

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Vorsitz

Dr. Werner Bühlmann Chef der Abteilung Recht und Sicherheit, Bundesamt für Energie

Mitglieder

Dr. Michael Aebersold Stv. Leiter der Sektion Kernenergie, Bundesamt für Energie
Dr. Ernst Berger Chef der Sektion Sicherheitstechnik und Altlasten, Bundesamt für
Umwelt, Wald und Landschaft (bis Februar 2005)
Hr. Fritz Bosshart Bundesamt für Raumentwicklung
Dr. Hans-Peter Fahrni Chef der Abteilung Abfall, Bundesamt für Umwelt (ab Februar
2005)
Hr. Martin Jermann Stabschef, Paul Scherrer Institut
Fürsprecher Hans-Ulrich Widmer Chef der Sektion Recht, Bundesamt für Wasser und Geologie (bis
Dezember 2005)
Dr. Werner Zeller Leiter der Abteilung Strahlenschutz, Bundesamt für Gesundheit
Dr. Auguste Zurkinden Chef der Abteilung Sicherheit von Transporten und Entsorgung,
Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen

Sekretärin der Arbeitsgruppe

Dr. Monika Jost Bundesamt für Energie

Regelmässig an den Sitzungen teilnehmender Mitarbeiter des Bundesamtes für Energie

Fürsprecher Peter Koch Stv. Leiter der Sektion Recht

Zu den Sitzungen der Arbeitsgruppe beigezogene Vertreter der Nagra

Hr. Hans Issler Geschäftsleiter und Präsident
Dr. Markus Fritschi Bereichsleiter Lagerprojekte
Dr. Piet Zuidema Bereichsleiter Technik und Wissenschaft

La version française
du rapport est à la fin

Bern, Mai 2006

Titelbild: Berichte zum Entsorgungsnachweis und das Jahr ihrer Veröffentlichung
Grafik: Stefan Jordi (BFE)

Auflage: 600

Bezug: Christine Späti, Tel. 031 323 44 05, christine.spaeti@bfe.admin.ch

Weitere Informationen: Dr. Monika Jost, Tel. 031 322 56 32, monika.jost@bfe.admin.ch

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorwort	4
2.	AGNEB	5
3.	Bundesrat, Bundesstellen und Kommissionen	7
3.1	Bundesrat.....	7
3.2	Bundesamt für Energie (BFE).....	8
3.3	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK).....	11
3.4	Kommission Nukleare Entsorgung (KNE)	16
3.5	Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA).....	16
3.6	Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG).....	19
3.7	Bundesamt für Gesundheit (BAG)	20
3.8	Paul Scherrer Institut (PSI)	22
4.	Nagra	25
4.1	Entsorgungsprogramm	25
4.2	Radioaktive Abfälle	25
4.3	Entsorgung der schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA).....	26
4.4	Entsorgung abgebrannter Brennelemente (BE), hochaktiver Abfälle (HAA) und langlebiger mittelaktiver Abfälle (LMA)	26
4.5	Überprüfung der Endlagerkosten.....	27
4.6	Technische Grundlagen.....	27
4.7	Felslabors	27
4.8	Öffentlichkeitsarbeiten	29
5.	Anhänge	30
Anhang I:	Ablieferung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle der Elektrizitätswirtschaft	30
Anhang II:	Abkürzungsverzeichnis	32
Anhang III:	Internet-Adressen	34
Anhang IV:	Liste der im Berichtsjahr erstellten Publikationen.....	35
Anhang V:	Bericht der Arbeitsgruppe Zeitplan an die AGNEB.....	41

1. Vorwort

Wie im vorangehenden Jahr standen 2005 in der nuklearen Entsorgung zwei Themen im Vordergrund, nämlich

- der Entsorgungsnachweis für hochaktive Abfälle und
- die Erarbeitung der Grundlagen für den Sachplan Geologische Tiefenlager.

Die sicherheitstechnische Überprüfung des Entsorgungsnachweises konnte Mitte 2005 abgeschlossen werden. In der zweiten Hälfte 2005 folgte die öffentliche Auflage aller entscheiderelevanten Unterlagen. Im Rahmen je einer Veranstaltung für die interessierten lokalen und regionalen Behörden und die betroffene Bevölkerung haben die Bundesbehörden über das Ergebnis dieser Überprüfung und das weitere Vorgehen informiert.

Im Zentrum der Arbeiten der Bundesbehörden stand der Sachplan Geologische Tiefenlager. Hier geht es darum, im Konzeptteil des Sachplans das Auswahlverfahren für Standorte für geologische Tiefenlager festzulegen. Am 8. September 2005 hat Bundesrat Moritz Leuenberger anlässlich einer Medienkonferenz über dieses Projekt informiert; gleichzeitig hat er einen Beirat unter der Leitung von alt Regierungsrat Dr. Paul Huber zur Begleitung dieser Arbeiten eingesetzt.

Gestützt auf ein entsprechendes Postulat im Jahr 2003 hat das Bundesamt für Energie eine Grundlagendstudie über sozioökonomische Auswirkungen von Entsorgungsanlagen im In- und Ausland in Auftrag gegeben. Die sehr aufwändigen Abklärungen haben mehr Zeit als geplant beansprucht, sodass der Bericht nicht wie vorgesehen Ende 2005 fertig gestellt werden konnte, sondern erst im Frühjahr 2006 vorliegen wird.

Dem UVEK und dem BFE kommt bei der Steuerung der Verfahren und der Vorbereitung der Entscheide im Bereich nukleare Entsorgung eine Führungsrolle zu. Ich danke allen, insbesondere meinen Kolleginnen und Kollegen in der AGNEB, für ihre Beratung und Unterstützung bei dieser inhaltlich komplexen und politisch heiklen Aufgabe.

Zwei weitere wichtige Schritte stehen bevor: Der Entscheid des Bundesrates über den Entsorgungsnachweis für hochaktive Abfälle ist für Mitte 2006 vorgesehen. Und im Herbst 2006 soll nach einem breit angelegten Mitwirkungsverfahren der Entwurf des Konzeptteils des Sachplans Geologische Tiefenlager soweit gediehen sein, dass wir ihn in die Vernehmlassung schicken können.



Dr. Werner Bühlmann

2. AGNEB

Im Februar 1978 setzte der Bundesrat die Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (AGNEB) ein. Sie hat den Auftrag, die Arbeiten zur nuklearen Entsorgung in der Schweiz zu verfolgen, zuhanden des Bundesrates Stellungnahmen zu Fragen der nuklearen Entsorgung zu erarbeiten, die Bewilligungsverfahren auf Bundesebene zu begleiten und Fragen der internationalen Entsorgung zu behandeln. Die AGNEB setzt sich zusammen aus Vertretern der Aufsichts-, Bewilligungs-, Gesundheits-, Umwelt- und Raumplanungsbehörden sowie der Forschung. Die Arbeitsgruppe hat den Auftrag, dem Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) jährlich Bericht zu erstatten.

Der Vertreter des BUWAL, Ernst Berger, trat zu Beginn des Jahres 2005 in den Ruhestand. Sechs Jahre lang war der Störfallexperte Mitglied der AGNEB. Sein Nachfolger in der AGNEB wurde Hans-Peter Fahrni, Leiter der Abteilung Abfall im BUWAL (ab 2006 unbenannt in BAFU – Bundesamt für Umwelt).

Im Jahr 2005 traf sich die AGNEB zu vier Sitzungen. Sie befasste sich mit folgenden Themen:

Zeitplan BE/HAA/LMA

Im Frühling 2003 hatte die AGNEB eine Arbeitsgruppe eingesetzt mit der Aufgabe, aufgrund der technischen Rahmenbedingungen einen Zeitplan für den Bau, Betrieb und Verschluss eines Lagers für BE/HAA/LMA zu erarbeiten. Der Bericht liegt vor (Anhang V) und wurde von der AGNEB am 24. Februar 2006 zur Kenntnis genommen. Er betrachtet Aspekte, welche den Zeitplan für die Erstellung eines geologischen Tiefenlagers beeinflussen, und liefert Grundlagen für die weiteren Arbeiten (Sachplan Geologische Tiefenlager, Entsorgungsprogramm).

Untersucht wurden verschiedene technische Grössen wie Abbrand der Brennelemente (BE), Wiederaufarbeitung, Verwendung von MOX-Brennstoff, Behältergrösse und -beladung, Dauer der Zwischenlagerung, Einlagerungsbetrieb usw. Diese beeinflussen den frühest möglichen Zeitpunkt der Einlagerung der BE, aber auch die Dauer und die Kosten des Betriebs des Tiefenlagers. Ihr Einfluss wird im Bericht durch die Darstellung von sechs Varianten illustriert. Es zeigt sich, dass ein Betrieb vor 2040 technisch nicht vertretbar ist. Rein kostenmässig betrachtet wäre ein Einlagerungsbeginn im Jahr 2068 am günstigsten – ausgehend von einem 40-jährigen Betrieb der bestehenden Kernkraftwerke. Im Falle einer 50-jährigen Betriebszeit für die älteren und einem 60-jährigen Betrieb der jüngeren Kernkraftwerke, wäre bezüglich der Kosten 2072 das optimale Startjahr. Die Kostenunterschiede innerhalb der sechs näher vorgestellten Varianten betragen maximal 250 Mio. CHF. Die geschätzten Gesamtkosten für das Tiefenlager HAA betragen 4'520 Mio. CHF.

Wie die vorliegenden Untersuchungen zeigen, ist der Betrieb eines Hochaktivlagers ab 2040 technisch realisierbar. Die AGNEB spricht sich für eine zielgerichtete Standortsuche nach Vorliegen des Konzeptteils zum Sachplan Geologische Tiefenlager und eine rasche Inbetriebnahme aus. Was die Kosten betrifft, sieht sie keinen Grund, die Lösung der Entsorgung zu verzögern. Das Verfahren für die Standortwahl wird nun mit dem Sachplan Geologische Tiefenlager zur Diskussion gestellt. Der aktuelle Sachplanentwurf (www.radioaktiveabfaelle.ch) zeigt, dass das Ziel, 2040 ein Lager für hochaktive Abfälle zur Verfügung zu haben, ambitiös ist.

Sachplan Geologische Tiefenlager

Die Berichtsentwürfe des Sachplans Teil Konzept wurden in der AGNEB vorgestellt und diskutiert. Die AGNEB erörterte das Standortauswahlverfahren, insbesondere die Dauer und den Inhalt der einzelnen Etappen sowie Fragen der Partizipation und des Vorgehens.

Auch im Jahr 2005 befasste sich die AGNEB mit der Koordination der verschiedenen Geschäfte im Entsorgungsbereich (Entsorgungsnachweis, Sachplan, Entsorgungsprogramm, Zeitplan BE/HAA/LMA). Sie setzte sich für eine zeitliche Trennung der Bundesratsentscheide zum Entsorgungsnachweis und zum Sachplan ein. Einerseits ermöglicht dies dem Bundesrat, noch in der ersten Hälfte 2006 über den Entsorgungsnachweis zu befinden. Andererseits wird durch die separate Behandlung verdeutlicht, dass es sich um zwei verschiedene Themen handelt.

Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis

Im letzten Jahresbericht nannte die AGNEB als eines ihrer Ziele für das Jahr 2005 die Verfassung einer Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis zuhanden des Bundesrats. Inzwischen ist die sicherheitstechnische Überprüfung des Entsorgungsnachweises durch die zuständigen Behörden (HSK, KNE und KSA) abgeschlossen. Diese sind in ihrer Folgerung eindeutig und erachten den Entsorgungsnachweis als erbracht. Mit der Festlegung eines transparenten und schrittweisen Verfahrens sowie der Definition von Kriterien für die Auswahl von Standorten im Sachplan Geologische Tiefenlager werden die Anliegen der AGNEB für das weitere Vorgehen bereits umgesetzt. Eine Stellungnahme zuhanden des Bundesrates erübrigt sich.

Arbeitsgruppe Abfallinventar

Die Arbeitsgruppe Abfallinventar unter dem Vorsitz der HSK widmete sich weiterhin der Revision der Richtlinie HSK-R-14 über die Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle. Im Jahr 2005 fanden zwei Sitzungen statt. Am 18. Mai, anlässlich ihrer 10. Sitzung, hat die Arbeitsgruppe die materielle Diskussion abgeschlossen. Nach ihrer Ansicht liegen zurzeit keine weiteren Themen zur Bearbeitung vor. Der Vorsitzende beantragte deshalb der AGNEB, die Gruppe aufzulösen. Diesem Antrag wurde an der ersten Sitzung 2006 gefolgt.

Arbeitsschwerpunkte 2006

Die AGNEB wird sich mit folgenden Themen befassen:

- Bundesratsentscheid zum Entsorgungsnachweis
- Sachplan Geologische Tiefenlager
- Entsorgungsrat

3. Bundesrat, Bundesstellen und Kommissionen

3.1 Bundesrat

Totalrevision des Kernenergiehaftpflichtgesetzes (KHG)

Mitte Juli hat das UVEK den Entwurf eines Bundesbeschlusses über die Genehmigung und die Umsetzung von Übereinkommen zur Haftung auf dem Gebiet der Kernenergie in die Vernehmlassung gesandt. Damit sollen die Haftpflicht-Deckungssumme erhöht und drei internationale Übereinkommen ratifiziert werden können. Während alle Vernehmlasser die Ratifikation der internationalen Haftpflicht-Übereinkommen und die Verbesserung des Opferschutzes grundsätzlich begrüßen, ist wie erwartet die Höhe der Deckungssumme sehr umstritten. Die Botschaft zur Totalrevision des KHG wird dem Parlament voraussichtlich in der zweiten Jahreshälfte 2006 vorgelegt.

Zweites Paket Kernenergieverordnungen

Anfang Juli erfolgte sodann die Eröffnung der Anhörung für vier kleinere Verordnungen des Bundesrates, die nach der Kernenergieverordnung weitere Ausführungsvorschriften zum Kernenergiegesetz enthalten (nach neuem Vernehmlassungsrecht "Anhörung" statt "Vernehmlassung" bei Vorhaben von untergeordneter Tragweite). Die Verordnungen betreffen die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen, die Personensicherheitsprüfungen, die Betriebswachen sowie sicherheitstechnisch klassierte Behälter und Rohrleitungen in Kernanlagen. Die Angehörten beantragen teilweise verschiedene Änderungen. Die Inkraftsetzung der vier Verordnungen ist auf Mitte 2006 geplant.

Bundesgesetz über das Eidgenössische Nuklear-Sicherheitsinspektorat

Der Bundesrat hat am 21. Dezember 2005 die Vernehmlassung zum Entwurf des Bundesgesetzes über das Eidgenössische Nuklear-Sicherheitsinspektorat (ENSI) eröffnet. Mit dem Gesetz soll die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen rechtlich verselbständigt werden. Organisatorisch ist die HSK heute ein Teil des Bundesamtes für Energie. Mit dem vorliegenden Gesetzesentwurf sollen die Vorgaben des Übereinkommens über die nukleare Sicherheit sowie des KEG umgesetzt und die HSK unter der Bezeichnung "Eidgenössisches Nuklear-Sicherheitsinspektorat" in eine öffentlich-rechtliche Anstalt des Bundes überführt werden. Die Vernehmlassung dauert bis zum 31. März 2006.

Parlamentarische Vorstösse

Am 17. März 2005 wurde die Interpellation 05.3153 "Entsorgungsstrategie für radioaktive Abfälle" von Nationalrätin Doris Stump eingereicht. Sie wollte vom Bundesrat wissen, inwiefern die Empfehlungen der EKRA umgesetzt wurden. In seiner Antwort stellt der Bundesrat fest, dass bis auf eine Empfehlung alle entweder im KEG/KEV aufgenommen, sich in Umsetzung befinden oder zurzeit geprüft werden. Die Empfehlung "personelle und finanzielle Verstärkung der Bewilligungs- und Sicherheitsbehörden" konnte bis heute – insbesondere auch aufgrund der Entlastungsprogramme des Bundes – nicht umgesetzt werden. Aufgrund der neuen Aufgaben und Tätigkeiten (Sachplan und Entsorgungsprogramm) zeichnen sich zusätzliche Engpässe ab. Das BFE prüfe deshalb, inwiefern Kosten für zusätzliche Stellen nach dem Verursacherprinzip auf die Kernkraftwerksbetreiber abgewälzt werden können.

Zwei weitere Vorstösse die Entsorgung betreffend datieren vom 16. Juni 2005: Die Interpellation 05.3390 Leuthard Doris "Entsorgung von hochradioaktivem Abfall" und die Motion 05.3362 Hofmann Hans "Entsorgungsnachweis für hochradioaktive Abfälle". Nationalrätin Leuthard stellt dem Bundesrat unter anderem die Frage, welche Kriterien für die Standortwahl gelten. Der Bundesrat hält in seiner Antwort vom 23. September 2005 fest, dass die Kriterien im Sachplan Geologische Tiefenlager verbindlich festgelegt werden sollen. Neben dem wichtigsten Kriterium der langfristigen Sicherheit von

Mensch und Umwelt spielen bei der Standortwahl sozioökonomische und raumplanerische Aspekte eine Rolle.

Die Motion von Ständerat Hans Hofmann beinhaltet drei Forderungen: Der Bundesrat soll den Entscheid zum Entsorgungsnachweis möglichst bis Mitte 2006 treffen, die Kriterien und Verfahrensschritte für die Standortauswahl im Rahmen des Sachplans Geologische Tiefenlager (Konzeptteil) rasch festlegen und den konkreten Standort für die Ausarbeitung eines Rahmenbewilligungsgesuchs aufgrund der dannzumal bestehenden Unterlagen unverzüglich bezeichnen. Der Ständerat folgte dem Antrag des Bundesrates, die Motion anzunehmen und überwies sie zur Behandlung an den Nationalrat.

3.2 Bundesamt für Energie (BFE)

Stilllegungs- und Entsorgungsfonds

Die Erzeuger von radioaktiven Abfällen sind gemäss dem Verursacherprinzip verpflichtet, diese auf eigene Kosten sicher zu beseitigen. Die Stilllegungskosten sowie die nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke anfallenden Kosten für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle werden mit Beiträgen der Betreiber von Kernanlagen in zwei unabhängige Fonds sichergestellt.

Der Stilllegungsfonds bezweckt, die Kosten für die Stilllegung und den Abbruch von ausgedienten Kernanlagen sowie für die Entsorgung der dabei entstehenden Abfälle zu decken. Ende 2005 belief sich das angesammelte Fondskapital auf 1'252 Mio. CHF (2004: 1'055 Mio. CHF). Insgesamt belaufen sich die Stilllegungskosten auf 1'835 Mio. CHF (Preisbasis 1.1.2001).

Der Entsorgungsfonds bezweckt, die für die Entsorgung der Betriebsabfälle und der abgebrannten Brennelemente nach Ausserbetriebnahme eines Kernkraftwerks anfallenden Kosten zu decken. Ende 2005 belief sich das angesammelte Fondskapital auf 2'762 Mio. CHF (2004: 2'093 Mio. CHF). Rund 6.2 Mia. CHF fallen für die Entsorgung nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke an und müssen in den Fonds einbezahlt werden.

Basierend auf dem neuen Kernenergiegesetz sind die Verordnungen und Reglemente zum Stilllegungsfonds für Kernanlagen und zum Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke zu revidieren. Nachdem im Jahr 2004 erste Vorabklärungen getroffen wurden, hat das BFE 2005 einen Verordnungsentwurf erarbeitet und mit einer von den Verwaltungskommissionen der beiden Fonds eingesetzten Begleitgruppe diskutiert. Zum grössten Teil können die bisherigen Regelungen übernommen werden. Es ist vorgesehen, die Verordnung im 4. Quartal 2006 in Kraft zu setzen.

Entsorgungsnachweis

Der Entsorgungsnachweis ist seit 1978 gesetzlich vorgeschrieben und auch im neuen Kernenergiegesetz enthalten. Nach langjährigen Untersuchungen hat die Nagra im Dezember 2002 den Entsorgungsnachweis für hochaktive Abfälle basierend auf dem Opalinuston des Zürcher Weinlandes erreicht. 2003 begann eine umfassende behördliche Überprüfung, die im Herbst 2005 abgeschlossen wurde. An einer Informationsveranstaltung für die Behörden und Medien am 12. September in Marthalen stellten HSK, KSA und Nagra noch nicht veröffentlichte Gutachten und Berichte vor. Die Veranstaltung bildete gleichzeitig den Auftakt für die öffentliche Auflage der Unterlagen zum Entsorgungsnachweis. Am 17. September wurden ebenfalls in Marthalen Informationsveranstaltungen für die Bevölkerung durchgeführt. Sowohl die Morgen- als auch die Nachmittagsveranstaltung wurde von ca. 150 Personen besucht. Die Diskussionsmöglichkeiten wurden bei allen Veranstaltungen rege genutzt.

