverfahrens erarbeitet. Im Weiteren hat es sich in die Diskussionen um die Ausgestaltung der vertieften volkswirtschaftlichen Untersuchungen in Etappe 3 sowie der Konzeption des Monitorings eingebracht.



11 Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU unterstützt das für den SGT federführende BFE bei Fragen zum Thema Umweltschutz. Das BAFU ist dabei für die Beurteilung der umweltrelevanten Aspekte zuständig (ohne nukleare Auswirkungen). Die Beurteilung der Umweltaspekte geschieht vor allem im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), welche im Rahmen des Rahmenbewilligungsverfahrens (1. Stufe) und des Baubewilligungsverfahrens (2. Stufe) durchgeführt wird.

Im Jahr 2016 hat das BAFU mit den beiden Schreiben vom 26. Februar 2016 zu den Voruntersuchungen inkl. Pflichtenheft für den UVB 1. Stufe der Standortareale JO-3+ und ZNO-6b Stellung genommen. Am 29. April 2016 wurden dem BAFU zudem vom BFE die UVP-Voruntersuchungen zum Standortgebiet Nördlich Lägern (Standortareale NL-2 und NL-6) zur Stellungnahme unterbreitet. Die Beurteilung des BAFU dazu wird voraussichtlich bis Ende März 2017 abgeschlossen sein.

Weiter hat sich das BAFU im Rahmen der Vollständigkeitsprüfung nach Artikel 50 des Kernenergiegesetzes zu den je 8 Sondierbohrgesuchen der Nagra für die Standortregionen Zürich Nordost und Jura Ost geäußert.



12 Paul Scherrer Institut (PSI)

12.1 Tätigkeiten des PSI zur Behandlung und Beseitigung radioaktiver Abfälle

Im Jahr 2016 wurde eine Sammelaktion durchgeführt. Aus dem Aufsichtsbereich des BAG lieferten 20 Abfallerzeuger/innen insgesamt 1,3 m³ (Aussenvolumen) radioaktive Abfälle ab. Es wurden insgesamt 2,74x10¹¹ Bq, dominiert von H-3, entgegengenommen. In diesem Jahr wurden keine vorkonditionierten (zugeschweissten) Stahlzylinder mit tritiumhaltigen Abfällen aus der Industrie geliefert.

Die in der Gruppe «Entsorgungsanlagen» (AERA) der Sektion «Rückbau und Entsorgung» des PSI gesammelt zur Verarbeitung übernommenen Abfälle teilten sich wie folgt auf:

| Herkunft | Volumen [m ³] |
|--|---------------------------|
| BAG / SUVA | 1,3 |
| PSI | 30,9 |
| ZWILAG, Sekundärabfälle aus der Behandlung von Abfällen aus den PSI-Beschleunigeranlagen | 4,2 |
| Total | 36,4 |

In den Entsorgungsanlagen, inklusive der Betonieranlage im Gebäude DIORIT, der Sektion «Rückbau und Entsorgung» sind im 2016 keine neuen Gebinde endkonditioniert worden. Aus den Beschleunigeranlagen wurden jedoch zwei Container KC-T30 à 4,5 m³ geliefert und im BZL eingelagert, die bereits vor einigen Jahren endkonditioniert worden sind.

Ausserdem wurden 46 Fässer mit kompaktierten brennbaren Abfällen, fünf Fässer mit Proben aus der Zementchemie und 400 Liter Altöl an die ZWILAG zur Behandlung in der Plasmaanlage übergeben, insgesamt 11,4 m³. Es wurden keine Gebinde mit endkonditionierten Abfälle von der ZWILAG entgegengenommen.

12.2 Forschungsarbeiten am PSI

12.2.1 Zielsetzung

Zum besseren Verständnis der Rückhaltung und des Transports von Radionukliden in porösen Materialien und der geochemischen Wechselwirkungen in geologischen Tiefenlagern führt das LES ein breites Experimentalprogramm durch. Weiter entwickelt das LES einheitliche Betrachtungen von Transport- und Sorptionsprozessen, sowie von Grenzflächenreaktionen und befasst sich mit der Hochskalierung dieser Prozesse auf natürliche Systeme. Die Nagra führt im Rahmen des schweizerischen Entsorgungsprogramms für radioaktive Abfälle Sicherheitsbeurteilung für geologische Tiefenlager durch. Mit seinen Daten, Modellen und Expertenkenntnissen liefert das LES einen wesentlichen Beitrag zur wissenschaftlichen Basis dieser Beurteilungen. Das im LES erarbeitete Wissen wird auch in anderen umweltrelevanten Bereichen, wie zum Beispiel Schadstofftransport, Geothermie, etc., vermehrt umgesetzt.

Das PSI bietet mit seinen Hotzellen, den A- und C-Laboratorien, der Synchrotron Lichtquelle Schweiz (SLS), der Spallations-Neutronenquelle (SINQ), dem Zugang zu Hochleistungsrechnern und weiteren Anlagen eine einzigartige Infrastruktur. Die Nutzung dieser Infrastrukturen ist ein entscheidender und integraler Bestandteil der am LES durchgeführten Arbeiten. Ganz speziell machen auch die Möglichkeit mit α -strahlenden Radionukliden zu arbeiten sowie die Unterstützung durch ein starkes Modellierungsteam das LES zu einem etablierten Expertenteam mit einzigartigen Kenntnissen und Werkzeugen auf dem



Gebiet der Tiefenlagergeochemie in der Schweiz. Das LES nimmt aktiv an den Experimental- und Modellierungsprogrammen in den Felslabors Grimsel und Mont Terri teil.

Als schweizerisches Kompetenzzentrum für die Geochemie geologischer Tiefenlager liefert das LES einen wesentlichen Beitrag zur Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses und zum Wissenstransfer in den Bereichen der nuklearen Entsorgung und Umweltgeochemie.

12.2.2 Schwerpunkte der Arbeiten

Die von der Nagra eingereichten Unterlagen zur Etappe 2 des SGT werden seit Januar 2015 durch das ENSI geprüft, was zu verschiedenen Nachforderungen an die Nagra führte. Mitarbeiter des LES waren in Arbeitsgruppen der Nagra beteiligt, um die Fragen der Aufsichtsbehörde zu beantworten und zusätzliche wissenschaftliche Dokumentationen zu erarbeiten.

Mittlerweile wurde auch das Forschungsportfolio des LES evaluiert und an die langfristigen Anforderungen der Etappe 3 des Sachplans und des anschliessenden Rahmenbewilligungsgesuches (RBG) angepasst. Die hauptsächlichen Forschungsaktivitäten konzentrieren sich darauf, bestehende Lücken in experimentellen Daten und Modellen zur Sorption von redoxsensitiven Elementen zu füllen und die chemischen Analogieschlüsse, die in den Sicherheitsanalysen zur Anwendung kommen, experimentell zu verifizieren. Diffusionsexperimente und Transportmodelle dienen dazu, die Übertragbarkeit von Sorptionsmodellen, die in dispergierten Tonsystemen gewonnen wurden, auf Tiefenlagerbedingungen (kompaktierte Tongesteine) zu prüfen. Simulationen von reaktivem Transport und ergänzende Experimente werden durchgeführt, um die Langzeitentwicklung der in-situ Bedingungen des Tiefenlagers und die geochemischen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Komponenten des Barrierensystems vorauszusagen, die zu einer Änderung der Rückhalte- und Transportprozesse im Tiefenlager-Nahfeld führen könnten. Spezielle Aufmerksamkeit verdient das Verständnis des Einflusses von chemischen Heterogenitäten auf die räumliche und zeitliche Änderung der Reaktivität und Degradation der Abfälle in einem zementbasierten Lager. Diese Aspekte sind von grosser Bedeutung, wenn es darum geht, die schädlichen Auswirkungen von Metallkorrosion und Organikadegradation auf die Sicherheit von Tiefenlagern zu minimieren. Das langfristige Ziel des LES besteht darin, die Funktionalität der grundlegenden Modelle und Datensets für die Sicherheitsanalysen auf dem neuesten Stand der Forschung zu garantieren, insbesondere was Sorption, Diffusion und Thermodynamik anbelangt. Dies kann nur dann gelingen, wenn der Wissenserhalt in strategischen Bereichen durch aktive Forschung unterstützt wird.

Im Berichtsjahr wurde im LES damit begonnen, die Arbeiten für Etappe 3 des SGT vorzubereiten. Die Entwicklung der thermodynamischen Sorptionsdatenbank (TD-SDB) für Montmorillonit und Illit wurde abgeschlossen. Zwei Nagra Technische Berichte (NTB) zu diesem Thema wurden zum Peer-Review eingereicht und sollen 2017 erscheinen. Die auf dem «botton-up approach» basierende Methodik zur Evaluation von Sorptionsparametern für Wirtsgesteine wurde weiterhin ausgetestet. Insbesondere wurde das Vorgehen für eine konsistente Berücksichtigung von Sorptionskompetitionsphänomenen und Änderungen der Porenwasserzusammensetzung während der Langzeitentwicklung des Tiefenlagers modifiziert. Ein zusammenfassender Bericht zum Einfluss von kompetitiver Sorption für MX-80-Bentonit und Opalinuston wurde als NTB zur externen Review eingereicht. Lokale Heterogenitäten in einem zementbasierten Tiefenlager können einen bedeutenden Einfluss auf die Degradation von organischem Material, auf Metallkorrosion und auf die Stabilität von Zementphasen haben. Um die geochemische Langzeitentwicklung eines zementbasierten Tiefenlagers zu beurteilen, wurden vorläufige Modellrechnungen durchgeführt, die verschiedene Abfallinventare, Zementzusammensetzungen und Porenwassergehalte berücksichtigten. Die Resultate wurden in einem Nagra Arbeitsbericht (NAB) zusammengefasst, der als Grundlage zur Optimierung der Abfalltypenzuteilung und zu detaillierteren Untersuchungen der Langzeitentwicklung eines Tiefenlagers dienen soll. Ein «state-of-the-art» Bericht



über die Transporteigenschaften von reinen Tonmineralien wurde abgeschlossen und zur externen Review eingereicht.

Eine Literaturstudie zur Auswirkung zementbasierter Materialien auf die Auflösungskinetik von hochradioaktiven Abfällen in den geplanten Tiefenlagern wurde durchgeführt. Zweck der Studie war abzuklären, in welchem Mass die Verwendung von zementbasierten Mörteln in der nächsten Umgebung der Abfälle die Lebensdauer der Abfallverpackungen verkürzen könnte. Dies ist von Bedeutung im Hinblick auf die spezifischen Anforderungen der schweizerischen Aufsichtsbehörde an die maximal mögliche Tiefenlage eines Lagers für hochradioaktive Abfälle und auf mögliche alternative Lagerungskonzepte. Die Übersichtsstudie berücksichtigte Untersuchungen der Wechselwirkung von Zement mit Glas und mit abgebrannten Brennelementen. Gemäss den verfügbaren Daten würde die Dauerhaftigkeit von verglasten Abfallbestandteilen in einem geplanten Lager für hochaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente (HAA/BE) unter dem Einfluss von Zementmaterialien um 2–3 Grössenordnungen verringert. Auf der anderen Seite geben die gemessenen relativen Freisetzungsraten von Strontium-90 einen deutlichen Hinweis darauf, dass Zementporenwässer keinen messbaren Einfluss auf die Auflösungsraten von verbrauchten UO_2 -Brennelementen haben.

Im Zusammenhang mit einem Langzeitprojekt zur Mobilität und chemischen Speziation von Radionukliden in wiederaufbereiteten HAA wurden mit Synchrotron-Lichtquellen durch Mikroröntgenabsorption und -fluoreszenz systematische Messungen an simulierten hochaktiven Gläsern durchgeführt, die während 12 Jahren in wässrigen Lösungen ausgelaugt wurden. Die bisherigen Studien befassten sich mit der Charakterisierung von Cäsium, Nickel und Cerium (als Analogon für Plutonium). Im Berichtsjahr wurde das Verhalten von Selen (Se) untersucht. XANES-Spektren deuten darauf hin, dass Se während der Glasfabrikation im untersuchten Borosilikatglas als oxidiertes Se(IV) eingebaut wurde. Nach 12-jähriger Auslaugung in wässriger Lösung innerhalb eines Stahlbehälters konnte keine Änderung des Redoxzustandes beobachtet werden. Die aufgenommenen XANES-Spektren sind nahezu identisch mit denjenigen, die an frischen Glasproben gemessen wurden und zeigen eine grosse Ähnlichkeit mit dem Referenzspektrum von Na_2SeO_3 . Die Verteilung von Se in den Proben ist eher heterogen.

Das 2SPNE SC/CE-Sorptionsmodell bildet die Grundlage zur Entwicklung der thermodynamischen Sorptionsdatenbank (TDB-SDB) für Etappe 3 des SGT. Dieses Modell ermöglicht die Beschreibung von Konkurrenzeffekten und hat sich – basierend auf Referenzdaten, die an reinen Tonmineralien gewonnen wurden – in «Blindvorhersagen» der Radionuklidsorption an polymineralischen Tongesteinen bewährt. Die Sorption eines Radionuklids wird durch wohldefinierte Parameter wie Oberflächenbelegung und Oberflächenkomplexierungskonstanten beschrieben. Weiter wird angenommen, dass andere Ionen an den gleichen Oberflächenstellen sorbieren (Konkurrenzeffekt). Die Gültigkeit dieser Annahmen und die Beschaffenheit der Sorptionsstellen muss durch spektroskopische Untersuchungen und atomistische Simulationen geprüft werden. Entsprechende Daten für gewisse relevante Elemente, wie zum Beispiel Pb, sind noch nicht bekannt und müssen experimentell bestimmt werden. Es ist gegenwärtig auch nicht geklärt, inwiefern Eisen(II) (Fe^{II}) bezüglich Sorption mit divalenten Radionukliden in Konkurrenz steht.

Laufende Studien untersuchen die Sorption von $\text{Np}^{\text{IV}}/\text{Np}^{\text{V}17}$ an Montmorillonit unter reduzierenden Bedingungen in An- und Abwesenheit von zweiwertigem Eisen. Experimente in elektrochemischen Zellen belegen, dass Fe^{II} bei der Reduktion von Np^{V} zu Np^{IV} eine wichtige Rolle spielt. EXAFS-Spektren deuten darauf hin, dass Np^{IV} starke Komplexe mit Fe an der Oberfläche bildet, die genaue Natur dieser Oberflächenkomplexe muss aber weiter untersucht werden. In Anwesenheit von Fe^{II} wird an Montmorillonit sorbiertes NpO_2^+ unter reduzierenden Bedingungen vollständig zu Np^{IV} transformiert. Bisherige Sorptionsexperimente mit Np und in Anwesenheit von gelöstem Fe^{II} unter anoxischen Bedingungen (aber ohne Kontrolle des Redoxpotentials in einer elektrochemischen Zelle) führten nur zu einer teilweisen Reduktion von Np^{V} .

—
¹⁷ Np: Neptunium



Das geologische Tiefenlager für SMA wird grosse Mengen an degradierenden Materialien enthalten, wie Zement, Kies (Quarz), verbrauchte Ionenaustauscherharze, Organika mit niedrigem Molekulargewicht, Stahl, und – in geringerem Ausmass – plastik- und gummibasierte Substanzen. Diese Materialien stehen nicht im chemischen Gleichgewicht mit Zementporenwässern und werden mit unterschiedlichen Raten reagieren, je nach den lokalen in-situ Bedingungen. Die Degradation von Organika und die Korrosion von Metallen führen zur Bildung von gasförmigem CH_4 , CO_2 , und H_2 . Die Auflösung von quarzhaltigen Schotterzuschlagsstoffen resultiert in der Freisetzung von gelöstem $\text{SiO}_x\text{H}_y(\text{aq})$, das mit Alkalien reagiert und den pH der Porenwässer verringert. Die Degradation von Organika, die Auflösung von Quarz sowie die Korrosion von Metallen sind Reaktionen, die Wasser verbrauchen, während durch die Carbonatisierung von Portlandit und C-S-H-Phasen Wasser freigesetzt wird. Es ist deshalb wichtig zu verstehen, wie die Verteilung der Abfallmaterialien und lokale Heterogenitäten die Gasproduktionsraten und die Entwicklung der geochemischen in-situ Bedingungen in einem zementbasierten Tiefenlager beeinflussen können. Um die zeitliche Entwicklung dieses geochemischen Systems zu erfassen, wurden in einem ersten Schritt thermodynamische Berechnungen mit einem sequentiellen Reaktormodell durchgeführt, unter der Annahme, dass das System für nichtflüchtige Stoffe geschlossen und für gasförmige Stoffe offen sei. Die Modellrechnungen lassen erkennen, dass sich verschiedene Abfalltypen unterschiedlich verhalten, je nach Art und Menge der Materialien in den Abfallsorten und dem Rezept des zur Verfestigung verwendeten Betons. Sie weisen auch darauf hin, dass Reaktionsfortschritt und Reaktionsraten hauptsächlich durch den Wassergehalt und den in-situ pH im Tiefenlager kontrolliert werden.

Die Anfangsphase der geochemischen Evolution des Tiefenlagers wird vorwiegend durch die langsame Degradation von Polystyrol kontrolliert, was eine kontinuierliche Produktion von CH_4 und CO_2 zur Folge hat. Freigewordenes CO_2 reagiert mit C-S-H-Phasen und es kommt zur Bildung von Calcit und amorpher Kieselsäure. Ursprünglich enthaltener Portlandit wird durch die Reaktion mit einer Quelle von Kieselsäure (z. B. Quarz aus den Zuschlagsstoffen) kontinuierlich in C-S-H-Phasen umgewandelt. In der frühen Alterierungsphase dieser Abfallsorte, d. h. bis etwa 8000 Jahre, besteht die Zementmatrix aus C-S-H-Phasen, Al/Fe-Si-Hydrogranat, Ettringit, Monocarbonat, Strätlingit und Hydrotalcit. Längerfristig sind diese Zementphasen allerdings thermodynamisch instabil und werden in Calcit, Dolomit, Magnetit, Siderit, Pyrit und (falls keine Zeolithe gebildet werden) Kaolinit und Gibbsit umgewandelt. Der pH-Wert des Porenwassers wird durch die Entwicklung der C-S-H-Phasen bestimmt, welche die hauptsächlichsten Quellen/Senken für die Alkalien im System sind. Modellrechnungen sagen voraus, dass sobald der pH unter einen Wert von 10,5 sinkt, die Produktionsrate von H_2 aufgrund der Metallkorrosion um einen Faktor 100 zunimmt im Vergleich zu pH-Werten grösser als 10,5. Folglich ist zu erwarten, dass Stahl und Eisen in einigen tausend Jahren vollständig korrodiert sein werden.

Heutige Modellrechnungen sagen voraus, dass Kohlenstoff-14 (^{14}C) am meisten zur Dosisleistung, die von einem zementbasierten Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle ausgeht, beiträgt. ^{14}C wird durch anoxische Korrosion von aktiviertem Stahl ins Nah- und Fernfeld freigesetzt. Gegenwärtig ist die chemische Form der ^{14}C -führenden Substanzen – möglicherweise kleine organische Moleküle – nur schlecht bekannt. Ziel des ^{14}C -Projektes am LES, das 2012 begonnen wurde, ist es, diese Wissenslücken zu schliessen. Das Forschungsprogramm umfasst Korrosionsexperimente mit aktiviertem Stahl und die nachfolgende Identifizierung der ^{14}C -enthaltenden Substanzen in der Gas- und Flüssigphase mithilfe substanzspezifischer ^{14}C -Beschleuniger-Massenspektroskopie (^{14}C AMS). Eine der Hauptschwierigkeiten bei der Messung der ^{14}C -Freisetzung ist der geringen Korrosionsrate von aktiviertem Stahl unter den im Tiefenlager herrschenden Bedingungen geschuldet, die zu entsprechend äusserst geringen Konzentrationen an freigesetzten ^{14}C -Substanzen führt. Typische Konzentrationen liegen deutlich unter den Nachweisgrenzen, die von konventionellen Messmethoden erreicht werden können. Während den letzten vier Jahren wurden der Versuchsaufbau und die analytischen Messvorschriften für die substanzspezifischen Analysen in der Flüssig- und Gasphase von Grund auf neu entwickelt und erprobt.

Im Mai 2016 wurde das Korrosionsexperiment mit Segmenten einer aktivierten Stahlmutter begonnen. Proben wurden nach 1, 15, 29 und 93 Tagen genommen und auf kurzkettige Carbonsäuren,



Kohlenwasserstoffe und totalen anorganischen Kohlenstoff (alles ^{12}C -Verbindungen) analysiert. Zusätzlich wurde ^{14}C in der Probenflüssigkeit mit einem Flüssigszintillationszähler und mit Beschleunigermassenspektrometrie bestimmt. Gegenwärtig befinden sich die Konzentrationen von ^{12}C und ^{14}C immer noch unterhalb, oder im besten Fall nahe, der Nachweisgrenzen der zur Verfügung stehenden Analysemethoden. Dies betrifft insbesondere die Konzentrationen der ^{14}C -enthaltenden Carbonsäuren, die immer noch unterhalb der Nachweisgrenze der substanzspezifischen Beschleunigermassenspektrometriemethode liegen.

Experimentelle Studien der korrosionsbedingten Freisetzung von ^{14}C aus aktiviertem Stahl haben gezeigt, dass die Freisetzungsprodukte in Form von niedermolekularen organischen Molekülen vorliegen. Diese könnten unter den reduzierenden hyperalkalinen Bedingungen eines zementbasierten Tiefenlagers chemisch instabil sein. Im Falle vollständigen thermodynamischen Gleichgewichtes sollten die niedermolekularen organischen Moleküle in die stabilen Spezies CO_2 (g), HCO_3^- , CO_3^{2-} und CH_4 umgewandelt werden. Bei mässigen Umgebungstemperaturen stellt sich im C-H-O-System thermodynamisches Gleichgewicht in der Regel nicht ein und es ist deshalb nicht offensichtlich, welche organischen Substanzen in einem solchen Tiefenlager vorherrschen. Um diesen auf die Spur zu kommen, wurde in einem ersten Schritt die chemische Stabilität von Na-Acetat und Na-Formiat unter anoxischen, hyperalkalinen Bedingungen untersucht. Die vier Monate dauernden Degradationsexperimente zeigten, dass Acetat unter alkalischen Bedingungen stabil bleibt und die Anwesenheit von Fe als Katalysator bei Raumtemperatur keinen Einfluss auf die Stabilität hat. Stabilitätstests mit Na-Formiat, das mit ^{13}C markiert wurde, wurden unter moderat erhöhten Temperaturen (150°C – 200°C) durchgeführt, um publizierte Degradationsraten zu verifizieren. Laut ersten Messungen, die zwischen einem Tag und zwei Wochen nach Beginn der Experimente durchgeführt wurden, zeigt Formiat keine Zeichen einer Degradation, was darauf hinweist, dass Formiat stabiler ist als aufgrund der Literaturdaten zu erwarten war. Somit ergibt sich aus diesen vorläufigen Resultaten, dass das C-H-O-System unter den Bedingungen, die für ein zementbasiertes Tiefenlager relevant sind, kein vollständiges thermodynamisches Gleichgewicht erreicht.

Im Zusammenhang mit dem Felslabor Mont Terri widmen sich verschiedene experimentelle Aktivitäten der Hochskalierung von Labordaten und der Validierung von Modellen im Feldmassstab. Das Cement Interaction (CI) Experiment – vor fast zehn Jahren im Mont Terri begonnen – dient der Untersuchung von Mineralreaktionen und Porositätsänderungen an der Grenzfläche zwischen Opalinuston und verschiedenen Typen von Zement und Beton. Die bisher gewonnenen Proben geben Auskunft zur Zement-Ton-Wechselwirkung nach Reaktionszeiten von 2, 2, 5 und 8 Jahren. Im Jahre 2016 wurden die Simulationen des reaktiven Transportes des CI-Experimentes begonnen, unter Verwendung von OpenGeoSys-GEM mit einer aktualisierten Datenbank für Zementminerale. Im Vergleich zu früheren Simulationen wurden optimierte Modelle für Tonminerale und Zeolithe verwendet, sowie verbesserte Reaktionskinetik und ein alternativer Ansatz zur Modellierung des Kationenaustauschs. Das 1D-radialsymmetrische Modell umfasst die Grenzfläche zwischen Opalinuston (OPA) und Portlandzement (Ordinary Portland Cement, OPC), sowie zwischen OPA und einem tief-pH Zement (ESDRED) und berücksichtigt die kinetisch kontrollierte Hydratation von Klinkerphasen und die kinetische Kontrolle langsam reagierender Phasen wie Tonminerale und Zeolithe. Die Modellresultate der Hydratation des OPC stimmen qualitativ mit den meisten Experimenten überein. Ein berechnetes mineralogisches Profil senkrecht zur Grenzfläche zwischen OPA und OPC zeigt nach einer Reaktionszeit von 5 Jahren die Ausfällung von kleinen Mengen an Portlandit und Mg-Silikathydraten direkt an der Grenzfläche und eine Ausfällungsfront von Ettringit, die 2 mm in den OPC hineinreicht. Diese Front stammt aus der Reaktion mit Sulphatspezies, die aus dem OPA in den OPC hineindiffundiert sind. Analoge thermodynamische Modelle wurden angewandt, um die Entwicklung der Grenzfläche zwischen OPA und ESDRED zu simulieren. Experimentell beobachtete Reaktionsfronten im ESDRED konnten damit allerdings nicht reproduziert werden. Mögliche Gründe dafür sind fehlende Mineraldaten in der Datenbank oder fehlende kinetische Daten für das Zementhydratationsmodell.



Das DR-A Feldexperiment im Mont Terri Felslabor dient zur Untersuchung der Auswirkungen von chemischen Perturbationen auf den Transport von sorbierenden und nicht-sorbierenden Tracern. Die dazugehörigen Modellierungsarbeiten wurden abgeschlossen und ein Projektbericht ist in Bearbeitung.

12.2.3 Nationale und internationale Kooperationen

Eine proaktive Beteiligung an bi- und multilateralen Vereinbarungen und Zusammenarbeiten mit führenden nationalen und internationalen Instituten und Hochschulen ist ein wichtiges Mittel zur Sicherstellung der Position des LES an vorderster Stelle in der geochemischen Forschung. Die wichtigsten Zusammenarbeiten des LES sind nachfolgend dokumentiert:

| Partner/in | Projekt |
|--|---|
| Nagra (Hauptfinanzierungspartnerin) | Zusammenarbeit in verschiedenen technischen Arbeitsgruppen |
| Multinational | <ul style="list-style-type: none"> – 7. EU-Forschungsrahmenprogramm (CAST) – Horizon 2020 EU-Forschungsrahmenprogramm (CEBAMA, SITEX II) – Mont Terri Projekt (Diffusion Retardation-A, Cement Interaction)) – Felslabor Grimsel (Colloid Formation Migration) |
| Universitäten | Bern, CH (Mineralogie, Petrographie, Wasserchemie, ¹⁴ C-AMS) UCB, Dijon; FR EPFL, CH (Zementsysteme, atomistische Modellierung) Tübingen, DE (Geosphärentransport) ETHZ, CH; Helsinki, Finnland (GEMS) Hiroshima University, Japan (Zement-Ton-Wechselwirkung) Tokyo Institute of Technology, Japan (Transport in Tongesteinen) |
| Forschungszentren | CEA*, FR (Nah- und Fernfeld) EAWAG, CH (Zement) EMPA*, CH (Zement, GEMS) FZD*, DE (XAS ¹⁸ , TRLFS Spektroskopie ¹⁹) INE, DE; KIT*, DE (Nah- und Fernfeld, TRLFS Spektroskopie) SCK·CEN, BE (Tongesteine) UFZ*, DE (Reaktiver Transport) *Formale Zusammenarbeitsvereinbarungen |

Das Labor nimmt teil am 7. EU-Forschungsrahmenprogramm «Carbon-14 Source Term» (CAST) und zwei weiteren Projekten im Rahmen von Horizon 2020 EURATOM: Cement-Based Materials, Properties,

¹⁸ Röntgenabsorptionsspektroskopie, eng. X-ray Absorbtion Spektroskopie

¹⁹ TRLFS: Time-Resolved Laser Fluorescence Spectroscopy



Evolution, Barrier Functions (CEBAMA); Sustainable Network for Independent Technical Expertise of Radioactive Waste Disposal – Interactions and Implementation (SITEX-II).

12.2.4 Lehre

Die Verbindungen zu den Hochschulen wurden auch im 2016 über verschiedene Lehrtätigkeiten weiter gefestigt:

Universität Bern: S. Churakov, E. Curti, Th. Gimmi, G. Kosakowski

ETHZ: W. Hummel, W. Pfingsten

Im Jahre 2016 betreute das LES 7 Doktoranden, 3 Postdoktoranden und 2 Gastwissenschaftler. Zwei zusätzliche Doktorandenprojekte wurden in Partnerinstituten durch Wissenschaftler des LES mitbetreut (EAWAG; UniBern). Drei Masterstudenten absolvierten ihre Praxissemester am LES.

Mitarbeiter des LES organisierten mehrere Ausbildungsworkshops zum Thema geochemische Modellierung.



13 Nagra

Die radioaktiven Abfälle müssen gemäss KEG von den Verursachenden so entsorgt werden, dass der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet ist. Die Betreiber/innen der KKW sowie die Schweizerische Eidgenossenschaft (zuständig für die Entsorgung der MIF-Abfälle) haben für diese Aufgabe 1972 die Nagra gegründet. Diese hat den Auftrag, die technisch-wissenschaftlichen Grundlagen für eine langfristig sichere Entsorgung zu erarbeiten und die geologischen Tiefenlager zu realisieren. Die Nagra wird dabei vom Bund beaufsichtigt. Sie arbeitet zusammen mit dem PSI, zahlreichen in- und ausländischen Hochschulen, Fachinstitutionen, Ingenieur- und Geologiebüros sowie ihren Genossenschaffern. Ende 2016 waren bei der Geschäftsstelle in Wettingen 109 Personen angestellt. Zusammen belegten sie 97,6 Vollzeitpensen. In den folgenden Abschnitten wird über die wichtigsten Tätigkeiten im Jahr 2016 berichtet. Eine umfassendere Darstellung (inkl. Jahresrechnung) findet sich im Geschäftsbericht der Nagra.

13.1 Sachplan geologische Tiefenlager

Die Nagra reichte die Nachdokumentation zu den ENSI-Nachforderungen im August ein. Neben geomechanischen und bautechnischen Aspekten beim Bau der Lagerstollen und -kavernen im Opalinuston in verschiedenen Tiefenbereichen wurden auch alternative Lager- und Barrierenkonzepte analysiert, die Abgrenzung der Lagerperimeter überprüft sowie ergänzende Dosisberechnungen durchgeführt. Die Nagra hielt fest: Ein Tiefenlager in Nördlich Lägern kann sicher gebaut werden; dies ist im Opalinuston in grosser Tiefe aber sehr anspruchsvoll, was einen sicherheitstechnischen Nachteil darstellt.

Im Dezember stellte das ENSI die Schlussfolgerungen zu seiner Begutachtung der Nagra-Vorschläge vor. Es stimmte zu, dass die Standortgebiete Jura-Südfuss, Südranden und Wellenberg zurückgestellt sowie Jura Ost und Zürich Nordost weiter für SGT Etappe 3 untersucht werden sollen. Auch dem Fokus auf Opalinuston als einziges Wirtgestein stimmte es zu. Hingegen soll auch Nördlich Lägern weiter untersucht werden, da dessen Zurückstellung nicht genügend belastbar sei. Der Bundesratsentscheid zu Etappe 2 wird 2018 erfolgen.

13.2 Inventar der radioaktiven Materialien

Das von der Nagra geführte zentrale Inventar der vorhandenen radioaktiven Abfälle wurde um die im 2016 produzierten Abfallgebinde ergänzt. Zusätzlich wurden Module implementiert, mit denen auch Rohabfälle verwaltet und hinsichtlich einer potenziellen Freimessung beurteilt werden können. Die letzte Rückführung von Wiederaufarbeitungsabfällen in die Schweiz ist erfolgt.