Sämtliche entscheiderelevanten Unterlagen wurden vom 13. September bis am 12. Dezember 2005 öffentlich aufgelegt und sind im Internet zugänglich (www.entsorgungsnachweis.ch). Alle interessierten Kantone, Gemeinden, Organisationen und Personen aus der Schweiz sowie aus dem benachbarten Ausland hatten Gelegenheit, sich zum Entsorgungsnachweis zu äussern. Es gingen rund

6800 Stellungnahmen beim BFE ein, wovon ein knappes Viertel aus der Schweiz stammte. Auf Deutschland entfielen rund 50%, auf Österreich 25%. Der Grossteil der Stellungnahmen kam von Einzelpersonen (98%). Am Auflageverfahren haben sich unter anderem die Kantone Aargau, Schaffhausen, Solothurn, Thurgau und Zürich beteiligt sowie Gemeinden, politische Parteien und Interessensorganisationen. Die Stellungnahmen werden nun ausgewertet. Der Bundesrat wird voraussichtlich in der ersten Hälfte 2006 entscheiden, ob der Entsorgungsnachweis erbracht ist.

Ausschuss mit Regierungsvertretern

Der Ausschuss mit Regierungsvertretern der vom Entsorgungsnachweis für hochaktive Abfälle betroffenen Kantone, des Bundeslandes Baden-Württemberg und der schweizerischen Behörden wurde 2004 eingesetzt. Er traf sich im Jahr 2005 zur fünften und sechsten Sitzung. Auf der Traktandenliste standen der gegenseitige Informationsaustausch zu aktuellen Themen, der Entsorgungsnachweis, der Sachplan geologische Tiefenlager sowie der Einbezug der benachbarten Deutschen Landkreise.

Arbeitsgruppe Information und Kommunikation

Die Arbeitsgruppe traf sich zu drei Sitzungen. Das BFE sowie die Teilnehmenden informierten jeweils über aktuelle und anstehende Themen. Im März standen weiter der Entsorgungsnachweis, die öffentlichen Veranstaltungen im Zusammenhang mit der öffentlichen Auflage sowie der Expertenbericht der KNE zur Diskussion. Im April und August wurden Organisation und Ablauf der öffentlichen Auflage sowie der Informationsveranstaltungen für die Behörden und die Bevölkerung im Detail besprochen und geplant.

Studien zu den sozioökonomischen Auswirkungen von Entsorgungsanlagen

Die 2004 vom BFE in Auftrag gegebene Studie soll das vorhandene Wissen über die ökonomischen, sozialen, demographischen und ökologischen Auswirkungen von Entsorgungsanlagen aufbereiten und anhand von realisierten, geplanten und aufgrund von politischem Widerstand aufgegebenen Anlagen und Projekten in der Schweiz, Deutschland, Frankreich und Finnland vertiefen. In der ersten Hälfte 2006 wird die Studie vorliegen. Die wichtigsten Erkenntnisse werden in den Sachplan Geologische Tiefenlager einfließen.

Bereits am 5. September 2005 veröffentlichte die Arbeitsgruppe Opalinus zusammen mit Rütter & Partner (den AutorInnen) die Studie "Untersuchung der sozioökonomischen Auswirkungen des Entsorgungsprojektes nördliches Zürcher Weinland" (Hauptbericht sowie Teilbericht I Bevölkerungsbefragung und Teilbericht II Unternehmensbefragung). Sie kann unter www.ruetter.ch/publikationen/pub509_000.pdf eingesehen werden. Die Untersuchungen zeigen einerseits, dass durch die Realisierung eines Entsorgungsprojekts für viele Jahrzehnte ein wirtschaftlich positiver Effekt zu erwarten wäre, wie er vergleichbar durch Bau und Betrieb eines "mittleren" KMUs entsteht. Ein Tiefenlager könnte andererseits einen Imageverlust insbesondere für landwirtschaftliche Produkte mit Ursprungsbezeichnung bewirken. Die Resultate dieser Studie werden für die Grundlagenstudie des BFE berücksichtigt.

Sachplan Geologische Tiefenlager – Konzeptteil

Kernenergiegesetz und -verordnung regeln die Entsorgung der radioaktiven Abfälle. Die Kernenergieverordnung schreibt vor, dass der Bund in einem Sachplan die Ziele und Vorgaben für die Lagerung der radioaktiven Abfälle in geologischen Tiefenlagern festlegt. Der Sachplan Geologische Tiefenlager gliedert sich in zwei Teile – einen Konzeptteil und einen Umsetzungsteil. Im Verlaufe des Jahres 2005 hat das Bundesamt für Energie Grundlagen für den Sachplan Geologische Tiefenlager Teil Konzept erarbeitet und den Prozess zu dessen Fertigstellung zusammen mit dem Bundesamt für Raumentwicklung geplant. Der aktuelle Entwurf des Konzeptteils kann unter www.radioaktiveabfaelle.ch eingesehen werden.

Im September 2005 hat Bundesrat Leuenberger einen Beirat eingesetzt, der die Erarbeitung des Sachplans begleitet. Er wird vom Luzerner alt Regierungsrat Dr. Paul Huber geleitet. Weitere Mitglieder sind: Regierungsrätin Esther Gassler (SO), Regierungsrat Laurent Schaffter (JU), Heinz Karrer (CEO Axpo) als Vertreter der Elektrizitätswirtschaft und alt Regierungsrat Herbert Bühl (SH), Präsident der Eidg. Natur- und Heimatschutzkommission. Der Beirat traf sich an zwei Sitzungen und diskutierte die eigene Arbeitsweise, das Mitwirkungsverfahren zur Erarbeitung des Sachplans, Grundsätze und Thesen, welche die Basis für den Sachplan bilden sowie einen ersten BFE-internen Sachplanentwurf.

Veranstaltung "Akzeptanz durch Partizipation?"

Gemeinsam mit dem Forum Vera veranstaltete das BFE eine Tagung mit dem Titel "Akzeptanz durch Partizipation?". Das Thema stiess auf reges Interesse: Rund 150 Personen aus verschiedenen Kreisen fanden sich am 29. Juni 2005 in Bern ein, um der Frage nachzugehen, wie der Einbezug Betroffener bei der Realisierung von Grossprojekten gestaltet werden kann. Die Referate ergaben für das BFE wichtige Hinweise für das weitere Vorgehen bezüglich Sachplan Geologische Tiefenlager: Der Partizipation und ihrer Ausgestaltung ist grosses Augenmerk zu widmen, soll ein Standortauswahlverfahren zu tragfähigen Lösungen führen. Die Podiumsdiskussion machte einmal mehr deutlich, dass die Verbindung zwischen Nutzung der Kernenergie und der Entsorgung immer wieder hergestellt wird und als Konflikt bestehen bleibt. Ob die Gegner der Kernenergie bei der Festlegung der Regeln für die Standortwahl eines Tiefenlagers und deren Umsetzung Bereitschaft zur Mitwirkung zeigen, bleibt zurzeit offen und wurde durch deren Exponenten unterschiedlich beantwortet.

Studie "Die Anwendung partizipativer Verfahren in der Frage der Entsorgung radioaktiver Abfälle"

Eine Lizentiatsarbeit am Institut für Politikwissenschaft der Universität Bern befasste sich mit den partizipativen Verfahren in der Entsorgungsfrage in der Schweiz. Einerseits wurden die bisherigen Verfahren analysiert und andererseits Anforderungen an partizipative Prozesse formuliert, dies insbesondere im Hinblick auf das zukünftige schweizerische Standortauswahlverfahren oder die Schaffung eines "Entsorgungsrates".

Sechs Verfahren, die partizipative Mindestanforderungen erfüllen, wurden ausgewählt und mit Hilfe eines Kriteriensatzes (Fairness, Transparenz, Iterativität etc.) untersucht:

1. Die Entsorgungskonferenz von 1991,
2. die Konfliktlösungsgruppe radioaktive Abfälle (KORA) 1992,
3. die Arbeitsgruppe ZWILAG (Zwischenlager Würenlingen) 1991-98,
4. die Arbeitsgruppe Wellenberg 1994-95,
5. der Energie-Dialog Entsorgung 1998
6. sowie das belgische Modell der "local partnerships" 1999-2005.

Die Auswertung ergab, dass bei den Bundesbehörden etwa seit Mitte der 90er Jahre ein Lernprozess stattgefunden hat: Sie informierten aktiver und offener. Ihr Selbstverständnis wandelte sich weg von der Akteur- hin zur Vermittlerfunktion. Weiter ist festzustellen, dass sich die Beteiligten in den untersuchten Fällen gemeinsam auf Verfahrensregeln einigten. Die Motivation war jeweils vorhanden und Fachkompetenz wurde erarbeitet. Einmal mehr wurde der Mehrebenenkonflikt deutlich: Die Mitwirkungsverfahren waren stark durch die Kernenergienutzungsfrage beeinflusst. In den nationalen Verfahren war bei den Hauptakteuren keine Kompromissbereitschaft vorhanden.

Nebst diesen Erkenntnissen wurden in der Studie einige Empfehlungen für zukünftige partizipative Instrumente erarbeitet. Eine Auswahl:

- Der Teilnehmendenkreis von Partizipationsgremien soll erweitert werden.
- Partizipative Verfahren verlangen von den Teilnehmenden diskursive Kompetenzen. Diese müssen gefördert werden, am besten bereits vor dem Start des Verfahrens.

- Werthaltungen sind nicht verhandelbar, sondern nur Interessen und daraus abgeleitete Positionen. Deshalb ist es eine Voraussetzung, dass unterschiedliche Werte von allen akzeptiert werden.
- Partizipative Verfahren bedürfen über genügend Mittel, d.h. zeitliche, personelle und finanzielle Ressourcen müssen bereitgestellt werden.
- Erweiterte, partizipative Verfahren sind gewöhnlich ausserhalb der institutionellen Entscheidungswege angesiedelt. Es muss deshalb klar sein, wie die Resultate der Partizipation in den weiteren Entscheidungsprozess integriert werden.

Was allgemein für partizipative Verfahren der Fall ist, hat auch hier seine Gültigkeit: Partizipation kann den Erfolg eines Projekts nicht garantieren, jedoch die gesellschaftliche Akzeptanz fördern.

Die vollständige Studie kann beim BFE bezogen werden.

Klausur Planung und Strukturen Entsorgung

Auf Einladung des BFE fand am 20./21. Dezember 2005 in Zofingen eine Klausur zum Thema "Planung und Strukturen Entsorgung" statt. Vertreter(innen) des BFE diskutierten zusammen mit Führungskräften der HSK, KSA und KNE die Einführung eines Entsorgungsrates. Am zweiten Klausurtag standen die Planung und Durchführung der anstehenden Entsorgungsprojekte, insbesondere die Erarbeitung und spätere Umsetzung des Sachplans Geologische Tiefenlager im Fokus. Dies führte zu Fragen der Arbeitsorganisation und der Ressourcen im BFE. Anwesend war ebenfalls der Vorsitzende des Beirats Sachplan Geologische Tiefenlager.

OECD/NEA - Forum on Stakeholder Confidence

Das FSC führte vom 8. bis 10. Juni 2005 in Paris seine sechste Tagung durch. Dabei standen unter anderem das Mandat des Forums und das Arbeitsprogramm für die Phase 2005 - 2007 auf der Traktandenliste. Schwerpunkte bildeten sodann die Themen *Media Relation* und *Link between RD&D¹ and Stakeholder Confidence*. Vom 20. bis 23. November fand ein Workshop in Spanien statt. Spanien präsentierte sein Entsorgungsprogramm, berichtete über Erfahrungen mit der Stilllegung eines Kernkraftwerks und stellte die Mitwirkungs- und Entscheidungsprozesse im Zusammenhang mit Entsorgungsanlagen zur Diskussion.

3.3 Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)

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 Beseitigung in einem geologischen Tiefenlager. Diese Tätigkeiten werden von der HSK beaufsichtigt.

Wegen grossen Revisionsarbeiten und Umbauten im Berichtsjahr war der Anfall an Rohabfällen in den Kernkraftwerken Beznau (KKB) und Gösgen (KKG) grösser als üblich. Trotz diesen Erhöhungen lag der gesamte Anfall im internationalen Vergleich auf einem tiefen Niveau. Rohabfälle, die in der Verbrennungs- und Schmelzanlage (VSA) der ZWILAG verarbeitet werden sollen, werden in Fässern vorbereitet und zur ZWILAG transferiert. Die anderen Rohabfälle werden im Hinblick auf eine spätere Behandlung in dafür vorgesehenen Räumlichkeiten der kontrollierten Zone der Kernkraftwerke aufbewahrt.

¹ Research, Development and Demonstration

Ein wichtiges Element zur Minimierung der radioaktiven Abfälle ist die Inaktiv-Freimessung von Materialien, die aus kontrollierten Zonen ausgeführt werden. Es handelt sich dabei vorwiegend um Metallschrott, Betonschutt und Isolationsmaterial. Die freigemessenen Materialien können wieder verwendet oder der konventionellen Entsorgung zugeführt werden. Im Berichtsjahr wurden aus den Kernkraftwerken gesamthaft ca. 260 t solche Materialien gemäss Richtlinie HSK-R-13 freigemessen. Etwa die Hälfte davon besteht aus Öl, das aus der Reparatur des havarierten Generators im KKL angefallen ist.

Bei der Konditionierung werden die radioaktiven Rohabfälle durch Verfestigung, Einbindung in einer Matrix und Verpackung in eine transport-, zwischenlager- und endlagerfähige Form gebracht. Im Berichtsjahr wurden in jedem Kernkraftwerk Konditionierungskampagnen durchgeführt. Jedes konditionierte Abfallgebinde wird mit seinen Eigenschaften in einer elektronischen Datenbank erfasst und in ein werkseigenes Zwischenlager eingelagert. Die KKW-Betreiber erstatten der HSK monatlich Bericht über die durchgeführten Konditionierungsarbeiten und über die Belegung der Zwischenlager.

Die Konditionierungsverfahren und die daraus entstehenden Abfallgebindetypen müssen gemäss der Richtlinie HSK-R-14 von den Betreibern spezifiziert sowie von der HSK geprüft und, nachdem die Endlagerfähigkeit von der Nagra bescheinigt worden ist, genehmigt werden. Im Berichtsjahr hat die HSK neue Abfallgebindetypen für aktivierte Kerneinbauten des KKG überprüft und genehmigt.

Das KKB plant, abgebrannte Brennelemente in ihrem Zwischenlager ZWIBEZ in Transport- und Lagerbehältern zwischenzulagern. Der hierzu vorgesehene Lagerplatz wurde bis anhin für die Aufbewahrung von ausgedienten Dampferzeugern verwendet. Im Jahr 2005 wurde der Ausbau dieses Lagerplatzes in Angriff genommen, um ihn für die Einlagerung von Transport- und Lagerbehältern ab 2008 nutzen zu können.

Entsorgung im PSI

Radioaktive Rohabfälle fallen im PSI aus verschiedenen Bereichen an, z.B. aus Brennstoffuntersuchungen, aus den Beschleunigeranlagen oder aus dem Rückbau der Forschungsreaktoren. Im Berichtsjahr betrug der Anfall an eigenen Rohabfällen ca. 105 m³; aus dem Bereich Medizin und Industrie (MIF-Abfälle) wurden ca. 2 m³ angenommen (s. Kap. 3.8).

Die im PSI zu bearbeitenden Rohabfälle sind sowohl chemisch als auch physikalisch sehr unterschiedlich, so dass sich ein im Vergleich zu den Kernkraftwerken umfangreicheres Spektrum an Abfallgebindetypen (AGT) ergibt. Die Spezifikationen dieser AGT müssen ferner öfters den sich verändernden Rohabfällen angepasst werden. Im Berichtsjahr hat das PSI an mehreren Spezifikationen neuer oder modifizierter AGT sowie an Nachdokumentationen gearbeitet. Genehmigungen der HSK für AGT des PSI schliessen meist die Freigabe der Zwischenlagerung im Bundeszwischenlager (BZL) ein. Auf der Basis der neuen Betriebsbewilligung vom 3. Dezember 2004 für das BZL hat die HSK im Berichtsjahr die Genehmigungen für 17 AGT erteilt.

Die laufenden Konditionierungsarbeiten im PSI betrafen sowohl die aktuell angefallenen eigenen Betriebsabfälle, als auch die gesammelten MIF-Abfälle sowie radioaktives Material aus den Rückbauten. Brenn- und schmelzbare Abfälle wurden für die Verarbeitung im Plasmaofen der ZWILAG bereitgestellt. Ferner wurden ca. 620 t diverse Materialien als inaktiv freigemessen. Der grösste Teil davon stammt aus dem Rückbau der beiden Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR.

Die am 3. Dezember 2004 vom Bundesrat erteilte geänderte Betriebsbewilligung für das BZL erlaubt eine grössere Flexibilität bei den Annahmebedingungen und ein höheres Aktivitätsinventar. Sie berücksichtigt die in den zurückliegenden Jahren gemachten Erfahrungen sowie die Prognosen für das noch zur Verfügung stehende Nutzvolumen des Lagers. Im BZL werden vorwiegend Standard-Fässer (Inhalt 200 Liter) mit konditionierten Abfällen und Klein-Container (bis 4.5 m³) eingelagert. Die Klein-Container enthalten unkonditionierte und endkonditionierte Komponenten, vorwiegend aus dem DIORIT-Reaktor und dem PSI-West. In beschränktem Umfang und mit Auflagen hat die HSK die Aufbewahrung weiterer nicht konditionierter Abfälle zugelassen, sofern dies dem Optimierungsgebot entspricht. Der mit Standard-Fässern belegte Raum war Ende 2005 zu 78% gefüllt.

Die Lagerhallen AB und C, der Stapelplatz und der Umschlagplatz werden für die kurz- und mittelfristige Lagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen vor oder nach deren Konditionierung benutzt. Auch die zur Verarbeitung im Plasmaofen der ZWILAG vorgesehenen Abfälle werden dort aufbewahrt. Das Inventar dieser Lager unterliegt starken Schwankungen. Nach der neuen Betriebsbewilligung erfolgt die Berichterstattung quartalsweise.

Zwischenlager der ZWILAG

Die Lagerteile des Zentralen Zwischenlagers (ZZL) der ZWILAG umfassen die Behälterlagerhalle für abgebrannte Brennelemente und verglaste hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (Glaskokillen), das Lagergebäude für mittelaktive Abfälle (MAA-Lager) und die Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle. Dazu gehören auch das Empfangsgebäude und die Heisse Zelle (abgeschlossener Raum zum Umgang mit stark radioaktiven Stoffen).

Im 2005 wurden fünf Transport- und Lagerbehälter (TL-Behälter) in die Behälterlagerhalle eingelagert. Der Lagerbestand per Ende 2005 betrug 23 TL-Behälter:

- Vier Behälter des Typs CASTOR HAW 20/28 CG mit je 28 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von KKB-Brennelementen bei COGEMA,
- ein Behälter des Typs CASTOR HAW 20/28 CG und 2 Behälter des Typs TN81CH mit je 28 Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung von KKG-Brennelementen bei COGEMA,
- neun Behälter des Typs TN97L mit je 97 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb des KKL,
- vier Behälter des Typs TN24G mit je 37 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb des KKG,
- zwei Behälter des Typs TN24BH mit je 69 abgebrannten Brennelementen aus dem Betrieb des KKM
- sowie der Behälter des Typs CASTOR 1c DIORIT mit den abgebrannten Brennelementen aus dem stillgelegten Reaktor DIORIT des PSI.

Die HSK hat die entsprechenden Einlagerungsanträge zwecks Freigabe geprüft und während der Einlagerungsarbeiten mehrere Inspektionen durchgeführt. Dabei stellte die HSK fest, dass die Arbeiten zweckmässig ausgeführt wurden. Neben den aufgezählten TL-Behältern befinden sich seit September 2003 auch die sechs Grossbehälter mit Stilllegungsabfällen aus dem ehemaligen Versuchsatomkraftwerk Lucens in der Behälterlagerhalle. Im Berichtsjahr hat die ZWILAG den Zustand dieser Behälter untersucht und Ausbesserungsarbeiten durchgeführt.