Im Langzeitversuch zum Abbau organischer Abfälle unter Tiefenlager-Bedingungen liessen sich vorläufige Gasbildungsraten ableiten.

Die Studie zur Kritikalitätssicherheit verbrauchter Brennelemente in Endlagerbehältern wurde beendet. Im Projekt zur Brennelement-Integrität unter Zwischenlager- und Transportbedingungen wurden die Experimente mit unbestrahlten Brennstäben fortgeführt und erste Ergebnisse mit bestrahlten Brennstäben erzielt.

Mit den KKW und der ZWILAG erfolgten Entwicklungsarbeiten für zukünftige Zwischen- und Endlagerbehälter für die Entsorgung von KKW-Stillegungsabfällen. Für die geplante Stilllegung des KKW Mühleberg wurden Arbeiten für ein Verpackungskonzept für den Reaktordruckbehälter, die Kerneinbauten sowie den biologischen Schild gestartet. Für die Kostenstudie und das Entsorgungsprogramm 2016 wurden diverse Arbeiten durchgeführt und das modellhafte Inventar erweitert.

In Endlagerfähigkeits-Bescheinigungsverfahren hat die Nagra Abfälle der Kernkraftwerke und des PSI hinsichtlich ihrer Eignung für eine spätere Tiefenlagerung geprüft. Die den Beurteilungen zugrunde



liegenden Anforderungen der ENSI-Richtlinie B05 wurden durchgängig eingehalten und führten somit zu Verfahrensfreigaben durch das ENSI.

13.3 Technisch-wissenschaftliche Grundlagen

Die Kenntnisse zur Beurteilung der Sicherheit von Tiefenlagern wurden vertieft und die Anlagenkonzepte optimiert. Das 2016 eingereichte Entsorgungsprogramm zeigt detailliert auf, wie die nukleare Entsorgung geplant und umgesetzt wird. Die anstehenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten werden im neuen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprogramm (RD&D-Plan) dargelegt.

13.3.1 Geologische Feldarbeiten

Die 3D-seismischen Messungen wurden in Jura Ost und Zürich Nordost beendet. Um auch für den Fall des Weiterzugs der Region Nördlich Lägern gerüstet zu sein, wurden die Messungen im Oktober auch in dieser Region gestartet. Die Auswertung dieser Messungen liefert eine wichtige Beurteilungsgrundlage zum Aufbau der geologischen Barrieren in den drei Standortgebieten. Für die Eichung der Messungen sind später Tiefbohrungen erforderlich.

Für Jura Ost und Zürich Nordost hat die Nagra Ende September je acht Gesuche für Sondierbohrungen bei den Bundesbehörden eingereicht. Die 2D-Seismik zur Untersuchung des Aufbaus und der Verteilung der Lockergesteine startete im Herbst.

13.3.2 Auswertungen, Modellierungen, Synthesen

Im Zuge der Nachforderung wurden unter anderem vereinfachte Freisetzungs- und Dosisberechnungen durchgeführt, für welche die Erosion von Teilen des Lagers angenommen wurde. Dies geschah in Zusammenhang mit dem unwahrscheinlichen Extremfall der glazialen Übertiefung einer Rinne bis auf die Lagerebene des HAA-Lagers.

13.3.3 Geochemische Rückhalteprozesse und Transportmechanismen

Mittels Modellierung konnte aufgezeigt werden, dass die Wechselwirkung zwischen Aluminium und Zement zu einer erhöhten Langzeitstabilität der Zement-Barriere führen kann, was mit experimentellen Ergebnissen übereinstimmt.

13.3.4 Abklärungen zum Gasdruckaufbau und Gastransport

Die Nagra legte ihren aktuellen Kenntnisstand zu Bildung, Transport und Abbau von gasförmigen Stoffen in verschlossenen geologischen Tiefenlagern in einem Synthesebericht und verschiedenen Referenzberichten dar. In den Berichten wurden auch die Ungewissheiten sowie mögliche Abfallbehandlungsoptionen thematisiert. Die Berechnungen zeigten, dass sowohl im Referenzfall wie auch bei sehr pessimistischen Annahmen die Sicherheitsfunktionen der technischen und geologischen Barrieren weder im SMA- noch im HAA-Lager beeinträchtigt werden. Der grösste Anteil an Gas entsteht bei der Korrosion von Metallen.

13.3.5 Alternative Behälterauslegungen und -materialien

Das Konzept eines kupferbeschichteten BE/HAA-Behälters wurde mit der kanadischen Schwesterorganisation NWMO weiterentwickelt. Zudem läuft eine Machbarkeitsstudie zu



kupferbeschichteten Endlagerbehälter aus Gusseisen. Neu ist auch ein Endlagerbehälter vorgesehen, der Platz für zwölf anstelle von neun Brennelementen aus Siedewasser-Reaktoren bietet.

13.4 Felslabors

13.4.1 Felslabor Grimsel

Das Felslabor bietet seinen Partnerinnen und Partnern aus aller Welt beste Forschungsbedingungen. Im Mittelpunkt der Arbeiten stand das ISC-Projekt (In-situ Stimulation and Circulation Test) der ETH Zürich zur Tiefen-Geothermie. Die zehn abgeteuften Bohrungen wurden geophysikalisch und teils hydrogeologisch untersucht. Je drei Bohrungen konnten mit faseroptischen Systemen zur Deformationsmessung respektive Systemen zur Überwachung von Druck und Temperatur ausgerüstet werden.

Mit der kontinuierlichen Aufsättigung im GAST-Experiment (Gas Permeable Seal Test) konnte im Juni wieder begonnen werden. Im Rahmen des CFM-Projekts (Colloid Formation and Migration) wurden für das geplante Experiment i-BET (in-situ Bentonite Erosion Test) erste Charakterisierungen durchgeführt, um den Experimentstandort festzulegen. Im LASMO-Projekt (Large Scale Monitoring) wurden weitere geochemische Messkampagnen und Analysen durchgeführt. Beim MaCoTe-Korrosionsexperiment (Material Corrosion Test) wurden die Proben-Analysen fortgeführt. Die In-situ-Experimente CFM (Colloid Formation and Migration) und LTD (Long-term Diffusion) befinden sich in der Langzeit-Phase für Beobachtung und Probenahme. Das LCS-Projekt (Long-term Cement Studies) wurde beendet. Die neuen Projekte CIM (C-14/I-129 Migration through aged cement) und HotBENT (High Temperature Bentonite project) wurden geplant und vorbereitet.

13.4.2 Beteiligung der Nagra an Experimenten im Felslabor Mont Terri

Im internationalen Felslabor Mont Terri, das 2016 sein 20-Jahr-Jubiläum feierte, führt die Nagra viele Experimente zur Charakterisierung des Opalinuston durch. Derzeit beteiligen sich 16 Partnerorganisationen aus acht Ländern an den Forschungsprojekten.

Das Schwergewicht der Arbeiten liegt auf der vertieften Untersuchung der Eigenschaften des Wirtgesteins, der Diffusion von Radionukliden im Opalinuston, der Gasentwicklung, der Korrosion von Bau- und Behältermaterialien sowie auf der Weiterführung eines Langzeitexperiments zur Wechselwirkung zwischen Opalinuston und Zement. Das Einlagerungs- und Heizexperiment (FE-M-Experiment) liefert zuverlässig eine grosse Menge an qualitativ hochstehenden Daten zur Entwicklung des Nahfelds in einem geologischen Tiefenlager. Mit der bis 2019 geplanten Erweiterung des Felslabors wird das Platzangebot für Forschungsaktivitäten fast verdoppelt.

13.5 Internationale Zusammenarbeit

Die Nagra und ihre rund 15 ausländischen Partnerorganisationen pflegen eine enge Zusammenarbeit und tauschen regelmässig Informationen aus. Die gemeinsame Arbeit umfasst Experimente in internationalen Labors sowie die Entwicklung von Modellen und Datenbanken. Die Nagra ist in verschiedenen Beratungsgremien und Arbeitsgruppen aktiv, unter anderem der OECD/NEA. Thomas Ernst wurde für zwei Jahre zum Vorsitzenden des EDRAM-Interessenverbands der weltweit wichtigsten Entsorgungsorganisationen gewählt.

Die Nagra ist an EU-Forschungsprogrammen als Partnerin beteiligt: Bei «Modern2020» (Development and Demonstration of monitoring strategies and technologies for geological disposal) und «CAST» (CARbon-14 Source Term). Weiter ist sie Nutzniesserin bei den Projekten «MIND» (Mikrobiologie) und «CEBAMA» (Zement-Interaktionen), die alle Teil des «Horizon 2020»-Programms der EU sind. Im beendeten Projekt



«DOPAS» (Full Scale Demonstration Of Plugs And Seals) erhielt die Nagra Zugang zu Versiegelungs- und Verschlusstechniken für Tiefenlager von Entsorgungsorganisationen, deren Projekte weit fortgeschritten sind. Die Nagra trug im Rahmen des FE-Experiments zum Erfolg dieses Projekts bei.

13.6 Öffentlichkeitsarbeiten

Im Kontakt mit der Öffentlichkeit informiert die Nagra über ihre Arbeiten und zeigt auf, warum geologische Tiefenlager nötig sind. Die Nagra bedient sich sowohl klassischer als auch digitaler Kommunikationsmittel. Sie bietet Führungen in den Felslabors an, hält Vorträge und nimmt an regionalen Ausstellungen teil. Auch bei der Seismik-Kampagne und der Ausarbeitung der Gesuche für Sondierbohrungen stand sie mit der Bevölkerung im Dialog.

Die modular aufgebaute Ausstellung «Zeitreise zum Tiefenlager» stiess bei Jung und Alt wiederum auf grosses Interesse. Mittels einer Virtual-Reality-Brille können die Besucher/innen eine Reise in ein Tiefenlager unternehmen. Als Ergänzung dazu wurde eine mobile Ausstellung auf einem Anhänger geschaffen, die auch bei kleineren Veranstaltungen eingesetzt werden kann.

Die Nagra war an 24 Gewerbeausstellungen, -märkten und anderen Events vertreten. Ergänzend zu den regulären Führungen wurden in den beiden Felslabors Grimsel und Mont Terri drei respektive vier Besuchstage für die Bevölkerung aus den Standortregionen organisiert.

Die Nagra erweiterte ihre Landing-Page «Schule & Jugend» um ein interaktives Tool. Auch das neu geschaffene Modell eines HAA-Tiefenlagers hilft dabei, Schulen ansprechend über die Entsorgung zu informieren. Die Nagra besuchte Schulen und war an sechs TecDay-Veranstaltungen präsent. Sie verschickte zudem vier Newsletter an Lehrpersonen.

Zwei Ausgaben des «nagra info» wurden an rund 16 000 Abonentinnen und Abonnenten gesendet und im Streuverband an rund 300 000 Haushalte verteilt. Zum Informationsangebot der Nagra zählen auch das Themenheft «Entsorgungsprogramm – daran arbeiten wir», die Broschüre zu den Schachtkopfanlagen, die Broschüre zu Sondierbohrungen mit Einlageblättern zu den einzelnen Bohrplätzen, ein Faltblatt zu Jura Ost und der Seismik-Flyer.

Die Suchfunktion und Navigation auf der Nagra-Webseite wurden effizienter respektive benutzerfreundlicher gestaltet. Der neue Blog www.nagra-blog.ch bietet seit Ende Februar Einblick in die Tätigkeiten der Nagra; Mitarbeitende schrieben Beiträge zu Themen wie Feldarbeiten, Messeauftritte, TecDays und die laufenden Forschungsarbeiten. Ein Kurzfilm mit Impressionen zur 3D-Seismik in Jura Ost und Zürich Nordost wurde erstellt und im YouTube-Kanal der Nagra veröffentlicht.

Die Nagra lud bereits zum dritten Mal zum Jahres-Mediengespräch ein. Zum Auftakt der 3D-Seismik fanden in Jura Ost und Zürich Nordost Medienanlässe statt. Begleitend zur Einreichung der Sondiergesuche wurden zwei Mediengespräche durchgeführt. Fünf Medienmitteilungen wurden publiziert. In mehreren Fernseh- und Radiosendungen sowie Zeitungsartikeln wurde über die Arbeit der Nagra berichtet.



Anhang I: Ablieferung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle der Elektrizitätswirtschaft

Alle Wiederaufarbeitungsabfälle aus Wiederaufarbeitungsanlagen sind in die Schweiz rückgeführt.

2016 wurden folgende Transport- und Lagerbehälter für Brennelemente (BE) ins ZZL oder Zwibez transportiert:

| KKW | Anzahl Behälter | Anzahl BE | Transportierte Menge [kg SM _{init}] |
|----------------------------------|-----------------|-----------|---|
| Beznau I+II (KKB I+II) Zwibez | 2 | 74 | 24 187 |
| Mühleberg (KKM) ZZL | – | – | – |
| Gösgen (KKG) ZZL | – | – | – |
| Leibstadt (KKL) ZZL | 3 | 207 | 36 290 |

Folgende Mengen an radioaktiven Abfällen wurden 2016 aus den KKW ans ZZL angeliefert (Bruttovolumina gerundet in m³):

| KKW | Unkonditionierte Abfälle (m ³) | Konditionierte Abfälle (m ³) |
|------------------------|--|--|
| Beznau I+II (KKB I+II) | – | – |
| Mühleberg (KKM) | 44 | – |
| Gösgen (KKG) | 11 | – |
| Leibstadt (KKL) | 44 | – |



Anhang II: Bestand konditionierter Abfallgebinde in der Schweiz am 31.12.2016 (gemäss ISRAM)

Die Nagra führt das zentrale «Informationssystem für radioaktive Materialien» (ISRAM) (s. Kapitel 13.2). Es umfasst alle Abfallgebinde, die im BZL, bei der ZWILAG und in den Zwischenlagern der KKW eingelagert sind. Bei den Kernkraftwerken und dem PSI handelt es sich überwiegend um Betriebsabfälle mit konditionierten Ionentauscherharzen, Konzentraten, Schlämmen, Metallkomponenten, sowie Rückständen aus Medizin, Industrie und Forschung. Bei der ZWILAG kommen die Abfälle aus der Plasmaanlage und die aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen rückgeführten Abfälle hinzu. Der überwiegende Teil der konditionierten Abfälle wird in Stahlfässer verpackt, einige wenige in zylindrische Betoncontainer. Stark aktivierte Materialien (Reaktoreinbauten) werden in dickwandige Gussbehälter (Mosaik II) verpackt. Grossvolumige Abfälle werden in quaderförmige Betoncontainer (Kleincontainer KC mit einem Volumen von 4.5 m³) konditioniert. Diese werden hauptsächlich am PSI eingesetzt, wo zusätzlich (Klein-)Zylinder mit Abfällen aus dem MIF-Bereich anfallen. Die 180-Liter-Kokillen der ZWILAG, welche die Aktivität im ZWILAG dominieren, enthalten hochaktive und mittelaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung.

Die folgende Zusammenstellung enthält die gerundeten Volumina und Aktivitätsinventare der endkonditionierten Abfälle am 31.12.2016.

| KKW Beznau | Gebindeklasse | Anzahl | Volumen [m ³] | Aktivität [Bq] |
|------------|-----------------------|--------------|---------------------------|------------------------------|
| | 100-l-Fass | 2 785 | 289 | 3,8 · 10 ¹⁴ |
| | 200-l-Fass | 3 276 | 722 | 1,6 · 10 ¹⁴ |
| | 1000-l-Betoncontainer | 178 | 175 | 1,1 · 10 ¹² |
| | Total | 6 239 | 1 186 | 5,7 · 10¹⁴ |

| KKW Gösgen | Gebindeklasse | Anzahl | Volumen [m ³] | Aktivität [Bq] |
|------------|-----------------------|------------|---------------------------|------------------------------|
| | 200-l-Fass | 418 | 88 | 1,3 · 10 ¹⁴ |
| | 1000-l-Betoncontainer | 25 | 23 | 5,7 · 10 ¹¹ |
| | Total | 443 | 111 | 1,3 · 10¹⁴ |

| KKW Leibstadt | Gebindeklasse | Anzahl | Volumen [m ³] | Aktivität [Bq] |
|---------------|---------------|-------------|---------------------------|------------------------------|
| | 200-l-Fass | 6503 | 1388 | 2,4 · 10 ¹⁴ |
| | Total | 6503 | 1388 | 2,4 · 10¹⁴ |

| KKW Mühleberg | Gebindeklasse | Anzahl | Volumen [m ³] | Aktivität [Bq] |
|---------------|---------------|-------------|---------------------------|------------------------------|
| | 200-l-Fass | 4378 | 934 | 2,1 · 10 ¹⁵ |
| | Total | 4378 | 934 | 2,1 · 10¹⁵ |



| Bundeszzwischenlager (PSI-Ost), Würenlingen | Gebindeklasse | Anzahl | Volumen [m ³] | Aktivität [Bq] |
|---|---|-------------|---------------------------|------------------------------|
| | 200-I-Fass | 4950 | 1075 | 1,5 · 10 ¹⁵ |
| | 200-I-Stahlbehälter | 25 | 6 | 3,4 · 10 ¹³ |
| | 1000-I-Betoncontainer | 33 | 31 | 6,6 · 10 ¹³ |
| | 1,2 m ³ Fiberbeton-container | 18 | 22 | 1,2 · 10 ¹³ |
| | Mosaik II | 1 | 1 | 3,1 · 10 ¹⁵ |
| | 4,5 m ³ Container KC Fehler! Textmarke nicht definiert. | 95 | 427 | 3,2 · 10 ¹³ |
| | Kleinzylinder | 2454 | 15 | 7,1 · 10 ¹⁵ |
| | Total | 7576 | 1578 | 1,2 · 10¹⁶ |

| Zwilag, Würenlingen | Gebindeklasse | Anzahl | Volumen [m ³] | Aktivität [Bq] |
|---------------------|---|-------------|---------------------------|------------------------------|
| | 180-I-Kokille (HAA) ²⁰ | 632 | 114 | 7,9 · 10 ¹⁸ |
| | 180-I-Kokille (ATA) ²¹ | 552 | 99 | 4,1 · 10 ¹⁶ |
| | 200-I-Fass ²² | 7602 | 1620 | 5,3 · 10 ¹² |
| | 1000-I-Betoncontainer ²³ | 63 | 62 | 5,3 · 10 ¹³ |
| | Mosaik II ²⁴ | 17 | 22 | 1,9 · 10 ¹⁵ |
| | 4,5 m ³ Container KC Fehler! Textmarke nicht definiert. ²⁵ | 35 | 158 | 1,0 · 10 ¹³ |
| | Total | 8901 | 2074 | 7,9 · 10¹⁸ |

| | Gebindeklasse | Anzahl | Volumen [m ³] | Aktivität [Bq] |
|--------------------|---------------|---------------|---------------------------|------------------------------|
| Gesamttotal | | 34 040 | 7271 | 7,9 · 10¹⁸ |

—

²⁰ Verglaste hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung.

²¹ Kompaktierte oder verglaste mittelaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung.

²² Abfallgebinde aus der Plasmaanlage Zwilag und aus den KKW.

²³ Abfallgebinde aus den KKW und aus der Stilllegung Versuchsatomkraftwerk Lucens.

²⁴ Abfallgebinde aus den KKW.

²⁵ Abfallgebinde mit Zwilag-, KKW- und Bundesabfällen.



Anhang III: Mitglieder ENSI-Rat, KNS und EGT

ENSI-Rat

Der ENSI-Rat ist das strategische und interne Aufsichtsorgan des ENSI. Die Mitglieder werden vom Bundesrat für eine Amtsperiode von jeweils vier Jahren gewählt. Sie dürfen weder eine wirtschaftliche Tätigkeit ausüben noch ein eidgenössisches oder kantonales Amt bekleiden, welche geeignet sind, ihre Unabhängigkeit zu beeinträchtigen.

Mitglieder

- Dr. Anne Eckhardt Scheck (Präsidentin): Biophysikerin, Geschäftsführerin und Projektleiterin der risicare GmbH
- Jürg V. Schmid (Vize-Präsident): Pilot, Berater, ehemaliger Leiter Safety Management Division von Skyguide
- Dr. Werner Bühlmann: Jurist, ehemaliger Stellvertreter des Direktors des Bundesamtes für Energie
- Dr. Jacques Giovanola: Maschineningenieur, Professor für Mechanical Design an der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) und Direktor des «Laboratoire de conception de systèmes mécaniques» (LCSM)
- Dr. Oskar Grötzing: Physiker, ehemaliger Leiter der Abteilung «Kernenergieüberwachung und Strahlenschutz» im Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg
- Dr. Hans-Jürgen Pfeiffer: Physiker, ehemaliger Leiter der Abteilung Strahlenschutz, Notfallplanung und Organisation und ehemaliger stellvertretender Direktor der HSK
- Dr. Monica Duca Widmer: Chemieingenieurin

Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS)

Als beratendes Organ des Bundesrats, des UVEK und des ENSI prüft die KNS grundsätzliche Fragen der nuklearen Sicherheit und kann zuhanden des Bundesrats und des UVEK Stellung zu den sicherheitstechnischen Gutachten des ENSI nehmen.

Mitglieder

- Dr. Bruno Covelli (Präsident): Physiker, selbständig
- Dr. Jean-Marc Cavedon: Physiker, Directeur de la protection et de la sûreté nucléaire, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), Frankreich
- Dr. Ruth Häusler Hermann: Psychologin, selbständig
- Prof. Dr. Philipp Rudolf von Rohr: Professor für Verfahrenstechnik, ETH Zürich
- Prof. em. Dr. Christian Schlüchter: Professor für Quartär- und Umweltgeologie, Universität Bern
- Silvia Schoch: Bauingenieurin ETH
- Dr. Urs Weidmann: Physiker, Leiter des KKW Beznau



Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung (EGT)

Die EGT hat die Aufgabe, das ENSI in geologischen Fragen der nuklearen Entsorgung zu beraten und im Rahmen des SGT zu wissenschaftlichen Berichten der Nagra Stellung zu nehmen.

Mitglieder

- Prof. Dr. Simon Löw (Präsident): Professor für Ingenieurgeologie, ETH Zürich (Expertise: Ingenieurgeologie, Hydrogeologie)
- Prof. Dr. Rainer Helmig: Professor am Institut für Wasser- und Umweltsystemmodellierung, Universität Stuttgart (Expertise: Transport-Modellierung, 2-Phasen-Fluss)
- Prof. Dr. Rolf Kipfer: Professor und Leiter der Abteilung Wasserressourcen und Trinkwasser W+T, EAWAG, Dübendorf (Expertise: Hydrochemie, Isotopen-Hydrologie)
- Prof. Dr. Alan Geoffrey Milnes: emeritierter Professor für Geologie, ETH Zürich (Expertise: Tektonik, regionale Geologie)
- Prof. Dr. Wulf Schubert: Professor für Felsmechanik und Tunnelbau, Technische Universität Graz (Expertise: Untertagebau, Geotechnik)
- Prof. Dr. Friedemann Wenzel: Professor am Institut für Geophysik, Karlsruher Institut für Technologie (Expertise: Geophysikalische Exploration, Erdbeben)
- Prof. Dr. Fritz Schlunegger: Professor für Exogene Geologie am Institut für Geologie der Universität Bern (Expertise: Sedimentations- und Erosionsprozesse)



Anhang IV: Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---------|---|
| AdK | Ausschuss der Kantone |
| AEN | Agence pour l'énergie nucléaire |
| AG SiKa | Arbeitsgruppe Sicherheit Kantone |
| Agneb | Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung / Groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets nucléaires |
| AIEA | Agence internationale de l'énergie atomique |
| AMS | Beschleunigermassenspektrometrietechnik |
| Andra | Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (France) |
| ARE | Bundesamt für Raumentwicklung / Office fédéral du développement territorial |
| ATA | Alphatoxische Abfälle |
| BAFU | Bundesamt für Umwelt |
| BAG | Bundesamt für Gesundheit |
| Bq | Becquerel (1 Bq entspricht einem radioaktiven Zerfall pro Sekunde) |
| BE | (abgebrannte) Brennelemente |
| BFE | Bundesamt für Energie |
| BMUB | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Deutschland) |
| BZL | Bundeszwischenlager |
| CERN | Europäische Organisation für Kernforschung |
| CGD | Commission pour la gestion des déchets radioactifs |
| CSN | Commission fédérale de sécurité nucléaire |
| DAT | Déchets alpha-toxiques |
| DETEC | Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication |
| DFMR | Déchets faiblement ou moyennement radioactifs |
| DHR | Déchets hautement radioactifs |
| DKST | Deutsche Koordinationsstelle Schweizer Tiefenlager |
| DMR | Déchets moyennement radioactifs |
| ECI | Eléments de combustible irradiés |
| EGT | Expertengruppe geologische Tiefenlagerung |
| ENSI | Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat |



| | |
|----------------|--|
| ESchT | Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager |
| FSC | Forum on Stakeholder Confidence (Untergruppe RWMC) |
| GS-UVEK | Generalsekretariat des UVEK |
| GT Cséc/KES | Groupe de travail des cantons concernant la sécurité et groupe d'experts des cantons en matière de sécurité |
| HAA | Hochaktive Abfälle |
| HSK | Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen |
| IAEA | Internationale Atomenergie-Organisation / International Atomic Energy Agency |
| IFSN | Inspection fédérale de la sécurité nucléaire |
| ISRAM | Informationssystem für radioaktive Materialien |
| KEG | Kernenergiegesetz (SR 732.1) |
| KES | Kantonale Expertengruppe Sicherheit |
| KEV | Kernenergieverordnung (SR 732.11) |
| KHG | Kernenergiehaftpflichtgesetz (SR 732.44) |
| KHV | Kernenergiehaftpflichtverordnung (SR 732.441) |
| KKB | Kernkraftwerk Beznau |
| KKG | Kernkraftwerk Gösgen |
| KKL | Kernkraftwerk Leibstadt |
| KKM | Kernkraftwerk Mühleberg |
| KKW | Kernkraftwerk(e) |
| KNE | Kommission Nukleare Entsorgung |
| KNS | Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit |
| LENu | Loi sur l'énergie nucléaire (SR 732.1) |
| LES | Labor für Endlagersicherheit / Laboratoire pour la sécurité des dépôts finals (PSI) |
| LMA | Langlebig mittelaktive Abfälle |
| LRCN | Loi fédérale du 18 mars 1983 sur la responsabilité civile en matière nucléaire (SR 732.44) |
| MAA-Lager | Lagergebäude für mittelaktive Abfälle im ZZL |
| MIF-Abfälle | Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung |
| MIR (Déchets-) | Déchets de la médecine, de l'industrie et de la recherche |
| Nagra | Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle / Société coopérative nationale pour l'entreposage de déchets radioactifs |



| | |
|--------------|---|
| NTB | Nagra Technischer Bericht |
| NEA | Nuclear Energy Agency |
| OECD | Organisation for Economic Cooperation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung / Organisation de coopération et de développement économiques) |
| OENu | Ordonnance sur l'énergie nucléaire (SR 732.11) |
| OFDG | Ordonnance sur le fonds de désaffectation et sur le fonds de gestion (SR 732.17) |
| OFEN | Office fédéral de l'énergie |
| OFEV | Office fédéral de l'environnement |
| OFSP | Office fédéral de la santé publique |
| ORaP | Ordonnance sur la radioprotection (SR 814.501) |
| ORCN | Ordonnance du 5 décembre 1983 sur la responsabilité civile en matière nucléaire (SR 732.441) |
| PSDP | Plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» |
| PSI | Paul Scherrer Institut / Institut Paul Scherrer |
| RWMC | Radioactive Waste Management Committee |
| SAA-Lager | Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle im ZZL |
| SEFV | Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung (SR 732.17) |
| SGT | Sachplan geologische Tiefenlager |
| SMA | Schwach- und mittelaktive Abfälle |
| SÖW | Sozioökonomisch-ökologische Wirkungsstudie |
| StSV | Strahlenschutzverordnung (SR 814.501) |
| TE | (Conteneur de) transport et d'entreposage |
| TFS | Technisches Forum Sicherheit |
| T/L-Behälter | Transport- und Lagerbehälter |
| UREK | Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie |
| UVEK | Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation |
| VVA | Versuchsverbrennungsanlage |
| WA | Wiederaufarbeitung |
| WENRA | Western European Nuclear Regulators Association |
| WIPP | Wast Isolation Pilot Plant |



| | |
|--------|---------------------------------------|
| Zwibez | Zwischenlager Kernkraftwerk Beznau |
| Zwilag | Zwischenlager Würenlingen AG |
| ZZL | Zentrales Zwischenlager (Würenlingen) |



Anhang V: Internetadressen

| Organisation/Thema | Adresse |
|--|--|
| Bundesamt für Energie | www.bfe.admin.ch |
| radioaktive Abfälle | www.radioaktiveabfaelle.ch |
| Entsorgungsprogramm der Entsorgungspflichtigen | www.entsorgungsprogramm.ch |
| Bundesamt für Gesundheit | www.bag.admin.ch |
| Bundesamt für Landestopografie | www.swisstopo.ch |
| Bundesamt für Raumentwicklung | www.are.admin.ch |
| Bundesamt für Umwelt | www.bafu.admin.ch |
| Deutsche Koordinationsstelle Schweizer Tiefenlager | www.dkst.info |
| Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit | www.kns.admin.ch |
| Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat | www.ensi.ch |
| Entsorgungsfonds | www.entsorgungsfonds.ch |
| Entsorgungskommission Deutschland | www.entsorgungskommission.de |
| Expertengruppe geologische Tiefenlagerung | www.egt-schweiz.ch |
| Expertengruppe Schweizer Tiefenlager | www.escht.de |
| Felslabor Grimsel | www.grimsel.com |
| Felslabor Mont Terri | www.mont-terri.ch |
| Internationale Atomenergie-Organisation | www.iaea.org |
| Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle | www.nagra.ch |
| Erdwissen | www.erdwissen.ch |
| Seismik-News | www.seismik-news.ch |
| TIME RIDE | www.timeride.ch |
| Nuclear Energy Agency | www.oecd-nea.org |
| Forum on Stakeholder Confidence | www.oecd-nea.org/rwm/fsc/index.html |
| Radioactive Waste Management Committee | www.oecd-nea.org/rwm/rwmc.html |
| Paul Scherrer Institut | www.psi.ch |
| Labor für Endlagersicherheit | www.psi.ch/les/ |
| Stilllegungsfonds | www.stilllegungsfonds.ch |
| Technisches Forum Sicherheit | www.technischesforum.ch |



| | |
|-------------------------------------|--|
| Zwilag Zwischenlager Würenlingen AG | www.zwilag.ch |
|-------------------------------------|--|

| Regionalkonferenz | Adresse |
|-------------------|--|
| Jura Ost | www.jura-ost.ch |
| Jura-Südfuss | www.jura-suedfuss.ch |
| Nördlich Lägern | www.regionalkonferenz-laegern.ch |
| Wellenberg | www.plattform-wellenberg.ch |
| Zürich Nordost | www.zuerichnordost.ch |



Anhang VI: Liste der parlamentarischen Vorstösse 2016

Weitere Informationen zu den hier aufgelisteten Vorstössen sind in der Geschäftsdatenbank Curia Vista der Bundesversammlung zu finden (www.parlament.ch).

| Nr. | Geschäftstyp | Eingang Beantwortung | / Autor/in / Titel |
|---------|----------------|----------------------------|--|
| 16.3032 | Interpellation | 02.03.2016 / 04.05.2016 | Munz Martina Heisse Zelle als finanzielles und technologisches Hochrisiko für die Atommüll-Lagerung |
| 16.3034 | Interpellation | 02.03.2016 / 11.05.2016 | Munz Martina Wer zahlt bei Axpo-Pleite? |
| 16.3198 | Interpellation | 18.03.2016 / 11.05.2016 | Grossen Jürgen Finanzielle Risiken des Bundes bei der Stilllegung der Atomkraftwerke |
| 16.3200 | Postulat | 18.03.2016 / 11.05.2016 | Grossen Jürgen Die Gelder für die Stilllegung und Entsorgung des AKW Beznau müssen durch die Besitzer umgehend gesichert werden |
| 16.3252 | Interpellation | 18.03.2016 / 11.05.2016 | Jans Beat Defizitäre Atomkraftwerke |
| 16.3483 | Motion | 16.06.2016 / 24.08.2016 | Imark Christian Stromunternehmen nicht unnötig belasten |
| 16.3741 | Interpellation | 28.09.2016 / 23.11.2016 | Chevalley Isabelle Radioaktive Abfälle: Die Nagra ist ein Fass ohne Boden! |
| 16.3742 | Postulat | 28.09.2016 / 23.11.2016 | Chevalley Isabelle Es braucht einen Plan B für die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle |
| 16.3779 | Interpellation | 29.09.2016 / 23.11.2016 | Eberle Roland SEFV: Sicherheitszuschlag für Stilllegung und Entsorgungskosten noch gerechtfertigt? |
| 16.4056 | Interpellation | 15.12.2016 / 15.02.2017 | Munz Martina Hat das Ensi im Sachplanverfahren zum geologische Tiefenlager Beratungs- und Aufsichtsfunktion? |



Anhang VII: Liste der im Berichtsjahr erstellten Publikationen

Die Publikationen können teilweise von den Internetseiten der entsprechenden Organisationen heruntergeladen oder dort bestellt werden (solange vorrätig).