Im Berichtsjahr wurden 942 Gebinde mit zementierten und bituminierten schwachaktiven Abfällen vom KKG zum MAA-Lager des ZZL transportiert. Ferner wurden 33 konditionierte Gebinde aus den Testbetrieben der Verbrennungs- und Schmelzanlage ins MAA-Lager transferiert. Der Lagerbestand des MAA-Lagers per Ende 2005 betrug 1126 Gebinde.

Die Lagerhalle für schwach- und mittelaktive Abfälle wird zunächst als konventionelles Lager für nicht-radioaktive Ausrüstungen und Materialien benutzt. In diesem Lager werden ca. 3000 leere, vom PSI nicht mehr gebrauchte und im Rahmen einer Vereinbarung von der ZWILAG übernommene Fässer aufbewahrt. Diese Fässer werden in den nächsten Jahren mit schwachaktiven Abfällen gefüllt und für die Beschickung des Plasmaofens benützt.

Abfallbehandlungsanlagen der ZWILAG

Das ZZL umfasst auch eine Konditionierungsanlage sowie eine Verbrennungs- und Schmelzanlage (VSA). Die Konditionierungsanlage dient der Behandlung von schwachaktiven Abfällen aus dem Betrieb und aus der späteren Stilllegung der schweizerischen Kernkraftwerke sowie von nicht α -haltigen radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung. Im Berichtsjahr wurden Sekundärabfälle aus dem Betrieb der ZWILAG-Anlagen verarbeitet sowie Teile des Ofens aus den Revisionsarbeiten der VSA zwecks Weiterverwendung dekontaminiert und gereinigt.

Die VSA ist auf das Verbrennen und Schmelzen von schwachaktiven Abfällen ausgelegt, um so eine volumenreduzierte zwischen- bzw. endlagerfähige Abfallform ohne organische Stoffanteile zu erreichen. Wie im letzten Jahresbericht geschildert, musste der zweite aktive Testbetrieb im Herbst 2004 wegen betrieblicher Probleme (Defekt im Abgussstein) frühzeitig abgebrochen werden. Nach erfolgter Reparatur des Ofens gab die HSK einen dritten aktiven Testbetrieb frei, der von Mitte Februar bis Ende März 2005 stattfand. Infolge von Schwierigkeiten bei der Unterdruckhaltung in der Abgasstrecke musste aber auch dieser Testbetrieb vorzeitig abgebrochen werden. Es stellte sich heraus, dass gewisse Komponenten modifiziert werden mussten. Nach erfolgtem Einbau erteilte die HSK die Freigabe für einen vierten aktiven Testbetrieb, der vom 31. Oktober bis zum 2. Dezember 2005 durchgeführt wurde. Defekt im Kühlwasserkreislauf des Ofens zwang erneut zum vorzeitigen Abbruch. Die ZWILAG stellte fest, dass umfangreiche Reparaturarbeiten am Ofendeckel erforderlich waren, einschliesslich dem Ersatz der Deckelauskleidung. Sie wurden bis Ende Februar 2006 durchgeführt.

Das Betriebsverhalten der VSA ist noch nicht zufrieden stellend. Trotz der aufgetretenen Schwierigkeiten gelang es aber der ZWILAG, 2005 nahezu über 300 Rohabfallgebinde zu verarbeiten, was etwa dem durchschnittlichen jährlichen Anfall an brenn- und schmelzbaren Abfällen in der Schweiz entspricht. Somit ist keine weitere Anhäufung der für die Behandlung in der VSA vorgesehenen Abfallfässer aus den Kernkraftwerken und aus dem Bereich Medizin, Industrie und Forschung zu verzeichnen. Gemäss der Planung der ZWILAG soll der nächste Testbetrieb in den Monaten März und April 2006 stattfinden; auch dieser Testbetrieb bedarf einer Einzelfreigabe der HSK. Mehr zur ZWILAG in Kapitel 3.5 (KSA).

Radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

In La Hague (Frankreich) und Sellafield (Grossbritannien) wird abgebrannter Brennstoff aus schweizerischen Kernkraftwerken durch die Firmen COGEMA und BNGSL (ehemals BNFL) wiederaufgearbeitet. Verglaste hochaktive Abfälle (Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung bei COGEMA stehen für die Rückführung bereit, andere Abfallsorten, insbesondere von BNGSL, noch nicht.

Zwischen 2001 und 2004 fanden insgesamt fünf Rückführungen statt. Im Januar 2005 wurden weitere zwei Behälter in das ZZL transportiert und eingelagert. Vertreter bzw. Experten der HSK begleiteten stichprobenweise die Auslagerung und die Kontrolle der zurückzunehmenden Kokillen sowie die Beladung der TL-Behälter.

Transporte abgebrannter Brennelemente

Im Berichtsjahr fanden sieben Transporte mit abgebrannten Brennelementen ab den schweizerischen Kernkraftwerken statt. Vom KKG gingen drei per Bahn, vom KKM eine Ladung auf der Strasse zur Wiederaufarbeitungsanlage der COGEMA. Drei weitere Transporte erfolgten auf der Strasse vom KKL zur Zwischenlagerung im ZZL. Bei allen durchgeführten Brennelement-Transporten wurden die gefahrtgerechten Grenzwerte für Kontamination und Dosisleistung eingehalten.

Entsorgungsnachweis

Die Überprüfung des umfangreichen Projekts durch die HSK beanspruchte mehr als zwei Jahre und fand ihren Abschluss mit dem Gutachten vom August 2005. Darin wird der Entsorgungsnachweis anhand der im Voraus festgelegten Beurteilungskriterien bewertet. Bei der Beurteilung stützte sich die HSK auch auf das Fachwissen externer Experten, deren Berichte zuhanden der HSK ebenfalls öffentlich zugänglich sind. In erdwissenschaftlichen Belangen liess sich die HSK insbesondere von der Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) beraten, deren Mitglieder vornehmlich im akademischen Bereich tätig sind. Aufgrund ihrer eingehenden Überprüfung des vorgelegten Projekts macht die HSK folgende Feststellungen:

- Die Nagra hat nachvollziehbar aufgezeigt, dass im Zürcher Weinland in geeigneter Tiefe ein genügend grosser Gesteinsbereich des Opalinustons mit den für die Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers erforderlichen Eigenschaften vorliegt.

- Die technische Machbarkeit des vorgelegten Lagers im Opalinuston des Zürcher Weinlands ist für die angegebene Referenztiefe von etwa 650 m gegeben.
- Die Nagra hat nachvollziehbar aufgezeigt, dass der geforderte langfristige Schutz von Mensch und Umwelt mit dem beschriebenen Lagersystem erbracht werden kann; die errechneten Strahlendosen bleiben weit unter dem behördlichen Schutzziel von 0.1 mSv pro Jahr.

Die HSK kommt somit zum Gesamturteil, dass der gesetzlich geforderte Entsorgungsnachweis erbracht worden ist. Sie gibt dem Bundesrat eine entsprechende Empfehlung ab und bezeichnet verschiedene technische Fragestellungen, die im Falle der Weiterentwicklung des beschriebenen Projekts im Hinblick auf eine Realisierung näher zu untersuchen sind. Diese noch zu klärenden Punkte stellen die grundsätzliche Machbarkeit einer sicheren Tiefenlagerung der genannten Abfallkategorien nicht in Frage.

Im Zusammenhang mit der Überprüfung des Entsorgungsnachweises wurde 2003 das Technische Forum Entsorgungsnachweis ins Leben gerufen. Es dient der Beantwortung von technischen und wissenschaftlichen Fragen der Bevölkerung und der Behörden der betroffenen Kantone und des benachbarten Auslands. Im Jahre 2005 tagte das Forum, welches von der HSK geleitet wird, vier Mal. Bis Ende 2005 sind insgesamt 82 Fragen eingegangen, diskutiert und zur Zufriedenheit der Fragesteller beantwortet worden. Weitergehende Angaben hierzu sind unter www.technischesforum.ch zu finden.

An verschiedenen öffentlichen Informationsveranstaltungen zum Entsorgungsnachweis hat die HSK die Ergebnisse ihrer Überprüfung erläutert so z. B. in Marthalen (ZH), Andelfingen (ZH) und Waldshut (D) im September 2005 sowie in Konstanz (D) und Blumberg (D) im November 2005.

Die Nagra hat auf Aufforderung des UVEK die von ihr untersuchten Wirtgesteine und möglichen Standortgebiete in einem Bericht (NTB 05-02) dokumentiert. Er wurde gleichzeitig mit dem HSK-Gutachten und der KSA-Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis im September 2005 veröffentlicht. Die HSK hat die Überprüfung des Berichts in Angriff genommen und wird ihre Stellungnahme dazu im Jahr 2006 abschliessen.

Felslaboratorien

In der Berichtsperiode wurden die Forschungsarbeiten in den beiden Felslaboratorien Mont Terri (Opalinuston) und Grimsel (Kristallingestein) weitergeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen liefern wichtige Grundlagen für die Beurteilung der Sicherheit und der bautechnischen Machbarkeit eines geologischen Tiefenlagers.

Als wichtigste Experimente im Mont Terri sind Untersuchungen über thermisch-hydraulisch-mechanisch gekoppelte Prozesse (Auswirkungen einer Wärmequelle), den Stofftransport (Diffusionsversuche) sowie die Ausbreitung von Gas (Zweiphasenfluss) zu erwähnen. Mehr darüber in den Kapitel 3.6 und 4.7. Die HSK beteiligt sich an Forschungsarbeiten im Mont Terri; Angaben hierzu sind in ihrem Erfahrungs- und Forschungsbericht zu finden.

Im Felslabor Grimsel konzentrierten sich die Arbeiten im Berichtsjahr auf Versuche zum in-situ Verhalten von technischen Barrieren und dem Migrations- und Sorptionsverhalten von Radionukliden sowie Gestein-Wasser-Zement-Wechselwirkungen unter endlagerähnlichen Bedingungen.

Die HSK ist die zuständige Behörde für die Erteilung der strahlenschutzrechtlichen Bewilligungen für Versuche mit radioaktiven Stoffen in den Felslaboratorien und für die Aufsicht über solche Versuche. Sie erteilte 2005 die Bewilligung für einen Laborraum für die Untersuchung radioaktiver Gesteinsproben im Felslabor Grimsel. In diesem Zusammenhang führte sie zur Kontrolle eine Inspektion durch.

3.4 Kommission Nukleare Entsorgung (KNE)

Die Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) hat als unabhängiges Expertengremium des Bundes die Aufgabe, die HSK in geologischen Fragen der nuklearen Entsorgung zu beraten und zu wissenschaftlich-technischen Berichten der Nagra Stellung zu nehmen. Die Kommission umfasst acht Mitglieder, vornehmlich aus dem Hochschulbereich, welche die verschiedenen in der geologischen Tiefenlagerung relevanten erdwissenschaftlichen Fachdisziplinen abdecken.

In der Berichtsperiode standen die Fertigstellung des KNE-Expertenberichtes zum Entsorgungsnachweis, die Mitarbeit im Technischen Forum sowie Öffentlichkeitsarbeiten im Vordergrund der Kommissionsarbeiten. Es fanden insgesamt fünf Kommissionssitzungen statt. Vertreter der KNE nahmen ferner an zwei Eintretensdebatten zum Thema "Sachplan Geologische Tiefenlager" sowie an einer Klausurtagung über "Planung und Strukturen der Entsorgung" teil, die beide vom BFE organisiert wurden.

Im AGNEB-Bericht von letztem Jahr können die wesentlichen Ergebnisse der Überprüfung des Entsorgungsnachweises durch die KNE nachgelesen werden. Die Kommission nimmt in ihrem Expertenbericht von Februar 2005 ausführlich Stellung zu Fragen der Tektonik, der Geodynamik, der Ablagerungsgeschichte des Opalinustons, der Hydrogeologie, der Hydrochemie, der bautechnischen Machbarkeit sowie zu Aspekten lagerinduzierter Prozesse.

3.5 Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA)

Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis BE/HAA/LMA

In der ersten Jahreshälfte 2005 widmete die KSA einen Grossteil der Arbeit ihrer Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis der Nagra. Entsprechend ihrem gesetzlichen Auftrag äusserte sich die KSA nicht nur zum Projekt Entsorgungsnachweis, sondern auch zu allen wichtigen Begutachtungen. Sie kam zu folgendem Schluss:

Auf Grund der Prüfung und Beurteilung der Dokumentation der Nagra, des Gutachtens der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), des Berichts eines Internationalen Review Teams (IRT) der Kernenergieagentur (NEA) der OECD und des Expertenberichts der Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) sowie unter Berücksichtigung weiterer Fachkenntnisse und Literaturdaten kommt die KSA zum Schluss, dass der Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive Abfälle sowie langlebige mittelaktive Abfälle in einem geologischen Tiefenlager erbracht ist.

Im Rahmen der Beurteilung des Entsorgungsnachweises wurden durch HSK, KNE, NEA-IRT und KSA Fragen aufgeworfen, Hinweise und Empfehlungen formuliert sowie Bedarf für Forschung und Entwicklung identifiziert. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Frage der für die Abfallbehälter verwendeten Werkstoffe. Nach Auffassung der KSA soll die Nagra die erwähnten Punkte – begleitend zum Entsorgungsprogramm gemäss Art. 32 KEG und Art. 52 KEV – im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprogramms weiter verfolgen.

Im Hinblick auf die Weiterführung des Programms macht die KSA folgende Empfehlungen:

- *Nach erfolgter Standortwahl soll die Barrierenwirkung der Rahmengesteine genauer abgeklärt und in der Sicherheitsanalyse auch im Referenzfall berücksichtigt werden.*
- *Nach erfolgter Standortwahl soll die Robustheit des Tiefenlagersystems hinsichtlich Einhaltung des Schutzziels 1 der HSK-R-21 durch die Analyse weiterer Fälle systematisch und umfassender untersucht werden.*

- *Um eine Gefährdung der Barrierenwirkung des Opalinuston durch die Gasentwicklung infolge Korrosion der Stahlbehälter zu vermeiden, sollen alternative Behälterwerkstoffe und/oder Behälterkonzepte evaluiert werden. Zudem sollen die Auswirkungen der über längere Zeit erhöhten Temperaturen und Gasdrücke auf die Transporteigenschaften von Opalinuston und Bentonit untersucht werden.*

Anschliessend soll eine integrale Beurteilung der Gasfrage erfolgen.

- *Die Machbarkeit eines Selbstverschlussbauwerks soll in einer Studie abgeklärt werden.*
- *Für die einzelnen Barrieren sollen Mindestanforderungen bzw. Auslegungskriterien festgelegt werden.*
- *Beim Betrieb der Kernanlagen sowie der Behandlung und Konditionierung von Abfällen soll der Abstimmung mit den Erfordernissen der Entsorgung bis und mit geologischer Tiefenlagerung im Sinne einer Optimierung vermehrt Rechnung getragen werden; hinsichtlich BE/HAA gilt dies speziell für die Kernausslegung und die Festlegung des maximalen Abbrands, hinsichtlich LMA für den Gehalt an organischen Stoffen.*
- *Es sollen ein Monitoringkonzept für die Überwachung des Pilotlagers erstellt und die Forschung und Entwicklung für den Einsatz geeigneter langzeitstabiler Messsysteme zielgerichtet vorangetrieben werden.*
- *Es sollen Anforderungen an Festigkeit und Durchlässigkeit der Verschlüsse quantifiziert und in Ausführungsspezifikationen umgesetzt werden.*
- *Die Rückholstudie soll bezüglich der Verlässlichkeit bzw. Reparierbarkeit der automatisierten Rückbaugeräte bei den vorherrschenden Einsatzbedingungen und bezüglich der zum Rückbau eventuell notwendigen Oberflächenanlagen vertieft werden.*
- *Die Nagra soll die im Rahmen der Beurteilung durch HSK, KNE, NEA-IRT und KSA aufgeworfenen Fragen, die Hinweise und Empfehlungen sowie den identifizierten Bedarf an Forschung und Entwicklung – begleitend zum Entsorgungsprogramm gemäss Art. 32 KEG und Art. 52 KEV – im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprogramms weiter verfolgen. Besondere Bedeutung ist dabei der Frage der für die Lagerbehälter verwendeten Werkstoffe beizumessen.*

Im Sinne ihrer Funktion als Beraterin in strategischen Fragen macht die KSA zudem zu grundsätzlichen Aspekten des weiteren Vorgehens bei der Entsorgung der radioaktiven Abfälle die folgenden Empfehlungen:

- *Im Rahmen des von den Abfallproduzenten vorzulegenden Entsorgungsprogramms soll ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm erstellt werden, das regelmässig dem aktuellen Stand von Wissen und Technik angepasst wird und auch sozialwissenschaftliche Untersuchungen und Projekte umfasst.*
- *Die Idee des Entsorgungsrats soll durch den Bund möglichst rasch umgesetzt werden.*
- *Die Nagra soll ihr Management-System unter Berücksichtigung der entsprechenden Empfehlungen der IAEO auf die Norm ISO 9004:2000 ausbauen und künftig laufend dem sich ändernden Stand des Entsorgungsprogramms anpassen.*

In Ergänzung dazu soll die Nagra ein ständiges Gremium von unabhängigen externen Experten bestellen, welches ihre Arbeiten auf Qualität, Vollständigkeit der Nachweisführung sowie die Grundausrichtung ihrer Tätigkeit überprüft.

- *In die Verfahrensschritte, die zur Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung führen, insbesondere die im Anschluss an den Entsorgungsnachweis anstehende Standortwahl, sollen alle wichtigen betroffenen Kreise einbezogen werden. Dieser Einbezug soll in einem geregelten partizipativen Prozess erfolgen, der gemäss dem aktuellen Stand des Wissens durchgeführt wird. Um die Glaubwürdigkeit des Verfahrens sicherzustellen, soll die Federführung beim Bund bzw. bei den betroffenen Kantonen liegen.*

- *Die Erkenntnisse und Daten aus Entwicklungs- und Forschungsarbeiten der Nagra sowie weiterer beteiligter Organisationen und der Behörden sollen von der Nagra in einer Datenbank zusammengestellt werden. Die Nagra soll zudem in ihr QM-System einen Prozess "Wissensmanagement" aufnehmen.*
- *Die Nagra und die Behörden sollen schon jetzt Forschungsarbeiten zur Weitergabe der Informationen über ein verschlossenes geologisches Tiefenlager an spätere Generationen aktiv verfolgen.*

Zentrales Zwischenlager Würenlingen

Das Zentrale Zwischenlager Würenlingen (ZZL) der ZWILAG und insbesondere die Verbrennungs- und Schmelzanlage (VSA) spielen eine Schlüsselrolle im Entsorgungskonzept für die radioaktiven Abfälle in der Schweiz. Seit Beginn ihrer Inbetriebsetzung sind bei der VSA immer wieder Schwierigkeiten aufgetreten. Aus diesem Grund hat die KSA die Entwicklung stets unter grundsätzlichen Aspekten verfolgt.

Eine Fachgruppe der KSA liess sich von der HSK im Berichtsjahr über den Verlauf und die Ergebnisse der beiden Testbetriebe orientieren. Sie nahm dabei zur Kenntnis, dass infolge auftretender Schwierigkeiten beide Testbetriebe beendet wurden, bevor die vorgesehene Abfallmenge verarbeitet war. Die Gesamtmenge der in beiden Testbetrieben verarbeiteten Abfälle war aber etwa gleich, wie die im Berichtsjahr zur Verarbeitung angefallenen Abfälle.

Weiter befasste sich die KSA mit der Qualität der in der Anlage produzierten Abfallgebilde. Da in der VSA die radioaktiven Abfälle unter Zugabe von Glas verarbeitet werden und gemäss Sicherheitsbericht die dabei anfallenden Rückstände in eine Glasmatrix eingeschmolzen werden, liess sich der zuständige Ausschuss der Kommission u. a. durch einen Experten der Universität Bern über den heutigen Stand von Wissenschaft und Technik im Bereich "Verglasung von Abfällen" orientieren. Die KSA stellte fest, dass in Japan die Verglasung der Rückstände aus der Verbrennung der konventionellen Abfälle vorgeschrieben ist und deshalb entsprechend über 40 Anlagen in Betrieb stehen. Nach Auffassung der KSA sollen in der entsprechenden Richtlinie der HSK für Glasmatrizen spezifische Qualitätsanforderungen gemäss dem Stand von Wissenschaft und Technik festgelegt werden. Die KSA konnte zur Kenntnis nehmen, dass die HSK dies in Schritten realisieren will: Die HSK wird vorerst fordern, dass die Glasmatrizen mindestens die an Zementmatrizen gestellten Anforderungen erfüllen müssen. Anschliessend sollen der internationale Stand bei der Herstellung von Glasmatrizen abgeklärt und die Erfahrungen bei der ZWILAG abgewartet werden. Schliesslich wird die HSK die Anforderungen an Glasmatrizen in der Richtlinie festlegen.

Reibungslos verlief der Einlagerungsbetrieb von Abfällen im ZZL

Die Kommission wird den Betrieb der Anlagen der ZWILAG weiterhin unter grundsätzlichen Aspekten verfolgen.

Sachplan Geologische Tiefenlager

Die KSA hat bereits in ihrer Berichterstattung zum Jahr 2004 begrüsst, dass das Standortwahlverfahren nun im Rahmen eines Sachplans "Geologische Tiefenlager" festgelegt wird. Im Berichtsjahr unterstützten zwei Mitglieder der KSA in beratender Funktion die mit der Erarbeitung des Sachplanentwurfs beauftragten Stellen.

3.6 Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG)

Felslabor Mont Terri

Im Rahmen des Mont Terri-Projekts führen zwölf Organisationen aus sechs Ländern (Schweiz, Frankreich, Deutschland, Spanien, Belgien und Japan) seit 1995 gemeinsam ein Forschungsprogramm durch. Im Felslabor werden die geochemischen, hydraulischen und felsmechanischen Eigenschaften des Opalinustons, insbesondere als mögliches Wirtgestein für die Lagerung von radioaktiven Abfällen, abgeklärt.

Bisher konnten rund 45 Experimente erfolgreich abgeschlossen werden. Ende 2005 waren 23 Experimente im Gange. Die zwölf Projektpartner haben für Aufträge an über hundert Hochschulen, Forschungsinstitute und Spezialfirmen bis jetzt 33.9 Mio. CHF investiert. Bedeutendster schweizerischer Projektpartner ist die Nagra mit einem Kostenbeitrag von knapp 30%.

Der 2004 ausgebrochene 110 m lange Forschungsstollen wurde im Verlauf von 2005 mit Experimenten des längerfristigen Forschungsprogramms belegt. Dabei sind vor allem vier neue Grossexperimente zu erwähnen:

- Das Gasmigrationsexperiment: Hierfür wurde im 2005 ein Mikrotunnel ausgebrochen und mit der Instrumentierung begonnen; die Gastests sind für 2006 vorgesehen.
- Das Diffusions- und Retentionsexperiment: Die Durchführbarkeit von Schrägüberbohrungen sind in der entsprechenden Nische erfolgreich getestet worden; die Tracerinjektionen finden 2006 statt.
- Das "Fracture Generation Experiment", bei dem die Kluftbildung in der Auflockerungszone systematisch gemessen und analysiert wird.
- Das Bohrlochversiegelungsexperiment.

Die ersten beiden Experimente stehen unter der Leitung der Nagra. Auftraggeber des dritten Experiments ist die HSK (Mandat an die ETH Zürich). Experiment vier wird von der GRS (Gesellschaft für Reaktorsicherheit und Strahlenschutz in Braunschweig) geleitet. Es wird von der EU mitfinanziert. An den restlichen 19 Experimenten sind alle Partner beteiligt, wobei vor allem die französische ANDRA, die spanische ENRESA und die deutsche BGR zu erwähnen sind.

Zwischen dem BWG als Betreiberorganisation des Felslabors und dem Kanton Jura als Eigentümer des Bauwerks wurde eine neue Konvention ausgehandelt und am 21. November 2005 in Delémont unterzeichnet. Diese Konvention tritt am 1. Juli 2006 in Kraft und regelt die Rechte und Pflichten von Bund und Kanton bezüglich der Nutzung des Felslabors Mont Terri im Detail. Neu entrichtet der Bund dem Kanton eine jährliche Benutzermiete von 60'000 CHF. Der Standortkanton Jura unterstützt und begleitet das Projekt weiterhin mit einer "Commission de Suivi". Infolge der Auflösung des BWG per 31.12.2005 wurde das Mont Terri-Projekt dem Bundesamt für Landestopographie (swisstopo) angegliedert, welches als Rechtsnachfolgerin die Verträge vollumfänglich übernimmt.

Marc Thury, der Gründer des Mont Terri-Projektes, ist am 30. Juni 2005 als Direktor zurückgetreten. Sein Nachfolger ist Paul Bossart, welcher seit 1996 als Projektleiter Mont Terri tätig ist. Als neuer Projektleiter waltet Christophe Nussbaum (Geologe Uni Neuenburg) und als neuer örtlicher Leiter Olivier Meier (Geologe Uni Genf). Beide arbeiten in der Niederlassung St-Ursanne der Geotechnisches Institut AG, die mit der Projektleitung beauftragt wurde.

Das Mont Terri Projekt ist in der Tiefenlagerforschung international anerkannt und steht sowohl in technologischer als auch wissenschaftlicher Hinsicht an vorderster Front. Dank den guten nationalen und kantonalen Rahmenbedingungen können die Forschungspartner ihre Projekte auch in Zukunft sicher durchführen. Weitere Informationen über das Projekt finden sich im Kapitel 4.7 und auf der Webseite www.mont-terri.ch.

3.7 Bundesamt für Gesundheit (BAG)

Im Auftrag des BAG ist das PSI zuständig für die Einsammlung, Konditionierung und Zwischenlagerung von ablieferungspflichtigen radioaktiven Abfällen aus den Bereichen Medizin, Industrie und Forschung (MIF-Abfälle). Die Sammelaktion 2005 fand aus organisatorischen Gründen nicht wie in den Vorjahren im Frühling, sondern erst im Herbst statt. Es beteiligten sich 28 Firmen und Institutionen, welche insgesamt ein Abfallvolumen von 2 m³ abliefern. Davon wurden rund 0.8 m³ in konditionierter Form abgegeben. Die Abfallmenge fiel deutlich geringer aus als im Vorjahr. Ein Lieferant, der üblicherweise hohe Mengen beisteuert, nahm dieses Jahr nicht teil. Die aussergewöhnlich hohe Tritiumaktivität stammte von Tritiumleuchtquellen aus der Leuchtfarbenindustrie.

In der folgenden Tabelle sind die seit 1974 vom PSI entgegengenommenen MIF-Abfälle zusammengestellt:

Aktivität [GBq] ¹						
Jahr	Anzahl Betriebe	β/γ-Strahler		α-Strahler		Volumen ² [m ³]
		Ohne Tritium	Tritium	Ohne Radium	Radium	
1974	16	814	16'280		1	14
1975	23	2'294	15'355	111	36	24
1976	30	333	13'135	74	9	20
1977	38	703	14'430	333	56	30
1978	45	555	58'682	222	36	24
1979	43	185	19'647		20	27
1980	43	259	3'126'167 ³	204	127	36
1981	38	592	482'628	130	9	32
1982	32	148	461'131	614	9	23
1983	53	777	383'024	303	5	26
1984	45	296	599'215	244	6	25
1985	33	648	606'319	237	304 ⁴	19
1986	44	181	428'275	200	4	21
1987	42	562	620'194	48	8	22
1988	36	326	417'915	244	1	21
1989	33	457	590'895	322	23	25
1990	77	1'235	376'741	394	21	26.5
1991	61	547	513'392	413	9	33.6
1992	59	442	383'270	493	20	13.8
1993	50	973	224'940	520	2	29.4
1994	50	18'500 ⁵	375'000	478	10	16
1995 ⁶						
1996	65	74'000 ⁷	871'000	620	10	36.6
1997	39	170	500'000	420	0.5	16.5
1998	22	4'000	1'030'000	170	1	17.2
1999	23	9'460	196'219	141	10	7
2000	22	625	403'000	124	1	3.6
2001	30	468	316'000	118	0.1	4.4

2002	26	208	326'961	54	1.1	11.6 ⁸
2003	31	8030	108'000	61	38	6.2
2004	23	171	1'460'000	57	1.5	4.7
2005	28	823	949'000	3.5	0.6	2

- ¹ Giga Bequerel ($1 \cdot 10^9$ Zerfälle pro Sekunde)
² Bis 1999: abgegebenes Fassvolumen, ab 2000: effektiv abgegebenes Rohvolumen
³ vorwiegend aus der Leuchtfarbenindustrie
⁴ nicht mehr zugelassene Feuermelder
⁵ Bestrahlungsanlage (Co-60)
⁶ in diesem Jahr fand keine Sammelaktion statt
⁷ Radiotherapie-Quellen (Cs-137, Co-60) und industrielle Bestrahlungsanlagen (Co-60)
⁸ inklusive 7.2 m³ aus Kehrichtverbrennungsanlage in Genf

Altlasten aus Bundesbeständen

Ende September wurde bei einem Metallschrottverwerter aufgrund von Ra-226-Überspannungsableitern (Fig. 1) ein Strahlenalarm ausgelöst. Der Ursprung war zunächst nicht bekannt, da die Strahlenquellen in einem Metallblock eingepresst waren (Fig. 2). Aus ersten Untersuchungen musste geschlossen werden, dass es sich um eine illegale Entsorgung handelte. Daher schaltete das BAG die Bundespolizei ein. Der radioaktive Abfall wurde vor Ort in Zusammenarbeit Suva – BAG vom inaktiven Abfall getrennt. In der Zwischenzeit konnte der Ursprung des Abfalls, der aus Armeebeständen stammte, ermittelt werden. Wie diese radioaktiven Stoffe in den Abfall gelangten, ist zurzeit Gegenstand der Ermittlung. Solche Ereignisse zeigen, dass auch in Bundesbetrieben immer noch ältere Gegenstände mit radioaktiven Stoffen im Umlauf sind und bei einer unkorrekten und auch unwissentlichen Entsorgung zu einem deutlichen Mehraufwand und somit zu Mehrkosten führen.



Fig. 1 Überspannungsableiter



Fig. 2 Metallblock mit eingepressten Überspannungsableitern

Tagung des Fachverbandes für Strahlenschutz

Vom 20. bis 23. September fand in Basel unter der Schirmherrschaft des BAG die Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz mit dem Thema "Strahlenschutzaspekte bei der Entsorgung radioaktiver Stoffe" statt. Neben Vorträgen gab es auch eine Posterausstellung zu verschiedenen Themen wie "Schutzkonzepte für Mensch und Umwelt", "Behandlung, Freigabe und Beförderung" oder "gesellschaftliche Aspekte".

3.8 Paul Scherrer Institut (PSI)

Tätigkeiten des PSI zur Behandlung und Beseitigung radioaktiver Abfälle

Das PSI ist nach Artikel 87 der Strahlenschutzverordnung die Landessammelstelle für radioaktive Abfälle, die nicht als Folge der Nutzung von Kernenergie entstehen (MIF-Abfälle). Aus dem Aufsichtsbereich des Bundesamtes für Gesundheit lieferten in diesem Jahr 28 Firmen insgesamt 2 m^3 radioaktive Abfälle ab. Es wurden $9.5 \cdot 10^{14}$ Bq, dominiert von Tritium (H-3), entgegengenommen. Davon entfielen $3.51 \cdot 10^9$ Bq auf α -Strahler.

Die im Jahr 2005 vom PSI zur Verarbeitung übernommenen Abfälle teilten sich wie folgt auf:

Herkunft	Anzahl Fässer à 200 Liter (teilweise umgerechnet)
BAG/SUVA	15.6
PSI	522.9
KKW Beznau	21.0
Total	559.5

In den Anlagen der Sektion "Rückbau und Entsorgung" sind im Berichtsjahr 29 konditionierte 200-l-Fässer hergestellt worden. Zudem wurden 16 Beton-Behälter mit 600 l Fassungsvermögen, die verfestigte brennstoffhaltige Abfälle aus dem Hotlabor des PSI enthalten, vergossen und endkonditioniert.

Die Verbrennungsanlage des PSI für radioaktive Abfälle war 2002 ausser Betrieb genommen worden. Als Konsequenz wurden insgesamt 145 verdichtete Fässer (200 l) mit brennbaren Rohabfällen für die nächste Verbrennungskampagne in der Verbrennungs- und Schmelzanlage der ZWILAG bereitgestellt. Weitere 99 200-l-Fässer, die 2005 angenommen wurden, müssen für eine zukünftige Behandlung bei der ZWILAG noch verdichtet werden.

Im Beschleunigerareal (PSI-West) wurden dieses Jahr fünf Betonkleincontainer befüllt und auf dem temporären Stapelplatz des Beschleunigerareals deponiert.

Forschungsarbeiten am PSI

Zielsetzung

Die langjährigen, übergeordneten Zielsetzungen der Forschungsarbeiten am PSI haben sich im Jahre 2005 nicht geändert und können wie folgt umschrieben werden:

Das Labor für Endlagersicherheit am PSI (LES) führt ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm zur Verstärkung und Vertiefung der wissenschaftlichen Basis der Entsorgung radioaktiver Abfälle in einem geologischen Tiefenlager durch. Es erfüllt eine wichtige nationale Rolle, indem es den Bund und die Nagra in deren Aufgabe unterstützt, Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung sowie aus Kernkraftwerken sicher zu entsorgen. Die Kompetenzen des Labors liegen auf folgenden Gebieten: (a) Grundlagen der Endlagerchemie, (b) Chemie und Physik von Radionukliden an den Grenzschichten von Lagerkomponenten und Gesteinen und (c) Radionuklidtransport und Rückhalte-mechanismen in geologischen Medien und künstlichen Barrieren. Die durchgeführten Arbeiten sind eine Kombination von experimentellen Untersuchungen in Laboratorien für radioaktive Materialien und im Feld, theoretischen Modellentwicklungen sowie der Modellvalidierung. Die Arbeiten werden im Hinblick auf die Schweizer Tiefenlagerprojekte durchgeführt; unter anderem finden die Resultate in den umfassenden Sicherheitsanalysen der Nagra ihre Anwendung. Aus den Untersuchungen zur Wechselwirkung von Radionukliden an Grenzflächen entwickelte sich die mittlerweile zum Projekt gewordene Idee, an der Schweizerischen Lichtquelle (SLS) des PSI eine MikroXAS (Röntgen-Absorption-Spektroskopie)

Strahllinie zu bauen. Die Fertigstellung dieser Strahllinie nähert sich dem Ende und der Betrieb für auswärtige Benutzer ist für Sommer 2006 vorgesehen. Als spezielle Eigenschaft können an dieser Strahllinie radioaktive Proben untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde ein modulares, lokales Abschirmsystem entwickelt und ein neuartiges Probenhaltersystem gebaut.

Schwerpunkte der Arbeiten

In den vergangenen Jahren war das PSI öfters mit der Beantwortung von Fragen zu Modellkonzepten und Parameterwahl für den Entsorgungsnachweis beschäftigt, welche von den Behörden gestellt und von der Nagra an das PSI weitergeleitet wurden. Diese Art von Aufgaben wurde auch im Berichtsjahr wahrgenommen. Im Rahmen der technischen Überprüfung des Entsorgungsnachweises machten OECD/NEA, HSK und KNE Empfehlungen und Angaben, in welchen Bereichen die wissenschaftlichen Grundlagen zu verstärken seien. Mit entsprechenden Forschungsaktivitäten folgte das LES diesen Hinweisen. Sie werden im 2006 fortgesetzt.

Strategische Schwerpunkte bleiben aber der diffusive Transport von Radionukliden durch Bentonite und Opalinuston, die Rückhaltemechanismen für Radionuklide und das Verhalten von Radionukliden in Zement. Mit dem generellen Ziel, für solche Prozesse ein vertieftes Verständnis zu gewinnen, werden diese Arbeitsschwerpunkte durch entsprechende Grundlagenforschung unterstützt.

Im Bereich "geochemische Grundlagen von Endlagersystemen" bleibt die Mitwirkung bei internationalen Review-Arbeiten eine wichtige Aktivität, so z.B. in der NEA TDB (Thermodynamic Data Base) Phase III und im NEA-Projekt über die Richtlinien zur Evaluation thermodynamischer Daten für feste Lösungen (Guidelines Solid Solutions). Mit Hilfe des geochemischen Speziationsprogramms GEMS werden Fragestellungen zur Unsicherheit thermodynamischer Daten und insbesondere deren Einfluss auf Rechenergebnisse angegangen. Eine Doktorarbeit über die thermodynamischen Eigenschaften und das solid solution Verhalten von LDH-Phasen (Layered Double Hydroxides) wurde begonnen. In Vorbereitung ist eine internationale Zusammenarbeit zwischen LES und JNC (dem Japan Nuclear Cycle Development Institute) über die Bildung fester Ra/Ba - SO₄ Lösungen. Die Bildung solcher Festphasen vermag Radium-Löslichkeiten um Grössenordnungen zu vermindern.

Die Untersuchungen zur Sorption von Radionukliden auf Tongesteinen, Tonmineralien, Zement und Zementbestandteilen wurden fortgesetzt.

Aufgrund umfangreicher eigener Daten und mittels thermodynamischer Sorptionsmodellierung ist es gelungen, eine lineare Beziehung zwischen der Stärke von Oberflächenkomplexen an Montmorillonit und den aquatischen Hydrolysekonstanten für elf verschiedene chemische Elemente abzuleiten. Diese Arbeit wurde durch eine Studie vervollständigt, welche das Konkurrieren sicherheitsrelevanter Nuklide um die effektiv zur Verfügung stehenden Sorptionsstellen näher beleuchtet. Solche Betrachtungen sind für eine realistische Bewertung der Sorptionsmodellierung in den Sicherheitsstudien von Bedeutung. Ebenfalls untersucht wird der Einfluss der Lösungsschemie (der Komplexbildung) auf das Sorptionsverhalten. Diese Arbeiten werden im Rahmen der EU-Programme NF-PRO (Montmorillonit/Bentonit) und FUNMIG (Illit/Opalinus Ton) abgewickelt. Beide Forschungsprogramme werden wichtige Grundlagen für die in den Sicherheitsanalysen benötigten Sorptionsdatenbanken liefern.

Weitergeführt wurden auch die Arbeiten zur Wechselwirkung von Radionukliden mit Zement und Zementbestandteilen. Sie sind im Zusammenhang mit der Tiefenlagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen zu sehen. Auch hier stehen die Untersuchungen zur Sorption und zum Einbau von Radionukliden in Zementphasen im Vordergrund, und zur Abklärung der Mechanismen wird eine breite Palette von nasschemischen und spektroskopischen Methoden wie z.B. XAS (Röntgenabsorptionsspektroskopie) and TRLFS (Laserfluoreszenzspektroskopie) im Rahmen internationaler Zusammenarbeiten eingesetzt. Als Teil der bestehenden Zusammenarbeit mit JNC verbrachte ein LES-Mitarbeiter einen 6-monatigen Studienaufenthalt in Japan, wo er die Einbindung von Radium in Zement und Zementphasen untersuchte.

Dominanter Transportmechanismus im Opalinuston ist die Diffusion der Radionuklide, wobei hohe Sorptionswerte die darauf basierenden Dosisberechnungen entscheidend beeinflussen. In den Entsorgungsnachweis sind aufgrund intensiver Überarbeitungen teilweise sehr hohe Sorptionswerte eingeflossen. Diese hohen Werte müssen nun auch noch durch Diffusionsexperimente an natürlichen Gesteinsproben bestätigt werden. Stark sorbierende Tracer werden aber in experimentell zugänglichen Zeiten nur über sehr kurze Distanzen transportiert. Das LES hat deshalb neue Methoden entwickelt, um Tracerverteilungen im Millimeterbereich untersuchen zu können. Die am PSI entwickelte Technik des "Abrasive Peeling" wurde mittels der stark sorbierenden Spurenelemente Co und Eu überprüft und bestätigt. Parallel dazu werden alternative Techniken basierend auf Mikro-Fluoreszenz-Messungen und Laser-Abtragung geprüft. Ein Grossteil der Laborarbeiten zur Diffusion steht in direktem Zusammenhang mit laufenden und geplanten Feldexperimenten am Mont Terri. Des Weiteren sind Langzeit-Diffusionsexperimente (über 5 bis 15 Jahre) im Felslabor Mont Terri in Planung.