Bundesamt für Energie (BFE)

- Newsletter Tiefenlager (elektronisch) Nr. 18, «Bundesrätin Leuthard stellt sich den Betroffenen», Februar 2016
- Medienmitteilung: «Auswahlverfahren für geologische Tiefenlager: Alle Regionalkonferenzen haben Stellung genommen», 19.03.2016.
- Medienmitteilung: «UVP-Voruntersuchungen Jura Ost und Zürich Nordost: Beurteilung des BAFU liegt vor», 22.03.2016.
- Newsletter Tiefenlager (elektronisch) Nr. 19, «UVP-Voruntersuchungen: sind radioaktive Abfälle umweltverträglich?», März 2016.
- Arbeitsgruppe des Bundes für die Nukleare Entsorgung (Agneb), Jahresbericht 2015, 01.06.2016 / Groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets nucléaires (Agneb), Rapport annuel 2015, 01.06.2016.
- Newsletter Tiefenlager (elektronisch) Nr. 20, «Internationalität im Bereich Entsorgung beim BFE», Juni 2016.
- Publikation: «Evaluation regionaler Partizipationsverfahren bei der Standortsuche für geologische Tiefenlager von radioaktiven Abfällen», 01.08.2016.
- Medienmitteilung: «Auswahlverfahren für geologische Tiefenlager: Zusatzdokumentation der Nagra liegt vor», 11.08.2016.
- Medienmitteilung: «Jürgen Kreuzsch ist neues Mitglied im Beirat Entsorgung», 23.08.2016.
- Newsletter Tiefenlager (elektronisch) Nr. 21, «Nagra reicht vom ENSI geforderte Zusatzdokumentation ein», August 2016.
- Medienmitteilung: «Erste Ergebnisse der Evaluation der regionalen Partizipation liegen vor», 23.09.2016.
- Medienmitteilung: «Auswahlverfahren für geologische Tiefenlager: Nagra reicht Gesuche für Sondierbohrungen in Etappe 3 ein», 27.09.2016.
- Newsletter Tiefenlager (elektronisch) Nr. 22, «Einreichung von je 8 Gesuche für Sondierbohrungen in JO und ZNO», September 2016.
- Publikation: «Die sozioökonomischen und ökologischen Auswirkungen eines Tiefenlagers», 28.10.2016.
- Publikation: «Ein Tiefenlager in der Wohnumgebung? Einschätzungen der Schweizer Bevölkerung», 29.11.2016.
- Focus Entsorgung Nr. 10, 01.12.2016.
- Publikation: «Forschungsprogramm radioaktive Abfälle 2017–2020», 06.12.2016.
- Medienmitteilung: «Anna Deplazes Zemp ist neues Mitglied im Beirat Entsorgung», 08.12.2016.
- Medienmitteilung: «ENSI empfiehlt Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost als Standortgebiete für geologische Tiefenlager weiter zu untersuchen», 14.12.2016.
- Newsletter Tiefenlager (elektronisch) Nr. 23, «Ergebnis ENSI-Gutachten: Nördlich Lägern soll weiter untersucht werden», Dezember 2016 (1.0).
- Newsletter Tiefenlager (elektronisch) Nr.24, «Immo-Barometer Befragung: Das Tiefenlager – unser neuer Nachbar?», Dezember 2016 (2.0).



Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI)

- ENSI 33/305: Protokoll «Arbeitstreffen KNS-ENSI zum Umgang mit Empfehlungen», 26.01.2016.
- ENSI 33/412: Zwischenbericht zum AgneB-Forschungsprojekt «Monitoringkonzept und –einrichtungen», 15.06.2016.
- ENSI 33/503: Schlussbericht zum AgneB-Forschungsprojekt «Lagerauslegung», 15.06.2016.

Nagra

Alle hier erwähnten Publikationen können kostenlos von der Internetseite der Nagra heruntergeladen oder dort bestellt werden.

- Faltblatt Erdwissenschaftliche Untersuchungen für Etappe 3, April 2016.
- Arbeitsbericht NAB 16-041: ENSI-Nachforderungen zum Indikator «Tiefenlager im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit» in SGT Etappe 2, Juli 2016.
- Faltblatt Standortgebiet Jura Ost Geologie Grundwasser, August 2016.
- Faktenblätter Sondierbohrungen Jura Ost und Zürich Nordost, September 2016.
- Broschüre Sondierbohrungen, September 2016.
- Technischer Bericht NTB 16-08: Generische Beschreibung von Schachtkopfanlagen (Nebenzugangsanlagen) geologischer Tiefenlager, Oktober 2016.
- Broschüre Schachtkopfanlagen geologische Tiefenlager, Oktober 2016.
- Diverse Flyer zu 3D-seismischen Messungen in Nördlich Lägern und 2D-Seismik für Quartäruntersuchungen in Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost.

Paul Scherrer Institut (Labor für Endlagersicherheit)

- Chollet M., Martin P., Degueldre C., Poonoosamy J., Belin R. C., Hennig C.: Neptunium characterization in uranium dioxide fuel: Combining a XAFS and a thermodynamic approach. *J. Alloys Compd.* 662, 448–454 (2016).
- Churakov S. V.: Ab initio simulations of mineral surfaces: Recent advances in numerical methods and selected applications, In «Highlights in Mineralogical Crystallography», Eds. Armbruster Th. and Danisi R., p. 75–108. De Gruyter, 210 pp. (2016).
- Dähn R., Arakcheeva A., Schaub Ph., Pattison P., Chapuis G., Grolimund D., Wieland E., Leemann A.: Application of micro X-ray diffraction to investigate the reaction products formed by the alkali-silica reaction in concrete structures. *Cem. Concr. Res.* 79, 49–56 (2016).
- Fowler S., Kosakowski G., Driesner T., Kulik D. A., Wagner T., Wilhelm S., Masset O.: Numerical simulation of reactive fluid flow on unstructured meshes. *Transport Porous Med.* 112(1), 283–312 (2016).
- Grolimund D., Wang H. A. O., Van Loon L. R., Marone F., Diaz N., Kaestner A., Jakob A.: Microscopic chemical imaging: a key to understand ion mobility in tight formations. *CMS Workshop Lectures, Series,* 21(9), 105–128 (2016).
- He W., Poonoosamy J., Kosakowski G., Van Loon L. R., Mäder U., Kalbacher T.: Reactive Transport in «Thermo-Hydro-Mechanical-Chemical Processes in Fractured Porous Media: Modelling and Benchmarking» Springer International Publishing Switzerland, 179–197 (2016).
- Kéri A., Osán J., Fábíán M., Dähn R., Török S.: Combined X-ray microanalytical study of the Nd uptake capability of argillaceous rocks. *X-ray Spectrom.* 45, 54–62 (2016).
- Leal A. M. M., Kulik D. A., Kosakowski G.: Computational methods for reactive transport modelling: A Gibbs energy minimization approach for multiphase equilibrium calculations. *Adv. Water Res.* 88, 231–240 (2016).
- Leal A. M. M., Kulik D. A., Kosakowski G., Saar M. O.: Computational methods for reactive transport modelling: An extended law of mass-action, xLMA, method for multiphase equilibrium calculations. *Adv. Water Res.* 96, 405–422 (2016).



- Leal A. M. M., Kulik D. A., Saar M. O.: Enabling Gibbs energy minimization algorithms to use equilibrium constants of reactions in multiphase equilibrium calculations. *Chem. Geol.* 437, 170–181 (2016).
- L'Hôpital E., Lothenbach B., Scrivener K., Kulik D. A.: Influence of calcium to silica ratio on aluminium uptake in calcium silicate hydrate. *Cem. Concr. Res.* 85, 111–121 (2016).
- L'Hôpital E., Lothenbach B., Scrivener K., Kulik D. A.: Alkali uptake in calcium alumina silicate hydrate (C-A-S-H) *Cem. Concr. Res.* 85, 122–136 (2016).
- Miron G. D., Wagner T., Kulik D. A., Heinrich C. A.: Internally consistent thermodynamic data for aqueous species in the system Na-K-Al-Si-O-H-Cl. *Geochim. Cosmochim. Acta* 187, 41–78 (2016).
- Marques Fernandes M., Scheinost A., Baeyens B.: Sorption of trivalent lanthanides and actinides onto montmorillonite: Macroscopic, thermodynamic and structural evidence for ternary hydroxo and carbonato surface complexes on multiple sorption sites. *Water Res.* 99, 74–82 (2016).
- Poonoosamy J., Curti E., Kosakowski G., Grolimund D., Van Loon L. R., Mäder U.: Barite precipitation following celestite dissolution in a porous medium: A SEM/BSE and μ -XRD/XRF study. *Geochim. Cosmochim. Acta* 182, 131–144 (2016).
- Sui R., Prasianakis N. I., Mantzaras J., Mallya N., Theile J., Lagrange D., Friess M.: An experimental and numerical investigation of the combustion and heat transfer characteristics of hydrogen-fueled catalytic microreactors. *Chem. Eng. Sci.* 141, 214–230 (2016).
- Wieland E., Jakob A., Tits J., Lothenbach B., Kunz D.: Sorption and diffusion studies with low molecular weight organic compounds in cementitious systems, *Appl. Geochem.* 67, 101–117 (2016).
- Wu T., Li Q., Wang Z., Zheng Q., Li J., Van Loon L. R.: Re(VII) diffusion in montmorillonite: Effect of organic compounds, pH and temperature. *Appl. Clay Sci.* 127, 10–16 (2016).





Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement,

des transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral de l'énergie OFEN

Division Droit, force hydraulique et gestion des déchets radioactifs

Rapport annuel 2016

Groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets nucléaires (Agneb)



Table des matières

| | | |
|------|---|-----|
| 1 | Préface | 78 |
| 2 | Groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets nucléaires (Agneb) | 79 |
| 2.1 | Rapport sur les activités de recherche de la Confédération sur la gestion des déchets radioactifs | 79 |
| 3 | Conseil fédéral et Parlement | 80 |
| 3.1 | Législation sur la responsabilité civile en matière nucléaire | 80 |
| 3.2 | Interventions parlementaires | 80 |
| 4 | Office fédéral de l'énergie (OFEN) | 81 |
| 4.1 | Fonds de désaffectation et fonds de gestion | 81 |
| 4.2 | Traitement des recommandations de la CSN | 82 |
| 4.3 | Plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» | 83 |
| 4.4 | Travail d'information du public | 91 |
| 4.5 | Recherche | 92 |
| 4.6 | Activités au niveau international..... | 93 |
| 5 | Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) | 95 |
| 5.1 | Introduction..... | 95 |
| 5.2 | Gestion des déchets dans les centrales nucléaires..... | 97 |
| 5.3 | Gestion à l'Institut Paul Scherrer (PSI) | 98 |
| 5.4 | Zwilag Zwischenlager Würenlingen AG / Dépôt intermédiaire de Würenlingen (Zwilag) ... | 98 |
| 5.5 | Transports de matières nucléaires et de déchets radioactifs | 99 |
| 5.6 | Acquisition de conteneurs de transport et d'entreposage..... | 100 |
| 5.7 | Déchets radioactifs provenant du retraitement | 100 |
| 5.8 | Plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» | 100 |
| 5.9 | Laboratoires souterrains | 102 |
| 5.10 | Transfert international de connaissances | 103 |
| 6 | Groupe d'experts Stockage géologique en profondeur (GESGP) | 105 |
| 7 | Commission fédérale de sécurité nucléaire (CSN) | 107 |
| 7.1 | Plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» | 107 |
| 7.2 | Programme de recherche Déchets radioactifs..... | 109 |
| 7.3 | Contacts et échange d'informations..... | 109 |
| 7.4 | Perspectives..... | 110 |
| 8 | Office fédéral de topographie (swisstopo)..... | 112 |
| 8.1 | 20 ans du laboratoire souterrain du Mont-Terri..... | 112 |
| 8.2 | Exploitation et recherche au laboratoire souterrain du Mont-Terri..... | 112 |
| 8.3 | Le centre de visiteurs du Mont-Terri | 116 |
| 9 | Office fédéral de la santé publique (OFSP)..... | 118 |
| 9.1 | Campagne de ramassage des déchets MIR..... | 118 |
| 10 | Office fédéral du développement territorial (ARE)..... | 120 |
| 11 | Office fédéral de l'environnement (OFEV) | 121 |
| 12 | Paul Scherrer Institut (PSI)..... | 122 |



| | | | |
|----|------|--|-----|
| | 12.1 | Activités du PSI dans le cadre du traitement et de la gestion des déchets radioactifs..... | 122 |
| | 12.2 | Recherches menées au PSI | 122 |
| 13 | | Nagra..... | 129 |
| | 13.1 | Plan sectoriel « Dépôts en couches géologiques profondes » | 129 |
| | 13.2 | Inventaire des matières radioactives..... | 129 |
| | 13.3 | Bases scientifiques et techniques | 130 |
| | 13.4 | Laboratoires souterrains | 131 |
| | 13.5 | Relations publiques | 132 |



1 Préface

Chère lectrice, cher lecteur,

J'ai repris en mai 2016 la direction de la division Droit, force hydraulique et gestion des déchets radioactifs de l'Office fédéral de l'énergie et, par conséquent, aussi la direction de l'Agneb. En tant que personne extérieure, j'ai tout de suite remarqué la complexité des nombreuses thématiques en lien avec la gestion des déchets radioactifs. En particulier, une multitude d'acteurs participent à la procédure du plan sectoriel et les personnes impliquées m'ont laissé une impression très professionnelle. Bien que la procédure de recherche de sites dure très longtemps, je pense que nous sommes sur la bonne voie pour atteindre cet objectif ambitieux.

La gestion des déchets radioactifs est, comme mentionné plus haut, un sujet complexe. La recherche doit fournir une contribution importante en la matière. Avec le programme de recherche Déchets radioactifs, l'Agneb entend assurer une recherche étatique indépendante dans ce domaine en prenant aussi en considération des questions relevant des sciences sociales. Depuis l'élaboration du premier programme de recherche de l'Agneb en 2008, les conditions-cadres ont évolué. Devenue indépendante, l'IFSN a nettement renforcé sa recherche réglementaire. En raison de la prochaine actualisation du programme de recherche pour la période 2017-2020, l'Agneb s'est réuni en 2016 pour une journée de réflexion consacrée à la recherche. Il est arrivé à la conclusion que le programme de recherche Déchets radioactifs doit être poursuivi, mais que des adaptations sont nécessaires. Le programme de recherche doit ainsi comprendre exclusivement des projets de recherche indépendants portant sur des questions relatives à la gestion au niveau fédéral dont la réponse intéresse plusieurs offices.

Divers événements importants ont eu lieu à la fin de l'année:

- L'IFSN avait demandé en automne 2015 de la documentation supplémentaire sur la faisabilité technique de la construction concernant la «proposition 2x2» de la Nagra à l'étape 2 de la procédure de sélection de sites. Cette documentation supplémentaire, remise par la Nagra en été 2016, été examinée par l'IFSN, qui a communiqué le résultat de son examen en décembre 2016: en sus des domaines d'implantation géologiques Jura-est et Zurich nord-est, il convient de continuer d'étudier le site Nord des Lägern à l'étape 3.
- Le fonds de désaffectation et le fonds de gestion ont donné le 15 décembre 2016 une conférence de presse sur les dernières estimations des coûts de désaffectation et de gestion. Corrigés de l'inflation, les coûts des dépôts en couches géologiques profondes ont augmenté de quelque 12% par rapport à 2011. L'IFSN et des experts en coûts externes vérifieront ces estimations en 2017. Après ce contrôle indépendant, le DETEC établira les coûts définitifs.
- La Nagra a remis à l'OFEN le 20 décembre 2016 le programme de gestion des déchets 2016. Ce programme documente la procédure à suivre de la planification au scellement des dépôts en couches géologiques profondes pour déchets radioactifs et contient des indications sur la provenance, le nature et la quantité des déchets radioactifs, l'attribution des déchets aux dépôts et le plan de financement. L'OFEN, l'IFSN et la CSN vérifient les documents. Les expertises des autorités ainsi que tous les documents et rapports pertinents seront publiés dans le cadre d'une consultation vers le milieu de 2018 avant que le Conseil fédéral ne statue sur le programme de gestion, probablement début 2019.

Roman Mayer



2 Groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets nucléaires (Agneb)

Institué par le Conseil fédéral en février 1978, le Groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets nucléaires (Agneb) a pour mission de suivre les travaux réalisés en Suisse dans ce domaine, de rédiger des avis pour le Conseil fédéral, de superviser les procédures d'autorisation au niveau fédéral et d'étudier les questions qui se posent sur le plan international. L'Agneb comprend des représentants des autorités chargées de la surveillance, des autorisations, de la santé, de l'environnement et de l'aménagement du territoire, ainsi que des représentants de la géologie nationale et de la recherche. Le Groupe de travail a le mandat d'établir un rapport annuel rendant compte de ses activités au Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

L'Agneb s'est réuni à quatre reprises en 2016 (le 11 mai, le 22 juin, le 5 septembre et le 6 décembre), principalement pour l'échange d'informations détaillées sur tous les événements, les développements et les discussions en lien avec la gestion des déchets radioactifs.

L'Agneb a adopté le 22 juin 2016 le mandat d'un sous-groupe qui est chargé de rédiger d'ici 2018 un rapport sur la gestion des déchets radioactifs en provenance de la médecine, de l'industrie et de la recherche à la «fin de la période d'enfouissement» dans les dépôts en couches géologiques profondes prévus.

Depuis l'introduction du programme de recherche Déchets radioactifs de l'Agneb en 2008, les conditions-cadres ont évolué. C'est pourquoi l'Agneb s'est réuni le 11 mai 2016 pour une journée de réflexion au cours de laquelle il a discuté en profondeur de l'orientation et des contenus du programme: le programme de recherche Déchets radioactifs doit désormais contenir des programmes de recherche et des études indépendants portant sur des questions interdisciplinaires et transversales en la matière au niveau fédéral, qui ne peuvent pas être traitées ailleurs. L'Agneb peut faire des propositions d'études, pointer des lacunes et ainsi tirer des enseignements des résultats.

L'Agneb a par ailleurs adopté le programme de recherche «Déchets radioactifs 2017-2020» qui a été publié le 6 décembre 2016, s'est informé sur l'avancement de la révision de l'ordonnance sur la radioprotection et s'est fait présenter par la Nagra le programme de gestion 2016.

2.1 Rapport sur les activités de recherche de la Confédération sur la gestion des déchets radioactifs

Lors de sa journée de réflexion sur la recherche du 11 mai 2016, l'Agneb a décidé d'élaborer chaque année une vue d'ensemble qui montre quelles activités de recherche la Confédération a menées sur la gestion des déchets radioactifs au cours de l'année sous revue. Le programme de recherche Déchets radioactifs est établi et mis en œuvre sur mandat de l'Agneb. Le chapitre 4.5 informe sur les projets réalisés dans le cadre du programme de recherche Déchets radioactifs de l'OFEN. Le chapitre 4.5 présente les projets de recherche gérés par l'IFSN. swisstopo est chargé de l'exploitation du laboratoire souterrain du Mont Terri et participe à de nombreuses expériences sur la gestion des déchets radioactifs. Le chapitre 8.2 donne de plus amples informations à ce sujet. Afin de mieux comprendre la rétention et le transport de radionucléides dans les matériaux poreux et les interactions géochimiques dans les dépôts en couches géologiques profondes, le Laboratoire pour la sécurité des dépôts finals (LES) au PSI mène un programme expérimental étendu. Le chapitre 12.2 présente l'état des recherches.



3 Conseil fédéral et Parlement

3.1 Législation sur la responsabilité civile en matière nucléaire

Le Parlement suisse a adopté le 13 juin 2008 la loi sur la responsabilité civile en matière nucléaire (LRCN) entièrement révisée et ratifié les conventions internationales de Paris et de Bruxelles.

Le Conseil fédéral a adopté le 25 mars 2015 l'ordonnance sur la responsabilité civile en matière nucléaire (ORCN).

Les deux actes n'ont pas encore pu être mis en vigueur puisque les conventions internationales de Paris et de Bruxelles qui leur servent de base ne sont pas encore entrées en vigueur (date possible d'entrée en vigueur: le 1^{er} janvier 2018).

3.2 Interventions parlementaires

Au cours de l'année sous revue, les parlementaires ont déposé neuf interventions parlementaires sur le thème de la gestion des déchets radioactifs: six interpellations, une motion et deux postulats. Les interventions concernaient en majorité la situation financière des exploitants et les contributions au fonds de désaffectation et au fonds de gestion. Elles ont aussi porté sur le supplément de sécurité de l'ordonnance sur le fonds de désaffectation et sur le fonds de gestion (OFDG) ainsi que sur l'élaboration d'un plan B pour le stockage de déchets hautement radioactifs. Une liste de toutes les interventions parlementaires qui ont été déposées ou auxquelles il a été répondu en 2016 figure à l'annexe VI.



4 Office fédéral de l'énergie (OFEN)

4.1 Fonds de désaffectation et fonds de gestion

Conformément à la loi, quiconque produit des déchets radioactifs est tenu de les gérer en toute sécurité et à ses frais. Les coûts de gestion des déchets qui surviennent pendant l'exploitation des centrales nucléaires, notamment ceux qui sont liés aux recherches de la Nagra ou à la construction de dépôts intermédiaires, doivent être acquittés au fur et à mesure par les exploitants. Les coûts de désaffectation des centrales nucléaires et les coûts de gestion des déchets après la mise hors service des installations sont en revanche pris en charge par deux fonds indépendants: le fonds pour la désaffectation des installations nucléaires et le fonds de gestion des déchets radioactifs provenant des centrales nucléaires.

Ces deux fonds sont alimentés par les contributions des exploitants. Gérés comme des personnes juridiques ayant leur siège à Berne, ils sont soumis à la surveillance du Conseil fédéral. Le plan de constitution des provisions établi par les exploitants pour couvrir les coûts de gestion des déchets produits avant la mise hors service des centrales nucléaires est lui aussi placé sous surveillance. Les modifications suivantes ont été apportées avec l'entrée en vigueur de l'ordonnance sur le fonds de désaffectation et sur le fonds de gestion (OFDG; RS 732.17) le 1.1.2016: le chevauchement des fonctions de l'autorité de surveillance qu'est l'OFEN avec les organes des fonds a été supprimé. Il n'y a plus de représentants de l'OFEN dans les organes des fonds. Par ailleurs, les moyens d'intervention relevant du droit de la surveillance dont dispose le Conseil fédéral sont renforcés.

De informations complémentaires sur les fonds se trouvent sur le site www.stenfo.ch/fr.

4.1.1 Etudes 2016 sur les coûts de désaffectation des installations nucléaires et de gestion des déchets radioactifs

Conformément à l'OFDG, les contributions des exploitants à ces deux fonds sont calculées sur la base des études de coûts mises à jour tous les cinq ans selon l'état actuel des connaissances et de la technique. swissnuclear a réalisé les études de coûts 2016 sur mandat de la commission du fonds de désaffectation et du fonds de gestion en suivant les prescriptions adoptées par la commission en 2014 et publiées en décembre 2016.

Selon swissnuclear, les coûts estimés pour la désaffectation des centrales nucléaires suisses, la phase de post-exploitation et la gestion des déchets radioactifs se chiffrent à 24,286 milliards de francs. Ils ont augmenté en moyenne de 7,1% en comparaison avec l'étude des coûts 11 corrigée de l'inflation.

Les coûts de la phase de post-exploitation des cinq centrales nucléaires suisses s'élèvent à 1,703 milliard de francs (base des prix 2016). Ils sont financés directement par les exploitants et ne relèvent pas des fonds. Les études de coûts seront examinées en 2017 par l'IFSN selon des critères techniques de sécurité et par des experts indépendants en ce qui concerne les coûts. Sur la base de la demande de la commission, le DETEC fixera le montant prévisible des coûts de désaffectation et de gestion pour chaque installation nucléaire probablement en été 2018.

En se fondant sur les études de coûts remises, la commission du fonds de désaffectation et du fonds de gestion a adopté en conséquence les contributions provisoires à verser par les exploitants aux deux fonds pour la période de taxation 2017-2021. La taxation définitive sera effectuée après que le DETEC aura fixé les prévisions de coûts.



4.1.2 Fonds de désaffectation

Le fonds pour la désaffectation des installations nucléaires assure le financement des coûts de désaffectation et de démantèlement des installations nucléaires, ainsi que des coûts de gestion des déchets radioactifs qui en résultent. Selon les derniers calculs vérifiés, les coûts de désaffectation des cinq centrales nucléaires suisses et du dépôt intermédiaire fédéral de Würenlingen (ZZL) s'élèvent à quelque 3,204 milliards de francs (étude de coûts 16, base des prix 2016). Ces coûts doivent être entièrement pris en charge par le fonds. Le rapport annuel du fonds de désaffectation indiquant la fortune du fonds et le rendement des placements est publié au milieu de l'année suivante (www.stenfo.ch/fr).

4.1.3 Fonds de gestion

Le fonds de gestion des déchets radioactifs provenant des centrales nucléaires couvre les coûts de la gestion des déchets d'exploitation et des éléments combustibles irradiés après la mise hors service des installations. Selon les derniers calculs vérifiés, ces coûts se montent à environ 19,176 milliards de francs (base des prix 2016), dont près de 1,13 milliard sont à la charge de la Confédération et ne sont pas couverts par le fonds de gestion. Près de 5,6 milliards avaient été financés à fin 2015 (p. ex. travaux de recherche et de préparation, retraitement d'éléments combustibles irradiés, construction du ZZL, acquisition de conteneurs de transport et de stockage). Financée au fur et à mesure par les exploitants, une autre tranche de 2,07 milliards de francs commencera en 2016 et durera jusqu'à la mise hors service. Le fonds doit donc mettre à disposition 10,5 milliards de francs.

Le rapport annuel du fonds de gestion indiquant la fortune du fonds et le rendement des placements est publié au milieu de l'année suivante (www.stenfo.ch/fr).

4.2 Traitement des recommandations de la CSN

Dans le contexte du départ de deux membres de la CSN en juin 2012, la mise en œuvre jusque-là de la procédure du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» a fait l'objet d'une série de critiques. Le SG-DETEC a décidé, d'entente avec la cheffe du DETEC, de mener ses propres investigations, dont les résultats ont été publiés le 3 décembre 2012.¹ Le traitement des recommandations de la CSN ne figurait pas expressément dans les recommandations émises par le SG-DETEC. Le Comité consultatif «Gestion des déchets» a cependant recommandé à l'OFEN de veiller à ce que les recommandations faites par la CSN soient systématiquement traitées et que les non-entrées en matière éventuelles soient commentées et communiquées à la CSN (cf. aussi passage sur le Comité consultatif «Gestion des déchets» au chapitre 4.3.1).

Afin que les recommandations de la CSN soient traitées systématiquement, l'OFEN, l'IFSN et la CSN se sont mis d'accord sur une procédure commune qu'ils ont consignée dans un document commun. Après plusieurs séances, l'OFEN, l'IFSN et la CSN se sont entendus sur la manière de traiter systématiquement les recommandations que la CSN émet dans ses avis relatifs à la gestion des déchets radioactifs et à la procédure du plan sectoriel. Ils ont notamment convenu que la CSN mettrait à l'avenir par écrit à qui elle adresse une recommandation (responsables de la gestion des déchets radioactifs, autorité de surveillance ou autorité compétente en matière d'autorisation) et jusqu'à quand, de son point de vue, cette recommandation devrait être traitée. Avant de rendre son avis, la CSN convoque l'IFSN ou l'OFEN à une rencontre technique afin de présenter ses conclusions, de clarifier des questions et de discuter des différences. En

—

¹ Communiqué de presse du DETEC (03.12.2012), «DETEC: La procédure du Plan sectoriel "Dépôts en couches géologiques profondes" est respectée» et rapport du Secrétaire général du DETEC «Investigations du Secrétariat général du DETEC (SG-DETEC) concernant les reproches au sujet de la mise en œuvre du Plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes», novembre 2012.



cas de différences de fond entre la CSN et l'IFSN, la CSN en informe l'OFEN. En ce qui concerne le traitement des recommandations de la CSN, l'OFEN définit provisoirement, en concertation avec l'IFSN, les responsabilités et les délais et les communique à la CSN deux mois au plus tard après la réception d'une recommandation. Si nécessaire, des discussions techniques ont lieu avec des représentants de l'OFEN, de l'IFSN et de la CSN. Sur la base de ces discussions, l'OFEN ou l'IFSN rend un avis provisoire comprenant des explications et un calendrier des mesures à prendre ou un avis définitif étayé par une argumentation technique. L'OFEN et l'IFSN peuvent charger la Nagra de mettre en œuvre des recommandations de la CSN. S'agissant du contrôle et de l'établissement des rapports, il est dressé une liste des recommandations de la CSN qui présente les responsabilités, les délais, l'avancement actuel du traitement de chaque recommandation et qui est actualisée à la fin de chaque année. L'IFSN et la CSN ont demandé en automne 2016 à l'OFEN le report de la séance prévue en novembre 2016 pour l'examen de l'état des recommandations de la CSN. Concernant l'avancement de la mise en œuvre des recommandations de la CSN, on peut s'attendre à des actualisations avec la remise du programme de gestion des déchets 2016 en décembre 2016 et avec la publication de l'expertise de l'IFSN concernant la proposition 2x2 de la Nagra en avril 2017. Aussi la mise à jour de la liste a-t-elle été reportée en mai 2017 d'un commun accord entre l'OFEN, l'IFSN et la CSN.

4.3 Plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes»

4.3.1 Instances

L'OFEN est l'office fédéral qui dirige la procédure du plan sectoriel «Dépôts géologiques en couches profondes» (PSDP): il est chargé de l'organisation du projet et assure la coordination avec les activités des services fédéraux impliqués, des cantons, des communes, des régions d'implantation, de l'Allemagne limitrophe et des responsables de la gestion des déchets. Depuis le début de la procédure de sélection le 2 avril 2008, l'OFEN a mis sur pied différentes instances techniques et politiques.

Comité consultatif «Gestion des déchets»

Institué en 2009 par le chef du DETEC sous la présidence de l'ancien conseiller aux Etats zougais Peter Bieri, le Comité consultatif «Gestion des déchets» était composé en 2016 de Sibylle Ackermann Birbaum, théologienne et biologiste, de Petra Baumberger, linguiste et spécialiste des sciences des médias, de Herbert Bühl, géologue et président de la Commission fédérale pour la protection de la nature et du paysage et d'Andrew Walo, CEO d'Axpo Holding AG et représentant de l'économie électrique. Le géologue Detlef Appel a pris sa retraite fin juin 2016. Jürgen Kreuzsch, géologue et expert de la gestion des déchets radioactifs en Allemagne, lui succède. Sibylle Ackermann Birbaum a quitté le Comité consultatif à la fin de l'année 2016 pour des raisons professionnelles et familiales. Anna Deplazes Zemp, éthicienne, biochimiste et philosophe, lui succède au sein du Comité en janvier 2017.