Die Zusammenarbeit mit in- und ausländischen Partnern wurde fortgesetzt. Partner sind insbesondere die deutschen Forschungszentren Karlsruhe und Rossendorf sowie das französische Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), aber auch eine ganze Reihe von Universitäten und weiteren Forschungsinstitutionen. Im 6. Rahmenprogramm der EU beteiligt sich das LES an einem "Network of Excellence", dem ACTINET 6, und an den beiden "Integrierten Projekten" NF-PRO und FUNMIG.

Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften, in Berichten und an Fachkonferenzen sind im Anhang IV aufgeführt.

4. Nagra

Die Verursacher radioaktiver Abfälle sind gemäss Kernenergiegesetz verantwortlich für deren dauernde und sichere Entsorgung. Die Betreiber der Kernkraftwerke haben deshalb gemeinsam mit der Schweizerischen Eidgenossenschaft, welche für die radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung zuständig ist, im Jahr 1972 die Nagra gegründet. Die Nagra hat den Auftrag, die technisch-wissenschaftlichen Grundlagen für die langfristig sichere Entsorgung der Abfälle zu erarbeiten. Sie wird dabei vom Bund beaufsichtigt. Sie arbeitet zusammen mit dem Paul Scherrer Institut (PSI), zahlreichen in- und ausländischen Hochschulen, Fachinstitutionen, Ingenieur- und Geologiebüros sowie den Genossenschaftlern der Nagra. Ende 2005 waren bei der Geschäftsstelle in Wettingen 88 Personen angestellt (entsprechend 74,3 Vollzeitpensen).

In den folgenden Abschnitten wird über die wichtigsten Tätigkeiten des Jahres 2005 berichtet. Eine umfassendere Darstellung (inkl. Jahresabschluss) erfolgt im Geschäftsbericht der Nagra. In der Reihe der Nagra Technischen Berichte (NTBs) werden die Resultate der Untersuchungen publiziert. Eine Liste der im Jahr 2005 erschienenen NTBs findet sich im Anhang IV.

4.1 Entsorgungsprogramm

Das schweizerische Entsorgungskonzept sieht zwei Tiefenlager vor: eines für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) und eines für abgebrannte Brennelemente, hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle (BE/HAA/LMA).

Das Kernenergiegesetz (KEG) verlangt, dass die Entsorgungspflichtigen ein Entsorgungsprogramm für alle Arten von Abfällen erstellen. Dieses wird von den Bundesbehörden geprüft und vom Bundesrat genehmigt. Die Nagra wurde von den Entsorgungspflichtigen beauftragt, ein solches Entsorgungsprogramm auszuarbeiten. Da zurzeit gewisse Rahmenbedingungen noch nicht geklärt sind (Entscheidung des Bundesrates zum Entsorgungsnachweis, Festlegung des Standortwahlverfahrens im Konzeptteil des Sachplans "Geologische Tiefenlager") haben sich die Arbeiten im Jahr 2005 im Wesentlichen auf die Erarbeitung von geologischen Grundlagen beschränkt. Für die zukünftigen Arbeiten wird das modellhafte Inventar der radioaktiven Abfälle aktualisiert. Schliesslich wird der Stand der Forschung und Entwicklung beurteilt, um die Stossrichtung der zukünftigen Arbeiten festzulegen. Einen wichtigen Input zum Entsorgungsprogramm wird die Kostenstudie 2006 bilden. Die heutige Planung geht davon aus, dass das Entsorgungsprogramm bei Vorliegen der Vorgaben vom Bund basierend auf den erarbeiteten Grundlagen in relativ kurzer Zeit fertig gestellt werden kann.

4.2 Radioaktive Abfälle

Eine Dienstleistung für die Abfallverursacher war auch im Jahr 2005 die Führung und Weiterentwicklung des zentralen Inventars der existierenden Abfälle und Materialien. Dieses umfasst alle Abfallgebinde, die bei den Kernkraftwerken, beim ZWILAG und im Bundeszwischenlager gelagert sind. Das Inventar wird sowohl für die Lagerbewirtschaftung vor Ort als auch für die Projekte der Nagra benötigt und es ermöglicht, zu jeder Zeit einen vollständigen Überblick über alle in der Schweiz produzierten und gelagerten radioaktiven Abfälle und Materialien zu haben. Darauf aufbauend wurden die Arbeiten zur vollständigen Revision und zum Ausbau des von der Nagra geführten "Modellhaften Inventars radioaktiver Materialien (MIRAM)" weitergeführt. Hier werden auch die Eigenschaften und Mengen künftig anfallender Abfälle erfasst. MIRAM wird für die Planung der geologischen Tiefenlager benötigt.

Die für die qualitätsgesicherte Konditionierung wichtigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Abfallprodukten am PSI wurden weitergeführt. Der entsprechende Vertrag wurde um weitere fünf Jahre verlängert. Auch die Arbeiten zur Messung von Aktivitätsinventaren von Betriebsabfällen beim "Radiochemischen Institut der Technischen Universität München" liefen planmässig – erstmals wurden Abfallproben des ZWILAG-Plasmaofens nach München geliefert. Alle Resultate aus diesen Arbeiten fliessen in das zentrale Inventar der Nagra ein.

Als Auftragsarbeit wurden für das PSI Abfallspezifikationen für Abfälle aus dem Bereich Medizin, Industrie und Forschung erstellt und für das CERN das bereits im Jahr 2004 gestartete Projekt zur Erstellung eines Abfallregisters fortgeführt.

Schliesslich wurden auch im Berichtsjahr wieder Endlagerfähigkeits-Bescheinigungsverfahren (ELFB) für Abfälle der Kernkraftwerke, des ZWILAG und des PSI durchgeführt. International wurden die Arbeiten für eine IAEA-Datenbank mit weltweiten Abfalldaten weitergeführt. Im Rahmen einer NEA-Arbeitsgruppe für die Planung und Durchführung von KKW-Stilllegungsprojekten sind verschiedene Dokumente erarbeitet worden.

4.3 Entsorgung der schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA)

Bei den SMA stehen demnächst entscheidende Weichenstellungen an. Im Sachplan "Geologische Tiefenlager" werden die Behörden das künftige Auswahlverfahren festlegen. Die Nagra hat im letzten Jahr die geologischen und technischen Grundlagen dazu vorbereitet. Auch die Kenntnisse zu den Abfalleigenschaften und Abfallmengen, den technischen Einschlusskonzepten und den sicherheitsrelevanten Eigenschaften verschiedener Wirtgesteine sind weiter vertieft worden.

Mögliche Tiefenlager-Standorte sollen in Zusammenarbeit mit den Kantonen und Regionen festgelegt werden. Für das Standortwahlverfahren werden die Auslegung der Lagerkavernen und technische Einschlusskonzepte für verschiedene Gesteinsoptionen vorbereitet. Untersucht wird auch die Möglichkeit, an einem Standort Lagerkavernen für alle Abfallarten zu erstellen.

4.4 Entsorgung abgebrannter Brennelemente (BE), hochaktiver Abfälle (HAA) und langlebiger mittelaktiver Abfälle (LMA)

Die Betreiber von Kernkraftwerken sind vom Gesetz verpflichtet, den Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle zu erbringen (sog. Entsorgungsnachweis). Der Bundesrat hat 1988 diesen Nachweis für die SMA als vollständig, für die BE/HAA/LMA als nur teilweise erbracht genehmigt. Um diese Aufgabe abzuschliessen, hat die Nagra Ende 2002 die Berichte zum Entsorgungsnachweis für BE/HAA/LMA basierend auf dem Projekt Opalinuston eingereicht.

Sicherheitsbehörden empfehlen Entsorgungsnachweis zur Genehmigung

Die Sicherheitsbehörden und Kommissionen des Bundes (HSK, KSA und KNE) sind sich einig, dass der gesetzlich geforderte Entsorgungsnachweis für die BE/HAA/LMA erbracht ist. Bereits 2004 hatte eine vom Bundesamt für Energie bestellte internationale Expertengruppe der OECD/NEA dem Sicherheitsbericht des Entsorgungsnachweises der Nagra gute Noten ausgestellt.

In den Gutachten und Stellungnahmen der überprüfenden Gremien werden offene Fragen identifiziert und Empfehlungen für weitere Abklärungen gemacht. Die offenen Fragen stellen gemäss Behörden die grundsätzliche Machbarkeit einer sicheren Tiefenlagerung nicht in Frage. Die Empfehlungen sind wichtige Hinweise zur Ausgestaltung der künftigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Zahlreiche Fragestellungen werden bereits bearbeitet, so beispielsweise im Felslabor Mont Terri.

Im Zusammenhang mit der Überprüfung des Entsorgungsnachweises hatte das BFE eine Arbeitsgruppe "Information und Kommunikation" sowie ein "Technisches Forum" eingesetzt (siehe Kap. 3.3). Die Nagra ist im Technischen Forum vertreten und hat zu verschiedenen technischen Fragen Stellung genommen. Sie wurde auch zu den Sitzungen der Arbeitsgruppe Information und Kommunikation beigezogen.

Wie weiter nach dem Entsorgungsnachweis

Die Bundesbehörden haben deutlich zum Ausdruck gebracht, dass der Entsorgungsnachweis keine Standortwahl bedeutet und das Verfahren zur Standortwahl in einem Sachplan Geologische Tiefenlager geregelt wird. Die Nagra hat im September 2005 einen vom Bundesrat geforderten Bericht vorgelegt, der die aus sicherheitstechnisch-geologischer Sicht möglichen Wirtgesteine und Gebiete darstellt und beurteilt (NTB 05-02). In ihrer Beurteilung kommt die Nagra zum Schluss, dass der Opalinuston gegenüber anderen möglichen Wirtgesteinen sicherheitstechnisch-geologische Vorteile aufweist und für den Opalinuston verschiedene Gebiete in Betracht kommen. Der Bericht wurde zusammen mit den Dokumenten zum Entsorgungsnachweis öffentlich aufgelegt. Er wird den Behörden als eine der Entscheidungsgrundlagen für das weitere Vorgehen dienen.

4.5 Überprüfung der Endlagerkosten

Zur finanziellen Sicherung der Entsorgung werden durch die Kernkraftwerkbetreiber Rückstellungen getätigt. Für die Kosten, welche nach Betriebsende der Kernkraftwerke anfallen, werden die Mittel im Entsorgungs- bzw. Stilllegungsfonds geüfnet. Die letzte Schätzung der Entsorgungskosten wurde 2001 durchgeführt. Sie soll 2006 aktualisiert werden. Dazu sind die Grundlagen (insbesondere Abfallmengengerüste) und die modellhaften Projekte für die Lager SMA und HAA zu aktualisieren, die Realisierungsprogramme (inkl. Zeitpläne) zu prüfen und bei Bedarf anzupassen. Weiter sind Leistungsbeschriebe zu erstellen und Einheitskosten zu ermitteln, um dann die Gesamtkosten und ihren zeitlichen Anfall zu errechnen. Im Auftrag der Entsorgungspflichtigen hat die Nagra im Jahr 2005 mit der Vorbereitung dieser Arbeiten begonnen.

4.6 Technische Grundlagen

In der Phase zwischen der Einreichung des Entsorgungsnachweises und den nachfolgenden Bewilligungsschritten für geologische Tiefenlager wird der Forschungsschwerpunkt auf die Konsolidierung und Bestätigung der erarbeiteten Grundlagen gelegt. Dazu liefern die Gutachten und Stellungnahmen der Behörden viele Hinweise und Empfehlungen.

Auf dem Gebiet der geochemischen Rückhalteprozesse und Transportmechanismen werden die meisten Arbeiten zusammen mit dem Labor für Endlagersicherheit (LES) am PSI durchgeführt. Die gegenwärtigen Arbeitsgebiete umfassen für die Tiefenlagerung der HAA den diffusiven Transport von Radionukliden durch die Ton-Barriere (Bentonit, Opalinuston) und die dabei wirksamen Rückhalte-mechanismen, für die Tiefenlagerung der SMA und LMA die Radionuklid-Rückhaltung im Zementnahfeld. Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt liegt bei der Verbesserung der Grundlagen zur Beschreibung und zum Verständnis der relevanten Prozesse.

Die Arbeiten zu den technischen Barrieren werden zum grossen Teil im Rahmen von EU-Projekten durchgeführt. Sie betreffen den Einfluss der Wärmeproduktion der hochaktiven Abfälle im Opalinuston und in Granit, die Gasfreisetzung aus Tiefenlagern, das Langzeitverhalten abgebrannter Brennelemente, die Verbesserung des Verständnisses der wichtigsten Prozesse im Nahfeld und die Weiterentwicklung von Entsorgungskonzepten.

4.7 Felslabors

Felslabor Grimsel (FLG)

Einen wesentlichen Anteil am Erfolg der laufenden Phase VI (2003 – 2013) im Felslabor Grimsel haben die beteiligten Universitäten und Forschungsinstitute (z. B. Universität Bern, ETH, PSI). Als neuer Partner beteiligt sich die Japanische Organisation AIST (Association for Iron & Steel Technology) an Untersuchungen der Phase VI. An einem Meeting des "Steering Committee" im Mai 2005 diskutierten

Vertreter der Partnerorganisationen die Resultate und Arbeitsprogramme der laufenden Projekte der Phase VI und widmeten sich der Planung neuer Projekte.

Ein Schwerpunkt der Phase VI sind Projekte, die das Verständnis der technischen Barrierensysteme weiter vertiefen und deren praktische Umsetzung im Massstab 1:1 unter realistischen Bedingungen (Bau und Betriebsphase eines Lagers) aufzeigen. Weiter genutzt wird die Möglichkeit, im FLG das Transportverhalten von Radionukliden mit Feldversuchen zu überprüfen. Auch hier werden mit neuen Versuchskonzepten die Randbedingungen eines Lagers möglichst realistisch nachvollzogen. Nach intensiven Planungs- und Vorbereitungsarbeiten in den Jahren 2003 und 2004 stand die konkrete Umsetzung der Versuchskonzepte im Vordergrund. Unterstützt werden die Feldarbeiten durch umfassende Laborprogramme und Modellierungsarbeiten. Zurzeit werden 20 zum Teil mehrjährige Experimente durchgeführt. Ein Überblick über die Untersuchungen im Felslabor Grimsel findet sich auf der englischsprachigen Website www.grimsel.com.

Es ist wichtig, das Know-how an zukünftige Generationen weiterzugeben. Zusammen mit dem ITC (International Training Center, www.itc-school.org) leistet das FLG als Mitglied der IAEA-Initiative "Centres of Excellence" einen Beitrag zum langfristigen Know-how-Erhalt.

Im zentralen Bereich des FLG wurde ein Labor eingerichtet, sodass nun radiochemische Analysen von Gesteinsproben direkt im FLG möglich sind. Die hierzu nötige Bewilligung wurde von der HSK für die Zeitspanne von 2005 bis 2013 erteilt.

Felslabor Mont Terri (FMT)

Das Forschungsprojekt Mont Terri erlaubt es der Nagra, die relevanten Eigenschaften der Gesteinsoption "Opalinuston" hinsichtlich der Lagerung radioaktiver Abfälle für zukünftige Bewilligungsverfahren weiter zu untersuchen. Das Projekt stellt damit in nächster Zukunft eine günstige Möglichkeit dar, das Wissen über die Eigenschaften des Opalinustons als Wirtgestein ohne Notwendigkeit eines Felslabors in einer potenziellen Standortregion zu vergrössern.

In der ersten Jahreshälfte konnte das Forschungsprogramm der 10. Projektphase planmässig abgeschlossen werden. Die Nagra war an 19 von insgesamt 31 Experimenten beteiligt, wobei drei Versuche im Rahmen des 5. Forschungsrahmenprogramms der EU abgewickelt wurden.

Die Beteiligung der Nagra an der aktuellen Projektphase 11 (Juli 2005 – Juni 2006) beinhaltet die Weiterführung ausgewählter Experimente aus der vorangehenden Phase. Neue Experimente sind in Phase 11 nicht vorgesehen. Mit eingeschlossen ist die Beteiligung an Projekten des 6. Forschungsrahmenprogramms der EU. Die ausgewählten Experimente liefern in wichtigen Bereichen der geologischen Tiefenlagerung – Geochemie, Felsmechanik, Hydrogeologie, Radionuklidtransport und Gasmigration – einen wesentlichen Beitrag zur Vertiefung und Bestätigung wichtiger Sicherheitsaspekte in Hinblick auf zukünftige Bewilligungsverfahren. Basierend auf den Erfahrungen und Erkenntnissen aus dem Projekt "Entsorgungsnachweis" liegt das Schwergewicht der geplanten experimentellen Tätigkeiten der Nagra bei der Diffusion von Radionukliden im Opalinuston, der Gasmigration, bei der zeitlichen Entwicklung der Auflockerungszone (Selbstabdichtung) sowie beim Aufbau eines Langzeitexperiments zur Wechselwirkung zwischen Zement und Tongestein. Speziell diese Experimente nutzen den in der Projektphase 10 durchgeführten Ausbau des Felslabors optimal aus.

Mehr zum Felslabor Mont Terri in Kapitel 3.6

4.8 Öffentlichkeitsarbeiten

Entsorgungsnachweis – Information und Dialog

Im Zusammenhang mit dem Entsorgungsnachweis hat die Zahl der Veranstaltungen und Vorträge, an denen Vertreter der Nagra involviert waren, deutlich zugenommen. Die Nagra hat sich im Herbst auch mit Vorträgen und einem Stand an den beiden Informationsanlässen des BFE beteiligt. An einem zweitägigen Informationsbesuch liess sich der Ausschuss für Verkehr und Umwelt des Landtags Baden-Württemberg in den Felslabors Grimsel und Mont Terri über die Forschungsarbeiten und den Stand der Entsorgung in der Schweiz orientieren. Anfang September wurde auf Wunsch der Arbeitsgruppe Opalinus eine Inforeise für Vertreter von Weinländer Gemeindebehörden nach Deutschland (Gorleben) und Frankreich (Bure, Centre de l'Aube) durchgeführt. An zwei Informationsreisen nach Schweden und Finnland konnten sich Politiker und Behörden ein Bild über den Stand der Entsorgung in diesen Ländern machen.

Direkte Kontakte durch Infotour, Ausstellungen und Besichtigungen

Mit der Informationstour besuchte die Nagra im Sommer acht Städte in der Deutschschweiz und im Herbst neun Ortschaften im Zürcher Weinland. Der Slogan "Die Schweiz hat radioaktiven Abfall. Wir kümmern uns darum. Nagra. Wer sonst." bildete das Zentrum der Diskussionen und erinnerte die Bevölkerung an eine wichtige zu lösende Aufgabe. Die Nagra war zudem an der Gewerbeausstellung in Embrach und an den Herbstmessen in Schaffhausen und Winterthur vertreten und nahm am "2. Schweizerischen Geologentag" in Luzern mit einem Ausstellungsstand teil. Ein beliebtes Besucherziel sind die Felslabors auf der Grimsel (BE) und im Mont Terri (JU). Über 2000 Personen besuchten die Labors und konnten "Forschung unter Tage" hautnah miterleben.

Auskunftsstelle für Medien, Einzelpersonen und Schulen

Im Jahr 2005 wurden rund 1000 Beiträge über die Thematik Entsorgung radioaktiver Abfälle in den Schweizer Medien publiziert. Wichtigste Themen waren die Auflage des Entsorgungsnachweises, der "Optionenbericht" der Nagra und der Sachplan "Geologische Tiefenlager". In verschiedenen Zeitschriften wurden Fachartikel über den Stand der Entsorgung publiziert.

Durch den Informationsservice wurden über 300 Anfragen beantwortet und ebenso viele Pakete mit Broschüren, DVDs und Videos an Einzelpersonen, Schulen, Organisationen und Verbände versandt. Das Messen von Radioaktivität stösst vor allem bei Schulen auf Interesse: die 40 Messgeräte der Nagra waren ständig im Umlauf.

Informationsschriften und elektronische Medien

Der Geschäftsbericht erschien in neuem Layout. "nagra News" wurde umgestaltet und erscheint neu unter dem Namen "nagra Info". Im Berichtsjahr wurden vier Ausgaben herausgegeben. Für das Felslabor Grimsel wurde eine neue Broschüre erstellt. Die Printprodukte werden in mehreren Sprachen publiziert. Die Website www.nagra.ch wurde im Berichtsjahr ans neue Erscheinungsbild der Nagra angepasst und überarbeitet. Die Site steht in drei Sprachen zur Verfügung. Neu sind insbesondere eine Fragen/Antworten-Rubrik, eine umfangreiche Bildergalerie mit Downloadmöglichkeit und ein Shop mit Bestell- oder Downloadmöglichkeit vieler Druckerzeugnisse. Im fachlichen Teil wurde eine umfangreiche Rubrik über Radioaktivität eingefügt und die Rubrik Entsorgung ergänzt. Im Jahr 2005 ist die Site täglich von rund 280 Gästen besucht worden.

5. Anhänge

Anhang I: Ablieferung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle der Elektrizitätswirtschaft

Aus den in Betrieb stehenden schweizerischen Kernkraftwerken wurde im Jahr 2005 folgende Brennstoffmenge zur Wiederaufarbeitung abgeliefert:

KKW	WA-Anlage	Anzahl BE	Transportierte Menge [kg SM _{init} ¹]
Beznau I + II (KKB I + II)	Sellafield	--	--
	La Hague	--	--
Mühleberg (KKM)	Sellafield	--	--
	La Hague	7	1'255
Gösgen (KKG)	Sellafield	--	--
	La Hague	36	15'411
Leibstadt (KKL)	Sellafield	--	--
	La Hague	--	--

Nachfolgende Tabelle enthält die Menge der in Sellafield und La Hague aufgearbeiteten Brennelemente im Berichtsjahr sowie die total bis heute verarbeitete Menge:

	Stand 31.12.2004 [t SM _{init}]	2005	Stand 31.12.2005 [t SM _{init}]
Sellafield	156.4	95.2	251.6
La Hague	658.9	0	658.9

Zur Zwischenlagerung ins ZZL der ZWILAG kamen im 2005:

KKW	Anzahl Behälter	Anzahl BE	Transportierte Menge [kg SM _{init}]
Beznau I + II (KKB I + II)	--	--	--
Mühleberg (KKM)	--	--	--
Gösgen (KKG)	--	--	--
Leibstadt (KKL)	3	291	53'480

¹ SM_{init}: Schwermetall vor Einsatz im Reaktor

Die folgende Anzahl Kokillen mit verglasten Wiederaufarbeitungsabfällen wurde 2005 vom Wiederaufarbeiter zur Zwischenlagerung in die ZWILAG geliefert:

KKW	WA-Anlage	Anzahl Behälter	Anzahl Kokillen
Beznau I + II (KKB I + II)	Sellafield	--	--
	La Hague	1	28
Mühleberg (KKM)	Sellafield	--	--
	La Hague	--	--
Gösgen (KKG)	Sellafield	--	--
	La Hague	1	28
Leibstadt (KKL)	Sellafield	--	--
	La Hague	--	--

Im Weiteren wurden für Nachbestrahlungsuntersuchungen (NBU) Brennstäbe und für Experimente im PSI oder an der EPFL einzelne Pellets vom KKG abtransportiert:

- Fünf Brennstäbe an das PSI, Würenlingen, sechs Brennstäbe ans ITU, Karlsruhe, zur NBU,
- 26 unbestrahlte Pellets an die EPFL und 130 unbestrahlte Pellets ans PSI für Experimente.

Ferner wurden von KKG, KKM und KKL zusammen 274 Fässer à 200 l mit brennbarem Abfall zur Veraschung ins ZWILAG befördert. Diese Zahl umfasst auch die Fässer, welche insgesamt 272 Filtereinheiten aus dem KKL enthalten.

Aus dem KKM wurden zwecks Konditionierung 49 Fässer à 200 l mit nicht brennbaren Rückständen ebenfalls ins ZWILAG transportiert. Aus dem KKG wurden ca. 3.5 t metallische Einzelstücke zwecks weiterer Verarbeitung an das ZWILAG abgeliefert.

Anhang II: Abkürzungsverzeichnis

AEN	Agence pour l'énergie nucléaire
AGNEB	Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung / Groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets nucléaires
AGT	Abfallgebindetyp
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
AkEnd	Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BE	(abgebrannte) Brennelemente
BE/HAA/LMA (deutsch)	ECI/DHR/DMRL (französisch)
BFE	Bundesamt für Energie
BNFL	British Nuclear Fuels plc
BWG	Bundesamt für Wasser und Geologie
BZL	Bundeszwischenlager
CFS	Commission mixte franco-suisse de sûreté nucléaire
COGEMA	Compagnie générale des matières nucléaires (Frankreich)
COWAM	Community Waste Management
CSA	Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires
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
DMRL	Déchets moyennement radioactifs à longue durée de vie
DSK	Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen
DSN	Division principale de la sécurité des installations nucléaires
ECI	Eléments de combustible irradiés
EKRA	Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle
FSC	Forum on Stakeholder Confidence (Untergruppe RWMC)
HAA	Hochradioaktive Abfälle
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
IAEA	International Atomic Energy Agency, auf deutsch IAEO (Internationale Atomenergie-Organisation)
INES	International Nuclear Event Scale (international gebräuchliche Bewertungsskala)
IPS	Institut Paul Scherrer
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen

KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk
KNE	Kommission Nukleare Entsorgung
KSA	Eidg. Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen
LENu	Loi sur l'énergie nucléaire
LMA	Langlebige mittelradioaktive Abfälle
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
NEA	Nuclear Energy Agency
OENu	Ordonnance sur l'énergie nucléaire
OFEG	Office fédéral des eaux et de la géologie
OFEN	Office fédéral de l'énergie
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OFSP	Office fédéral de la santé publique
ORaP	Ordonnance sur la radioprotection
PSI	Paul Scherrer Institut
RWMC	Radioactive Waste Management Committee
SMA	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle
StSV	Strahlenschutzverordnung
TCD	Type de colis de déchets
TE	(Conteneur de) transport et d'entreposage
TL	Transport- und Lager(-behälter)
UVEK	Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VSA	Verbrennungs- und Schmelzanlage
ZWIBEZ	Zwischenlager Kernkraftwerk Beznau
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG
ZZL	Zentrales Zwischenlager

Anhang III: Internet-Adressen

Organisation/Thema	Adresse
Bundesamt für Energie	www.bfe.admin.ch
Bundesamt für Gesundheit	www.bag.admin.ch
Community Waste Management	www.cowam.com
Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen	www.ksa.admin.ch
Entsorgungsfonds	www.entsorgungsfonds.ch
Entsorgungsnachweis	www.entsorgungsnachweis.ch
Forum VERA (Verantwortung für die Entsorgung radioaktiver Abfälle)	www.forumvera.ch
Felslabor Grimsel	www.grimsel.com
Felslabor Mont Terri	www.mont-terri.ch
Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen	www.hsk.ch
Internationale Atomenergie-Organisation	www.iaea.org
Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle	www.nagra.ch
Nuclear Energy Agency	www.nea.fr
Paul Scherrer Institut	www.psi.ch
Sachplan Geologische Tiefenlager	www.radioaktiveabfaelle.ch
Stilllegungsfonds	www.stillegungsfonds.ch
Technisches Forum Entsorgungsnachweis	www.technischesforum.ch
The World's Nuclear News Agency	www.worldnuclear.org/index.cfm

Anhang IV: Liste der im Berichtsjahr erstellten Publikationen

(solange vorrätig, können diese Berichte bei den entsprechenden Stellen bezogen werden)

Bundesamt für Energie (BFE)

- 27. Tätigkeitsbericht der Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung; Berichtsperiode 1.1.2004 bis 31.12.2004, April 2005
- Erläuterungsbericht zum Entsorgungsnachweis BE/HAA/LMA. Projekt Opalinuston Zürcher Weinland, August 2005
- Radioaktive Abfälle sicher entsorgen. Eine Aufgabe, die uns alle angeht; BFE-Informationsbroschüre, Januar 2005 (Neuaufgabe)
- Gérer les déchets radioactifs de manière sûre. Une tâche qui nous concerne tous; Französische Übersetzung der deutschen Ausgabe, Januar 2005

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK)

- Entsorgungsnachweis: Etappe auf einem langen Weg, Historischer Abriss der bisherigen Entscheidungen und Tätigkeiten im Hinblick auf die geologische Tiefenlagerung der hochaktiven Abfälle in der Schweiz, HSK-AN-5262, August 2005
- Erfahrungs- und Forschungsbericht 2004: Entwicklungen im Bereich der Grundlagen der nuklearen Aufsicht, HSK-AN-5437, April 2005
- Aufsichtsbericht 2004 zur nuklearen Sicherheit und zum Strahlenschutz in den schweizerischen Kernanlagen, HSK-AN-5440, April 2005
- Stellungnahme zum Vorabklärungsgesuch der schweizerischen Kernkraftwerksbetreiber zur Rückführung von radioaktiven Wiederaufarbeitungsabfällen der COGEMA: Spezifikation für kompaktierte Abfälle (CSD-C), HSK 10/677, November 2005
- Emch+Berger AG Bern, Ingenieure und Planer
Beurteilung der bautechnischen Machbarkeit eines geologischen Tiefenlagers für BE/HAA und LMA und der durch das Lager induzierten Prozesse, Projekt Opalinuston Zürcher Weinland der Nagra, HSK 35/97, März 2005
- Kommission Nukleare Entsorgung (KNE)
Projekt Opalinuston Zürcher Weinland der Nagra: Beurteilung der erdwissenschaftlichen Datengrundlagen und der bautechnischen Machbarkeit, Expertenbericht zuhanden der HSK, HSK 35/98, Februar 2005
- Gutachten zum Entsorgungsnachweis der Nagra für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle (Projekt Opalinuston), HSK 35/99, August 2005
- Implementation of the Obligations of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, Second National Report of Switzerland in Accordance with Article 32 of the Convention, September 2005

Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA)

- Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis 2002, KSA 23/170, August 2005

Nagra

- NTB 02-10
"Project Opalinus Clay – Radionuclide concentration limits in the near-field of a repository for spent fuel and vitrified high-level waste"; U. Berner, Paul Scherrer Institut, Villigen PSI; (Dezember 2002, erschienen 2005). Auch als CD-ROM erhältlich (PDF).
- NTB 04-02
"Experimental and Modelling Investigations on Na-illite: Acid-Base Behaviour and the Sorption of Strontium, Nickel, Europium and Uranyl"; M. H. Bradbury und B. Baeyens, Paul Scherrer Institut, Villigen PSI; (Juni 2005).
- NTB 04-05
"Modelling of Tracer Profiles in Pore Water of Argillaceous Rocks in the Benken Borehole: Stable Water Isotopes, Chloride and Chlorine Isotopes"; T. Gimmi und H. N. Waber; (Dezember 2004, erschienen 2005). Auch als CD-ROM erhältlich (PDF).
- NTB 04-09
"A Report of the Spent Fuel Stability (SFS) Project of the 5th Euratom Framework Program – Spent Fuel Evolution under Disposal conditions. Synthesis of Results from the EU Spent Fuel Stability (SFS) Project"; (März 2005). Auch als CD-ROM erhältlich (PDF).
- NTB 05-02
"Geologische Tiefenlagerung der abgebrannten Brennelemente, der hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle – Darstellung und Beurteilung der aus sicherheitstechnisch-geologischer Sicht möglichen Wirtgesteine und Gebiete"; (August 2005). Auch als CD-ROM erhältlich (PDF).

Paul Scherrer Institut (Labor für Endlagersicherheit)

- Baeyens B., Bradbury M.H.
"Modelling the sorption of Mn(II), Co(II), Ni(II), Zn(II), Cd(II), Eu(III), Am(III), Sn(IV), Th(IV), Np(V) and U(VI) on montmorillonite: Linear free energy relationships and estimates of surface binding constants for some selected heavy metals and actinides", *Geochim. Cosmochim. Acta* (ISSN 0016-7037), 69, 875-892 (2005)
- Bradbury M.H., Baeyens B.
"Experimental measurements and modeling of sorption competition on montmorillonite", *Geochim. Cosmochim. Acta* (ISSN 0016-7037), 69, 4187-4197 (2005)
- Bradbury M.H., Baeyens B.
"Experimental and modelling investigations on Naillite: Acidbase behaviour and the sorption of strontium, nickel, europium and uranyl", PSI-Bericht Nr. 05-02, Nagra NTB 04-02
- Bradbury M.H., Baeyens B., Geckeis H.¹, Rabung T.¹
"Sorption of Eu(III)/Cm(III) on Camontmorillonite and Naillite. Part 2: Surface complexation modelling", *Geochim. Cosmochim. Acta* (ISSN 0016-7037), 69, 5403-5412 (2005)

¹ FZK, Karlsruhe, DE

- Brown P.¹, Curti E., Grambow B.²
 "Chemical thermodynamics of zirconium", Chemical Thermodynamics 8, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands, Vol. 8, 544, 2005 (ISBN 0-444-51803-7)
¹ ASIRC, Monash University, Churchill, AU
² Ecole des Mines de Nantes, Nantes, FR

- Churakov S.
 "Thermoelastic properties of solid phases: C++ object oriented library", Computers Geosci. (ISSN 0098-3004), 31, 786-791 (2005)

- Curti E., Kulik D., Tits J.
 "Solid solutions of trace Eu(III) in calcite: Thermodynamic evaluation of experimental data over a wide range of pH and pCO₂", Geochim. Cosmochim. Acta (ISSN 0016-7037), 69, 1721-1737 (2005)

- Gawelda W.¹, Bressler C.¹, Saes M.¹, Kaiser M.¹, Tarnovsky A.¹, Grolimund D., Johnson S., Abela R., Chergui M.¹
 "Picosecond time-resolved X-ray absorption spectroscopy of solvated organometallic complexes", Physica Scripta (ISSN 0031-8949), T115, 102-106 (2005)
¹ University of Lausanne, Lausanne, CH

- Glaus M., Baeyens B., Lauber M., Rabung T.¹, Van Loon L.R.
 "Influence of water-extractable organic matter from Opalinus Clay on the sorption and speciation of Ni(II), Eu(III) and Th(IV)", Appl. Geochem. (ISSN 0883-2927), 20, 443-451 (2005)
¹ FZK, Karlsruhe, DE

- Hummel W.
 "Solubility equilibria and geochemical modelling in the field of radioactive waste disposal", Pure & Applied Chemistry (ISSN 0033-4545), 77, 631-641 (2005)

- Hummel W., Anderegg G.¹, Puigdomenech I.², Rao L.³, Tochiyama O.⁴
 "Chemical thermodynamics of compounds and complexes of U, Np, Pu, Am, Tc, Se, Ni and Zr with selected organic ligands", Chemical Thermodynamics 9, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands, Vol. 9, 1088, 2005 (ISBN 0-444-51402-3)
¹ ETHZ, Zurich, CH
² SKB, Stockholm, NO
³ Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, US
⁴ IMRAM, Tohoku University, Sendai, JP

- Hummel W., Schneider J.¹
 "Safety of nuclear waste repositories", Chimia (ISSN 0009-4293), 59, 909-915 (2005)
¹ NAGRA, Wettingen, CH

- Hummel W., Anderegg G.¹, Puigdomenech I.², Rao L.³, Tochiyama O.⁴
 "The OECD/NEA TDB review of selected organic ligands", Radiochim. Acta (ISSN 1066-3622), 93, 719-725 (2005)
¹ ETHZ, Zurich, CH
² SKB, Stockholm, NO
³ Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, US
⁴ IMRAM, Tohoku University, Sendai, JP

- Kersten M.¹, Kulik D.
"Handbook of Elemental Speciation II: Species in the Environment, Food, Medicine & Occupational Health", in R. Cornelis, H. Crews, J. Caruso and K. G. Heumann (Eds): Thermodynamic modelling of trace element partitioning in the environment: New concepts and outlook, John Wiley & Sons, London, 651-689, 2005 (ISBN 0-470-85598-3)
¹ Johannes Gutenberg University, Mainz, DE
- Kersten M.¹, Kulik D.
"Competitive scavenging of trace metals by HFO and HMO during redox-driven early diagenesis of ferromanganese nodules", *Journal of Soils and Sediments* (ISSN 1439-0108), 5(1), 37-47 (2005)
¹ Johannes Gutenberg University, Mainz, DE
- Kosakowski G., Smith P.¹
"Modelling the transport of solutes and colloids in the Grimsel Migration shear zone", PSI-Bericht Nr. 05-03, Nagra NTB 04-01
¹ Safety Assessment Management Ltd., North Berwick, UK
- Marshall P.¹, Horseman S.², Gimmi T.
"Characterisation of gas transport properties of the Opalinus Clay, a potential host rock formation for radioactive waste disposal", *Oil & Gas Sci. Technology* (ISSN 1434-5765), 60(1), 121-139 (2005)
¹ NAGRA, Wettingen, CH
² British Geological Survey, Nottingham NG 125GG, UK
- Nachttegaal M.¹, Scheidegger A.M., Dähn R., Chateigner D.², Furrer G.¹
"Immobilization of Ni by Al-modified montmorillonite: A novel uptake mechanism", *Geochim. Cosmochim. Acta* (ISSN 0016-7037), 69, 4211-4225 (2005)
¹ ETHZ, Zurich, CH
² Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen, Caen, FR
- Rabung T.¹, Pierret M.², Bauer A.¹, Geckeis H.¹, Bradbury M., Baeyens B.
"Sorption of Eu(III) on Camontmorillonite and Naillite. Part 1: Batch sorption and time-resolved laser fluorescence spectroscopy experiments", *Geochim. Cosmochim. Acta* (ISSN 0016-7037), 69, 5393-5402 (2005)
¹ FZK, Karlsruhe, DE
² Centre de Géochimie de la Surface, Strasbourg, FR
- Tits J., Wieland E., Bradbury M.H.
"The effect of isosaccharinic acid and gluconic acid on the Eu(III), Am(III) and Th(IV) retention by calcite", *Appl. Geochem.* (ISSN 0883-2927), 20, 2082-2096 (2005)
- Van Loon L.R., Müller W., Iijima K.¹
"Activation energies of the self-diffusion of HTO, 22Na+ and 36Cl- in a highly compacted argillaceous rock (Opalinus Clay)", *Appl. Geochem.* (ISSN 0883-2927), 20, 961-972 (2005)
¹ JAEA, Tokai, JP
- Van Loon L.R., Jakob A.
"Evidence for a second transport porosity for the diffusion of tritiated water (HTO) in a sedimentary rock (Opalinus Clay – OPA): Application of through- and out-diffusion techniques", *Transport in Porous Media* (ISSN 0169-3913), 61, 193-214 (2005)
- Van Loon L.R., Eikenberg J.
"A high resolution abrasive method for determining diffusion profiles of sorbing radionuclides in dense argillaceous rocks", *Appl. Radiation and Isotopes* (ISSN 0969-8043), 63, 11-21 (2005)

- Van Loon L.R., Baeyens B., Bradbury M.H.
"Diffusion and retention of sodium and strontium in Opalinus Clay: Comparison of sorption data from batch sorption and diffusion measurements, and geochemical calculations", Appl. Geochem. (ISSN 0883-2927), 20, 2351-2363 (2005)
- Yaroshchuk A., Zhukova O.¹, Ulbricht M.¹, Ribitsch V.²
"Electrochemical and other transport properties of nanoporous tracketched membranes studied by the current switch-off technique", Langmuir (ISSN 0743-7463), 21, 6872-6882 (2005)
¹ Universität Duisburg-Essen, Essen, DE
² Karl-Franzens-Universität, Graz, AT
- Yaroshchuk A., Boiko Y.¹, Makovetskiy A.¹
"Some properties of electrolyte solutions in nanoconfinement revealed by the measurements of transient filtration potential after pressure switch-off", Langmuir (ISSN 0743-7463), 21, 7680-7690 (2005)
¹ National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, UA
- Yaroshchuk A., Karpenko L.¹, Ribitsch V.¹
"Measurements of transient membrane potential after current switch-off as a tool to study the electrochemical properties of supported thin nanoporous layers", J. Phys. Chem. (ISSN 0022-3654), B109, 7834-7842 (2005)
¹ Karl-Franzens-Universität, Graz, AT

Anhang V: Bericht der Arbeitsgruppe Zeitplan an die AGNEB



Zeitplan der Tiefenlagerung

Einflussgrössen und Randbedingungen bei der Tiefenlagerung abgebrannter Brennelemente (BE), verglaster hochaktiver Abfälle (HAA) und langlebiger mittelaktiver Abfälle (LMA) in der Schweiz

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1. Auftrag und Erledigung	4
2. Zeitrahmen des Betriebs eines Tiefenlagers	5
3. Einflussgrößen	8
3.1 Abbrand der Brennelemente	8
3.2 Wiederaufarbeitung	11
3.3 Verwendung von MOX-Brennstoff.....	12
3.4 Behältergrösse und -beladung	13
3.5 Dauer der Zwischenlagerung	13
3.6 Betriebsdauer der Kernkraftwerke.....	14
3.7 Kapazität der Zwischenlager	15
3.8 Einlagerungsbetrieb.....	15
3.9 Betriebsdauer des Pilotlagers	16
3.10 Dauer der Beobachtungsphase mit Offenhaltung der Lagerzugänge.....	16
3.11 Art des Wirtgesteins	17
3.12 Tiefe des Lagers.....	17
3.13 Folgerungen	18
4. Zeitablauf der Realisierung des Tiefenlagers	19
4.1 Ablauf bis zur Aufnahme des Betriebs	19
4.2 Varianten für den Betrieb des Tiefenlagers.....	21
5. Anhänge und Beilagen	25
Anhang 1: Mitglieder der Arbeitsgruppe.....	25
Anhang 2: Mandat der Arbeitsgruppe	25
Anhang 3: Einflussfaktoren für die Betriebsaufnahme eines geologischen Tiefenlagers für BE/HAA/LMA	26
Anhang 4: Berechnung der technisch möglichen Zeiten für den Beginn der Einlagerung der BE- Endlagerbehälter.....	28
Anhang 5: Darstellung des Einflusses des Betriebsregimes auf den Zeitpunkt der Betriebsaufnahme und resultierende Mehrkosten, inkl. Untersuchung des Einflusses gewisser Grundannahmen	33

Zusammenfassung

Die AGNEB hat sich im Jahre 2002 zum Ziel gesetzt, die nötigen Informationen zusammenzutragen, um einen Zeitplan für die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente sowie der hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle (BE/HAA/LMA) erstellen zu können. Dazu wurde eine Arbeitsgruppe eingesetzt, welche insbesondere die relevanten technischen Fakten, aber auch die finanziellen Aspekte abklären sollte. Mit dem vorliegenden Bericht präsentiert die Arbeitsgruppe der AGNEB ihre Erkenntnisse.