Le Comité consultatif conseille le DETEC dans la mise en œuvre de la procédure de sélection de sites aptes à accueillir des dépôts en couches géologiques profondes dans le cadre du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» (PSDP). Il suit la procédure afin de détecter les conflits et les risques suffisamment tôt et de trouver des solutions. Il encourage en outre le dialogue entre les acteurs concernés et accompagne le travail d'information du public de la Confédération. Il s'est réuni à cinq reprises en 2016 (les 25 février, 12 mai, 21 juin, 22 septembre et 6 décembre). Au cours de l'année sous revue, les membres du Comité consultatif ont en sus pris part à diverses manifestations et réunions d'instances de la procédure du plan sectoriel (cf. ci-dessous).

39^e séance du Comité consultatif «Gestion des déchets» du 25 février 2016



Lors de sa première séance de l'année 2016, le Comité consultatif «Gestion des déchets» s'est occupé de la composition de ses membres et des compétences nécessaires en son sein. Il l'a fait dans le contexte des départs annoncés de Detlef Appel en milieu d'année 2016 et de Sibylle Ackermann à la fin 2016 ainsi que d'autres départs possibles prévisibles à moyen terme. Il a de nouveau étudié la question de savoir si et comment les organisations de protection de l'environnement qui avaient refusé de siéger au Comité consultatif en 2008 devraient être associées de son point de vue. Il doit leur être donné la possibilité d'y siéger. Le Comité consultatif a l'intention de rediscuter de sa composition avant le début de l'étape 3 du PSDP.

Par ailleurs, le Comité consultatif «Gestion des déchets» a examiné l'étude d'impact socio-économique et écologique (EI-SEE) ainsi que les questions supplémentaires relatives à celle-ci, l'étude d'impact sociétal réalisée par le Comité des cantons, les rapports de synthèse sur l'EI-SEE, sur les questions supplémentaires et sur l'étude d'impact sociétal ainsi que les «analyses approfondies» (aa). En particulier en ce qui concerne les aa, il a fait remarquer que les compétences définies pour les différents thèmes doivent être maintenues et qu'il convient de procéder à une délimitation claire par rapport aux procédures et examens prévus par la loi.

Le Comité consultatif a approuvé les objectifs annuels discutés en décembre 2015.

40^e séance du Comité consultatif «Gestion des déchets» du 12 mai 2016

Lors de sa 40^e séance, le Comité consultatif «Gestion des déchets» a étudié le thème de la «recherche», notamment le programme de recherche Déchets radioactifs de l'Agneb. Il a constaté entre autres que les responsables dudit programme doivent accorder une attention spéciale à l'assurance-qualité. Lors de la réalisation des activités de recherche, il convient en outre de prendre en considération les connaissances déjà acquises et les résultats déjà obtenus dans d'autres projets de recherche menés en Suisse et à l'étranger, ce qui permet d'utiliser plus efficacement les ressources humaines et financières.

Par ailleurs, le Comité consultatif a eu un échange avec le directeur de l'OFEN Walter Steinman avant qu'il ne quitte ses fonctions. Celui-ci a expliqué les défis à venir de la politique énergétique suisse en général et la procédure du PSDP en particulier. Pour lui, des points importants soulevés étaient la conception du rôle de la Confédération et des cantons qui doit être défini en collaboration avec les directions cantonales de l'énergie ainsi que le versement des indemnités. Le Comité consultatif a pris connaissance du fait qu'il n'est pas nécessaire de légiférer pour le versement des indemnités, conformément au rapport du Conseil fédéral en exécution du postulat 13.3286 «Répercussions d'un dépôt en couches géologiques profondes» de la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie (CEATE-N). Le processus de négociation relatif au versement d'indemnités prévu à l'étape 3 du PSDP recèle toutefois un potentiel de conflits dont il faut déjà tenir compte lors de l'élaboration d'un guide pour la réalisation des négociations.

Le Conseil consultatif a par ailleurs examiné la communication des prochaines études géologiques dans le domaine d'implantation Nord des Lägern que la Nagra avait proposé d'écarter. Il a notamment évoqué le risque que les arguments avancés sur la question du Nord des Lägern ne relèvent pas seulement de critères techniques de sécurité mais soient aussi politiques.

41^e séance du Comité consultatif «Gestion des déchets» du 21 juin 2016

La 41^e séance du Comité consultatif «Gestion des déchets» a été placée sous le signe de l'échange avec les présidences des conférences régionales invitées. Les représentants des régions Zurich nord-est, Jura-est, Nord des Lägern et Pied sud du Jura lui ont présenté l'état d'avancement actuel de leurs travaux et les difficultés auxquelles ils sont confrontés. Les principaux thèmes évoqués ont été la forme d'organisation des conférences régionales à l'étape 3 du PSDP, l'adaptation des régions d'implantation à l'étape 3 et la thématique des indemnités. En ce qui concerne l'adaptation des régions d'implantation, des tensions



se dessinent entre des communes qui seront diversement affectées par le dépôt en couches géologiques profondes. La crainte a également été exprimée que les petites communes ne puissent pas défendre leur position face aux grandes. Il existe en outre des attentes différentes envers le processus de négociations pour le versement des indemnités: alors que les régions concernées souhaitent avoir aussi vite que possible des déclarations d'intention contraignantes des sociétés exploitant les centrales nucléaires, ces dernières se montrent réticentes, notamment pour des raisons relevant du droit des actionnaires. Le Comité consultatif a constaté que les régions d'implantation et la population ont des attentes élevées en ce qui concerne les indemnités. Il propose de désamorcer les éventuelles tensions à venir par un dialogue précoce.

42^e séance du Comité consultatif «Gestion des déchets» du 22 septembre 2016

Lors de la 42^e séance du Comité consultatif «Gestion des déchets», l'OFEN a informé sur la planification de l'étape 3 du PSDP en se fondant sur les conclusions de la retraite de planification de ladite étape de la haute direction du 31 août 2016. Le Comité consultatif était d'avis qu'une majorité d'autorités est nécessaire dans les conférences régionales à l'étape 3. Selon lui, la forme de l'organisation des conférences régionales doit aussi être définie de manière contraignante au début de l'étape 3. Il a insisté à nouveau sur le grand potentiel de conflits qui va de pair avec l'élaboration du guide et avec les négociations sur le versement des indemnités qu'il faut désamorcer avec une approche proactive.

La seconde partie de la séance a été consacrée à un échange avec le secrétaire général du DETEC Toni Eder. Ce dernier a constaté que la procédure de sélection de sites aptes à accueillir les dépôts en couches géologiques profondes ne cesse d'être prolongée. Pour lui, cet allongement de la procédure sera à l'origine d'une augmentation du nombre de décideurs bien informés des autorités et des organisations qui vont quitter la procédure en raison de leur départ à la retraite. Ces départs font courir le risque que des décisions antérieures soient sans cesse remises en question. Le secrétaire général a émis le souhait que la procédure ne soit pas rallongée plus que nécessaire mais, au contraire, qu'elle soit raccourcie le plus possible. Le Comité consultatif est arrivé à la conclusion qu'outre la rapidité de la procédure, la qualité et la rigueur de la prise de décision étaient aussi importantes. Il convient néanmoins d'éviter les retards inutiles et ceux provoqués volontairement. Il a aussi discuté avec le secrétaire général du potentiel de conflits mentionné plus haut en lien avec le versement des indemnités. Il est apparu notamment qu'il est aussi nécessaire de clarifier le rôle de la Confédération en tant que responsable des déchets en provenance de la médecine, de l'industrie et de la recherche dans le versement des indemnités.

43^e séance du Comité consultatif «Gestion des déchets» du 6 décembre 2016

A la dernière séance de l'année 2016, le Comité consultatif «Gestion des déchets» a réexaminé la question de la durée de la procédure de sélection des sites aptes à accueillir des dépôts en couches géologiques profondes. Il estime que la procédure ne peut être accélérée que lorsque des tâches peuvent être accomplies en parallèle. Un gain de temps supposé est toutefois sans valeur dès qu'un raccourcissement comporte le risque que la procédure échoue. Le Comité consultatif a soutenu sa participation à une «table ronde» avec le secrétaire général du DETEC et d'autres acteurs le 22 décembre 2016 au cours de laquelle des mesures visant à raccourcir la procédure devaient être examinées. Le président a été chargé d'y rapporter les conclusions du Comité consultatif sur la durée de la procédure de l'étape 3 du PSDP.

Lors de la 43^e séance, le Comité consultatif s'est renseigné auprès de l'OFEN sur l'avancement de la rédaction du rapport de synthèse sur l'impact d'un dépôt en couches géologiques profondes sur l'environnement. Il a en outre procédé à une évaluation de la réalisation de ses objectifs annuels en 2016 et discuté de ses objectifs pour l'année 2017.

Autres activités du Comité consultatif «Gestion des déchets»



- Un congrès sur la gestion des déchets a été organisé le 13 janvier 2016 par le groupe spécialisé swissnuclear et par la Nagra. Les membres du Comité consultatif Peter Bieri, Herbert Bühl et Andrew Walo y ont participé.
- L'*U.S. Nuclear Waste Technical Review Board* (NWTRB) s'est rendu en juin en Suisse et s'est entretenu avec les principaux acteurs de la gestion des déchets radioactifs. Présent lors de l'échange avec l'OFEN et la CSN qui s'est déroulé le 15 juin 2016, Peter Bieri a présenté les travaux du Comité consultatif.
- Un échange a eu lieu le 23 juin 2016 entre le Comité consultatif «Gestion des déchets», représenté par Peter Bieri et par Herbert Bühl, et le Comité de la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie (EnDK). Il a entre autres été question de la responsabilité des cantons à la fois comme copropriétaires des centrales nucléaires produisant des déchets et comme sites potentiels pour accueillir des dépôts en couches géologiques profondes. Le président du Comité consultatif a notamment demandé aux cantons qui ne sont pas directement concernés par les dépôts en couches géologiques profondes de prendre d'être conscients de l'importance nationale de la question de la gestion des déchets radioactifs.
- Petra Baumberger a participé du 7 au 9 septembre 2016 à l'atelier des pays organisé par le Forum sur la confiance des parties prenantes (FSC) de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN).
- Petra Baumberger a assisté le 15 décembre 2016 à la séance de coordination de l'OFEN avec les conférences régionales.
- Une «table ronde» sur la durée de la procédure du PSDP a été organisée le 22 décembre 2016 sous la direction du secrétariat général du DETEC. Peter Bieri y a représenté le Comité consultatif.
- Herbert Bühl a représenté le Comité consultatif aux réunions (les 16 juin et 28 novembre 2016) du «Groupe de travail spécialisé Etudes géologiques» (Fachgremium Erdwissenschaftliche Untersuchungen).
- Peter Bieri a participé le 2 février à la 17^e séance et le 26 septembre 2016 à la 18^e séance du CdC ainsi que le 31 mai 2016 au 15^e petit-déjeuner «Gestion des déchets».
- Peter Bieri a informé le 24 novembre 2016 la cheffe du DETEC des travaux et des conclusions du Comité consultatif.

Comité exécutif

La responsabilité politique générale de la mise en œuvre du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» incombe au Comité exécutif où sont représentés le SG-DETEC, l'OFEN, l'ARE, l'OFEV et l'IFSN. Le Comité exécutif est dirigé par le directeur de l'OFEN. Il a siégé à trois reprises en 2016 (les 18 mars, 4 juillet et 9 septembre). Au cours de l'année sous revue, il y a eu des changements de personnel. L'ARE y a été représenté à partir de mars par Ulrich Seewer, qui a remplacé Stephan Scheidegger. L'OFEN a été représenté à partir de septembre par Karine Siegwart à la place de Joseph Hess.

Lors de la séance du 18 mars 2016, le Comité exécutif a examiné la requête supplémentaire de l'IFSN sur la faisabilité technique de la construction d'un dépôt en couches géologiques profondes et la position des cantons selon laquelle le Nord des Lägern ne devait pas être écarté. Il a consacré principalement la séance du 4 juillet 2016 au retard pris dans la remise de la documentation supplémentaire par la Nagra et aux répercussions de ce retard sur le calendrier de l'étape 2. Lors de la séance du 9 septembre 2016, le Comité exécutif a été informé en détail des calendriers de l'étape 2 et de l'étape 3 ainsi que des travaux de planification relatifs à l'étape 3.

Comité des cantons

Le Comité des cantons (CdC) assure la collaboration entre les représentants de l'exécutif des cantons d'implantation potentiels, les représentants des cantons limitrophes concernés et les représentants de l'Allemagne. Il accompagne la Confédération dans le cadre de la réalisation de la procédure de sélection



et établit des recommandations à son attention. Font partie de ce comité les membres impliqués de l'exécutif des cantons d'Argovie, de Nidwald, d'Obwald, de Schaffhouse, de Soleure, de Thurgovie et de Zurich. Le comité est présidé par le conseiller d'Etat zurichois Markus Kägi. Des représentants de l'OFEN et de l'IFSN, du canton de Bâle-Campagne, du Ministère allemand de l'environnement, de la protection de la nature, de la construction et de la sécurité des réacteurs (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, BMUB), du Ministère de l'environnement du Bade-Wurtemberg, des arrondissements allemands de Constance, de Waldshut et de Forêt noire-Baar participent aux séances en tant qu'assesseurs. Le CdC s'est réuni à deux reprises en 2016. Il y a eu des changements de personnel dans la représentation du Ministère de l'environnement du Bade-Wurtemberg et dans la représentation du canton de Nidwald.

Le CdC a pris connaissance le 5 février 2016 du rapport technique du GT Cséc/KES² sur l'expertise technique de sécurité de la proposition 2x2 de la Nagra et approuvé sa publication par communiqué de presse. Il s'est renseigné sur l'avancement des travaux portant sur la définition des régions d'implantation en vue de l'étape 3 et sur l'étude d'impact sociétal. Il a décidé de participer à l'atelier des pays organisé par le Forum sur la confiance des parties prenantes (FSC) de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) en septembre 2016.

Lors de la séance du 26 septembre 2016, le CdC s'est informé sur l'avancement des travaux portant sur la définition des régions d'implantation en vue de l'étape 3. Il était d'accord que les autorités siégeant dans les conférences régionales se voient accorder plus de poids à l'étape 3 de la procédure du plan sectoriel, toutefois les connaissances acquises ces dernières années dans les conférences régionales ne doivent pas être perdues. Il faudrait de surcroît assurer qu'outre les représentations des autorités, la population continue aussi à être associée. Une partie des dépenses des cantons sera facturée aux responsables de la gestion des déchets. Le CdC a décidé d'appliquer aussi en 2017 la clé de répartition adoptée en 2016.

Petits-déjeuners «Gestion des déchets»

L'OFEN organise des petits-déjeuners avec les représentants des services fédéraux concernés par la procédure du plan sectoriel (SG-DETEC, ARE, OFEV, OFEN, IFSN, CSN), le président du Comité consultatif «Gestion des déchets», le président du Comité des cantons et des représentants de la Nagra pour échanger les informations récentes et discuter des thèmes-clés pour la suite de la procédure. Le petit-déjeuner de l'année 2016 a eu lieu à Berne le 31 mai. Outre l'échange d'informations générales et l'avancement de la procédure du plan sectoriel, il a été principalement consacré à l'élaboration prévue d'un guide relatif aux indemnités. Ce guide sera rédigé à l'étape 2 et réglera les modalités du déroulement des négociations relatives aux indemnités à l'étape 3.

L'OFEN a décidé en novembre 2016 de ne plus continuer les petits-déjeuners, car les acteurs concernés se rencontrent déjà régulièrement au sein des différentes instances de la procédure du plan sectoriel, ce qui garantit l'échange d'informations.

Direction du projet

La direction du projet s'occupe de la mise en œuvre opérationnelle de la procédure du plan sectoriel. Elle planifie et coordonne les étapes de la procédure et assure la collaboration entre les services fédéraux impliqués. Elle veille également aux contrôles de la qualité, à la rédaction des rapports et à la gestion des risques. Composée de représentants de l'OFEN, de l'ARE et de l'IFSN, elle s'est réunie à trois reprises en 2016 (les 23 février, 16 juin et 1^{er} novembre). L'OFEN assure la présidence et le secrétariat.

Coordination technique des cantons d'implantation

—

² GT Cséc/KES: Groupe de travail des cantons concernant la sécurité / Groupe d'experts des cantons en matière de sécurité



La Coordination technique des cantons d'implantation (AG, NW, OW, SH, SO, TG, ZH) a été créée pour assurer la collaboration entre la Confédération et les cantons d'implantation au niveau de la direction du projet. Elle élabore des documents de travail pour le Comité des cantons, coordonne les travaux des cantons d'implantation et assure la collaboration avec la Confédération.

Groupe de travail des cantons concernant la sécurité

Le groupe de travail des cantons concernant la sécurité (GT Cséc) planifie et coordonne l'expertise technique de sécurité au niveau des cantons d'implantation et encadre le groupe d'experts KES. Des experts – dont la plupart sont géologues - y représentent les cantons d'implantation. Ce groupe de travail est dirigé par l'AWEL (Office des déchets, des eaux, de l'énergie et de l'air du canton de Zurich).

Groupe d'experts des cantons en matière de sécurité (KES) / Groupe de travail des cantons concernant la sécurité (GT Cséc)

Le groupe d'experts des cantons en matière de sécurité (KES) aide et conseille, conformément au plan sectoriel, les cantons dans le cadre de l'expertise de documents ayant trait aux aspects techniques de la sécurité. Composé en majeure partie d'experts en sciences de la terre, il peut être complété si nécessaire par des personnes disposant d'autres compétences. Les cantons d'implantation sont chargés de sélectionner les experts et de les mandater. Le KES est encadré par des experts des cantons d'implantation, à savoir le groupe de travail des cantons concernant la sécurité (GT Cséc).

Coordination PSDP

Les responsables de projets à la Confédération (ARE, OFEV, OFEN, IFSN) et à la Nagra ainsi qu'une délégation de la coordination technique des cantons d'implantation se réunissent régulièrement à la «Coordination PSDP» afin d'échanger des informations et de coordonner leurs activités opérationnelles dans le cadre de la procédure du plan sectoriel. La Coordination PSDP s'est réunie à trois reprises en 2016, le 3 mars, le 20 juin et le 16 novembre. Les réunions de la coordination PSDP sont conduites par l'OFEN.

Groupe de travail «Aménagement du territoire»

Le groupe de travail «Aménagement du territoire» épaulé et conseille l'ARE pour les questions concernant l'aménagement du territoire dans la procédure de sélection. Il se compose de représentants des offices fédéraux (ARE, OFEV et OFEN), des cantons (AG, NW, OW, SH, SO, TG et ZH), de cinq régions d'implantation, de la région allemande du Haut-Rhin et du lac de Constance (Hochrhein-Bodensee) et de la Nagra. Il s'est réuni à trois reprises en 2016 (les 17 mars, 14 juin et 28 novembre). Les séances ont porté en priorité sur les concepts d'analyses approfondies (aa) prévues à l'étape 3 et de veille relative à l'impact socio-économique, sur les enquêtes préliminaires pour l'EIE, sur le rapport de synthèse sur l'impact environnemental et sur le rapport de la Nagra concernant les installations de têtes de puits / voies d'accès secondaires.

Forum technique sur la sécurité (FTS)

Le Forum technique sur la sécurité (FTS) a été institué par l'OFEN en 2009 dans le cadre du PSDP. Placée sous la direction de l'IFSN, cette plateforme d'information et d'échange rassemble des questions techniques et scientifiques relatives à la sécurité et à la géologie émanant de la population, de communes, de régions d'implantation, d'organisations, de cantons et de collectivités publiques des Etats voisins concernés: elle étudie ces questions et y répond. Le FTS regroupe des spécialistes de l'autorité menant la procédure (OFEN), de l'autorité de contrôle (IFSN), de l'autorité de soutien (swisstopo), de commissions (CSN, Groupe d'experts Stockage géologique en profondeur [GESGP]), d'organisations non gouvernementales ainsi que des responsables de la gestion des déchets (Nagra), des délégués des régions et des



cantons d'implantation, des cantons voisins concernés, d'Allemagne et d'Autriche. Les questions posées et les réponses qui y ont été apportées sont publiées sur Internet (cf. annexe V).

Le FTS s'est réuni à quatre reprises en 2016 (les 8 mars, 3 juin, 25 août et 10 novembre). Il a répondu à 121 des 137 questions qui lui sont parvenues avant la fin 2016. Sur les 16 questions en suspens, 13 ont déjà été traitées oralement, les réponses écrites correspondantes sont en train d'être rédigées ou sont actuellement commentées par l'autorité, l'organisation ou la personne qui a posé la question. Toutes les questions et les réponses peuvent être consultées sur le site www.technischesforum.ch.

Groupe de travail «Information et communication»

Dirigé par l'OFEN, le groupe de travail «Information et communication» se compose de représentants de la Confédération (OFEN, IFSN), des cantons et des régions d'implantation, de l'Allemagne et de la Nagra. En 2016, le groupe de travail s'est réuni à deux reprises (les 1^{er} avril et 30 septembre). Il s'est consacré principalement aux études géologiques pour l'étape 3 et au déroulement de la communication sur les demandes pour des forages de sondage. Il s'est aussi penché sur la communication du rapport sur les installations de têtes de puits (rapport ITP, disponible en allemand avec résumé en français), la présentation du projet «Séminaires destinés aux autorités prévus en 2017» ainsi que sur la planification annuelle pour 2017 de la communication sur la procédure du plan sectoriel

Collaboration avec l'Allemagne

La Conception générale du PSDP décrit les modalités permettant d'associer les pays voisins à la recherche de sites. Etant donné que quatre des régions d'implantation proposées bordent la frontière allemande, l'Allemagne participe à la procédure. Le Ministère allemand de l'environnement, de la protection de la nature, de la construction et de la sécurité des réacteurs (BMUB), le Land allemand du Bade-Wurtemberg et les arrondissements allemands de Constance, de Waldshut et de Forêt noire-Baar sont régulièrement informés de l'avancement des travaux et de la suite de la procédure. Ils siègent dans différentes instances (CdC, groupe de travail «Information et communication», groupe de travail «Aménagement du territoire», Coordination technique des cantons d'implantation, FTS).

L'OFEN et le groupe d'experts allemand (Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager, ESchT) ont par ailleurs des entretiens réguliers: l'OFEN s'est entretenu le 11 novembre 2016 à Bâle avec une délégation de l'ESchT, notamment sur la participation régionale.

L'ESchT n'a pas publié de prise de position en 2016.

La direction du service de coordination allemand pour les dépôts en profondeur suisses (Deutsche Koordinationsstelle Schweizer Tiefenlager, DKST), mis sur pied au printemps 2012 et financé par le BMUB et par le Ministère de l'environnement, du climat et de l'économie énergétique du Bade-Wurtemberg (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg), participe depuis le début aux entretiens avec l'ESchT et siège dans les groupes de travail «Aménagement du territoire» et «Information et communication». L'Allemagne est aussi représentée dans les différents groupes de projet en ce qui concerne la planification de l'étape 3.

4.3.2 Participation régionale

Zurich nord-est est la dernière conférence régionale à avoir pris position sur l'étape 2 le 19 mars 2016. Comme les autres conférences régionales, elle a qualifié son rapport de «provisoire» car elle veut attendre les résultats de l'expertise de l'IFSN. La première tranche de l'enquête auprès de la population sur l'étude d'impact sociétal a été réalisée dans les régions Jura-est et Zurich nord-est. Les résultats ont été présentés aux assemblées plénières. La Nagra a en outre informé à la fin de l'année ces deux conférences régionales sur le rapport technique 16-01 «Generische Beschreibung von Schachtkopfanlagen (Nebenzugangsanlagen)».



gen)» (description générique d'installations de têtes de puits [voies d'accès secondaires], disponible uniquement en allemand, avec résumé en français). La région Nord des Lägern s'est focalisée sur les requêtes supplémentaires de l'IFSN. La conférence régionale a repris ses travaux en raison des requêtes supplémentaires. Le groupe de direction de la plateforme Wellenberg s'est réuni à deux reprises. La région Pied sud du Jura a organisé une assemblée générale de l'association.

Pour les groupes de travail spécialisés «Installations de surface» (FG OFA) 2016 a été une année plus tranquille. La Nagra a informé en juin le FG OFA Zurich nord-est sur les études hydrogéologiques prévues dans le domaine Isenbuck-Bergholz. Le FG OFA s'est ensuite penché lors de deux ateliers sur les enquêtes préliminaires pour l'étude de l'impact sur l'environnement relative aux zones NL-2 à Weiach et NL-6 à Stadel.

Les groupes de travail spécialisés «Sécurité» se sont occupés en 2016 en priorité des requêtes supplémentaires de l'IFSN, de la réponse donnée par la Nagra à ces requêtes et de la prise de position du groupe de travail des cantons concernant la sécurité et du groupe d'experts des cantons en matière de sécurité.

Le concept de surveillance et le concept «Analyses approfondies» ont été présentés avant leur finalisation aux groupes de travail spécialisés dans l'EI-SEE des trois régions d'implantation Jura-est, Nord des Lägern et Zurich nord-est. Les membres de ces groupes de travail ont pu faire des remarques qui ont été reprises en grande partie dans les versions finales. Les groupes de travail spécialisés dans l'EI-SEE ont été régulièrement informés sur l'avancement des travaux relatifs à la planification de l'étape 3, notamment sur la suite de la procédure concernant le développement régional. Ils ont en outre examiné les résultats de l'étude d'impact sociétal.

L'OFEN a réalisé début 2016 un sondage en ligne sur les modules de formation auprès des membres des conférences régionales. En se fondant sur les résultats de ce sondage, l'OFEN a procédé à des modifications afin de mieux répondre aux besoins desdits membres. Au cours de l'année sous revue, il a introduit le nouveau module sur la radioactivité et la radioprotection qui a eu lieu en mars et en octobre. Le module de formation d'une journée a été organisé au dépôt intermédiaire de Würenlingen (Zwilag) et au laboratoire souterrain du Mont Terri à St-Ursanne; le double module sur l'éthique et la gestion des déchets radioactifs, d'une part, et sur le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes», d'autre part, a été proposé une fois.

Le guide «Leitfaden zum Wissensmanagement in den Regionalkonferenzen: Wissensaufbau – Wissenstransfer – Wissenserhalt» (guide sur la gestion des connaissances dans les conférences régionales: acquisition, transfert et conservation des connaissances, disponible uniquement en allemand) a été publié en mars 2016. Il doit servir de moyen auxiliaire aux conférences régionales afin de renforcer la gestion des connaissances. Un grand nombre des mesures expliquées sont déjà mises en œuvre par les conférences régionales, p. ex. lorsqu'il s'agit d'introduire de nouveaux membres à la thématique. Les nouvelles mesures proposées peuvent être prises par les conférences régionales si nécessaire. Il est prévu que le guide soit actualisé périodiquement.

Au total, 161 réunions ont eu lieu dans le cadre de la participation régionale (assemblées plénières des conférences régionales, réunions des groupes de direction et des groupes de travail spécialisés). S'y sont ajoutées les réunions destinées à la coordination des activités: l'OFEN a rencontré les présidences et les secrétariats à quatre reprises, une fois avec les responsables des groupes de travail spécialisés dans les installations de surface et leurs suppléants et trois fois avec les responsables des groupes de travail spécialisés dans l'EI-SEE et leurs spécialistes. Les délégués des conférences régionales ont par ailleurs pris part aux séances des instances du plan sectoriel (GT Aménagement du territoire, GT Information et communication et FTS). Les représentations des conférences régionales ont continué d'être associées à la planification de l'étape 3 et participé à huit séances du sous-groupe «Collaboration». Ce dernier a notamment étudié les questions qui nécessitent des adaptations spatiales ou structurelles dans les régions d'implantation à l'étape 3.



4.4 Travail d'information du public

En sa qualité d'office qui pilote la procédure du plan sectoriel, l'OFEN est chargé d'informer le public sur cette dernière. En 2016, son travail d'information s'est concentré sur les points suivants:

- *Prises de position des conférences régionales:* après que la Nagra a remis en 2015 sa proposition 2x2, les conférences régionales des six régions d'implantation envisagées à l'origine ont pu se prononcer sur cette proposition. Avec l'avis exprimé par Zurich nord-est le 19 mars 2016, la dernière prise de position des conférences régionales a été rendue.
- *Publication de l'évaluation réalisée par l'OFEV des enquêtes préliminaires de l'EIE pour Jura-est et Zurich nord-est:* l'OFEN a informé par communiqué de presse le 22 mars 2016 sur l'évaluation de l'OFEV des enquêtes préliminaires de l'EIE des domaines d'implantation Jura-est et Zurich nord-est. L'OFEV a vérifié si la Nagra a pleinement saisi dans ses enquêtes préliminaires la pertinence des conséquences prévisibles sur l'environnement. La Nagra a remis en janvier 2015 à l'OFEN les rapports relatifs aux enquêtes préliminaires de l'EIE pour les deux régions d'implantation proposées. L'évaluation de l'OFEV est positive: selon elle, les 13 domaines environnementaux considérés remplissent largement les exigences de la législation sur la protection de l'environnement. Des adaptations doivent être réalisées avant tout en termes de disposition et d'intégration dans le paysage des installations de surface pour la région Jura-est.
- *Remise de la documentation supplémentaire:* lors de l'examen de la proposition de la Nagra, l'IFSN a demandé à celle-ci des documents techniques et scientifiques supplémentaires concernant la profondeur maximum d'un dépôt. Cet aspect est particulièrement pertinent pour déterminer si le domaine d'implantation Nord des Lägern doit continuer à être étudié à l'étape 3. La Nagra a remis le 11 août 2016 la documentation supplémentaire requise par l'IFSN. Elle s'en tient à sa proposition de ne pas poursuivre l'étude du Nord des Lägern à l'étape 3. L'OFEN a informé de la remise de la documentation supplémentaire par communiqué de presse et déclenché un grand intérêt médiatique.
- *Dépôt des demandes pour des forages de sondage:* la Nagra a déposé fin septembre seize demandes pour des forages de sondage, huit pour la région d'implantation Jura-est et huit pour la région Zurich nord-est. L'OFEN a informé le 27 septembre 2016 par communiqué de presse sur le dépôt des demandes pour des forages de sondage et expliqué la procédure d'autorisation y relative. Il a en outre participé le même jour aux points de presse organisés à Remigen et à Marthalen afin d'expliquer aux journalistes l'avancement et la suite de la procédure du plan sectoriel ainsi que des questions juridiques relatives à l'examen des demandes pour des forages de sondage. Les demandes seront vraisemblablement mises à l'enquête publique début 2017.
- *Résultats de l'expertise de l'IFSN:* l'annonce du résultat de l'expertise de l'IFSN a été la phase de la procédure de sélection qui a posé le plus de défis du point de vue de la communication au cours de l'année sous revue. En collaboration avec l'IFSN, l'OFEN a tenu le 14 décembre 2016 une conférence de presse sur le principal résultat de l'expertise. L'IFSN est arrivée à la conclusion qu'il n'est pas possible d'écarter le site Nord des Lägern, elle est en revanche d'accord avec la Nagra en ce qui concerne l'abandon des domaines d'implantation Pied sud du Jura, Südranden et Weltenberg et la poursuite de l'examen des domaines d'implantation Jura-est et Zurich nord-est à l'étape 3. Outre la conférence de presse organisée par l'OFEN, un communiqué de presse a été publié. La communication précoce du résultat a suscité quelques critiques, mais a aussi été bien accueillie. D'entente avec l'IFSN et après consultation des cantons d'AG et de ZH ainsi que du président de la conférence régionale Nord des Lägern, l'OFEN a décidé de communiquer le résultat de l'analyse de l'IFSN déjà en décembre 2016. L'OFEN tenait à informer rapidement sur les dernières conclusions les participants à la procédure du plan sectoriel. L'exigence de transparence de la procédure est ainsi respectée et il est possible de réaliser à temps les travaux préparatoires pour les études pertinentes à l'étape 3. La Nagra a déjà effectué en hiver 2016/17 des mesures sismiques 3D dans le domaine d'implantation Nord des Lägern et déposera vers le milieu de cette année des demandes pour des forages de sondage dans ce domaine.