Es werden die verschiedenen technischen Einflussgrössen erläutert: Abbrand der Brennelemente, Wiederaufarbeitung, Verwendung von MOX-Brennstoff, Behältergrösse und -beladung, Einlagerungsbetrieb usw. Diese untersuchten Faktoren beeinflussen vor allem den frühest möglichen Zeitpunkt der Einlagerung der BE sowie die Dauer und die Kosten des Betriebs des Tiefenlagers. Ihr Einfluss wird durch die Darstellung von sechs Varianten illustriert. Es zeigt sich, dass eine Betriebsaufnahme vor 2040 technisch nicht vertretbar ist. Kostenmässig kommen frühe Einlagerungen teuer zu stehen.

Allen Varianten wird eine Einlagerungsrate von 100 Behältern pro Jahr zu Grunde gelegt. Bei Variante 6 wird nicht jedes Jahr eingelagert. Bei den Varianten 1 - 2 wird mit einer Laufzeit aller Kernkraftwerke von 40 Jahren gerechnet, während die Varianten 3 - 6 von einem Betrieb während 50 Jahren für die älteren und 60 Jahren für die neueren Kernkraftwerke ausgehen. Es wird ein Abbrand der Brennelemente ab heute von im Mittel $65 \text{ GWd/t}_{\text{SMint}}$ angenommen.

Im schnellsten Beispiel (Variante 2) wird der Betrieb des Hauptlagers 2042 aufgenommen und 2061 beendet. Diese Variante setzt allerdings voraus, dass die Behälter nicht voll, sondern mindestens zu 75% gefüllt werden. Ein "guter Kompromiss" könnte bei der Variante 4 vorliegen: Sie unterscheidet sich von Variante 2 durch eine längere Betriebsdauer der Kernkraftwerke. Der Betrieb des Hauptlagers könnte 2052 beginnen und würde bis 2079 dauern. Werden nur volle Behälter eingelagert, verzögert sich die Betriebsaufnahme um vier Jahre, wie Variante 3 zeigt. Als eine deutlich teurere Variante präsentiert sich unter denselben Voraussetzungen die Vorverlegung des Hauptlagerbetriebs ins Jahr 2042 (Variante 5). Die Behälter würden zu mindestens 50% gefüllt. Es wären 2144 Behälter nötig gegenüber den 1852 Behältern in Variante 4 und 1794 in Variante 3. Mehrkosten von ca. 200 resp. 250 Mio. CHF wären die Folge.

Bezüglich der Kosten wäre der optimale Einlagerungsbeginn das Jahr 2068 bei einem 40-jährigen Betrieb der bestehenden Kernkraftwerke und das Jahr 2072 im Falle des 50-jährigen Betriebs für die älteren und des 60-jährigen Betriebs für die jüngeren KKW. Dies würde allerdings eine Einlagerungsrate von 200 Behältern pro Jahr bedingen.

Die Mehrkosten beziehen sich auf die direkt der Einlagerung der Brennelemente zurechenbaren Kosten. Diese umfassen Behälterkosten und Einlagerungskosten sowie die Betriebskosten bei verlängerem Betrieb des Lagers. Allgemein ist festzuhalten, dass die variablen Kosten etwa 25% der Gesamtkosten des Tiefenlagers betragen und die Fixkosten rund 75%. Für das Szenarium mit einem 40-jährigen Betrieb der bestehenden Kernkraftwerke wird gemäss Kostenstudie 2001 mit Gesamtkosten von 4.52 Mia. CHF für das Tiefenlager HAA (inkl. Brennelementverpackungsanlage) gerechnet.

1. Auftrag und Erledigung

Der Bundesrat setzte im Februar 1978 die Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (AGNEB) ein. Sie hat den Auftrag, die Arbeiten zur nuklearen Entsorgung in der Schweiz zu verfolgen, zuhänden des Bundesrates Stellung zu Fragen der nuklearen Entsorgung zu nehmen, die Bewilligungsverfahren auf Bundesebene zu begleiten und Fragen der internationalen Entsorgung zu behandeln. Die AGNEB setzt sich zusammen aus Vertretern der Aufsichts-, Bewilligungs-, Gesundheits-, Umwelt- und Raumplanungsbehörden sowie der Forschung.

Die AGNEB hat sich im Jahre 2002 zum Ziel gesetzt, die nötigen Informationen zusammenzutragen, um einen Zeitplan für die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente sowie der hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle (BE/HAA/LMA¹) erstellen zu können. Dazu sollten insbesondere die relevanten technischen Fakten, aber auch die Dauer der Verfahrensschritte und die finanziellen Aspekte abgeklärt werden.

Die Nagra wurde eingeladen, der AGNEB zu den technischen Fragen Erläuterungen zu geben. An mehreren Sitzungen der AGNEB zwischen Mai und November 2002 hat die Nagra entsprechend informiert und Fragen beantwortet.

Im Februar 2003 beschloss die AGNEB, eine Arbeitsgruppe (Mitglieder siehe Anhang 1) einzusetzen, die sich vertieft mit dem Zeitplan befassen und der AGNEB Bericht erstatten sollte. Das Mandat (siehe Anhang 2) war auf die technischen Rahmenbedingungen des Zeitplans ausgerichtet, unter expliziter Ausnahme der Verfahrenszeitfragen und der ökonomischen Aspekte.

In den Jahren 2003 und 2004 kam die Arbeitsgruppe zu je drei Sitzungen zusammen. Bei ihrer Arbeit stützte sie sich unter anderem auf vertiefende Unterlagen der Nagra (siehe Anhänge 4 und 5). Diese enthalten Berechnungen verschiedener Varianten für die Einlagerung von HAA/BE-Abfällen in ein geologisches Tiefenlager.

Im Laufe der Diskussionen wurde klar, dass eine Betrachtung der rein technisch begründeten Einflüsse auf den Zeitplan für die Analyse nicht ausreicht. Deshalb wurden wo nötig auch Hinweise auf andere, insbesondere wirtschaftliche Aspekte gemacht. Die Kostenvergleiche unterschiedlicher Optionen basieren dabei auf heutigen Preisen, ohne Berücksichtigung einer Realverzinsung, die für die Berechnung von Rückstellungen relevant ist. Die Preise wurden aus der Kostenschätzung der Nagra zuhänden des Entsorgungsfonds (KS01, Referenzjahr 2001) abgeleitet, wobei nur die direkt der Einlagerung von Brennelementen zurechenbaren Kosten von 0.42 Mio. CHF pro Endlagerbehälter und 25.9 Mio. CHF pro Jahr Einlagerungsbetrieb berücksichtigt wurden (siehe Anhang 5).

Der Zeitplan bezieht sich nicht auf ein Tiefenlager in einem bestimmten Wirtgestein. Angaben, die spezifisch das Projekt Opalinuston der Nagra betreffen, werden als solche bezeichnet.

Eine im Mandat erwähnte Verpackungsanlage wurde als nicht ablaufbestimmend angesehen und deshalb nicht weiter betrachtet.

¹ Nach neuer KEV gibt es die Kategorie LMA nicht mehr. An ihre Stelle tritt die Kategorie der alphanotoxischen Abfälle (ATA). Dies sind Abfälle, deren Gehalt an Alphastrahlern den Wert von 20 000 Becquerel/g konditionierter Abfall übersteigt. Bezüglich Kostenangaben stützt sich der vorliegende Bericht auf die Kostenstudie 01, welche noch auf der alten Einteilung der Abfälle basiert. Deshalb wird hier die Bezeichnung LMA beibehalten.

2. Zeitrahmen des Betriebs eines Tiefenlagers

Der Zeitablauf der Entsorgung kann in einem ersten Schritt auf die Frage reduziert werden, wann der Betrieb eines geologischen Tiefenlagers für die Abfälle beginnt und wann das Tiefenlager endgültig verschlossen wird. In beiden Fällen hängt der sinnvolle Zeitpunkt von einer grossen Zahl von Einflussgrössen ab, die einerseits technischer und andererseits gesellschaftlich-politischer und wirtschaftlicher Natur sind.

Die Einflussgrössen lassen sich zum Teil hierarchisch gliedern (siehe Tabellen im Anhang 3). Insbesondere gibt es technische und nicht-technische Gründe, die mehr oder weniger gut einen frühest möglichen und einen spätest möglichen Zeitpunkt für den Beginn und das Ende des Betriebs des Tiefenlagers erkennen lassen. Diese unmittelbaren Einflussgrössen können als die oberste Hierarchiestufe angesehen werden. Sie sind selber von weiteren Einflussgrössen abhängig. Das Zusammenspiel und die Abhängigkeit der verschiedenen Einflussgrössen werden nachfolgend diskutiert. Die Konsequenzen für den Zeitablauf der Entsorgung werden im Kapitel 3 aufgezeigt.

Der frühest mögliche Beginn der Einlagerung der radioaktiven Abfälle ergibt sich aus

1. dem Zeitbedarf für den gesellschaftlich-politischen Beschluss, das Lager zu bauen und die Durchführung der Verfahren nach Sachplan und Kernenergiegesetz;
2. der notwendigen Zeit, um die erforderlichen technischen und wissenschaftlichen Arbeiten auszuführen, und aus;
3. der Voraussetzung, dass eine genügende Menge² einlagerfähiger Abfälle vorliegen.

Der spätest mögliche Beginn der Einlagerung ergibt sich aus

4. dem spätest möglichen Zeitpunkt für den Verschluss des Tiefenlagers, abzüglich der minimal benötigten Betriebs- und Beobachtungszeit, oder;
5. der Kapazität der vorhandenen Zwischenlager.

Einen spätest möglichen Zeitpunkt für den Verschluss des Lagers festzulegen, ist schwierig (siehe dazu weiter unten). Für einen möglichst frühzeitigen Einlagerungsbeginn und eine rasche Beendigung der Einlagerung spricht zum einen die Sicherheit. Längerfristig bieten geologische Tiefenlager die grössere Sicherheit als die Lagerung der Abfälle in Zwischenlagern. Zum anderen sind auch ethische Grundsätze, wie die Gerechtigkeit zwischen den Generationen, zu berücksichtigen. Die nutzniessende Gesellschaft soll möglichst die Verantwortung für die Entsorgung übernehmen, Lösungen bereitstellen und für die Kosten aufkommen. Falls keine weiteren Zwischenlager gebaut werden sollen (z.B. aus ökonomischen Gründen), kann der spätest mögliche Beginn der Einlagerung von der Kapazität der Zwischenlager abhängig sein.

Der frühest mögliche Zeitpunkt des Verschlusses des Tiefenlagers ergibt sich aus

6. dem frühesten Zeitpunkt, an dem die letzten radioaktiven Abfälle einlagerfähig sind;
7. der minimal³ benötigten Betriebs- und Beobachtungszeit.

² „genügend“ bezieht sich hier auf technisch-ökonomische Randbedingungen, die später diskutiert werden.

³ Die minimal benötigte Beobachtungszeit lässt sich aus heutiger Sicht nur ungenau schätzen.

Der spätest mögliche Zeitpunkt des Verschlusses des Tiefenlagers lässt sich aus heutiger Sicht nur ungenau festlegen. Er ist abhängig von

8. dem gesellschaftspolitischen Entscheid resp. Nichtentscheid, das Lager zu verschliessen oder noch offen zu halten;
9. der Stabilität der unterirdischen Bauten, die den Bedarf an und den Aufwand für Unterhalt und Reparaturen beeinflusst;
10. dem Vorhandensein der Mittel (Fonds), bzw. der Bereitschaft zur Finanzierung des noch ausstehenden Lagerbetriebs und der Arbeiten für den vollständigen Verschluss,;
11. der Erhaltung der notwendigen Fähigkeiten und Kenntnisse für die Durchführung der verbleibenden Arbeiten.

Der Betrieb des Tiefenlagers (einschliesslich Beobachtungsphase) findet irgendwann zwischen dem frühest möglichen Beginn der Einlagerung und dem spätest möglichen Zeitpunkt für den Verschluss statt.

Im Folgenden werden die oben genannten Einflussgrössen kurz erläutert. Einzelne Elemente (im nachfolgenden Text fett gedruckt) werden in Kapitel 3 detaillierter diskutiert.

Zu 1: Nach Kernenergiegesetz müssen radioaktive Abfälle grundsätzlich im Inland entsorgt werden. Für multinationale Tiefenlager zeichnen sich derzeit keine Möglichkeiten ab. Deshalb sind Lösungen in der Schweiz vorzubereiten. Nach Kernenergieverordnung legt der Bund die Ziele und Vorgaben für die Lagerung der radioaktiven Abfälle in geologischen Tiefenlagern in einem Sachplan (Sachplan Geologische Tiefenlager) für die Behörden verbindlich fest. Der Sachplan legt insbesondere das Verfahren fest, nach dem die Standortwahl für das Tiefenlager erfolgt.

Die Vorbereitung und Durchführung der verschiedenen Verfahren (Sachplanverfahren zur Standortwahl, Sondier-, Rahmen-, Bau- und Betriebsbewilligung) dürfte zum Teil parallel zu den technischen Arbeiten (Punkt 2) laufen.

Zu 2: Technische Arbeiten sind z.B. Untersuchungen an möglichen Standorten, Bau und Betrieb eines Testlagers mit Felslabor (bzw. Testbereichen) am gewählten Lagerstandort, Bau des Pilotlagers und der Verpackungsanlage für BE und HAA, Betrieb des Pilotlagers (Einlagerung) sowie Bau und Inbetriebnahme des Hauptlagers resp. Teile davon.

Zu 3 und 6: Die Einlagerfähigkeit und die für die Betriebsaufnahme erforderliche Menge an einlagerbaren Abfällen hängen von der Auslegung des Tiefenlagers (z. B. der maximal zulässigen Wärmeleistung der Gebinde) und dem Konzept für den **Einlagerungsbetrieb** (Einlagerungsrate, Einlagerung etappenweise oder ohne Unterbruch) ab.

Ob die Abfälle einlagerfähig sind, hängt insbesondere von ihrer Wärmeleistung ab. Die Abfallgebinde sind einlagerbar, wenn ihre Wärmeleistung so klein ist, dass die Wärmeabgabe nach der Einlagerung zu keinen unzulässigen Temperaturen in den einzelnen Komponenten des Lagersystems führen. Die Temperaturen werden durch die Geometrie und die thermischen Eigenschaften der Lagerkomponenten (inkl. **Art des Wirtgesteins**) sowie durch die in situ Temperatur des Wirtgesteins im Lagerbereich mitbestimmt. Diese wiederum ist von der **Tiefe des Lagers** und dem geothermischen Gradienten im Standortgebiet abhängig.

Die Wärmeleistung eines Brennelementbehälters hängt von der Anzahl (**Behältergrösse**) und Wärmeleistung der im Behälter enthaltenen Brennelemente ab. Die Wärmeleistung der einzelnen Brennelemente ist von der Art des Brennstoffs (z.B. **Verwendung von MOX**), dem **Abbrand der Brennelemente** und der **Dauer der Zwischenlagerung** abhängig. Die mögliche Dauer der Zwischenlage-

rung (Abklingzeit) kann durch die limitierte **Kapazität der Zwischenlager** eingeschränkt sein. Die Wärmeleistung der Behälter kann beeinflusst werden durch eine günstige Beladung (Mischung von "warmen" und "kalten" Brennelementen) oder auch durch eine unvollständige Beladung (**Behälterbeladung**).

Die Frage der **Wiederaufarbeitung** hat ebenfalls einen Einfluss: Einerseits müssen die der Wiederaufarbeitung zugeführten Brennelemente nicht mehr im Tiefenlager eingelagert werden. Andererseits stehen sie nicht mehr zur Verfügung, um die Wärmeleistung der Behälter durch die Beladung mit einem Anteil alter, verhältnismässig gering abgebrannter Brennelemente tief zu halten. Anstelle der abgebrannten Brennelemente fallen verglaste hochaktive Abfälle an. Ihre Wärmeleistung hängt vom mittleren Alter und Abbrand der Brennelemente der in der Wiederaufarbeitung verarbeiteten Charge (batch) sowie von der Abklingzeit nach Verglasung der Spaltprodukte ab. Das mittlere Alter der Brennelemente der Charge, aus welcher der zurückgenommene verglaste Abfall stammt, braucht nicht mit dem mittleren Alter der zur Wiederaufarbeitung abgelieferten Brennelemente überein zu stimmen.

Die notwendige Abklingzeit der zuletzt aus den Kernreaktoren entladene Brennelemente sowie deren Spezifikation (Abbrand, MOX oder Uran) beeinflusst deren frühest möglichen Zeitpunkt der Einlagerung und bestimmt zusammen mit der **Betriebsdauer der Kernkraftwerke** und der **Dauer der Beobachtungsphase mit Offenhaltung der Lagerzugänge** den frühest möglichen Zeitpunkt des Verschlusses des Lagers. Die Dauer der Beobachtungsphase schliesst die minimal erforderliche **Betriebsdauer des Pilotlagers** ein. Die notwendige Abklingzeit der zuletzt entladene Brennelemente kann durch entsprechende Planung des Brennstoffeinsatzes in den letzten Betriebsjahren des Kernkraftwerks (z.B. kein MOX, reduzierter Abbrand) beeinflusst werden.

Zu 7 und 8: Wie lange die Beobachtungszeit dauert, hängt einerseits ab von wissenschaftlichen Fragestellungen, wie der minimal erforderlichen **Betriebsdauer des Pilotlagers**, allfälligen nicht erwarteten Beobachtungen im Pilotlager und dem Zustand der Zugangsstollen. Andererseits ist es ein gesellschaftspolitischer Entscheid, wann das Lager verschlossen werden soll.

Zu 9: Nach einer gewissen Zeit wird ein erheblicher Aufwand für Unterhalt und Reparaturen der Untertagebauten und für Ersatzinvestitionen bei den technischen Einrichtungen nötig. Der Aufwand und das Interesse an weiteren Beobachtungen untertage oder an erleichtertem Zugang zu den Abfällen müssen gegeneinander abgewogen werden, um zu einem Entscheid für einen Verschluss des Tiefenlagers oder einer Fortführung der Beobachtungsphase zu kommen.

Zu 10 und 11: Hier geht es um Zeiten, die mehr als 100 Jahre in der Zukunft liegen können. Das Fortbestehen der wirtschaftlichen und politischen Einrichtungen kann im Gegensatz zu den technischen Aspekten über solche Zeiten nicht prognostiziert werden. Langfristig stellt sich auch die Frage nach dem Fortbestehen der für die Tiefenlagerung spezifischen wissenschaftlichen und technischen Kenntnisse.