- *Changement au Comité consultatif*: deux membres du Comité consultatif ont quitté leurs fonctions en 2016, le géologue allemand Detlef Appel et l'éthicienne Sibylle Ackermann. Le géologue Jürgen Kreuzsch a remplacé Detlef Appel. La bioéthicienne Anna Deplazes Zemp succédera à Sibylle Ackermann début 2017. L'OFEN a informé sur chacun de ces changements par communiqué de presse.

En tout, l'OFEN a publié en 2016 onze communiqués de presse sur la procédure du plan sectoriel, sept lettres d'information électroniques «Newsletter Tiefenlager», un «Focus Gestion des déchets» imprimé pour les ménages des régions d'implantation et divers rapports.³ Depuis octobre 2014, l'OFEN publie en outre de brefs articles sur des thèmes d'actualité sur le blog *energieaplus.com* et par le canal Twitter y relatif. En moyenne, l'OFEN a publié trois fois par mois un blog sur la thématique des dépôts en couches géologiques profondes. Une liste de toutes les publications parues au cours de l'année sous revue figure à l'annexe VII.

4.5 Recherche

4.5.1 Préservation des connaissances et concepts de marquage

En vertu des dispositions de la LENU et de l'OENU, la Confédération doit veiller à garantir la conservation à long terme des informations concernant les dépôts en couches géologiques profondes. Ainsi, selon la LENU, le Conseil fédéral «prescrit le marquage durable du dépôt en profondeur». De cette manière, les informations sur l'emplacement et le contenu d'un dépôt en couches géologiques profondes sont conservées bien au-delà de son scellement.

Afin de traiter de manière concertée la question du marquage au niveau international, la Suisse participe à un projet de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN), organe spécialisé de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Ce projet a pour objectif d'élaborer un document commun couvrant différentes thématiques afin que chaque pays puisse établir un plan d'action approprié fondé sur les mêmes normes internationales.

Le groupe d'experts «Preservation of Records, Knowledge and Memory across Generations» (RK&M) s'est réuni du 23 au 25 février 2016 et du 17 au 19 octobre 2016. Il a poursuivi ses travaux en 2016 sous la direction du nouveau président Stephan Hotzel et, entre autres, concrétisé encore plus les concepts «Key Information File» et «Set of Essential Records». Il est apparu que les résultats du projet ne peuvent pas être publiés comme prévu initialement sous forme de wikis, aussi le seront-ils sous forme de rapport final. Un projet de table des matières a été élaboré à cette fin. Le projet RK&M a été prolongé jusqu'en avril 2018.

4.5.2 Recherche d'accompagnement sur la participation régionale

Une étude achevée en 2013 et publiée en janvier 2014 a mis en lumière le processus de mise en place des conférences régionales entre 2009 et 2011. Les principales conclusions ont été résumées sous forme de «Lessons Learned» et de recommandations.⁴

L'Agneb a décidé lors de sa réunion du 20 mars 2014 d'intégrer l'étude prévue sur la participation des femmes et des jeunes aux projets techniques à long terme dans la deuxième partie du projet de recherche

—

³ Toutes les publications mentionnées sont accessibles en ligne sur le site www.dechetsradioactifs.ch. Les communications de la Confédération sur le financement de la gestion des déchets, par exemple sur les rapports annuels du fonds de désaffectation et du fonds de gestion ne sont pas citées dans le présent rapport.

⁴ Cf. aussi «Newsletter Tiefenlager» n° 11 de l'OFEN, 26.3.2014.



d'accompagnement sur la participation. La deuxième partie de la recherche d'accompagnement sur la participation régionale a débuté avec une procédure sur invitation en tant que thèse de doctorat à l'Institut des sciences politiques de l'Université de Berne et a été lancée le 19 septembre 2014. Le projet de thèse a pour objectif d'évaluer la participation régionale depuis l'établissement des conférences régionales jusqu'à la fin de l'étape 2 de la procédure du plan sectoriel. La thèse proposera des améliorations concrètes, fera des recommandations pour les processus de participation en cours dans les régions d'implantation et procédera à une analyse pour examiner si les constats faits sur la participation régionale dans le cadre de la procédure du plan sectoriel pour la recherche de sites susceptibles d'accueillir des dépôts en couches géologiques profondes peuvent être transposés à d'autres grands projets de la Confédération.

Les critères d'évaluation et le premier rapport intermédiaire ont été publiés en tant que premiers résultats le 23 septembre 2016 par communiqué de presse et dans un article sur le blog de l'OFEN energieaplus:

L'objectif de la première partie du projet de recherche consistait à formuler les critères d'évaluation à employer pour analyser la participation régionale. Ces critères représentent un ensemble de règles de procédure normatives et d'analyse fonctionnelle. Les 14 critères d'évaluation sont répartis en quatre catégories: caractéristiques du processus, participants, informations/ressources et impact.

Sur la base de ces 14 critères, le premier rapport intermédiaire évalue la participation régionale depuis la création des conférences régionales dans les six régions d'implantation potentielles en 2011 et 2012 jusqu'à la proposition 2x2 faite par la Nagra en janvier 2015. En se fondant sur les résultats de l'évaluation, le rapport formule les premières recommandations à l'intention de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), autorité chargée de conduire la procédure, afin de développer la procédure de participation. Il s'agit, entre autres, d'améliorer l'adéquation du système de milice, les échanges entre les régions, la composition des organes et l'équilibrage des compétences techniques des participants.

4.6 Activités au niveau international

4.6.1 OCDE/AEN

Forum sur la confiance des parties prenantes (FSC)

La 17^e rencontre annuelle a eu lieu à l'Office fédéral de l'énergie les 6 et 7 septembre 2016. Elle a notamment porté sur l'échange d'informations sur les activités du Comité de gestion des déchets radioactifs (Radioactive Waste Management Committee, RWMC) de l'AEN, les rapports émis par les pays membres (Allemagne, Etats-Unis et Espagne) ainsi que la présentation des résultats du sondage sur l'utilisation des médias sociaux régulièrement effectué parmi les membres du FSC. Une collaboration avec d'autres groupes de travail du RWMC qui traitent également ou qui traiteront davantage à l'avenir de la question de l'implication des parties prenantes («stakeholder involvement») a été discutée. Pascale Künzi (OFEN) a été élue à la présidence du FSC.

La Suisse a organisé du 7 au 9 septembre 2016 en tant que pays hôte le 10^e atelier des pays du FSC au Kursaal Bern. L'atelier intitulé «Bridging Gaps. Developing Intergenerational Decision-Making in Nuclear Waste Management» a été ouvert par la conseillère fédérale Doris Leuthard. Il s'agissait notamment de savoir ce que nous pouvons faire aujourd'hui pour prendre des décisions durables qui pourront être comprises et acceptées par la prochaine génération et qui laisseront à cette dernière suffisamment de marge de manœuvre pour prendre ses propres décisions si les circonstances changent. Cette question a été débattue au sein de groupes de discussion où plus de quatre-vingts participants nationaux et internationaux ont pu apprendre les uns des autres. La prochaine génération s'est aussi investie: dix jeunes de 16 à 25 ans ont pris part à cet atelier.

Comité de gestion des déchets radioactifs (Radioactive Waste Management Committee, RWMC)



La rencontre annuelle du Comité de gestion des déchets radioactifs (RWMC) a eu lieu au siège de l'OCDE à Paris les 12 et 13 avril 2016. La délégation suisse était composée de représentants de l'OFEN («policy maker»), de l'IFSN («regulator») et de la Nagra («implementer»). En sus des rapports des divers groupes de travail et d'experts, les Etats-membres se sont informés mutuellement des développements en cours dans leur pays. Dans le cadre d'une «topical session», la cheffe de la nouvelle division HANS (Human Aspects of Nuclear Safety) a présenté sa vision générale de la culture de sécurité en matière de gestion des déchets radioactifs. Le secrétariat du RWMC a par ailleurs informé sur les évaluations par les pairs prévues en 2016 au Japon et en Roumanie. Le comité a en outre discuté de son orientation et des ses activités pour la période 2017-2022.

Echange avec l'U.S. Nuclear Waste Technical Review Board

Les experts de l'U.S. Nuclear Waste Technical Review Board, l'homologue américain de la CSN suisse, ont rendu visite à l'OFEN dans le cadre d'un voyage d'études et se sont renseignés auprès de l'OFEN, du président du Comité consultatif «Gestion des déchets» et d'un membre de la CSN sur la procédure suisse de plan sectoriel. Ils se sont montrés très intéressés notamment par la participation régionale et par les travaux des conférences régionales.



5 Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN)⁵

5.1 Introduction

Dans le domaine de la gestion des déchets de l'IFSN, l'année sous revue 2016 a été dominée par l'examen des propositions de la Nagra pour l'étape 2 du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» (PSDP). Avec le rapatriement début décembre des derniers déchets provenant du retraitement des éléments combustibles suisses à l'étranger, un chapitre de la gestion nationale des déchets radioactifs qui a duré plusieurs décennies s'est clos: tous les déchets retraités de la Suisse sont désormais entreposés au ZZL à Würenlingen. Un autre jalon a été posé avec le transfert de stocks de matières nucléaires de l'entrepôt des combustibles nucléaires du PSI aux Etats-Unis dans le cadre de l'initiative de réduction de la menace globale («global threat reduction initiative») du gouvernement américain.

Parallèlement à la progression du démantèlement de diverses installations du PSI, le projet d'expertise sur la demande combinée d'autorisation de construire et d'autorisation d'exploiter déposée par le PSI pour l'extension du dépôt intermédiaire fédéral a été finalisé et soumis à la CNS pour consultation à la fin de l'année.

Deux changements organisationnels dans la direction de l'IFSN concernent la gestion des déchets et la radioprotection qui y est étroitement liée: Felix Altorfer a repris à la fin 2016 la direction de la division «Gestion des déchets» occupée par intérim depuis le départ de Michael Wieser à la fin mai et Rosa Sarella a repris directement la direction de la division «Radioprotection» (S) laissée vacante par le départ à la retraite de Georges Piller.

Le Forum technique sur la sécurité (FTS) s'est réuni à quatre reprises en 2016. Il a répondu avant la fin 2016 à 121 des 137 questions qui lui étaient alors parvenues. Toutes les questions et les réponses peuvent être consultées sur le site www.technischesforum.ch. En sus de répondre aux questions, il a approfondi différents thèmes techniques lors des réunions en 2016. Les prises de position des cantons et du Ministère autrichien de l'environnement ont été présentées en mars, l'IFSN a informé en juin sur les projets de recherche de l'Agneb portant sur la conception du dépôt et sur la surveillance. Lors des réunions d'août et de novembre, la Nagra a présenté la documentation supplémentaire relative à la requête supplémentaire de l'IFSN sur l'étape 2 du PSDP et informé sur les demandes déposées pour des forages de sondage.

Différents jalons de l'année 2016 sont présentés ci-après. L'activité ordinaire de l'IFSN dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs est résumée aux chapitres suivants.⁶

Désaffectation

Quatre installations nucléaires sont en différentes phases de désaffectation à l'Institut Paul Scherrer (PSI). Il s'agit des anciens réacteurs de recherches SAPHIR, DIORIT et PROTEUS et de l'ancienne installation d'essai pour l'incinération de déchets radioactifs (VVA). Concernant l'installation SAPHIR, il a été possible, après avoir vidé l'entrepôt des combustibles nucléaires qui s'y trouvaient, de démonter en grande partie son infrastructure et aussi de progresser dans l'élimination de matériaux, principalement libérés comme étant non radioactifs. Pour l'installation DIORIT, le PSI a décidé de changer l'objectif de désaffectation: au lieu de réutiliser le bâtiment comme demandé et approuvé initialement après sa sortie du champ d'appli-

⁵ La liste des membres du conseil de l'IFSN, qui est l'organe stratégique et de surveillance interne de l'IFSN, se trouve à l'annexe III.

⁶ Dans le cadre de son activité de surveillance, l'IFSN établit ses propres rapports annuels sur la sécurité des installations nucléaires, sur la radioprotection dans les installations nucléaires et sur la recherche réglementaire en matière de sécurité qui rendent compte de manière complète et détaillée de tous les aspects de la gestion des déchets nucléaires. Pour de plus amples informations, il est renvoyé aux rapports mentionnés.



cation de la LENu, il envisage désormais une démolition totale. Selon la décision de l'OFEN, cela représente un changement important de la décision de désaffectation et nécessite une nouvelle procédure d'autorisation. Le PSI est en train d'élaborer la documentation requise à cette fin. Le projet de démantèlement de l'installation PROTEUS a été expertisé par l'IFSN pour l'OFEN, la documentation a été mise à l'enquête publique, la décision de désaffectation est en cours de préparation. La première phase de démolition a commencé au printemps 2016 dans l'installation d'essai pour l'incinération de déchets radioactifs (VVA) après que l'IFSN a donné son aval. L'IFSN étudie actuellement les documents relatifs à l'autorisation de la deuxième phase de démolition.

Le projet de désaffectation du réacteur de formation et de recherche AGN-211-P de l'Université de Bâle qui ne contient plus de combustible nucléaire depuis juillet 2015 a été rédigé en 2016. Des discussions techniques ont eu lieu pour clarifier certains points.

BKW SA avait pris en automne 2013 la décision d'arrêter définitivement le fonctionnement de puissance de la centrale nucléaire de Mühleberg en 2019. Elle a remis en décembre 2015 le projet de désaffectation au Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication. Les travaux de l'IFSN sur cette documentation ont duré toute l'année sous revue afin qu'un projet de rapport largement finalisé soit disponible à la fin 2016. Comme la section responsable STIL sera aussi très sollicitée à l'avenir par ce projet, cela a incité le conseil et la direction de l'IFSN à la transférer de la division Gestion des déchets (E) à la division Centrales nucléaires.

Directives de l'IFSN

En sus des exigences légales, plusieurs directives de l'IFSN servent de base d'évaluation pour la surveillance de la gestion des déchets radioactifs. Les directives suivantes sont notamment cruciales:

- ENSI-B05: Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle (exigences en matière de conditionnement des déchets radioactifs, disponible uniquement en allemand)
- ENSI-G03: Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis (principes spécifiques de conception pour dépôts en couches géologiques profondes et exigences pour la démonstration de sécurité, disponible uniquement en allemand)
- ENSI-G04: Auslegung und Betrieb von Lagern für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente (conception et exploitation de dépôts pour déchets radioactifs et éléments combustibles irradiés, disponible uniquement en allemand)
- ENSI-G05: Transport- und Lagerbehälter für die Zwischenlagerung (conteneurs de transport et de stockage pour l'entreposage, disponible uniquement en allemand)
- IFSN-G17: Désaffectation d'installations nucléaires

Ces directives sont restées inchangées en 2016. Une actualisation des directives G03 et B05 est cependant envisagée après la conclusion de l'expertise sur l'étape 2 du PSDP et de l'examen de la documentation concernant le programme de gestion des déchets 2016. Il est possible que des adaptations soient nécessaires en raison de la mise en œuvre des exigences de l'Association des autorités de sûreté nucléaire d'Europe de l'Ouest (Western European Nuclear Regulators' Association, WENRA) relatives au stockage final et au traitement des déchets.

Evénements

En ce qui concerne les deux incidents qui se sont produits dans le dépôt final américain WIPP (Waste Isolation Pilot Plant) au Nouveau-Mexique (cf. rapport annuel 2015), l'OCDE/AEN a organisé le 1^{er} mars 2016 un atelier d'information d'une journée à Paris durant lequel des experts des différentes organisations d'autorités impliquées, qui étaient aussi représentées dans le comité d'enquête, ont été informés en détail



des conclusions. Les participants à cet atelier de l'IFSN ont fait rapport au Forum technique sur la sécurité (FTS) pour qu'il réponde à une question à ce sujet.

Après avoir été informé de corrosion interne dans des fûts contenant des concentrés cimentés stockés dans les dépôts de différentes centrales nucléaires belges, l'IFSN a ordonné à tous les conditionneurs suisses de déchets (centrales, PSI, ZWILAG) de prendre position à ce sujet. La cause des réactions chimiques dans les cas belges peut être exclue en raison d'autres compositions du ciment, des conditions chimiques et des granulats utilisés dans les colis de déchets produits en Suisse.

5.2 Gestion des déchets dans les centrales nucléaires

L'exploitation des centrales nucléaires génère des déchets radioactifs bruts issus de diverses sources. Ces déchets bruts sont collectés, conditionnés au cours de campagnes et placés dans des entrepôts en attendant leur stockage dans un dépôt en couches géologiques profondes. Tout le processus est réalisé sous la surveillance de l'IFSN.

Les déchets bruts devant être traités dans le four à plasma (station d'incinération et de fusion) de la société Zwischenlager Würenlingen AG (Zwilag) sont préparés et mis en fûts. Les autres sont gardés dans des locaux affectés à cette fin situés dans la zone contrôlée des centrales nucléaires en vue de leur traitement ultérieur.

Les résidus des systèmes d'épuration des eaux usées sont conditionnés par enrobage dans du ciment (centrale nucléaire de Mühleberg, centrale nucléaire de Leibstadt) ou dans du bitume (centrale nucléaire de Gösgen) ou encore immobilisés dans du polystyrène (centrale nucléaire de Beznau). L'enrobage dans du ciment est en outre utilisé comme méthode de conditionnement pour les déchets ne pouvant pas être incinérés ni fondus. Les approbations de types par les autorités, requises selon l'ordonnance sur l'énergie nucléaire (LENu) et la directive ENSI-B05, ont été accordées pour toutes les méthodes utilisées.

L'immobilisation de résines et de concentrés dans une matrice organique augmente certes la proportion de substances organiques qui seront placées dans le dépôt en couches géologiques profondes, mais sert à minimiser le volume de déchets. Par rapport aux quantités de substances organiques attendues il y a encore 10 à 20 ans, des réductions considérables ont été obtenues, avant tout grâce à la diminution des quantités de déchets bruts correspondants, à la mise en service du four à plasma au dépôt intermédiaire central et au remplacement de la reprise prévue initialement de déchets enrobés dans du bitume provenant du retraitement par une quantité supplémentaire de moindre volume de déchets vitrifiés. L'IFSN se tient au courant du développement international des méthodes de conditionnement et des travaux continus des centrales suisses en vue de réduire encore plus les déchets radioactifs contenant des substances organiques.

La libération de matériaux ayant été mesurés comme étant non radioactifs qui sont alors sortis des zones contrôlées constitue un élément important pour minimiser les déchets radioactifs. Les matériaux ainsi libérés peuvent être soit réutilisés, soit acheminés pour une gestion traditionnelle.

Les déchets radioactifs des centrales nucléaires sont enregistrés dans un système de comptabilité électronique ISRAM (système informatique de gestion des matériaux radioactifs) utilisé par toutes les installations nucléaires suisses afin que les informations sur la quantité, le lieu de stockage et les propriétés radiologiques soient disponibles en tout temps.

Conformément à la loi sur l'énergie nucléaire, les éléments combustibles irradiés doivent être gérés en tant que déchets radioactifs depuis l'entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2006 du moratoire (interdiction d'exportation des éléments combustibles usés pour le retraitement). Ce moratoire a été prolongé de 4 ans par arrêté fédéral simple en 2015. Pour entreposer ces éléments combustibles, l'entreposage à sec dans des conteneurs de transport et d'entreposage (emballages TE) à Zwilag et dans l'entrepôt intermédiaire de la centrale nucléaire de Beznau (ZWIBEZ) ainsi que l'entreposage en piscine dans le bassin de stockage de Gösgen sont utilisés en Suisse.



5.3 Gestion à l'Institut Paul Scherrer (PSI)

Vous trouverez ci-après des informations sur l'activité de surveillance de l'IFSN relative au traitement et au stockage de déchets radioactifs par le PSI.

5.3.1 Traitement des déchets radioactifs

Le PSI est le centre fédéral de ramassage pour les déchets radioactifs en provenance de la médecine, de l'industrie et de la recherche (déchets MIR, cf. aussi chapitres 9 et 12). La Confédération est également propriétaire des déchets radioactifs produits au PSI par l'utilisation d'isotopes radioactifs dans des projets de recherche, notamment dans les recherches sur les combustibles, dans les accélérateurs, lors du démontage d'installations de recherche et lors de l'exploitation des infrastructures nucléaires. Il s'agit par exemple des filtres d'aération et des déchets provenant du traitement des eaux usées. Tous les déchets mentionnés ont des caractéristiques chimiques et physiques différentes. C'est pourquoi ils nécessitent souvent un tri et un traitement avant leur conditionnement final. De plus, ils requièrent divers concepts de conditionnement et d'emballage, ce qui génère un éventail plus large et plus souvent modifié, par rapport aux centrales nucléaires, des types de colis de déchets.

5.3.2 Stockage des déchets radioactifs

Le dépôt intermédiaire fédéral (BZL) abrite principalement des fûts de 200 litres de déchets conditionnés et des petits conteneurs (jusqu'à 4,5 m³). Des composants conditionnés peuvent être placés temporairement au cas par cas dans de petits conteneurs lorsque l'IFSN a expressément donné son accord et que cet entreposage est conforme au principe d'optimisation énoncé à l'art. 6 de l'ordonnance sur la radioprotection.

Des déchets conditionnés ou pas sont entreposés conformément aux exigences d'exploitation dans d'autres halles des installations de gestion des déchets radioactifs (AERA).

Le PSI utilise le même système de comptabilité électronique que les centrales nucléaires afin que les informations sur la quantité, le lieu de stockage et les propriétés radiologiques des déchets radioactifs soient disponibles en tout temps.

Au cours de l'année sous revue, le PSI a d'abord reçu le projet d'expertise sur les documents révisés joints à la demande d'extension des capacités de stockage du dépôt intermédiaire fédéral (BZL, projet OSPA). A la fin de l'année, l'expertise légèrement remaniée sur la base des commentaires du PSI a été remise à la CNS pour qu'elle se prononce.

Après plusieurs rencontres techniques parfois itératives sur la révision de l'analyse des défaillances au BZL, l'IFSN a largement achevé l'expertise de la version désormais disponible, avec laquelle la preuve est apportée que les déchets MIR et les déchets provenant des installations nucléaires du PSI attendus ces prochaines années pourront y être entreposés de manière sûre.

5.4 Zwilag Zwischenlager Würenlingen AG / Dépôt intermédiaire de Würenlingen (Zwilag)

La société Zwilag Zwischenlager Würenlingen AG (Zwilag) gère à Würenlingen le dépôt intermédiaire central (ZZL) qui comprend différentes installations de traitement et de stockage de déchets radioactifs et d'éléments combustibles irradiés (ECI).



5.4.1 Stockage des déchets radioactifs

Les entrepôts servent à emmagasiner des déchets et des ECI sur plusieurs décennies jusqu'au stockage dans un dépôt en couches géologiques profondes. Les bâtiments d'entreposage se composent de la halle des emballages (entrepôt de déchets hautement radioactifs DHR) pour ECI et pour déchets vitrifiés de haute activité (coquilles de verre) provenant du retraitement, du bâtiment pour déchets moyennement radioactifs (entrepôt DMR) et de la halle pour déchets faiblement et moyennement radioactifs (entrepôt DFMR). Le bâtiment de réception et la cellule chaude en font aussi partie.

Au cours de l'année sous revue, Zwiilag Zwischenlager Würenlingen AG a lancé le projet de mise en service actif de la halle S. Lors de plusieurs entretiens techniques, il a été discuté de la structure du projet et d'aspects déterminants pour son déroulement, tels que les exigences techniques pour les équipements qui doivent encore être installés. Cette halle prévue pour les grands volumes de déchets provenant des premiers projets de désaffectation a été utilisée jusqu'à présent pour entreposer des objets inactifs et doit maintenant être mise en service actif pour les déchets en provenance du projet de désaffectation de la centrale nucléaire de Mühleberg.

5.4.2 Traitement des déchets radioactifs

L'installation de conditionnement sert au traitement de déchets de faible activité provenant de l'exploitation des centrales nucléaires suisses et de déchets radioactifs sans rayonnement alpha en provenance du centre fédéral de ramassage (déchets issus de la médecine, de l'industrie et de la recherche).

Les déchets d'exploitation provenant des centrales nucléaires qu'il n'est pas possible de traiter directement dans le four à plasma comme déchets pouvant être incinérés ou fondus sont soumis à divers procédés de traitement dans le domaine du conditionnement. L'objectif est de mesurer comme étant non radioactifs et de libérer la plus grande quantité possible de matériaux et de conditionner les déchets radioactifs restants conformément aux prescriptions de la directive ENSI-B05.

La fonction du four à plasma est de transformer par de très hautes températures des déchets de faible activité pouvant être incinérés et fondus en une matrice de scories inerte ne contenant pas de matière organique. Ce produit constitue, après emballage approprié, une forme de déchets apte à l'entreposage et au stockage final. Les déchets reçus pour traitement proviennent de l'exploitation des centrales nucléaires suisses et de la médecine, de l'industrie et de la recherche.

Après le remplacement réussi du couvercle du four à plasma, une campagne de traitement y a été réalisée au 4^e trimestre au cours de laquelle quelque 700 fûts ont pu être traités.

5.5 Transports de matières nucléaires et de déchets radioactifs

Les articles 6 et 34 de la loi sur l'énergie nucléaire prévoient que la manipulation de matières nucléaires et de déchets radioactifs provenant d'installations nucléaires nécessite une autorisation de la Confédération. Au sens de l'article 3 de ladite loi, le terme «manipulation» renvoie à la recherche, au développement, à la fabrication, à l'entreposage, au transport, à l'importation, à l'exportation, au transit et au courtage. L'octroi de ce genre d'autorisations est de la compétence de l'Office fédéral de l'énergie. En vue de l'autorisation de transports relevant de la législation sur l'énergie nucléaire, l'IFSN contrôle en sa qualité d'autorité compétente que la sécurité nucléaire et la sûreté sont assurées et que les prescriptions relatives au transport des marchandises dangereuses sont respectées.



5.6 Acquisition de conteneurs de transport et d'entreposage

Le concept de l'entreposage d'éléments combustibles irradiés et de déchets de haute activité provenant du retraitement (coquilles de verre) consiste à enfermer ces déchets dans des conteneurs de transport et d'entreposage T/E sûrs en cas de défaillance dont l'étanchéité peut être constamment surveillée dans l'entrepôt. A la centrale nucléaire de Gösgen, les déchets sont auparavant entreposés de manière prolongée dans l'eau du bassin de stockage externe résistant aux défaillances situé dans l'enceinte d'exploitation. Les conteneurs T/E doivent assurer la sécurité pendant toute la période de l'entreposage. Aussi doivent-ils remplir des exigences encore plus élevées que les conteneurs prévus uniquement pour le transport. La directive ENSI-G05 de l'IFSN règle les détails et les procédures y relatifs. Elle précise non seulement les exigences posées à la conception des conteneurs T/E, mais aussi celles relatives à la fabrication des conteneurs telles que les exigences de qualité, les contrôles d'accompagnement ou la documentation sur les conteneurs.

La fabrication des conteneurs T/E déjà homologués doit respecter des processus déterminés et validés par l'IFSN qui sont contrôlés, sur mandat de l'IFSN, par des experts indépendants. Pour chaque conteneur, l'IFSN confirme finalement que la fabrication a été achevée et remplit les exigences de qualité en autorisant l'utilisation. En sus de la gestion normale des déchets des centrales nucléaires, une demande de pointe de conteneurs pour l'achèvement en 2016 du rapatriement des déchets provenant du retraitement a provoqué une nette hausse des tâches de surveillance de la fabrication; dans ce domaine, l'IFSN a bénéficié en permanence du soutien de plusieurs collaborateurs de l'Association suisse d'inspection technique (ASIT).

Outre la surveillance de la fabrication, l'IFSN s'occupe cependant aussi de l'homologation de types de construction de conteneurs répondant à de nouvelles exigences ou aux exigences suisses. Cette tâche représente un pourcentage toujours plus élevé des travaux des sections impliquées. La charge de travail restera aussi élevée à moyen terme, puisque les types d'éléments combustibles suisses ne sont pas couverts par les modèles standard disponibles sur le marché international et que des conditions particulières doivent être prises en compte pour la libération la plus rapide possible des éléments combustibles de la centrale nucléaire après sa mise hors service. Conformément au concept en vigueur inchangé de la direction de l'IFSN, ces travaux relevant des compétences-clés de l'IFSN sont réalisés la plupart du temps par des collaborateurs de celle-ci.

5.7 Déchets radioactifs provenant du retraitement

Les sociétés AREVA NC à La Hague (France) et Sellafield Ltd. à Sellafield (Royaume-Uni) ont procédé les années précédentes au retraitement d'un millier de tonnes d'éléments combustibles irradiés (ECI) provenant des centrales nucléaires suisses conformément aux contrats conclus. Suite au moratoire sur le retraitement (art. 106, al. 4, LENu), cette forme de gestion des déchets a été remplacée à partir de juillet 2006 par le stockage direct dans des conteneurs T/E, autrement dit sans retraitement. Avec les trois derniers transports, un transport de déchets moyennement radioactifs de La Hague et deux transports de déchets hautement radioactifs, un de La Hague et un de Sellafield, la totalité des déchets de tout type que les centrales suisses se sont engagées à rapatrier conformément aux traités internationaux ratifiés sont désormais placés dans l'entrepôt DHR et dans l'entrepôt DMR du ZZL à Würenlingen.

5.8 Plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes»

Approuvé en avril 2008 par le Conseil fédéral, le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» règle la procédure suisse de sélection des sites d'implantation pour les dépôts en couches géologiques profondes. La procédure contient trois étapes. Le Conseil fédéral a approuvé l'étape 1 à la fin 2011 après examen par l'IFSN et d'autres instances de la proposition remise par la Nagra. Cette proposition comprend six domaines d'implantation pour un dépôt de déchets de faible et de moyenne activité



DFMR (domaines Randen sud, Zurich nord-est, Nord du Lägern, Jura est, Pied sud du Jura et Wellenberg) et trois domaines d'implantation pour le stockage de déchets hautement radioactifs DHR (domaines Zurich nord-est, Nord des Lägern et Jura est). Ces domaines d'implantation géologiques ont été intégrés dans l'aménagement du territoire de chaque région concernée.

Pour l'étape 2 en cours, la Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra) avait remis en janvier 2015 sa proposition d'au moins deux sites par type de dépôt. Jura est et Zurich nord-est sont les domaines d'implantation que la Nagra souhaite examiner de manière approfondie dans le cadre de l'étape 3 de recherche de sites aptes à accueillir aussi bien un dépôt DFMA qu'un dépôt DHA. Concernant la mise à l'écart de la région Nord du Lägern proposée par la Nagra, l'IFSN avait demandé à la fin 2015 pour l'examen de rapports complets sur la base de l'indicateur «profondeur maximale du point de vue de la faisabilité technique» des informations supplémentaires sur différents points, tels que concepts alternatifs de dépôts, conditions géotechniques ou défis techniques de construction (situations de risque) et mesures pour les maîtriser.

La Nagra a répondu à cette requête supplémentaire. L'OFEN a publié en août 2016 la documentation supplémentaire y relative. L'IFSN et ses experts l'ont examinée en 2016 et l'IFSN a intégré les résultats de cet examen dans son évaluation globale. L'IFSN a constaté que la Nagra a pris en compte lors de l'élaboration de sa proposition, de façon adéquate et dans le respect des étapes, les critères définis se rapportant à la sécurité et à la faisabilité technique. La Nagra a suivi les prescriptions du plan sectoriel de manière transparente et en grande partie de façon compréhensible. Elle a expliqué en détail les informations géologiques pertinentes disponibles et leur prise en considération dans l'élaboration de la proposition.

Dans le cadre du contrôle des paramètres et de l'évaluation de l'analyse de sécurité quantitative, l'IFSN a vérifié les résultats obtenus par la Nagra en réalisant elle-même des calculs de dose et peut comprendre résultats auxquelles arrive la Nagra. Les intervalles de dose de tous les domaines d'implantation sont inférieurs au critère de radioprotection de 0,1 mSv par an pour tous les types de roche d'accueil considérés.

L'évaluation qualitative du périmètre optimisé pour les dépôts dans les domaines d'implantations géologiques s'est déroulée selon les prescriptions de la partie «Conception générale» du plan sectoriel conformément aux 13 critères définis se rapportant à la sécurité et à la faisabilité technique. Comme lors de l'étape 1, les 13 critères se composent de plusieurs indicateurs. L'IFSN a vérifié l'évaluation qualitative et confirmé que tous les domaines d'implantation de l'étape 1, avec leurs roches d'accueil respectives, sont jugés «appropriés». Du point de vue de l'IFSN, il ne faut écarter aucun domaine d'implantation en raison de l'intervalle de dose caractéristique ou de l'évaluation globale. De cette manière, l'IFSN confirme la déclaration faite par la Nagra selon laquelle des dépôts en couches géologiques profondes en principe sûrs peuvent être réalisés dans tous les domaines d'implantation proposés à l'étape 1 du PSDP. Conformément aux prescriptions des autorités, la relégation d'un domaine d'implantation n'est possible que si un désavantage univoque peut être constaté sur la base des critères de sécurité et de faisabilité technique.

La procédure de la Nagra, utilisant principalement des fondements géomécaniques conservateurs et des hypothèses de calculs simplifiées, confirme en principe la faisabilité technique dans les domaines d'implantation. Du seul point de vue de la faisabilité technique de la construction, l'IFSN estime suffisants les fondements de la Nagra. Néanmoins, les fondements géomécaniques retenus, notamment les hypothèses sur les paramètres géomécaniques, ne résistent pas à une évaluation quantitative de la profondeur et n'apportent pas la preuve d'un désavantage univoque.

L'IFSN arrive à un résultat différent de celui avancé par la Nagra à propos de l'identification d'un désavantage univoque, notamment concernant l'évaluation de la profondeur maximale et de la place souterraine à disposition. L'IFSN estime faisable techniquement la construction d'un dépôt DHA et d'un dépôt DFMA dans le nord de la Suisse jusqu'à 800 m de profondeur (dépôt DFMA) et jusqu'à 900 m de profondeur (dépôt DHA) et n'identifie par conséquent aucun désavantage univoque pour le domaine d'implantation Nord du Lägern. Pour cette raison, l'IFSN n'approuve pas la proposition de la Nagra d'écarter le domaine



d'implantation Nord du Lägern. Du point de vue de l'IFSN, les trois domaines d'implantation Zurich nord-est, Jura est et Nord du Lägern doivent continuer à être étudiés de manière approfondie lors de l'étape 3 du PSDP, autant comme dépôts pour les déchets DFMA que pour les déchets DHA.

Après concertation avec l'OFEN, l'IFSN a communiqué les principaux résultats de l'expertise en décembre 2016, et son rapport d'expertise au printemps 2017.

5.9 Laboratoires souterrains

En Suisse, deux laboratoires souterrains sont exploités, l'un dans les roches cristallines (laboratoire souterrain du Grimsel) et l'autre dans les roches argileuses (laboratoire souterrain du Mont Terri). De nombreux projets de recherche sur le stockage de déchets radioactifs en couches géologiques profondes y sont menés, avec une participation internationale (cf. chapitres 8.1 et 13.4). La recherche vise à identifier et à recenser les propriétés géotechniques, géochimiques et hydrauliques des formations rocheuses de ces sites, à développer et à vérifier des concepts de dépôt pour le confinement sûr de déchets radioactifs et des techniques visant à collecter des données pertinentes. Les résultats obtenus par la recherche permettent par ailleurs d'étudier, à l'aide de tentatives de démonstration, le comportement de barrières techniques (bentonite, ciment, conteneurs en acier) et de barrières naturelles (roche d'accueil et roches «encaissantes») et de valider des modèles de calculs dans ces domaines.

L'IFSN participe, depuis 2003 avec ses propres projets et des coopérations, à la recherche menée dans le laboratoire souterrain du Mont Terri. Il s'agit de renforcer et de maintenir les compétences de ses spécialistes, ainsi que de développer et de tester ses propres jeux de données et modèles. Les travaux de recherches effectués par l'IFSN ont porté sur sept expériences en 2016:

- Avec l'expérience FS, l'IFSN souhaite améliorer la compréhension de la stabilité des failles tectoniques dans les roches argileuses et les conditions de leur réactivation. Elle a pour objectif d'étudier les relations entre le mouvement d'une faille, la pression des eaux interstitielles et la mobilité des fluides. Les résultats sont par exemple importants pour clarifier les mécanismes des séismes naturels et induits, leur origine et la gestion des risques, mais aussi la perte de l'intégrité de barrières naturelles peu perméables. L'objectif 2016 était d'exploiter les expériences menées dans la faille principale. Dans les tests, on a observé le déplacement de la faille et la sismicité qui résulte de l'injection d'eau. Il a été possible d'identifier plusieurs événements qui ont augmenté la perméabilité de la faille d'un facteur 1000.
- L'expérience HM a servi à étudier les processus hydrauliques et mécaniques couplés à court terme dans les Argiles à Opalinus en laboratoire et *in situ* qui sont pertinents pour les phases de construction et d'exploitation d'un futur dépôt en couches géologiques profondes pour déchets radioactifs en Suisse. Au cours de l'année sous revue, cette expérience s'est achevée avec succès dans le cadre d'un travail de doctorat à l'EPF Zurich (Wild 2016). La simulation numérique prévue initialement des essais en laboratoire et la vérification du modèle de lois des matériaux doivent être effectuées dans le cadre d'une nouvelle expérience HM-C planifiée à partir de 2017.
- Le projet HM-B sert à évaluer la succion capillaire engendrée mécaniquement dans les forages réalisés dans les Argiles à Opalinus. Pour ce faire, le dispositif d'essai (forage pilote, système d'obturateur, instruments de mesure) a été bien installé en 2016. Les résultats attendus de l'expérience HM-B sont pertinents pour évaluer la stabilité de la montagne et la résistance au cisaillement des Argiles à Opalinus à proximité de tunnels.
- Dans le cadre de l'expérience FM-D menée conjointement avec le Karlsruher Institut für Technologie (KIT) et swisstopo, les conclusions tirées des tests en laboratoire ont été transposées à l'instrument du trou de forage. Les défis techniques qui se sont posés ont été analysés systématiquement et l'instrument de trou de forage a été amélioré.
- Avec l'expérience HM-A, un modèle numérique reposant sur les lois constitutives des matériaux a été élaboré afin de décrire le comportement de déformation dans le laboratoire souterrain du Mont Terri. Au cours de l'année sous revue, ce modèle a été finalisé dans le cadre d'un travail de



doctorat à l'EPF Lausanne (Parisio 2016) et le projet a été achevé. Il est apparu qu'il n'est pas encore possible de décrire complètement tous les processus hydrauliques et mécaniques.

5.10 Transfert international de connaissances

La participation à divers groupes de travail nationaux et internationaux fournit à l'IFSN la possibilité de suivre des problématiques relevant du domaine de la gestion des déchets dans des dépôts en couches géologiques profondes et de se tenir au courant des derniers développements de la science et de la recherche. Les résultats de ces travaux sont intégrés dans l'activité de surveillance de l'IFSN dans le cadre du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes». Outre sa participation à la recherche internationale menée au laboratoire souterrain du Mont Terri (cf. chapitre 8.1), l'IFSN s'est engagée en 2016 notamment dans les projets et instances suivants:

DECOVALEX-2019

Lancé en 2016, le projet s'achèvera en 2019. Il porte sur la simulation de processus thermiques, hydrauliques et mécaniques couplés tels qu'ils peuvent se produire dans l'environnement immédiat d'un dépôt en couches géologiques profondes. Des partenaires de onze organisations de différents pays y participent. L'IFSN a repris conjointement avec le Lawrence Berkeley National Laboratory la direction de l'un des sept paquets de travaux relatifs à l'activation de failles tectoniques. Le projet vise à améliorer la compréhension des processus, à vérifier et à élargir la capacité de simuler des processus de ce genre.

BIOPROTA

BIOPROTA est un forum international consacré aux processus relatifs aux rejets de radionucléides provenant d'un dépôt pour déchets radioactifs dans la biosphère. Les travaux portent sur la gestion des incertitudes lors de la modélisation de l'impact sur l'environnement et de l'exposition aux radiations correspondantes en lien avec la démonstration de sécurité pour les dépôts en couches géologiques profondes. Le forum se réunit chaque année pour discuter des résultats des travaux actuels de recherche et pour définir les futurs grands axes de la recherche. Des ateliers sont en outre organisés sur des sujets prioritaires spécifiques. Au cours de l'année sous revue, l'accent a été mis sur la méthodologie des biosphères de référence. L'IFSN est membre de BIOPROTA depuis 2012. Cette affiliation sert à élargir les compétences de l'IFSN dans le domaine de la modélisation de la biosphère.

BenVaSim

L'IFSN a signé en 2013 une convention de coopération avec le Prof. Karl-Heinz Lux et ses collaborateurs de la chaire «Technique de décharge et géomécanique» (Lehrstuhl für Deponietechnik und Geomechanik) de l'Université de technologie (Technischen Universität, TU) de Clausthal afin de permettre un échange d'informations sur la thématique de la modélisation hydraulique et mécanique. Dans le cadre de cette convention de coopération, l'IFSN participe, tout comme la société Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) (Braunschweig, Cologne), le Lawrence Berkeley National Laboratory et l'Institut fédéral allemand de géosciences et de ressources naturelles (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR) d'Hanovre, au projet BenVaSim (Internationales Benchmarking zur Verifizierung und Validierung von TH2M-Simulatoren) lancé par l'Université de technologie de Clausthal. Les participants ont concrétisé le projet en 2016. Il est prévu qu'il débute au milieu de l'année 2017.

Activités de l'OCDE/AEN

L'IFSN participe dans le cadre de l'OCDE/AEN aux activités du groupe de travail «Groupe d'intégration pour le dossier de sûreté» (Integration Group for the Safety Case, IGSC), du sous-groupe «Working Group



on Measurements and Physical Understanding of Water Flow through Argillaceous Media» (Clay Club) et du Groupe d'experts sur la sécurité en exploitation «Expert Group on Operational Safety» (EGOS). La 18^e réunion du groupe de travail IGSC s'est déroulée à Paris en 2016. Des activités et projets nationaux et internationaux relatifs au stockage en profondeur tels que les activités du RWMC, les projets de l'AEN, les activités des organisations internationales et les activités spécifiques de l'IGSC (Clay Club, Salt Club, EGOS, FEP Database, Crystalline Club et projet RepMet) sont présentés dans ce groupe de travail. L'IGSC s'est concentré en 2016 sur la démonstration de technologies pour l'enfouissement en profondeur avec des exposés de pays qui ont un programme avancé de stockage en couches géologiques profondes. La participation de l'IFSN au Groupe d'experts EGOS, au Clay Club et à l'IGSC permet d'accéder aux principales plateformes d'information internationales consacrées au transfert de connaissances concernant la démonstration de sécurité pour un dépôt en couches géologiques profondes, à la recherche sur les roches argileuses et aux expériences d'exploitation.

Au cours de l'année sous revue, les travaux du Clay Club se sont focalisés sur le projet intitulé «Argillaceous Media Database Compilation» et étaient pratiquement achevés à la fin 2016. Coordonné par la Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN, Canada), le projet porte sur les jeux de données géologiques, hydrogéologiques, minéralogiques, géophysiques, géochimiques et géomécaniques déterminants pour l'examen de la sécurité des dépôts en couches géologiques profondes dans les roches argileuses. Il est prévu de mettre le rapport en consultation finale en 2017 avant de le publier en tant que document de l'AEN.

L'Université de Berne a proposé en 2016 le lancement du projet «CLAYWAT – Binding state and mobility of WATER in CLAY-rich media». Ce projet doit avoir pour objet l'amélioration des méthodes de détermination du contenu des eaux interstitielles dans les argiles et dans les argiles schisteuses, l'interprétation de la composition des eaux interstitielles provenant des expériences d'extraction, le transport advectif des eaux interstitielles et l'évaluation de méthodes adaptées afin de caractériser l'état lié des eaux interstitielles. Le projet a été bien accueilli par les participants. Lancé en 2016, il s'achèvera en 2019.

Le Groupe d'experts EGOS («Expert Group on Operational Safety») sert à échanger les expériences techniques, réglementaires et législatives en matière de sécurité nucléaire et de radioprotection lors de l'exploitation d'un dépôt en couches géologiques profondes. Ses travaux ont principalement porté en 2016 sur des aspects de sécurité en matière de protection contre l'incendie et de ventilation ainsi que de transport et de stockage dans des dépôts en couches géologiques profondes. L'atelier «Operational Safety of Geological Repositories» organisé conjointement par l'OCDE/AEN et par l'AIEA s'est déroulé à Paris en juin 2016. Les derniers développements et résultats d'EGOS et du projet GEOSAF de l'AIEA sur différents domaines de la sécurité opérationnelle y ont été présentés. Par ailleurs, les expériences des pays participants et le cadre réglementaire actuel en matière de sécurité d'exploitation des dépôts en couches géologiques profondes, ainsi que la nécessité d'une harmonisation possible des dispositifs réglementaires nationaux, y ont été discutés.

L'IFSN présente en détail la collaboration internationale dont elle bénéficie dans le domaine du stockage en couches géologiques profondes dans son rapport sur les expériences et sur la recherche 2016 (en allemand *Erfahrungs- und Forschungsbericht 2016*, avec résumé en français).



6 Groupe d'experts Stockage géologique en profondeur (GESGP)

Conformément au plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes», le GESGP apporte son soutien à l'IFSN dans ses travaux relatifs aux examens techniques de la sécurité. Il rédige pour l'IFSN des avis sur l'examen géologique des domaines d'implantation et des sites ainsi que sur la faisabilité technique de la construction des dépôts en couches géologiques profondes, prend position sur les demandes d'études géologiques, et siège au Forum technique sur la sécurité. Pour l'IFSN, le GESGP est une importante source de connaissances, car des experts indépendants de la Nagra y sont représentés.

En 2016, le GESGP comprenait sept membres, surtout du domaine des écoles supérieures en Suisse et à l'étranger, couvrant différentes disciplines pertinentes en rapport avec le stockage géologique en profondeur (cf. annexe III).

Le Groupe d'experts Stockage géologique en profondeur (GESGP) a obtenu du renfort avec le retour du professeur de géologie exogène à l'Université de Berne Fritz Schlunegger, qui avait été membre ordinaire du GESGP jusqu'en mars 2013. Son expertise sur les processus de sédimentation et d'érosion et sa longue expérience dans le domaine de l'évaluation des dépôts en profondeur en font un membre précieux de ce groupe d'experts. L'IFSN gère le secrétariat du GESGP, dont les activités sont présentées au fur et à mesure sur un site internet (www.egt-schweiz.ch).

En 2016, le GESGP s'est réuni lors de sept séances plénières ordinaires d'une journée. Dans le cadre du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes», le GESGP a participé au séminaire destiné aux autorités concernant la documentation en rapport avec les requêtes supplémentaires demandées par l'IFSN, ainsi qu'à la conférence de presse sur la présentation des résultats de l'expertise technique de l'IFSN relative à la sécurité concernant la proposition des domaines d'implantation géologiques à étudier plus en profondeur à l'étape 3. Le GESGP a fourni ici une contribution importante pour les requêtes supplémentaires que l'IFSN a faites à la Nagra en vue d'une meilleure base d'examen des domaines d'implantation. Le GESGP a été représenté à la deuxième séance du «Groupe de travail spécialisé Etudes géologiques» (Fachgremium Erdwissenschaftliche Untersuchungen) qui a étudié le concept d'exploration de la Nagra. Un représentant du GESGP a en outre participé aux quatre séances du Forum technique sur la sécurité. Avec des représentants du Groupe de travail des cantons concernant la sécurité (GT Cséc), d'autres représentants des cantons et de l'IFSN, ils ont discuté des rapports des experts cantonaux sur l'étape 2 du plan sectoriel.

Chaque année, le GESGP et l'IFSN définissent ensemble les priorités des travaux du GESGP. Au cours de l'année sous revue, les travaux ont porté sur la finalisation de la prise de position écrite, dont la rédaction a commencé en 2015, sur la proposition des domaines d'implantation géologiques à étudier plus en profondeur à l'étape 3 du plan sectoriel, qui sera publiée conjointement avec l'expertise de l'IFSN. Pour ce faire, le GESGP a examiné notamment les rapports du groupe d'experts des cantons en matière de sécurité (KES). Les points traités en priorité dans la prise de position du GESGP sont la géomécanique, l'érosion, l'interprétation de la sismologie 2D et les influences dues au dépôt. Le GESGP s'est occupé par ailleurs en 2016 des thèmes suivants:

- Propriétés des barrières constituées par les roches d'accueil et les roches «encaissantes» pour le dépôt DFMA et DHA;
- Modèles conceptuels et paramètres des roches d'accueil DFMA pour le transport des radionucléides;
- Migration et dilution des radionucléides dans la biosphère;
- Calculs des doses dans la roche d'accueil et spécifiques au domaine d'implantation pour le dépôt DFMA;
- Impact sur la sécurité des processus géochimiques pour le dépôt DFMA;



- Transport de gaz dans les roches d'accueil DFMA et DHA et dans les équipements techniques;
- Homogénéité et exploitabilité d'hétérogénéités dans les Argiles à Opalinus et le Dogger brun;
- Néotectonique et évolution géodynamique du nord de la Suisse;
- Sismicité des domaines d'implantation géologiques;
- Délimitation du périmètre du dépôt reposant sur la surcharge tectonique;
- Besoin d'espace des dépôts en couches géologiques profondes dans les différents domaines d'implantation;
- Hypothèses sur la conception, la méthode de percement, le blindage et le scellement des dépôts DFMA et DHA;
- Délimitation du périmètre du dépôt;
- Evaluation des critères techniques de sécurité et comparaison des domaines d'implantation géologiques DFMA et DHA.



7 Commission fédérale de sécurité nucléaire (CSN)

En tant qu'organe consultatif du Conseil fédéral, du DETEC et de l'IFSN, la CSN étudie les questions fondamentales en sécurité nucléaire et peut donner son avis au Conseil fédéral et au DETEC sur les expertises techniques de l'IFSN relatives à la sécurité. Elle se compose de sept membres (cf. annexe III).

7.1 Plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes»

7.1.1 Proposition de réduction du nombre de sites à l'étape 2 du PSDP

L'étape 2 du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» (PSDP) a pour objectif de réduire le nombre de domaines d'implantation aptes à accueillir un dépôt en couches géologiques profondes au minimum à deux pour les déchets hautement radioactifs (DHR) et également au minimum à deux pour les déchets faiblement et moyennement radioactifs (DFMR). La Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra) avait remis sa proposition de réduction du nombre de sites en janvier 2015 à l'autorité chargée de conduire la procédure, l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). La Nagra prévoit d'approfondir les études sur les deux domaines d'implantation géologiques Jura-est et Zurich nord-est en tant que sites susceptibles d'accueillir des dépôts en couches géologiques profondes à l'étape 3 du PSDP. Elle estime que les deux domaines d'implantation sont aptes à accueillir aussi bien un dépôt DFMR qu'un dépôt DHR ou encore un dépôt combiné⁷.

Après la communication de la proposition de réduction du nombre de sites par la Nagra, l'IFSN avait commencé son examen détaillé selon des critères techniques de sécurité. Au cours de cet examen, l'IFSN est arrivée à la conclusion que les fondements géomécaniques présentés par la Nagra, les hypothèses retenues et les arguments avancés pour l'examen de la profondeur maximale en vue d'évaluer la faisabilité technique de la construction ne sont pas suffisants ou ne sont pas compréhensibles. Pour cette raison, l'IFSN a posé une requête supplémentaire y relative à la Nagra le 6 novembre 2015. La Nagra a remis le 27 juillet 2016 sa documentation en réponse à la requête supplémentaire. Après avoir vérifié la proposition de réduction du nombre de sites faite par la Nagra, l'IFSN a rendu public le 14 décembre 2016 le principal résultat de ses analyses. L'IFSN soutient ainsi en grande partie la proposition de la Nagra, mais elle recommande d'approfondir les études non seulement pour les domaines d'implantation Jura-est et Zurich nord-est, mais aussi pour le domaine d'implantation Nord des Lägern à l'étape 3 du PSDP. L'expertise technique relative à la sécurité de l'IFSN sera disponible au printemps 2017.

La CSN a poursuivi en 2016 l'analyse de la proposition de la Nagra pour la réduction du nombre de sites:

- La CNS avait rédigé en novembre 2015 des questions relatives à la proposition de la Nagra pour la réduction du nombre de sites aptes à accueillir des dépôts en couches géologiques profondes et demandé à la Nagra d'y répondre. Des représentants de la Nagra ont présenté au fur et à mesure, entre février et septembre 2016, les réponses de la Nagra aux questions de la commission dans le cadre de réunions de la CNS. Les questions de la CNS sur le rapport de la Nagra concernaient principalement des aspects fondamentaux de la proposition de réduction du nombre de sites qui revêtent une importance particulière dans la perspective d'un examen de ladite proposition, notamment les concepts alternatifs envisagés pour les dépôts et les barrières, la profondeur maximale possible et la profondeur minimale requise, ainsi que les conditions géotechniques qui y sont liées.

—

⁷ Aménagement en même temps d'un dépôt DHR et d'un dépôt DFMR dans un domaine d'implantation géologique



- Lors de sa séance du 8 janvier, la commission a mené des discussions techniques avec des représentants de la communauté d'ingénieurs «Sanierungstunnel Belchen», ainsi que de la communauté de géologues associée, sur le thème du creusement et de l'extension de tunnels dans les Argiles à Opalinus. Il y a été entre autres discuté des méthodes de creusement et des possibilités d'extension pour les ouvrages souterrains situés dans les Argiles à Opalinus ainsi que des propriétés géotechniques de la roche, notamment sa capacité de gonflement.
- Les résultats des mesures sismiques par réflexion 2D que la Nagra avait effectuées en hiver 2011/2012 jouent un rôle important pour la réduction du nombre des sites. Pour cette raison, la CSN a rédigé des questions relatives à ces résultats et à leur interprétation et demandé à des experts externes en sismologie d'y répondre. Les réponses ont été présentées et discutées dans le cadre de deux séances de la commission.

La CSN a achevé de se forger une opinion interne sur la proposition faite par la Nagra pour la réduction du nombre de sites en novembre 2016. Le résultat sera intégré à la prise de position de la CSN sur l'expertise technique de l'IFSN relative à la sécurité concernant cette proposition, que la CSN élaborera d'ici l'été 2017 après la présentation de l'expertise de l'IFSN.

7.1.2 Planification de l'étape 3 du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes»

En 2016, la CSN a participé à la poursuite des travaux de planification de l'étape 3 du PSDP sous la direction de l'OFEN qui est l'autorité menant la procédure. Une retraite de planification de la haute direction du projet, à laquelle une délégation de la CSN a aussi participé, s'est déroulée en août. Outre une présentation actuelle de l'avancement des différents travaux de planification, il y a été notamment question de la sélection du site pour la préparation de la demande d'autorisation générale⁸ que la Nagra doit effectuer à l'étape 3 et à son intégration dans le déroulement de la procédure. L'importance des aspects socio-économiques et écologiques à l'étape 3 du PSDP a aussi été évoquée.

7.1.3 Groupe de travail spécialisé «Etudes géologiques» (Fachgremium «Erdwissenschaftliche Untersuchungen»)

La Nagra déposera une demande d'autorisation générale pour un dépôt en couches géologiques profondes pour déchets radioactifs à l'étape 3 du PSDP.⁸ Afin d'acquérir les connaissances géologiques approfondies nécessaires en vue de la demande d'autorisation générale, la Nagra réalise des études géologiques, par exemple des études sismologiques 3D et des forages profonds.

Le Groupe de travail spécialisé «Etudes géologiques» a été constitué à la fin 2015 pour assurer le suivi technique des études géologiques effectuées par la Nagra. Cet organe dans lequel sont représentées les instances impliquées dans le PSDP qui ont des compétences en géologie, donc aussi la CSN, a pour objectif d'assurer l'échange mutuel de savoir sur l'état actuel des connaissances géologiques. Il veille à l'échange d'informations techniques et à la discussion sur les études géologiques menées par la Nagra dans le cadre de l'exploration spécifique aux sites, sur leurs résultats et sur les connaissances ainsi acquises.

Au cours de l'année sous revue, deux séances du Groupe de travail spécialisé «Etudes géologiques» ont porté sur les études sismologiques 3D dans les domaines d'implantation potentiels Jura-est, Nord des Lägern et Zurich nord-est ainsi que sur les forages profonds et les études sur le quaternaire prévus dans ces domaines d'implantation.

—

⁸ Au cas où un seul dépôt en couches géologiques profondes est prévu pour toutes les catégories de déchets (dépôt combiné). Si tel n'est pas le cas, une demande d'autorisation générale sera déposée pour chaque dépôt (DHR et DFMR).



7.2 Programme de recherche Déchets radioactifs

Le programme de recherche Déchets radioactifs regroupe les projets de recherche prévus par les offices fédéraux en matière de gestion des déchets radioactifs.⁹ Sur mandat du Groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets nucléaires (Agneb), il est géré par un secrétariat rattaché à l'OFEN. La CSN est représentée dans le groupe de mise en œuvre de ce programme de recherche.

7.2.1 Programme de recherche Déchets radioactifs 2017–2020 et groupe de mise en œuvre

Début 2016, le groupe de mise en œuvre a achevé ses réflexions sur les priorités possibles du programme de recherche pour la période 2017–2020. Après délibération et adoption par l'Agneb, le programme de recherche Déchets radioactifs 2017–2020 a été publié le 6 décembre 2016.¹⁰ Dans le cadre de la concrétisation sur la période citée, l'Agneb a aussi pris des décisions fondamentales sur la future orientation du programme de recherche et sur sa mise en œuvre. En raison de la réorganisation qui en résulte, l'Agneb ne voit plus la nécessité de poursuivre le groupe de mise en œuvre sous sa forme actuelle.¹¹ Il est désormais prévu d'organiser chaque année une journée de réflexion sur la recherche à laquelle la CNS sera aussi invitée.

7.2.2 Applicabilité des principes de l'ordonnance sur les déchets aux déchets radioactifs

L'OFEN a posé fin 2015 une question à la CNS sur les résultats du projet de recherche «Comparaison de la gestion des déchets» de l'Agneb. L'OFEN était intéressé de savoir si, pour la CNS, les résultats obtenus par le projet de recherche permettaient de répondre aux questions déjà posées par l'ancienne Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires (CSA)¹² sur l'applicabilité des motifs et principes de l'«ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets» (ordonnance sur les déchets, OLED, RS 814.600)¹³ au domaine de la gestion des déchets radioactifs. La CNS a ensuite traité cette question et donné son avis en la matière en avril 2016 dans son rapport annuel à l'intention de l'OFEN.

7.3 Contacts et échange d'informations

En 2016 aussi, des échanges d'informations ont eu lieu à intervalles réguliers avec les institutions impliquées dans le processus de la gestion des déchets radioactifs en Suisse. Par ailleurs, des représentants de la CNS ont participé entre autres aux rencontres ci-après en lien avec la gestion des déchets radioactifs.

⁹ L'administration fédérale peut faire réaliser ou encourager des travaux de recherche afin d'acquérir et de consolider des connaissances techniques en lien avec ses activités actuelles ou futures. Cette recherche appelée recherche sectorielle de la Confédération comprend entre autres le programme de recherche Déchets radioactifs dans le domaine de l'énergie nucléaire.

¹⁰ Forschungsprogramm Radioaktive Abfälle 2017–2020; Arbeitsgruppe des Bundes für nukleare Entsorgung Agneb, Berne, 6 décembre 2016 (disponible seulement en allemand)

¹¹ Le groupe de mise en œuvre s'est réuni pour la dernière fois le 30 mars 2016.

¹² Le projet de recherche «Comparaison de la gestion des déchets» remonte à une initiative de la CSA, qui a été remplacée par la CNS le 1^{er} janvier 2008. La demande de projet y relative avait été soumise à l'OFEN le 17.07.2007.

¹³ Jusqu'au 31 décembre 2015: ordonnance sur le traitement des déchets (OTD)



7.3.1 Paul Scherrer Institut

Dans le cadre de la réunion de la CSN du 8 janvier 2016, des discussions techniques sur la gestion des déchets et sur le conditionnement des déchets radioactifs en provenance de la médecine, de l'industrie et de la recherche (MIR) ont eu lieu au Paul Scherrer Institut. Une délégation de la section «Démantèlement et gestion» du PSI a informé notamment sur les flux de déchets pertinents pour les déchets MIR et sur les possibilités de traitement des déchets, y compris le conditionnement des colis. Après les discussions techniques, la commission a visité le dépôt intermédiaire fédéral situé dans l'enceinte du PSI dans lequel sont collectés les déchets MIR jusqu'à leur stockage ultérieur dans un dépôt en couches géologiques profondes conformément au mandat légal.

7.3.2 OCDE/AEN: rencontre des présidents d'organes consultatifs auprès des gouvernements

Les présidents d'organes consultatifs en matière de gestion des déchets radioactifs se sont à nouveau réunis les 8 et 9 décembre 2016 à Paris pour échanger des informations sous l'égide de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE (Meeting of Chairpersons of Advisory Bodies to Governments). La CSN y a participé en déléguant un de ses membres.

Une délégation japonaise a aussi pris part pour la première fois à l'échange. Ces dernières années, le Japon a suivi dans un premier temps l'approche de sélectionner des sites susceptibles d'accueillir un dépôt en couches géologiques profondes pour déchets hautement radioactifs sur le principe du volontariat, c.-à-d. que les communes intéressées étaient invitées à se porter candidates. Cette approche n'a guère été concluante; dans ce contexte, la délégation japonaise a salué la possibilité donnée par la rencontre d'échanger des expériences sur les projets de gestion des déchets radioactifs dans les pays des autres instances participantes. Les discussions techniques ont porté en priorité sur les thèmes de la confiance, du volontariat et de la communication au fur et à mesure du processus de sélection de sites.

7.3.3 Congrès spécialisés

Des représentants de la CSN ont notamment participé en 2016 aux manifestations suivantes consacrées à l'échange d'informations et d'idées techniques sur le plan international:

- 2^e conférence «Key Topics in Deep Geological Disposal»; Deutsche Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung, du 26 au 28 septembre, à Cologne;
- EUROSAFE Forum 2016; European Technical Safety Organisations Network, les 7 et 8 novembre, à Munich.

Outre le suivi de l'état international de la science et de la technique dans les domaines spécialisés relatifs à la sécurité nucléaire, la participation à ces manifestations a aussi été l'occasion d'échanges techniques ouverts sur des thèmes-clés et des questions d'actualité.¹⁴

7.4 Perspectives

La CNS continuera de s'occuper en 2017 principalement de tâches en lien avec la gestion des déchets radioactifs. Elle finalisera sa prise de position sur l'expertise de l'IFSN relative à la proposition de réduction du nombre de sites aptes à accueillir des dépôts en couches géologiques profondes dans le cadre

¹⁴ p. ex.: exposé principal «The Swiss Sectoral Plan for Nuclear Waste Disposal Site Selection: Step-wise (Geo-)Science-based Decisions», C. Schlüchter, 2nd Conference on Key Topics in Deep Geological Disposal



de l'étape 2 du PSDP. Elle se prononcera en outre sur le programme de gestion des déchets 2016 établi par les responsables de la gestion des déchets et sur l'expertise de l'IFSN y afférente.



8 Office fédéral de topographie (swisstopo)

8.1 20 ans du laboratoire souterrain du Mont-Terri

Les 20 ans du laboratoire souterrain du Mont-Terri ont été célébrés le 19 mai 2016 en présence du conseiller fédéral Guy Parmelin. Des personnalités scientifiques ou politiques et des représentants des autorités se sont réunis pour fêter cet anniversaire. Ils ont salué les travaux qui ont contribué à faire de ce laboratoire en 20 ans l'un des instituts de premier plan au niveau mondial pour la recherche sur les roches argileuses. Lors de la journée portes ouvertes du 21 mai 2016, la population a aussi eu la possibilité de visiter le laboratoire souterrain. Plus de 300 visiteurs ont saisi cette occasion.

8.2 Exploitation et recherche au laboratoire souterrain du Mont-Terri

Depuis 1996, des expériences sont menées dans les argiles à Opalinus au laboratoire souterrain du Mont-Terri à St-Ursanne dans le Jura. Elles fournissent une contribution importante à la recherche sur le stockage des déchets radioactifs en couches géologiques profondes. swisstopo est chargé de l'exploitation du laboratoire souterrain du Mont-Terri et dirige le projet du Mont-Terri qui réunit 16 partenaires de recherche¹⁵ de huit pays différents. Depuis 2006, swisstopo gère le laboratoire souterrain et est chargé de la sécurité en milieu confiné. Il soumet au canton du Jura le programme annuel des recherches et réalise, après en avoir reçu l'autorisation, les expériences en collaboration avec les partenaires et les prestataires. En tout, près de 100 instituts de recherche et entreprises privées participent à la mise en œuvre des expériences.

8.2.1 Expériences

Depuis le début du programme de recherche en 1996, 147 expériences ont été initiées et 99 ont été menées à leur terme. Fin 2016, 48 expériences, dont neuf nouvelles (cf. tableau ci-dessous), étaient ainsi encore en cours (expériences *in situ*, nouvelles expériences prévues, essais en laboratoires de surface). Les 16 partenaires du projet ont investi à ce jour 80,4 millions de francs (inclus le budget du premier semestre 2017) dans des mandats confiés à plus d'une centaine de hautes écoles, d'instituts de recherche et de sociétés spécialisées. Le principal partenaire suisse est la Nagra qui prend en charge 33% des coûts. L'Andra est quant à elle le principal partenaire étranger avec une contribution couvrant 20% des coûts. Les 47% restants sont pris en charge par les 14 autres partenaires.

En 2016, l'enveloppe financière allouée aux expériences s'est élevée à près de 2,83 millions de francs (valeur moyenne des phases 21 et 22). Comparé à 2015, elle a subi une diminution de quelque 12%. swisstopo a quant à lui versé 0,6 million de francs pour l'exploitation et la sécurité du laboratoire souterrain. Ces fonds servent notamment à payer le loyer du laboratoire souterrain, les honoraires de la Commission de suivi (Commission cantonale de suivi du Mont-Terri) ainsi que les mesures de sécurité et l'entretien du laboratoire souterrain.

Les expériences en cours peuvent être réparties en trois groupes:

- *Recherche et développement de méthodes et d'instruments de mesure*
Par exemple les expériences IC (Iron corrosion of Opalinus Clay; downhole impedance measurements), FM-D (Evaporation logging) et MD (Cosmic myon density tomography).
- *Compréhension des processus et caractéristiques des argiles à Opalinus*
Par exemple les expériences sur les gaz HG-A, HG-D et HT (Long-term gas migration, reactive

—

¹⁵ Partenaires du projet, cf. aussi: <http://www.mont-terri.ch/fr/projet-du-mont-terri/organisation/partenaires-au-projet.html>



gas transport, hydrogen transfer), mais aussi les expériences de diffusion avec des radionucléides DR-A (Radionuclide diffusion, retention and perturbations) et sans radionucléides DR-B (Long-term diffusion with iodine) ainsi que l'expérience de microbiologie MA (Microbial activity).

– *Expériences de démonstration*

Actuellement, deux grandes expériences de démonstration sont en cours: l'expérience HE-E (In-situ heater test in VE micro-tunnel, scale 1:2) et l'expérience FE (Full scale emplacement, scale 1:1). Vous trouverez des informations détaillées à ce sujet dans le chapitre sur la Nagra.

Les travaux de recherche sont menés par des universités, des instituts de recherche et des prestataires privés suisses et étrangers. En Suisse, il s'agit notamment de l'EPF Zurich, du PSI et de l'Université de Berne. Les mandats sont confiés aux prestataires par swisstopo.

Vue d'ensemble des 48 expériences *in situ* en cours en 2016 (phase 22):

| Abréviation | Titre de l'expérience | Partenaire(s) ¹ | Activité ² |
|-------------|---|----------------------------|-----------------------|
| BN | Bitumen-nitrate-clay interaction | A, F, I, S | D, L, M, R |
| CI | Cement-clay interaction | A, C, F, N, O, S | D, L, R |
| CS-A | Well leakage simulation & remediation | T, V | D, L, M, R |
| CS-C | Experimental assessment of shale prop. for safe geol. CO ₂ storage | F, T | D, L, R |
| DB | Deep inclined borehole through the OPA | B, G, I, N, T, W | L, M, R |
| DF | Drilling fluids for Opalinus Clay | N | P, D, M, R |
| DM-A | Long-term deformation measurement | B, G | D, M, R |
| DR-A | Diffusion, retention and perturbations | N, W | R |
| DR-B | Long-term diffusion | F, N, W | L, M |
| EG | EDZ gas diffusion by carbon isotopes | C | D, L, M |
| FE-G | Monitoring the gas composition within the FE experiment | A, N, W | D, M, R |
| FE-M | Long-term monitoring of the Full Scale Emplacement Experiment | A, B, D, F, G, N, W | M |
| FI | Fluid-mineral interactions in OPA during natural faulting/heating | T | L, R |
| FM-D | Evaporation logging | H, T | D, M, R |
| FR* | FractReact – Reactive Transport in Fractures | B | D, M, R |
| FS | In-situ clay faults slip hydro-mechanical characterisation | B, D, J, H, T | D, L, M, R |
| FS-A | Friction Properties of Opalinus Clay | N, T | L, R |
| GC | Geomechanical in situ Characterization of Opalinus Clay | B, N | D, L, R |
| GD | Analysis of geochemical data | A, E, F, N, S | L, R |



| Abréviation | Titre de l'expérience | Partenaire(s) ¹ | Activité ² |
|-------------|--|----------------------------|-----------------------|
| HA-A | Analysis and synthesis of the variability of hydrogeological and geophysical parameters of the Opalinus Clay | B, F, N | L, R |
| HE-E | In-situ heater test in VE microtunnel | B, E, G, N, O | M, L, R |
| HE-F* | Gases & watersoluble organic compounds in OPA at elevated T/p | B, F | P, L, R |
| HM | Evaluation of the hydromechanical props and behaviour of the OPA | H | L, D, R |
| HM-B | Evaluation of mechanically induced suction in bore cores | B, H, T | P, D, L, M |
| HM-C* | Implementation & validation of a new const. model for clay shales | H | R |
| HS | Hydrogeological survey of aquifers around the Opalinus Clay | T | M, R |
| HT | Hydrogen transfer in Opalinus Clay | A, F, W | D, L, M, R |
| IC | Iron corrosion of Opalinus Clay | A, J, N, W | D, M |
| IC-A | Corrosion of iron in bentonite | A, N, W | D, M |
| LP-A | Long-term monitoring of the measured pore parameters | A, B, F, I, N, T, V, W | M, R |
| LT-A | Properties analysis in lab tests | B, G, N | L, R |
| MA | Microbial activity | A, B, F, N, W | D, L, M, R |
| MA-A | Modular platform for microbial studies | N, T | P, L, M, D |
| MD | Cosmic muon density tomography | T | D, M, R |
| MH | Long term monitoring of heaves | T | D, M |
| MO | Preparation of technology for long-term monitoring | A, H, T | D, M |
| MR* | Feasibility study of tunnel MRS | B | P, D, M |
| PS | Petrofabric and strain determination | T | L, R |
| RA | Rock mechanics analyses | B, N | M, L, R |
| SB-A | Borehole sealing experiment | B, G | D, L, M |
| SE-P* | Self-sealing processes in old EDZs and breakout zones | B, H, T | P, D, L, M, R |
| SM-C | Permanent nanoseismic monitoring | T | D, M, R |
| SO | Sedimentology of Opalinus Clay | B, T | D, L, R |



| Abréviation | Titre de l'expérience | Partenaire(s) ¹ | Activité ² |
|-------------|--|----------------------------|-----------------------|
| SO-B | Statistical Analysis & Detection of periodic Patterns in Lithofacies | T | R |
| ST | Seismic transmission measurements | B | P, D, R |
| SW-A* | Planning and tech. prep. Work for a large-scale Sandwich seal experiment | B, E, G, N, T | P, L |
| SW-B* | Scoping calculations for a large-scale Sandwich seal experiment | B, G, H | P, R |
| WS-I | Investigation of wet spots | B, N | D, L, M |

* nouvelles expériences

| | | | | | | | | |
|----------------------------|---|-------------|---|----------------|-----------------------|---|--|--|
| ¹ Partenaire(s) | A | Andra (FR) | J | JAEA (JP) | ² Activité | P | Planification | |
| | B | BGR (DE) | N | Nagra (CH) | | D | Forages, installations, tests <i>in situ</i> | |
| | C | Criepi (JP) | O | Obayashi (JP) | | L | Analyses en laboratoire de surface | |
| | D | US DOE (US) | S | SCK·CEN (BE) | | M | Surveillance (monitoring) | |
| | E | Enresa (ES) | T | swisstopo (CH) | | R | Modélisation, rédaction de rapports | |
| | F | FANC (BE) | V | Chevron (US) | | | | |
| | G | GRS (DE) | W | nwmo (CA) | | | | |
| | H | IFSN (CH) | | | | | | |
| | I | IRSN (FR) | | | | | | |

swisstopo est lui-même impliqué dans 20 des 48 expériences en cours (cf. tableau ci-dessus). Les principaux centres d'intérêts de ces travaux portent sur la description microscopique des milieux poreux des zones de fractures tectoniques, de la zone endommagée par l'excavation et de la matrice non déformée (expériences DB, PS, SO et SO-B). D'autres expériences importantes sont consacrées au transport d'humidité dans les argiles à Opalinus (contraction et gonflement, expérience LP-A) et à l'acquisition des paramètres hydrauliques grâce à de nouvelles méthodes de mesure (expérience FM-D). Concernant l'expérience HS, quatre stations permanentes ont été installées *in situ* et le débit total est mesuré dans la principale galerie de drainage. Pour l'expérience FS, les données provenant de la stimulation hydraulique réussie de la principale zone de failles du laboratoire souterrain ont été exploitées en 2016. Avec la nouvelle expérience FS-A, les caractéristiques de frottement de fractures naturelles sont étudiées par un nouveau programme de laboratoire. Les expériences SE-P et SW-A ont débuté en 2016. Avec l'expérience SE-P, la formation de la zone endommagée par l'excavation (EDZ) et les processus d'auto-colmatage dans des galeries d'âges différents seront étudiés dans le cadre d'une thèse de doctorat à l'EPF financée par l'IFSN. Les sites de cette étude sont définis et la campagne sur le terrain commencera cette année. L'expérience dite «sandwich» (SW-A) porte sur la planification d'une expérience de scellement à grande échelle prévue en 2018 dans une nouvelle niche de l'extension du laboratoire. De plus, swisstopo contribue à l'ouverture du laboratoire souterrain à des projets ne relevant pas de la recherche sur le nucléaire, par exemple les travaux sur le stockage géologique du CO₂ dont les expériences CS-A et CS-C font partie. De nombreux tests système et tests hydrauliques ont été réalisés dans le cadre de l'expérience CS-A et le chauffage en a été amélioré. Des «biosealants» y seront bientôt injectés.

8.2.2 Documentation et autorisation

Toutes les activités *in situ*, les essais en laboratoire et les travaux de modélisation sont documentés sous forme de «Technical Notes» et de «Technical Reports». Les archives physiques sont situées à St-Ursanne tandis que les archives électroniques, accessibles à tous les partenaires du projet Mont-Terri et au canton du Jura, sont disponibles sur le réseau extranet du Mont-Terri.



Dans le cadre des 20 ans du projet du Mont-Terri, nous avons organisé une rétrospective à l'occasion de la réunion technique annuelle (les 10 et 11 février à Porrentruy) sur les principaux résultats et conclusions obtenus depuis le début en 1996. Plus de 20 contributions scientifiques ont été reçues. Il est prévu de les publier en 2017 dans une édition spéciale du «Swiss Journal of Geosciences».

Le 30 mai 2016, swisstopo a demandé au canton du Jura l'autorisation de procéder aux travaux de recherche de la phase 22 (du 1^{er} juillet 2016 au 30 juin 2017). Après examen par la Commission cantonale de suivi, le Département de l'environnement du canton du Jura, dirigé par le ministre David Eray, a donné son feu vert le 30 juin 2016 à la réalisation de la phase 22. L'autorisation officielle écrite a été remise le 12 juillet 2016.

swisstopo a déposé le 14 novembre 2016 la demande de permis de construire pour l'extension du laboratoire souterrain (2018-2019), l'avant-projet y relatif ayant déjà été approuvé en 2015. Le canton du Jura (Département de l'environnement) a donné à swisstopo l'autorisation d'extension le 22 décembre 2016.

8.3 Le centre de visiteurs du Mont-Terri

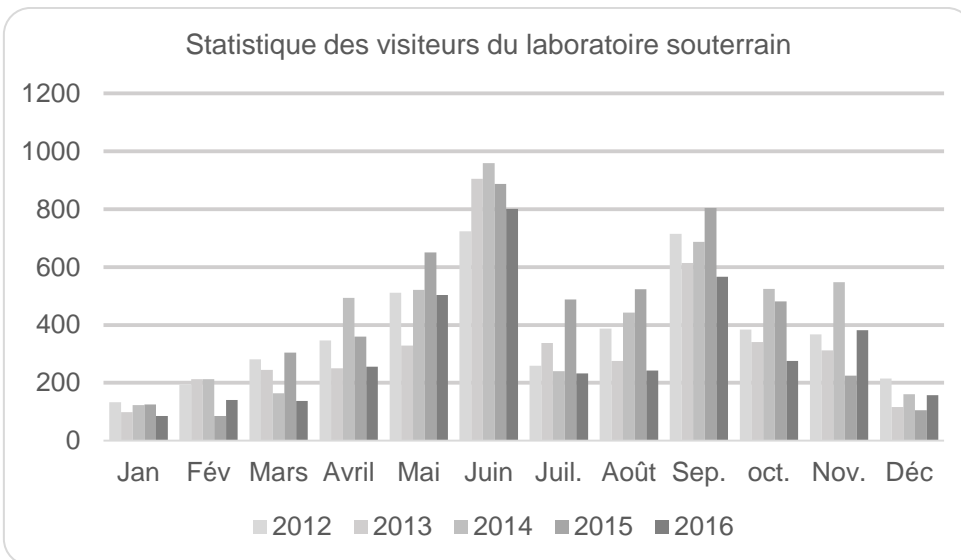
Le centre de visiteurs du Mont-Terri est géré par trois partenaires: la Nagra, l'IFSN et swisstopo. Il a pour objectif d'informer la population sur la sécurité et sur la faisabilité d'un futur dépôt de déchets radioactifs en couches géologiques profondes. Les expériences en cours au laboratoire souterrain du Mont-Terri sont particulièrement intéressantes et les visiteurs peuvent s'informer sur le stockage géologique en profondeur.

Quelques statistiques sur 2016: (les chiffres de 2015 sont entre parenthèses)

- 3'778 (5'038) visiteurs avec deux pics, l'un en juin et l'autre en septembre (cf. graphique ci-dessous);
- 197 (256) groupes de visiteurs;
- 37 (37) guides de la Nagra, de l'IFSN et de swisstopo ont assuré 372 (416) visites;
- Associations, entreprises: 1'745 (2'600) visiteurs;
- Ecoles, universités: 1'126 (1'126) visiteurs;
- Femmes et hommes politiques, partis: 51 (153) visiteurs;
- Langues: allemand 2'149 (3'465), français 808 (953), anglais 263 (258), groupes mixtes 131 (155) visiteurs;
- 33 (17) journalistes de 5 (7) médias y ont fait des reportages;
- 322 (431) trajets en bus pour le transport des visiteurs dans le laboratoire;
- Le nombre de visiteurs venus des régions envisagées pour l'implantation de dépôts en couches géologiques profondes et des environs a augmenté à 322 (161) visiteurs.
- 1'328 (1'247) personnes ont utilisé le centre de visiteurs pour des congrès, des réunions ou des événements.
- Budget 2016: CHF 410'000, y compris la gestion du centre de visiteurs avec environ 2,2 postes.
- 22 (25) visites avec 514 (423) participants ont été annoncées puis annulées!



| Mois/ année | Jan. | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juil. | Août | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Total |
|----------------|------|------|------|-------|-----|------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| 2012 | 133 | 194 | 281 | 346 | 511 | 724 | 259 | 387 | 715 | 384 | 367 | 215 | 4516 |
| 2013 | 99 | 213 | 245 | 250 | 329 | 905 | 337 | 275 | 614 | 341 | 312 | 116 | 4036 |
| 2014 | 123 | 212 | 164 | 493 | 521 | 959 | 240 | 443 | 687 | 525 | 548 | 161 | 5076 |
| 2015 | 125 | 85 | 304 | 360 | 651 | 887 | 488 | 523 | 804 | 481 | 225 | 105 | 5038 |
| 2016 | 85 | 141 | 137 | 256 | 503 | 801 | 232 | 242 | 566 | 276 | 382 | 157 | 3778 |



2016 a enregistré un net recul des visiteurs comparé aux années précédentes. Les raisons en sont l'absence d'un grand organisateur et la retombée de l'euphorie du début qui a suivi la construction du centre de visiteurs. Beaucoup de personnes intéressées en provenance des régions d'implantation envisagées ont déjà visité le laboratoire souterrain. Des mesures de publicité ciblées tentent d'enrayer ce recul.



9 Office fédéral de la santé publique (OFSP)

9.1 Campagne de ramassage des déchets MIR

L'ordonnance sur la radioprotection (ORaP, RS 814.501) prescrit que les déchets radioactifs en provenance de la médecine, de l'industrie et de la recherche (déchets MIR) doivent être livrés au centre fédéral de ramassage. Le PSI, en tant que centre fédéral de ramassage, collecte les déchets, les conditionne et est chargé de les entreposer dans le dépôt intermédiaire fédéral. D'entente avec le PSI, l'OFSP organise en général une campagne de ramassage des déchets MIR par an.

Au cours de la campagne de ramassage 2016, 20 entreprises ont livré des déchets radioactifs présentant une activité totale de $2,75 \cdot 10^{11}$ Becquerel¹⁶ - dont une majeure partie de tritium (H-3) et un volume total de 1,3 m³ (volume brut). L'activité de H-3 livrée lors de cette campagne de ramassage est très faible en comparaison avec les années précédentes: en effet, en raison de retards, deux fournisseurs de l'industrie n'ont pas réussi à livrer leurs déchets à temps. Ils livreront ainsi probablement leurs déchets en deux fois en 2017. Pour la même raison, l'activité d'émetteurs α sans radium (principalement américium 241) est aussi moindre que les années antérieures.

Différents déchets contenant du tritium et du carbone 14 ont été incinérés avec l'assentiment de l'OFSP dans le respect des dispositions de l'art. 83 ORaP. Concernant différentes sources radioactives scellées de haute activité (notamment américium 241, cobalt 60, césium 137), leur réutilisation ou leur recyclage se sont avérés des alternatives judicieuses à une élimination comme déchets radioactifs. L'échange de sources usagées avec reprise de l'ancienne source par les fournisseurs est largement pratiqué et réduit d'autant la charge de déchets pour la Suisse. La décontamination et l'entreposage pour décroissance, permettant ensuite une libération des matériaux, sont utilisés dans les entreprises lorsque cela est possible et judicieux.

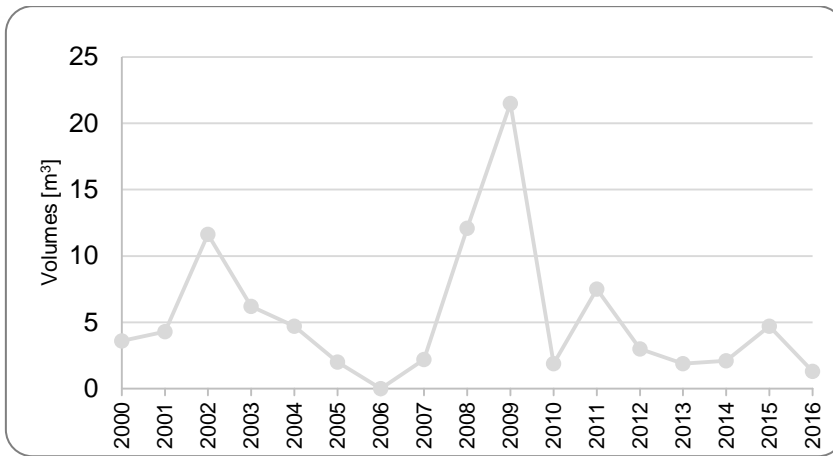
Le tableau ci-dessous donne une vue d'ensemble des déchets MIR collectés depuis 1974 par le PSI. La première et la deuxième ligne indiquent les totaux des activités livrées de 1974 à 1999 et de 2000 à 2010:

| Activité [GBq ¹] | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|--------------------------|------------|--------------------|--------|--|
| Année | Nombre d'entreprises | Emetteurs β/γ | | Emetteurs α | | Volumes ² [m ³] |
| | | Sans tritium | Tritium | Sans radium | Radium | |
| 1974-1999 | | 105'185 | 12'296'635 | 6'935 | 737 | 586 |
| 2000-2010 | | 11'177 | 4'937'361 | 452 | 45 | 70,1 |
| 2011 | 27 | 140 | 1'000'000 | 3,8 | 0,19 | 7,5 |
| 2012 | 25 | 110 | 25'000 | 1,4 | 0,36 | 3,0 |
| 2013 | 28 | 66 | 61'000 | 0,64 | 0,25 | 1,9 |
| 2014 | 24 | 350 | 17'000 | 1,31 | 0,29 | 2,1 |
| 2015 | 26 | 346 | 2'160'000 | 2,19 | 0,73 | 4,7 |
| 2016 | 20 | 28 | 245 | 0,039 | 0,819 | 1,3 |

¹ Gigabecquerel ($1 \cdot 10^9$ désintégrations par seconde).

² Jusqu'en 1999: volume des fûts livrés, dès 2000 volume brut effectivement livré.

¹⁶ Becquerel: unité de mesure de l'activité d'un radionucléide (1 Bq = 1 désintégration par seconde).



Historique des volumes bruts livrés depuis l'an 2000



10 Office fédéral du développement territorial (ARE)

Dans la procédure du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes», l'ARE est chargé de l'examen et de l'évaluation des aspects liés à l'aménagement du territoire. Il assume notamment la responsabilité globale des investigations réalisées sur le plan de l'aménagement du territoire concernant les installations de surface. L'ARE est épaulé par le groupe de travail «Aménagement du territoire» (cf. chapitre 4.3.1). L'ARE s'est concentré en 2016 sur la conduite du groupe de travail «Aménagement du territoire» et a rédigé un premier projet de l'examen du point de vue de l'aménagement du territoire des résultats de l'étape 2 de la procédure du plan sectoriel. Il a en outre participé aux discussions sur la conception des analyses économiques approfondies prévues à l'étape 3 et sur le concept de surveillance.



11 Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV apporte son soutien à l'OFEN qui dirige la procédure du plan sectoriel en ce qui concerne les questions relatives à la protection de l'environnement. L'OFEV est chargé de l'examen des aspects relevant de l'environnement (sans l'impact nucléaire). Cet examen des aspects environnementaux a lieu avant tout lors de l'étude de l'impact sur l'environnement (EIE) qui est réalisée dans le cadre de la procédure d'autorisation générale (1^{re} étape) et de la procédure d'autorisation de construire (2^e étape).

En 2016, l'OFEV s'est prononcé par deux courriers datés du 26 février 2016 sur les enquêtes préliminaires, y compris sur le cahier des charges pour le RIE-1^{re} étape des emplacements pour une installation de surface JO-3+ et ZNO-6b. L'OFEN lui a en outre soumis pour avis le 29 avril 2016 les enquêtes préliminaires de l'EIE relatives au domaine d'implantation Nord des Lägern (emplacements pour une installation de surface NL-2 et NL-6). L'OFEV aura probablement terminé son évaluation d'ici la fin mars 2017.

Par ailleurs, l'OFEV s'est prononcé sur chacune des huit demandes pour des forages de sondage déposées par la Nagra pour les régions d'implantation Zurich nord-est et Jura-est en vérifiant que le dossier est complet conformément à l'art. 50 de la loi sur l'énergie nucléaire.



12 Paul Scherrer Institut (PSI)

12.1 Activités du PSI dans le cadre du traitement et de la gestion des déchets radioactifs

Lors de la campagne de ramassage organisée en 2016, 20 producteurs de déchets sous la surveillance de l'Office fédéral de la santé publique ont livré au total 1,3 m³ (volume extérieur) de déchets radioactifs. Ces déchets présentent une activité totale de 2,74x10¹¹ Bq en majeure partie sous forme de H₃. Aucun cylindre d'acier préconditionné (soudé) renfermant des déchets contenant du tritium provenant de l'industrie n'a été livré.

Les déchets pris en charge pour traitement par le groupe «Installations de gestion des déchets radioactifs» (AERA) de la section «Démantèlement et gestion» du PSI se répartissent comme suit:

| Provenance | Volumes [m ³] |
|--|---------------------------|
| OFSP / SUVA | 1,3 |
| PSI | 30,9 |
| ZWILAG, déchets secondaires issus du traitement des déchets provenant des accélérateurs du PSI | 4,2 |
| Total | 36,4 |

En 2016, la section «Démantèlement et gestion» n'a conditionné aucun nouveau fût dans ses installations de gestion, y compris l'installation de bétonnage dans le bâtiment DIORIT. Deux conteneurs KC-T30 de 4,5 m³ provenant des accélérateurs, qui avaient été conditionnés pour le stockage final il y a quelques années, ont cependant été livrés et entreposés au BZL.

Par ailleurs, 46 fûts contenant des déchets combustibles compactés, 5 fûts renfermant des échantillons provenant de la chimie du ciment et 400 litres d'huile usée ont été remis à ZWILAG pour traitement dans le four à plasma, soit 11,4 m³ au total. Aucun fût contenant des déchets conditionnés pour le stockage final n'a été reçu par ZWILAG.

12.2 Recherches menées au PSI

12.2.1 Objectif

Afin de mieux comprendre la rétention et le transport de radionucléides dans les matériaux poreux et les interactions géochimiques dans les dépôts en couches géologiques profondes, le Laboratoire pour la sécurité des dépôts finals (LES) mène un large programme expérimental. Par ailleurs, le LES développe des modèles prédictifs décrivant les processus de transport et de sorption ainsi que les réactions à l'interface eau-roche et s'occupe de transposer ces processus aux systèmes naturels à grande échelle. Dans le cadre du programme suisse de gestion des déchets radioactifs, la Nagra effectue des analyses de sécurité pour les dépôts en couches géologiques profondes. Avec ses données, ses modèles et son expertise, le LES fournit une importante contribution à la base scientifique de ces analyses. Les connaissances acquises au LES sont aussi de plus en plus utilisées dans d'autres domaines pertinents pour l'environnement comme le transport de polluants, la géothermie, etc.

Le PSI dispose d'une infrastructure unique en son genre avec, entre autres, ses cellules chaudes, les laboratoires du type A et C, la Source de Lumière Suisse (SLS), la source de neutrons à spallation (SINQ) et l'accès à des calculateurs haute performance. L'utilisation de ces infrastructures constitue un élément



décisif et fait partie intégrante des travaux réalisés au LES. La possibilité de travailler avec des radionucléides émetteurs α et le soutien d'une solide équipe de modélisation font du LES un centre d'expertise doté de connaissances et d'outils uniques dans le domaine de la géochimie des dépôts en couches géologiques profondes en Suisse. Le LES participe activement aux programmes d'expériences et de modélisations menés dans les laboratoires souterrains du Grimsel et du Mont Terri.

En tant que centre de compétences de la Suisse pour la géochimie des dépôts en couches géologiques profondes, le LES fournit une importante contribution à la formation de la relève scientifique et au transfert de connaissances dans les domaines de la gestion des déchets radioactifs et de la géochimie de l'environnement.

12.2.2 Grands axes des travaux

L'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) a examiné depuis janvier 2015 les documents remis par la Nagra sur l'étape 2 du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» (PSDP), ce qui a débouché sur différentes requêtes supplémentaires à la Nagra. Des collaborateurs du LES avaient participé aux groupes de travail de la Nagra pour répondre aux questions de l'autorité de surveillance et pour élaborer des documentations scientifiques supplémentaires.

Le portefeuille de recherche du LES a depuis été évalué et adapté aux exigences à long terme de l'étape 3 du plan sectoriel et de la demande d'autorisation générale (DAG). Les principales activités de recherche visent à combler les lacunes existantes dans les données expérimentales et les modèles relatifs à la sorption d'éléments sensibles au changement du potentiel d'oxydation et à valider expérimentalement les conclusions tirées en considérant l'analogie chimique de certains éléments qui sont utilisées dans les analyses de sécurité. Les expériences de diffusion et les modèles de transport servent à vérifier la possibilité de transposer les modèles de sorption acquis dans des systèmes argileux dispersés aux conditions d'un dépôt en couches géologiques profondes (roches argileuses compactées). Des simulations de transport réactif et des expériences complémentaires sont réalisées afin de prédire l'évolution à long terme des conditions *in situ* du dépôt en couches géologiques profondes et des interactions géochimiques entre les différentes composantes du système de barrières susceptibles de modifier les processus de rétention et de transport dans le champ proche du dépôt. La compréhension de l'influence des hétérogénéités chimiques sur la variation spatiale et temporelle de la réactivité et de la dégradation des déchets dans un dépôt à base de ciment mérite une attention particulière. Ces aspects jouent un rôle important lorsqu'il s'agit de limiter les effets néfastes de la corrosion des métaux et de la dégradation des matières organiques sur la sécurité des dépôts en couches géologiques profondes. Le LES a pour objectif à long terme de garantir que la fonctionnalité des modèles fondamentaux et des jeux de données pour les analyses de sécurité corresponde au dernier état de la recherche, notamment en ce qui concerne la sorption, la diffusion et la thermodynamique. Il ne peut y parvenir que si la conservation des connaissances dans des domaines stratégiques est soutenue par une recherche active.

Au cours de l'année sous revue, le LES a commencé à préparer les travaux relatifs à l'étape 3 du PSDP. Le développement d'une banque de données de sorption thermodynamique (TD-SDB) pour la montmorillonite et pour l'illite a été achevé. Deux rapports techniques de la Nagra (NTB) y relatifs ont été soumis à l'évaluation des pairs et devraient être publiés en 2017. Une méthodologie reposant sur une approche dite ascendante (bottom-up) visant l'évaluation des paramètres de sorption des roches d'accueil a continué à être testée. La procédure pour une prise en compte cohérente des phénomènes de compétition de sorption et des variations de la composition des eaux interstitielles durant l'évolution à long terme du dépôt en couches géologiques profondes a notamment été modifiée. Un rapport récapitulatif sur l'influence de la sorption compétitive pour la bentonite MX-80 et pour les Argiles à Opalinus a été soumis à l'évaluation externe en tant que rapport technique de la Nagra (NTB). Les hétérogénéités locales d'un dépôt en couches géologiques profondes à base de ciment peuvent influencer de manière significative la dégradation



des matières organiques, la corrosion des métaux et la stabilité des phases de ciment. Afin d'évaluer l'évolution géochimique à long terme d'un dépôt en couches géologiques profondes à base de ciment, des modélisations provisoires qui prennent en considération les différents inventaires de déchets, les compositions de ciment et les contenus des eaux interstitielles ont été effectuées. Les résultats ont été résumés dans un rapport de travail de la Nagra (NAB), qui serve de base à l'optimisation de l'attribution aux types de déchets et aux études plus détaillées sur l'évolution à long terme d'un dépôt en couches géologiques profondes. Un rapport selon l'état de la technique sur les propriétés de transport des minéraux argileux purs a été finalisé, puis soumis à l'évaluation externe.

Une revue rigoureuse de la littérature sur l'effet des matériaux à base de ciment sur la cinétique de dissolution de déchets hautement radioactifs dans les dépôts en couches géologiques profondes prévus a été réalisée. L'objectif étant de clarifier dans quelle mesure l'utilisation de mortiers à base de ciment dans l'environnement le plus proche des déchets pourrait raccourcir la durée de vie des emballages. Ce sujet est important pour les exigences spécifiques de l'autorité suisse de surveillance relatives à la profondeur maximale possible d'un dépôt pour déchets hautement radioactifs et pour des concepts alternatifs de stockage possibles. L'étude d'ensemble a pris en considération des recherches portant sur l'interaction du ciment avec du verre et avec des éléments combustibles irradiés. Selon les données disponibles, la résistance des composantes vitrifiées des déchets dans un dépôt prévu pour déchets hautement radioactifs et éléments combustibles irradiés (DHR/ECI) est diminuée de deux à trois ordres de grandeur sous l'influence de matériaux en ciment. En revanche, les taux de libération relatifs de strontium 90 mesurés, indiquent clairement que les eaux interstitielles du ciment n'ont pas d'influence mesurable sur les taux de dissolution des éléments combustibles usés contenant de l' UO_2 .

En lien avec un projet à long terme sur la mobilité et sur la spéciation chimique de radionucléides dans des déchets hautement radioactifs retraités (DHR), des mesures systématiques ont été effectuées avec les sources de lumière synchrotron par adsorption et fluorescence de microrayons X sur des verres simulés de haute activité qui ont été lessivés pendant 12 ans dans des solutions aqueuses. Les études précédentes ont porté sur la caractérisation du césium, du nickel et du cérium (comme analogue du plutonium). Le comportement du sélénium (Se) a été étudié en 2016. Les spectres XANES indiquent que le Se a été intégré sous forme oxydé +IV pendant la fabrication du verre borosilicate étudié. Après lessivage pendant 12 ans dans une solution aqueuse à l'intérieur d'un conteneur en acier, il n'a pas été possible d'observer une variation de l'état redox. Les spectres XANES enregistrés sont pratiquement identiques à ceux mesurés sur des échantillons frais de verre et ressemblent fortement au spectre de référence du Na_2SeO_3 . La répartition du Se dans les échantillons est plutôt hétérogène.

Le modèle de sorption 2SPNE SC/CE sert de base au développement de la banque de données de sorption thermodynamique (TD-SDB) pour l'étape 3 du PSDP. Ce modèle permet de décrire les effets de compétition et a fait ses preuves, sur la base des données de référence qui ont été acquises sur des minéraux argileux purs, dans les «prévisions à l'aveugle» de la sorption des radionucléides sur des roches argileuses polyminérales. La sorption d'un radionucléide est décrit par des paramètres bien définis tels que l'occupation de la surface et les constantes de complexation de surface. Il est en outre supposé que d'autres ions sont adsorbés sur mêmes sites à la surface (effet de compétition). La validité de ces hypothèses et la nature des sites de sorption doivent être vérifiées par des études spectroscopiques et des simulations atomistiques. Des données y relatives de certains éléments pertinents, comme le Pb, ne sont pas encore connues et doivent être déterminées expérimentalement. Il n'est actuellement pas clair non plus dans quelle mesure le fer ferreux (Fe^{II}) concurrence les autres radionucléides divalents pour les sites de sorption.



Les études en cours portent sur la sorption du $\text{Np}^{\text{V}17}$ sur la montmorillonite dans des conditions réductrices en présence et en absence de fer bivalent. Des expériences dans des cellules électrochimiques prouvent que le Fe^{II} joue un rôle-clé dans la réduction du Np^{V} en Np^{IV} . Des spectres EXAFS indiquent que le Np^{IV} forme avec le Fe des complexes forts à la surface, la nature exacte de ces complexes de surface doit toutefois continuer à être étudiée. En présence de Fe^{II} , le NpO_2^+ adsorbé sur la montmorillonite est intégralement transformé en Np^{IV} dans des conditions réductrices. Les expériences de sorption effectuées à ce jour avec du Np en présence de Fe^{II} dissous dans des conditions anoxiques (mais sans contrôle du potentiel redox dans une cellule électrochimique) conduisent seulement à une réduction partielle du Np^{V} .

Le dépôt en couches géologiques profondes pour déchets faiblement et moyennement radioactifs (DFMR) comprendra de grandes quantités de matériaux qui se dégradent tels que ciment, gravier (quartz), résines échangeuses d'ions usées, matières organiques à bas poids moléculaire, acier, et - dans une moindre mesure -, des substances à base de plastique et de caoutchouc. Ces matériaux ne sont pas en équilibre chimique avec les eaux interstitielles du ciment et réagiront avec des taux différents en fonction des conditions *in situ*. La dégradation des matières organiques et la corrosion des métaux entraînent la formation de gaz telle le CH_4 , de CO_2 , et de H_2 . La dissolution de granulats contenant du quartz libère du $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{aq})$ dissous qui réagit avec les alcalins et qui diminue le pH des eaux interstitielles. La dégradation de matières organiques, la dissolution de quartz et la corrosion de métaux sont des réactions qui nécessitent de l'eau. Or, la carbonatation de la portlandite et des phases C-S-H libère de l'eau. C'est la raison pour laquelle il est important de comprendre comment la répartition des matériaux de déchets et des hétérogénéités locales peuvent influencer les taux de production de gaz et l'évolution des conditions géochimiques *in situ* dans un dépôt en couches géologiques profondes à base de ciment. Afin de saisir l'évolution temporelle de ce système géochimique, on a effectué dans un premier temps des calculs thermodynamiques avec un modèle de réacteur séquentiel en partant de l'hypothèse que le système est fermé pour les matières non volatiles et ouvert pour les matières gazeuses. Les modélisations montrent que les différents types de déchets se comportent diversement, selon le type et la quantité des matériaux contenus dans les sortes de déchets et la recette du béton utilisé pour la solidification. Elles indiquent aussi que la progression de la réaction et les taux de réaction sont principalement contrôlés par la teneur en eau et par le pH *in situ* du dépôt en couches géologiques profondes.

La phase initiale de l'évolution géochimique du dépôt en couches géologiques profondes est en grande partie contrôlée par la lente dégradation du polystyrène, qui produit en continu du CH_4 et du CO_2 . Le CO_2 libéré réagit avec les phases C-S-H, ce qui provoque la formation de calcite et d'acide silicique amorphe. La portlandite contenue initialement est transformée en continu en phases C-S-H par la réaction avec une source d'acide silicique (p. ex. quartz provenant des granulats). Durant la phase précoce d'altération de cette sorte de déchets, soit jusqu'à environ 8'000 ans, la matrice en ciment se compose de phases C-S-H, d'hydrogrenats Al/Fe-Si, d'ettringite, de monocarbonate, de strätlingite et d'hydrotalcite. A long terme, ces phases de ciment sont toutefois instables thermodynamiquement et transformées en calcite, en dolomite, en magnétite, en sidérite, en pyrite et (lorsqu'aucune zéolithe n'est formée) en kaolinite et en gibbsite. La valeur pH des eaux interstitielles est déterminée par l'évolution des phases C-S-H, qui sont principalement à l'origine de l'augmentation ou de la réduction de la teneur en alcalins dans le système. Des modélisations prédisent que lorsque le pH baisse en dessous de 10,5, le taux de production de H_2 est multiplié par un facteur 100 en raison de la corrosion des métaux en comparaison avec des valeurs pH supérieures à 10,5. Par conséquent, il faut s'attendre à ce que l'acier et le fer soient complètement corrodés en quelques milliers d'années.

Des modélisations actuelles prédisent que le carbone 14 (^{14}C) contribue le plus au débit de dose d'un dépôt pour déchets faiblement et moyennement radioactifs à base de ciment. Du ^{14}C est libéré par la corrosion anoxique d'acier radioactif dans le champ proche et dans le champ lointain. La forme chimique

¹⁷ Np: neptunium



des substances à l'origine du ^{14}C , peut-être de petites molécules organiques, est mal connue aujourd'hui. L'objectif du projet ^{14}C mené au LES depuis 2012 est de combler ces lacunes. Le programme de recherche comprend des expériences de corrosion avec de l'acier radioactif et l'identification subséquente des substances contenant du ^{14}C dans la phase gazeuse et dans la phase liquide à l'aide d'une spectrométrie de masse par accélérateur dédié à la mesure du ^{14}C (SMA ^{14}C). L'une des principales difficultés rencontrées lors de la mesure du ^{14}C , est le faible taux de corrosion de l'acier radioactif dans les conditions régnant dans le dépôt en couches géologiques profondes, ce qui par conséquent engendre des concentrations très faibles de substances ^{14}C libérées. Les concentrations typiques sont nettement inférieures aux limites de détection qui peuvent être atteintes par les méthodes de mesure conventionnelles. Durant les quatre dernières années, les chercheurs du LES ont élaboré et testé, en recommençant à zéro, le concept expérimental et les prescriptions concernant les mesures analytiques pour les analyses spécifiques dans la phase liquide et dans la phase gazeuse.

L'expérience de corrosion avec des segments d'un écrou en acier radioactif a été lancée en mai 2016. Des échantillons ont été prélevés après 1, 15, 29 et 93 jours et analysés pour les acides carboniques à courte chaîne, les hydrocarbures et le carbone inorganique total (soit des liaisons ^{12}C). En outre la concentration de ^{14}C présent dans la phase liquide en contact avec les échantillons a été déterminée par scintillation liquide et avec la spectrométrie de masse par accélérateur. Les concentrations de ^{12}C et de ^{14}C sont encore toujours inférieures, voire dans le meilleur des cas proches, des limites de détection des méthodes d'analyse disponibles. Cette constatation concerne notamment les concentrations d'acides carboniques contenant du ^{14}C , qui restent encore inférieures à la limite de détection de la spectrométrie de masse par accélérateur dédiée.

Des études expérimentales relatives à la libération de ^{14}C issu de la corrosion d'acier radioactif ont montré que les produits libérés se trouvent sous la forme de molécules organiques à bas poids moléculaire. Ces molécules pourraient être instables chimiquement dans les conditions hyperalcalines réductrices d'un dépôt en couches géologiques profondes à base de ciment. En cas d'équilibre thermodynamique complet, les molécules organiques à bas poids moléculaire devraient être transformées en espèces stables CO_2 (g), HCO_3^- , CO_3^{2-} et CH_4 . Sous des conditions de températures ambiantes modérées, un équilibre thermodynamique ne s'établit en général pas dans un système C-H-O et il n'est par conséquent pas clair quelles substances organiques prédominent dans un dépôt de ce genre. Afin de les identifier, on a étudié dans un premier temps la stabilité chimique de l'acétate de sodium et du formiate de sodium dans des conditions hyperalcalines anoxiques. Les expériences de dégradation qui ont duré quatre mois ont révélé que l'acétate reste stable dans des conditions alcalines et que la présence de Fe comme catalyseur n'influe pas sur la stabilité à température ambiante. Les tests de stabilité avec du formiate de sodium qui a été marqué avec du ^{13}C ont été effectués à des températures modérément élevées (de 150°C à 200°C) afin de vérifier les taux de dégradation publiés. Selon les premières mesures qui ont été réalisées entre le premier jour et les deux semaines après le début de l'expérience, le formiate ne montre aucun signe de dégradation, ce qui indique qu'il est plus stable que ce à quoi on pouvait s'attendre sur la base des données tirées de la littérature. Il résulte ainsi de ces résultats provisoires que le système C-H-O n'atteint pas un équilibre thermodynamique complet dans les conditions qui sont pertinentes pour un dépôt en couches géologiques profondes à base de ciment.

En lien avec le laboratoire souterrain du Mont Terri, différentes activités expérimentales sont consacrées à la transposition de données de laboratoire et à la validation de modèles à l'échelle des systèmes géologiques. L'expérience Cement Interaction (CI), qui a débuté il y a presque dix ans au Mont Terri, sert à étudier les réactions des minéraux et les variations de porosité à l'interface entre les Argiles à Opalinus et différents types de ciment et de béton. Les échantillons prélevés à ce jour renseignent sur l'interaction ciment-argile après des temps de réaction de 2,2, de 5 et de 8 ans. On a commencé en 2016 les simulations du transport réactif dans le cadre de l'expérience CI en utilisant le code de transport réactif OpenGeoSys-GEM avec une banque de données actualisée pour les minéraux du ciment. Comparé aux simulations antérieures, on a utilisé des modèles optimisés pour les minéraux argileux et la zéolithe, ainsi qu'une



cinétique de réaction améliorée et une approche alternative pour la modélisation de l'échange de cations. Le modèle à symétrie radiale 1D comprend l'interface entre les Argiles à Opalinus (AOP) et le ciment Portland ordinaire (CPO), ainsi qu'entre les AOP et un ciment à bas pH (ESDRED) et prend en considération la cinétique d'hydratation des phases de clinker et le contrôle cinétique de phases qui réagissent lentement telles que les minéraux argileux et la zéolithe. Les résultats du modèle d'hydratation du CPO reflète d'un point de vue qualitatif à la plupart des expériences. Après un temps de réaction de cinq ans, un profil minéralogique calculé perpendiculaire à l'interface AOP-CPO montre la précipitation de petites quantités de portlandite et d'hydrate de silicate magnésium directement à l'interface et un front de précipitation de l'ettringite qui pénètre 2 mm dans le CPO. Ce front provient de la réaction avec des espèces sulfatées qui ont diffusé des AOP dans le CPO. On a appliqué des modèles thermodynamiques analogues pour simuler l'évolution de l'interface AOP-ESDRED. Il n'a toutefois pas été possible de reproduire avec ces modèles les fronts de réaction observés expérimentalement dans l'ESDRED. Des raisons possibles sont, des lacunes dans la banque de données des minéraux ou dans les données cinétiques pour le modèle d'hydratation du ciment.

L'expérience DR-A menée sur le terrain au laboratoire souterrain du Mont Terri sert à étudier l'impact de perturbations chimiques sur le transport de traceurs sorbants et non sorbants. Les travaux de modélisation y relatifs sont achevés et un rapport de projet est en cours de rédaction.

12.2.3 Coopérations nationales et internationales

Participer de manière proactive à des conventions bilatérales et multilatérales et collaborer avec des instituts et des universités au niveau national et international est essentiel pour assurer la position de leader du LES dans la recherche géochimique. Les principales collaborations du LES sont indiquées ci-après:

| Partenaire | Projet |
|--|---|
| Nagra (principal partenaire de financement) | Collaboration dans différents groupes de travail techniques |
| Multinational | <ul style="list-style-type: none"> – 7^e programme-cadre de recherche de l'UE (CAST) – Programme-cadre de recherche de l'UE Horizon 2020 (CEBAMA, SITEX II) – Projet du Mont Terri (Diffusion Retardation-A, Cement Interaction) – Laboratoire souterrain du Grimsel (Colloid Formation Migration) |
| Universités | Berne, CH (minéralogie, pétrographie, chimie de l'eau, AMS C ¹⁴) UCB, Dijon, FR; EPFL, CH (systèmes de ciment, modélisation atomique) Tübingen, DE (transport dans la géosphère) EPFZ, CH; Helsinki, Finlande (GEMS) Université d'Hiroshima, Japon (interactions ciment-argile) Université de technologie de Tokyo, Japon (transport dans les roches argileuses) |
| Centres de recherche | CEA*, FR (champ proche et champ lointain) |



| | |
|--|--|
| | IFAEPE/EAWAG, CH (ciment) LFEM/EMPA*, CH (ciment, GEMS) FZD*, DE (spectroscopie XAS ¹⁸ , spectroscopie TRLFS ¹⁹) INE, DE; KIT*, DE (champ proche et champ lointain, spectroscopie TRLFS) SCK·CEN, BE (roches argileuses) UFZ*, DE (transport réactif) *Conventions de collaboration formelles |
|--|--|

Le LES participe au 7^e programme-cadre de recherche de l'UE «Carbon-14 Source Term» (CAST) et à deux autres projets dans le cadre du programme Horizon 2020 EURATOM: Cement-Based Materials, Properties, Evolution, Barrier Functions (CEBAMA) et Sustainable Network for Independent Technical Expertise of Radioactive Waste Disposal – Interactions and Implementation (SITEX-II).

12.2.4 Enseignement

Les relations avec les hautes écoles se sont encore renforcées en 2016 grâce à diverses activités d'enseignement:

Université de Berne: S. Churakov, E. Curti, Th. Gimmi, G. Kosakowski

EPFZ: W. Hummel, W. Pfingsten

En 2016, le LES a encadré sept doctorants, trois postdoctorants et deux scientifiques invités. Deux thèses supplémentaires ont été co-encadrées par des chercheurs du LES en collaboration avec des instituts partenaires (IFAEPE/EAWAG, UniBern). Trois étudiants en master ont fait leur semestre d'études pratiques au LES.

Les collaborateurs du LES ont organisé plusieurs ateliers de formation sur la modélisation géochimique.

¹⁸ Spectroscopie d'absorption aux rayons X (X-ray Absorption Spectroscopy)

¹⁹ TRLFS: spectroscopie de fluorescence induite par laser résolue en temps (Time-Resolved Laser-induced Fluorescence Spectroscopy)



13 Nagra

Selon la loi sur l'énergie nucléaire (LNE), les déchets radioactifs doivent être gérés de manière à assurer la protection durable de l'homme et de l'environnement. Cette tâche incombe aux producteurs des déchets. À cet effet, les exploitants des centrales nucléaires ont fondé la Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra) en 1972, conjointement avec la Confédération, qui est responsable des déchets radioactifs provenant de la médecine, de l'industrie et de la recherche. Placée sous la surveillance des autorités fédérales, la Nagra a pour tâche d'élaborer les bases scientifiques et techniques requises pour un stockage des déchets qui soit sûr à long terme et d'en préparer la réalisation. Elle travaille en collaboration avec l'Institut Paul Scherrer (IPS), de nombreuses universités suisses et étrangères, des instituts spécialisés, des bureaux d'ingénieurs et de géologie ainsi qu'avec ses coopérateurs. À la fin de 2016, le siège de la Nagra à Wettingen employait 109 personnes (97,6 équivalents plein temps). Les paragraphes qui suivent résument l'essentiel des activités déployées au cours de l'année 2016. Pour plus de détails (y compris le bilan financier), le lecteur est prié de consulter le rapport annuel de la Nagra.

13.1 Plan sectoriel « Dépôts en couches géologiques profondes »

La Nagra a remis en août les documents supplémentaires exigés par l'IFSN. Les analyses ont porté, d'une part, sur les aspects relevant de la géomécanique et de la technique pour la construction des galeries et des cavernes de dépôt dans l'Argile à Opalinus à différentes profondeurs, et, d'autre part, sur des conceptions alternatives du dépôt et des barrières. En outre, la délimitation des périmètres du dépôt a été vérifiée et des calculs de dose complémentaires ont été effectués. La Nagra en a déduit qu'un dépôt en profondeur sûr pourrait être aménagé dans le domaine de Nördlich Lägern, mais que la construction à de grandes profondeurs dans l'Argile à Opalinus serait très complexe, ce qui présenterait un inconvénient sur le plan de la sûreté.

En décembre, l'IFSN a présenté ses conclusions au sujet des propositions de la Nagra. Elle a approuvé que les domaines d'implantation Südanden, Jura-Südfuss et Wellenberg soient mis en suspens et que Zurich Nordost et Jura Ost soient examinés plus en détail à l'étape 3 du plan sectoriel. Elle a également confirmé que l'Argile à Opalinus devait être retenue comme seule roche d'accueil. Par contre, elle a décidé que Nördlich Lägern devait être inclus dans les études approfondies, estimant que les motifs avancés pour sa mise en attente ne sont pas assez solides. La décision du Conseil fédéral concernant l'étape 2 est attendue en 2018.

13.2 Inventaire des matières radioactives

Géré par la Nagra, l'inventaire centralisé de tous les déchets radioactifs existants a été complété par les colis produits en 2016. Par ailleurs, des modules ont été mis en œuvre, qui permettent également de gérer des déchets bruts et de les évaluer en prévision d'un potentiel mesurage de libération. Enfin, le dernier lot de déchets retraités a été réimporté en Suisse.

Des taux de formation de gaz provisoires ont pu être déduits d'essais à long terme concernant la décomposition de déchets organiques dans les conditions régnant dans un dépôt profond.

L'étude sur la sûreté critique d'éléments combustibles usés dans les conteneurs de dépôt final a été achevée. Les expériences ont été poursuivies avec des éléments combustibles non irradiés, dans le cadre du projet sur l'intégrité des éléments combustibles dans les conditions du dépôt intermédiaire et du transport. En outre, de premiers résultats ont été obtenus avec des éléments irradiés.

Conjointement avec les centrales et le ZWILAG, la Nagra a mené des travaux de développement pour les futurs conteneurs de stockage intermédiaire et final, en vue de l'évacuation des déchets de désaffectation des centrales. En prévision de la fermeture de la centrale de Mühleberg, on a travaillé sur des conceptions d'emballage pour la cuve sous pression du réacteur, les structures internes de cuve et l'écran biologique.



Divers travaux ont été réalisés et l'inventaire-type a été élargi pour l'étude de coûts et le programme d'évacuation 2016.

Dans le cadre de la procédure de certification concernant l'aptitude au stockage final, la Nagra a examiné des déchets provenant des centrales nucléaires et de l'IPS pour déterminer s'ils se prêtent au stockage futur dans un dépôt géologique profond. Les exigences formulées dans la directive B-05 de l'IFSN sont toutes respectées; l'autorité de sûreté a donc pu donner les autorisations nécessaires.

13.3 Bases scientifiques et techniques

La Nagra a approfondi les connaissances relatives à l'évaluation de la sûreté de dépôts en profondeur et elle a optimisé les conceptions des installations. Le programme d'évacuation soumis en 2016 indique en détail comment l'évacuation nucléaire doit se faire. Les travaux de recherche et développement en attente sont présentés dans le nouveau programme de recherche, de développement et de démonstration (RD&D)

13.3.1 Travaux géologiques sur le terrain

Les campagnes sismiques 3D dans les domaines Jura Ost et Zurich Nordost ont été achevées. Elles ont également été entamées à Nördlich Lägern en octobre afin que tout soit prêt si ce domaine devait être maintenu dans la procédure de sélection. Les résultats de ces mesurages constituent des bases d'évaluation précieuses pour la conception des barrières géologiques dans les trois domaines d'implantation. Pour étalonner ces mesurages, il faudra procéder à des forages profonds.

À cet effet, la Nagra a déposé auprès des autorités fédérales, à la fin de septembre, des demandes pour des forages de sondage, huit pour chacun des deux domaines Jura Ost et Zurich Nordost. Quant à la campagne sismique 2D servant à étudier la structure et la répartition des roches meubles, elle a commencé en automne.

13.3.2 Évaluations, modélisations, synthèses

Suite à la demande d'informations complémentaires de l'IFSN, la Nagra a effectué des calculs simplifiés de libération et de doses. À cet effet, elle a supposé l'érosion de certaines parties du dépôt. Plus précisément, elle est partie du cas extrême, très improbable, du surcreusement glaciaire d'une ravine, jusqu'au niveau du dépôt DHA.

13.3.3 Processus de rétention et mécanismes de transport géochimiques

La modélisation a permis de démontrer que l'interaction entre aluminium et ciment peut entraîner une stabilité à long terme de la barrière en ciment, ce qui concorde avec les résultats obtenus lors des essais.

13.3.4 Investigations concernant la montée de la pression de gaz et le transport du gaz

La Nagra a rédigé un rapport de synthèse et autres rapports présentant l'état actuel des connaissances au sujet de la formation, du transport et de la dégradation de substances gazeuses dans un dépôt profond scellé. Les incertitudes et les options de traitement des déchets envisageables y ont également été thématiques. Les calculs ont montré que les fonctions sécuritaires des barrières techniques et géologiques ne sont pas compromises dans le dépôt (ni DFMA, ni DHA), et cela aussi bien dans la situation de référence, que pour un scénario très pessimiste. La plus grande partie des gaz sont dégagés par la corrosion de métaux.



13.3.5 Variantes pour la conception et les matériaux des conteneurs

La mise au point d'un conteneur EC/DHA avec un revêtement en cuivre a été poursuivie en collaboration avec l'organisation homologue canadienne, NWMO. Parallèlement, une étude est menée sur la faisabilité de conteneurs de stockage final en fonte, avec un revêtement en cuivre. En outre, un nouveau conteneur de stockage final est prévu, qui peut accueillir douze au lieu de neuf éléments combustibles provenant de réacteurs à eau bouillante.

13.4 Laboratoires souterrains

13.4.1 Laboratoire souterrain du Grimsel (LSG)

Le laboratoire souterrain offre les meilleures conditions de recherche possibles à ses partenaires du monde entier. Au centre des travaux en 2016, se trouvait le projet ISC (In-situ Stimulation and Circulation Test) de l'EPF de Zurich sur la géothermie profonde. Les dix forages creusés ont été analysés sur le plan géophysique et en partie aussi hydrogéologique. Trois forages ont été équipés de systèmes à fibres optiques permettant de mesurer la déformation; trois autres l'ont été avec des systèmes de surveillance de la pression et de la température.

L'ensaturation continue dans le cadre de l'expérience GAST (Gas Permeable Seal Test) a pu être reprise en juin. De premières caractérisations ont eu lieu dans le cadre du projet CFM (Colloid Formation and Migration) pour déterminer l'emplacement pour réaliser l'expérience i-BET (in-situ Bentonite Erosion Test). Pour le projet LASMO (Large Scale Monitoring), de nouvelles campagnes de mesurage et des analyses géochimiques ont été effectuées. Dans le cas de l'expérience de corrosion MaCoTe (Material Corrosion Test), on a procédé à des analyses par sondage. Quant aux expériences in-situ CFM (Colloid Formation and Migration) et LTD (Long-term Diffusion), elles se trouvent dans la phase à long terme, consacrée aux observations et au prélèvement d'échantillons. Le projet LCS (Long-term Cement Studies), lui, a été achevé.

Enfin, les travaux de planification et de préparation pour les nouveaux projets CIM (C-14/I-129 Migration through aged cement) et HotBENT (High Temperature Bentonite project) ont été accomplis.

13.4.2 Participation de la Nagra aux expériences menées au Laboratoire du Mont Terri

Le Laboratoire souterrain international du Mont Terri a fêté son 20^e anniversaire en 2016. La Nagra y met en œuvre de nombreuses expériences pour caractériser l'Argile à Opalinus. Actuellement, 16 organisations partenaires de huit pays participent à ce projet de recherche.

Les travaux se concentrent avant tout sur une étude approfondie des propriétés de la roche d'accueil, de la diffusion des radionucléides dans l'Argile à Opalinus, de la formation de gaz et de la corrosion des matériaux de construction et des fûts; en outre, une expérience à long terme sur les interactions entre l'Argile à Opalinus et le ciment se poursuit. L'expérience de dépôt et de chauffage (expérience FE-M) fournit par ailleurs une grande quantité de données de haute qualité sur l'évolution du champ proche dans un dépôt en couches géologiques profondes. Il est prévu d'agrandir le laboratoire souterrain d'ici à 2019, ce qui doublera presque l'espace à disposition pour les activités de recherche.



13.4.3 Coopération internationale

La Nagra et ses quelque 15 organisations partenaires étrangères collaborent étroitement et échangent régulièrement des informations. Ce travail commun englobe des essais dans des laboratoires internationaux ainsi que la mise au point de modèles et de bases de données. La Nagra est en outre active dans différents groupes de conseil et de travail, notamment l'OCDE/AEN. Thomas Ernst a été élu pour deux ans à la présidence de la communauté d'intérêts EDRAM, qui regroupe les principales organisations mondiales chargées de l'évacuation des déchets nucléaires.

La Nagra participe à différents programmes de recherche de l'UE à titre de partenaire: «Modern2020» (Development and Demonstration of monitoring strategies and technologies for geological disposal) et «CAST» (CARbon-14 Source Term). Par ailleurs, elle est usufruitière des projets «MIND» (Mikrobiologie) et «CEBAMA» (Zement-Interaktionen), qui font partie du programme «Horizon 2020» de l'Union européenne. Dans le cadre du projet achevé «DOPAS» (Full Scale Demonstration Of Plugs And Seals), la Nagra a eu accès à des techniques de fermeture et de scellement de dépôts en profondeur élaborées par d'autres organisations d'évacuation, dont les projets sont déjà très avancés. Dans le cas de l'expérience FE, notons que la Nagra a grandement contribué au succès du projet.

13.5 Relations publiques

Dans ses contacts avec le public, la Nagra renseigne sur ses travaux et démontre pourquoi les dépôts en couches géologiques profondes sont nécessaires. Elle recourt pour ce faire à des moyens de communications aussi bien classiques que digitaux. Elle propose des visites guidées des laboratoires souterrains, fait des exposés et participe régulièrement à des expositions régionales. Elle était également en dialogue avec la population en rapport avec les campagnes sismiques et l'élaboration des demandes pour les forages de sondage.

L'exposition modulaire «Voyage dans le temps vers un dépôt en profondeur» a une fois encore suscité l'intérêt des jeunes et des moins jeunes. Un casque de réalité virtuelle permet aux visiteurs d'entreprendre une expédition dans un dépôt géologique. En complément, une exposition mobile, installée sur une remorque, a été créée. Elle peut donc être proposée aussi lors de manifestations plus modestes.

La Nagra a participé à 24 salons et marchés professionnels et autres événements. En plus des visites guidées ordinaires, les deux laboratoires souterrains, Grimsel et Mont Terri, ont organisé respectivement trois et quatre journées de visite pour la population des domaines d'implantation.

La Nagra a élargi sa page d'atterrissage «Ecole et jeunesse» d'un outil interactif. Le nouveau modèle d'un dépôt en profondeur pour DHA permet désormais d'informer les écoliers de façon conviviale sur l'évacuation des déchets nucléaires. La Nagra a fait des visites dans des écoles et elle était présente à six événements TecDay. Elle a en outre envoyé quatre lettres d'information aux enseignants.

Par ailleurs, les 16 000 abonnés de «nagra info» ont reçu deux éditions du journal en 2016, qui a également été expédié à 300 000 ménages. L'offre d'information de la Nagra englobe (en allemand) également le cahier thématique «Entsorgungsprogramm – daran arbeiten wir», la brochure sur les installations de têtes de puits, la brochure sur les forages de sondage, avec des feuillets consacrés aux différents sites de forage, un dépliant sur le domaine Jura Ost et un flyer sur la sismologie.

La fonction de recherche et la navigation sur le site Web de la Nagra ont été améliorées, c'est-à-dire rendues plus conviviales. En place depuis la fin février, le nouveau blog www.nagra-blog.ch permet de jeter un œil sur les activités de la Nagra; différentes collaboratrices et collaborateurs ont écrit des articles sur des sujets tels que les travaux sur le terrain, la présence à des salons, les TecDays ou les travaux de recherche en cours. La Nagra a produit un court-métrage montrant des images de la campagne sismique 3D dans les domaines Jura Ost et Zurich Nordost et l'a publié sur son canal YouTube.



La Nagra a convié la presse pour la troisième fois déjà à sa rencontre annuelle avec les médias. Elle a également organisé des conférences de presse à l'occasion du lancement des campagnes sismiques 3D dans les domaines Zurich Nordost et Jura Ost. Pour accompagner la remise des demandes de sondage, elle a mené des entretiens avec la presse. Elle a en outre publié cinq communiqués de presse. Enfin, différentes émissions de télévision et de radio ainsi que des articles de la presse écrite ont traité des travaux de la Nagra.