3. Einflussgrössen

Die Zeitabläufe werden also durch Bedingungen und Einflussgrössen bestimmt, die technischer, ökonomischer sowie rechtlicher und gesellschaftlich-politischer Natur sind. In diesem Bericht geht es vorwiegend um die technischen Einflussgrössen. Ökonomische Aspekte spielen aber bei der Abwägung der Vor- und Nachteile der technischen Optionen eine Rolle. Schliesslich ist auch der Zeitbedarf für die Entscheidungsfindung und Durchführung der notwendigen Bewilligungsverfahren zu berücksichtigen. Die Arbeitsgruppe trifft für den Zeitbedarf dieser Prozesse eine grundsätzlich optimistische Annahme (keine Beschwerden gegen Bewilligungsentscheide).

Die wichtigsten der im Abschnitt 2 genannten Einflussgrössen werden im Folgenden untersucht. Die betrachteten Merkmale betreffen: Bandbreite der Variation der Einflussgrössen, Bedeutung der Einflussgrössen für das Tiefenlagerprojekt und Konsequenzen für die möglichen Zeitabläufe der Tiefenlagerung.

Mögliche Zeitabläufe im Lichte der Erkenntnisse aus der Analyse dieser Einflussgrössen werden in Kapitel 4 dargestellt.

3.1 Abbrand der Brennelemente

Der fortschreitende Abbau des ursprünglichen Brennstoffs durch Spaltreaktionen wird als Abbrand bezeichnet. Der Abbrand wird spezifisch pro Menge Brennstoff angegeben. Innerhalb eines Brennstabs und innerhalb eines Brennelements kann der Abbrand lokal variieren.

Der in den Kernkraftwerken erzielte mittlere Abbrand des Brennstoffs ist im Laufe der Zeit ständig gestiegen. Angefangen mit weniger als 30 GWd/t_{SMin} (Gigawatt-Tage pro Tonne Schwermetall vor Einsatz im Reaktor) liegen die heutigen Abbrandwerte bei den schweizerischen KKW bei rund 50 GWd/t_{SMin} für UO₂. Für künftigen Brennstoff werden von den KKW-Betreibern höhere Werte, bis zu 75 GWd/t_{SMin}, beantragt.

Für den Entsorgungsnachweis (Projekt Opalinuston) rechnet die Nagra zur Ermittlung der thermischen Verhältnisse einheitlich mit einem mittleren Abbrand von 48 GWd/t_{SMin}.

Der Abbrand beeinflusst die Eigenschaften der Abfälle in dreierlei Hinsicht:

- In der Menge: Bei höherem Abbrand fallen bei unveränderter Betriebszeit der Kernkraftwerke weniger Brennelemente an;
- In der Toxizität: Bei höherem Abbrand enthält der Brennstoff pro Tonne eine grössere Menge an Spaltprodukten und Transuranen;
- In der Wärme: Es gilt das gleiche wie bei der Toxizität. Die insgesamt höhere Beladung mit Spaltprodukten und Transuranen führt zu höherer Wärmeleistung. Die langlebigen Transurane verursachen ein verlangsamtes Abklingen der Wärmeleistung.

Die erhöhte Toxizität ist ohne Bedeutung für die Zeitabläufe⁴. Die geringere Menge und die höhere, langsamer abklingende Wärmeleistung haben hingegen gegenläufige Auswirkungen. Einerseits wäre wegen der geringeren Anzahl Brennelemente der Platzbedarf im Tiefenlager kleiner, was sowohl Kosten wie Zeitbedarf für die Einlagerung verringert. Andererseits müssen die Brennelemente länger zwi-

⁴ Die Nagra hat im Projekt Opalinuston die radiologischen Konsequenzen eines höheren Abbrandes (bis zu 75 GWd/t_{SMin}) im Rahmen von Parametervariationen untersucht (Project Opalinus Clay. Safety Report, Nagra NTB 02-05, Dezember 2002).

schengelagert werden, bis sie bei vollständig gefüllten Behältern, allenfalls mit älteren und weniger hoch abgebrannten Brennelementen in gemischter Beladung, einlagerfähig sind. Oder sie müssen bei nur teilweiser Füllung der Behälter (oder in kleineren Behältern) eingelagert werden, was wiederum mehr Platzbedarf und einen längeren Einlagerungsbetrieb zur Folge hat.

Illustrative Berechnungen der Nagra (Anhang 4) zeigen den Einfluss des erhöhten Abbrands. Unter der Voraussetzung einer Betriebsdauer von 40 Jahren für alle fünf in der Schweiz bestehenden Kernkraftwerksblöcke sowie eines unterbruchsfreien Einlagerungsbetriebs mit voll beladenen Behältern und einer Einlagerungsrate von 100 Behälter pro Jahr, fallen bei einem Abbrand von $48 \text{ GWd/t}_{\text{SMinit}}$ ca. 1290 Behälter an. Bei einem zukünftigen (ab heute angenommenen) Abbrand von $65 \text{ GWd/t}_{\text{SMinit}}$ werden ca. 1220 Behälter erwartet. In beiden Fällen könnte die Einlagerung ab 2062 beginnen⁵. Bei einer Betriebsdauer der Kernkraftwerke von 50 Jahren für die älteren und 60 Jahren für die neueren Werke ergeben sich bei einem (zukünftigen) Abbrand von $55 \text{ GWd/t}_{\text{SMinit}}$ ca. 1870 Behälter, die frühestens ab 2060 eingelagert werden könnten, und bei einem Abbrand von $65 \text{ GWd/t}_{\text{SMinit}}$ ca. 1790 Behälter, die frühestens ab 2064 eingelagert werden könnten.

Die sich aus der unterschiedlichen Zahl benötigter Behälter und der unterschiedlichen Dauer des Einlagerungsbetriebs ergebenden Kostenunterschiede sind den Betriebsannahmen **2 bis 5** in der folgenden Tabelle zu entnehmen (Kosten ohne Berücksichtigung des Realzinses).

Definitionen

Grenzkosten: Kosten einer zusätzlichen Einheit – in diesem Fall einer zusätzlichen Tonne Schwermetall, die eingelagert wird.

Mehrkosten: Die beiden Grafiken im Anhang 5 zeigen die prozentuellen Mehrkosten die entstehen, wenn der Einlagerungsbeginn der abgebrannten Brennelemente vorgezogen wird. Diese Mehrkosten je Tonne Schwermetall gegenüber dem kostenmässig optimierten Einlagerungsbeginn von 2068 beziehen sich auf die direkt der Einlagerung der Brennelemente zurechenbaren Kosten: Behälterkosten inkl. Verpackung, Einlagerungskosten bestehend aus Erstellungskosten der Einlagerungstollen, der Verfüllung sowie der Betriebskosten für die Einlagerung der Behälter.

Mehrkosten bzw. Grenzkosten pro tU sind zu vergleichen mit den Gesamtkosten für das HAA-Lager von 1495 kCHF/tU für den Referenzfall der Kostenstudie 2001⁶ (40 Jahre KKW-Betrieb resultierend in 1830 tU abgebrannte Brennelemente für die direkte Endlagerung und 730 HAA-Kokillen und LMA aus der Wiederaufarbeitung von ca. 1200 tU bei Gesamtkosten für das Endlager von 4520 Mia. CHF).

Fixkosten: Bereitschaftskosten, die unabhängig davon anfallen, ob eingelagert wird oder nicht.

Variable Kosten: Beziehen sich auf die direkt mit der Einlagerung der Abfälle verbundenen Kosten (Behälter, Kosten für Erstellung Lagerraum, Einlagerungsvorgang) und sind abhängig von der Art und Menge der einzulagernden Abfälle.

Gesamtkosten: Fixkosten plus variable Kosten.

⁵ Die Behälteranzahl verändert sich hier trotz anderen Abbrands wegen der kurzen Restbetriebszeit der Kernkraftwerke wenig.

⁶ Ermittlung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke, Unterausschuss der Kernenergie (UAK) der Ueberlandwerke, 2001.

Tabelle 1: Fallbeispiele

Wo nicht anders vermerkt, beträgt die zulässige Wärmeleistung der Behälter 1500 W (Beispiele 1-13).

	Betriebsannahmen	Abbrand (GWd/t_{SMinit})	Anzahl Behäl- ter	Beginn der Ein- lage- rung	Dauer der Ein- lage- rung (Jah- re)	Grenz- kosten je t Schwer- metall (in kCHF)	Mehrkos- ten je t Schwer- metall (in kCHF)	siehe Kapitel 4.2
1	40 Jahre Betrieb KKW (mit Verwendung von MOX-BE) Einlagerungsrate 200 Behäl- ter/Jahr Füllgrad der Behälter 100%	65 (ab heute)	1222	2068	7	365.4	14.4	
2	40 Jahre Betrieb KKW (mit Verwendung von MOX-BE) Einlagerungsrate 100 Behäl- ter/Jahr Füllgrad der Behälter 100%	65 (ab heute)	1222	2062	13	447.1	96.1	Variante 1
3	40 Jahre Betrieb KKW Einlagerungsrate 100 Behäl- ter/Jahr Füllgrad der Behälter 100%	48	1293	2062	13	437.1	86.1	
4	60 bzw. 50 Jahre Betrieb KKW Einlagerungsrate 100 Behäl- ter/Jahr Füllgrad der Behälter 100%	65 (ab heute)	1794	2064	18	433.9	82.9	Variante 3
5	60 bzw. 50 Jahre Betrieb KKW Einlagerungsrate 100 Behäl- ter/Jahr Füllgrad der Behälter 100%	55 (ab heute)	1868	2060	19	434.9	83.9	
6	40 Jahre Betrieb KKW (Hypothetisch ohne Verwendung von MOX-BE) Einlagerungsrate 100 Behäl- ter/Jahr Füllgrad der Behälter 100%	65	1222	2044	13	446.7	95.7	
7	40 Jahre Betrieb KKW Einlagerungsrate 100 Behäl- ter/Jahr Mindestfüllgrad der Behälter 75%	65 (ab heute)	1267	2048	13	457.1	106.1	Variante 2
8	60 bzw. 50 Jahre Betrieb KKW Einlagerungsrate 100 Behäl- ter/Jahr Mindestfüllgrad der Behälter 75%	65 (ab heute)	1852	2060	19	451.7	100.7	Variante 4
9	60 bzw. 50 Jahre Betrieb KKW Einlagerungsrate 100 Behäl- ter/Jahr Mindestfüllgrad der Behälter 50%	65 (ab heute)	2144	2050	22	523.0	172.0	Variante 5

10	60 bzw. 50 Jahre Betrieb KKW Einlagerungsrate zuerst 50, später 100 Behälter/Jahr Mindestfüllgrad der Behälter 75%	65 (ab heute)	1842	2056	24	496.3	145.3	Variante 6
11	60 bzw. 50 Jahre Betrieb KKW Einlagerungsrate zuerst 50, später 200 Behälter/Jahr Füllgrad der Behälter 100%	65 (ab heute)	1794	2072	9	351.0	0	
12	60 bzw. 50 Jahre Betrieb KKW Einlagerungsrate 200 Behälter/Jahr Mindestfüllgrad der Behälter 75%	65 (ab heute)	1830	2066	9	365.3	14.3	
13	60 bzw. 50 Jahre Betrieb KKW Einlagerungsrate 200 Behälter/Jahr Mindestfüllgrad der Behälter 50%	65 (ab heute)	2366	2050	12	464.1	113.1	
14	60 bzw. 50 Jahre Betrieb KKW Einlagerungsrate 100 Behälter/Jahr Mindestfüllgrad der Behälter 50% Zulässige Wärmeleistung 1350 W ⁷	65 (ab heute)	2368	2050	24	574.9	223.9	
15	60 bzw. 50 Jahre Betrieb KKW Einlagerungsrate 100 Behälter/Jahr Mindestfüllgrad der Behälter 50% Zulässige Wärmeleistung 1650 W ⁸	65 (ab heute)	1963	2050	20	477.5	126.5	

3.2 Wiederaufarbeitung

Das Kernenergiegesetz führt ein 10-jähriges Moratorium für die Ausfuhr von abgebrannten Brennelementen zur Wiederaufarbeitung ein, das ab 1. Juli 2006 gilt. Die erforderliche Ausfuhr zur Nutzung der bereits bestehenden Wiederaufarbeitungsverträge dürfte vor Beginn des Moratoriums abgeschlossen sein. Die bestehenden Verträge decken rund einen Drittel des während der 40-jährigen Betriebszeit der bestehenden Kernkraftwerksblöcke entstehenden abgebrannten Brennstoffs ab. Ob nach dem Moratorium die Wiederaufarbeitung schweizerischen Brennstoffs weitergeht, ist offen.

Für die Brennelemente, die zur Wiederaufarbeitung verschickt werden, entfällt die direkte Einlagerung. Stattdessen fallen verglaste hochaktive Abfälle sowie langlebige mittelaktive Abfälle zur Lagerung an. Aufgrund der vorhandenen Wiederaufarbeitungsverträge ist mit folgenden Gesamtmengen der entsprechenden Abfälle zu rechnen:

- Verglaste Abfälle: rund 360 t (resultierend aus 1200 tU), die in rund 730 Behältern endgelagert werden;
- Langlebige mittelaktive Abfälle: rund 1400 t, die nach dem Einbringen in Endlagerbehälter einem Volumen von rund 3500 m³ entsprechen.

Die mittelaktiven Abfälle sind ohne Konsequenzen für den Zeitablauf der Entsorgung und werden deshalb nicht weiter besprochen.

⁷ Siehe Kapitel 3.12

⁸ Siehe Kapitel 3.12

3.3 Verwendung von MOX-Brennstoff

Unbestrahlter UO_2 -Brennstoff enthält als primär spaltbares Material das Isotop U-235. Unbestrahlte Mischoxid-Brennelemente (MOX-Brennelemente) enthalten als spaltbares Material auch Plutonium, das normalerweise aus der Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen stammt. Das Plutonium ist (wie das U-235) in eine Matrix von U-238 eingebettet. Ein Teil des U-238 wird im Reaktor durch die Bestrahlung in das leichter spaltbare Pu-239 umgewandelt, das auch zur Energieerzeugung beiträgt.

MOX-Brennelemente werden seit 1980 im KKB und seit 1997 im KKG eingesetzt. Der Einsatz solcher Brennelemente im KKL wird als eine Möglichkeit betrachtet. Durch den Einsatz von MOX-Brennstoff kann das bei der Wiederaufarbeitung angefallene Plutonium in Leichtwasserreaktoren verwertet werden. Den Kernkraftwerken steht zudem die Möglichkeit offen, auch MOX-Brennelemente mit Plutonium anderer Herkunft einzusetzen.

Der heute übliche mittlere Abbrand von MOX-Brennelementen beträgt rund $50 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$. Ein höherer Abbrand, bis gegen $60 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$, wird von den KKW-Betreibern angestrebt.

Mit der plausiblen Annahme, dass MOX-Brennelemente nur zur Verwertung des bei der Wiederaufarbeitung der schweizerischen abgebrannten Brennelemente anfallenden Plutoniums eingesetzt werden, kann die Menge des MOX-Brennstoffs abgeschätzt werden. Es wird dabei angenommen, dass die bestehenden Wiederaufarbeitungsverträge voll ausgenutzt werden. Aufgrund des im KEG verankerten Moratoriums für die Wiederaufarbeitung wird es vor 2016 keinen weiteren MOX-Brennstoff aus der Verwertung des Plutoniums von Brennelementen aus schweizerischen Kernkraftwerken geben. Gestützt auf die heutigen Wiederaufarbeitungsverträge ist für das Tiefenlager mit ca. 140 t abgebranntem MOX-Brennstoff zu rechnen, oder rund 440 Brennelementen für Druckwasserreaktoren.

Im Projekt Opalinuston berücksichtigt die Nagra diese Mengen, wobei sie bezüglich der thermischen Auswirkungen von einem mittleren Abbrand von $48 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$ ausgeht. Die Nagra hat zudem die radiologischen Konsequenzen eines höheren Abbrandes ($65 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$) im Rahmen einer Parametervariation untersucht.

Die abgebrannten MOX-Brennelemente enthalten mehr Transurane als die UO_2 -Brennelemente. Deshalb setzen sie mehr Wärme frei und ihr Abklingverhalten für Wärme und Radioaktivität ist langsamer.

Die höhere Radioaktivität dürfte kaum Konsequenzen für den Zeitablauf der Entsorgung haben. Hingegen kann die höhere Wärmeleistung eine längere Zwischenlagerzeit bedingen oder eine weniger dichte Anordnung im Tiefenlager erforderlich machen. Beides wirkt sich auf die Kosten und den Zeitbedarf aus. Im Projekt Opalinuston wird von einer vollständigen Beladung der Endlagerbehälter mit jeweils einem MOX-Brennelement und einer Anzahl UO_2 -Brennelemente ausgegangen.

Eine illustrative Berechnung der Nagra (Anhang 4, Tabelle 2) zeigt den Einfluss der Verwendung von MOX auf den möglichen Einlagerungsbeginn. Geht man hypothetisch davon aus, dass alle Brennelemente aus UO_2 bestehen würden, so könnte bei einer 40-jährigen Betriebsdauer der Kernkraftwerke, einem Abbrand von $65 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$, einer Einlagerungsrate von 100 Behältern pro Jahr und vollständiger Beladung der Behälter schon im Jahre 2044 mit der Einlagerung im Tiefenlager begonnen werden (Behälteranzahl rund 1220). Mit den MOX-Brennelementen entsprechend den bestehenden Verträgen ergibt sich ein möglicher Betriebsbeginn erst im Jahre 2062 (Behälteranzahl bleibt gleich). Siehe Tabelle 1 „Fallbeispiele“, Betriebsannahmen **6** und **2**.

3.4 Behältergrösse und -beladung

Die Behälterbeladung bestimmt die totale Wärmeleistung, die vom Einlagerungsort des Behälters im Tiefenlager abgeführt werden muss. Die Grösse der Oberfläche des Behälters bestimmt weiter die Wärmestromdichte und, zusammen mit den Materialeigenschaften im Nahfeld des Tiefenlagers, den dort entstehenden Temperaturgradienten. Dieser wiederum bestimmt zusammen mit den Materialeigenschaften und der in situ Temperatur des Wirtgesteins die im Nahfeld erreichte Temperatur.

Das Projekt Opalinuston geht von standardisierten Endlagerbehältern aus, die jeweils 4 Brennelemente aus Druckwasserreaktoren (DWR, Beznau, Gösgen) oder 9 Brennelemente aus Siedewasserreaktoren (SWR, Mühleberg, Leibstadt) fassen. Es wird im Normalfall davon ausgegangen, dass die Behälter voll sind und dass jeder Behälter höchstens ein MOX-Brennelement enthält. Das Tiefenlager nahfeld ist auf eine maximale Wärmeleistung von 1500 W eines jeden Behälters zum Zeitpunkt der Einlagerung ausgelegt. Durch eine teilweise Beladung der Behälter kann die Wärmeleistung des Behälters herabgesetzt werden. Die totale Anzahl der benötigten Behälter sowie die Gesamtfläche des Tiefenlagers steigen dann entsprechend.

Illustrative Berechnungen der Nagra (Anhang 4) zeigen für eine Betriebsdauer von 40 Jahren für alle Kernkraftwerke und einen zukünftigen Abbrand von $65 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$, dass bei einer vollständigen Beladung der Behälter und einer Einlagerungsrate von 100 Behältern pro Jahr der Beginn der Einlagerung erst 2062 möglich ist (resultierende Anzahl Behälter: ca. 1220). Falls bei einem Teil der Behälter eine Beladung von 75% zugelassen wird, ist ein Einlagerungsbeginn ca. 2050 möglich (resultierende Anzahl Behälter ca. 1270).

Quantitativ unterscheiden sich diese Varianten in der Anzahl Behälter (ca. 45 Behälter weniger für den Fall mit 100% Beladung bzw. späterem Betriebsbeginn) und insbesondere im frühest möglichen Einlagerungsbeginn (75% Beladung: 2048; 100% Beladung: 2062). Dies resultiert in einem Kostenunterschied zwischen den beiden Varianten von ca. 20 Mio. CHF zu Ungunsten des früheren Einlagerungsbeginns.

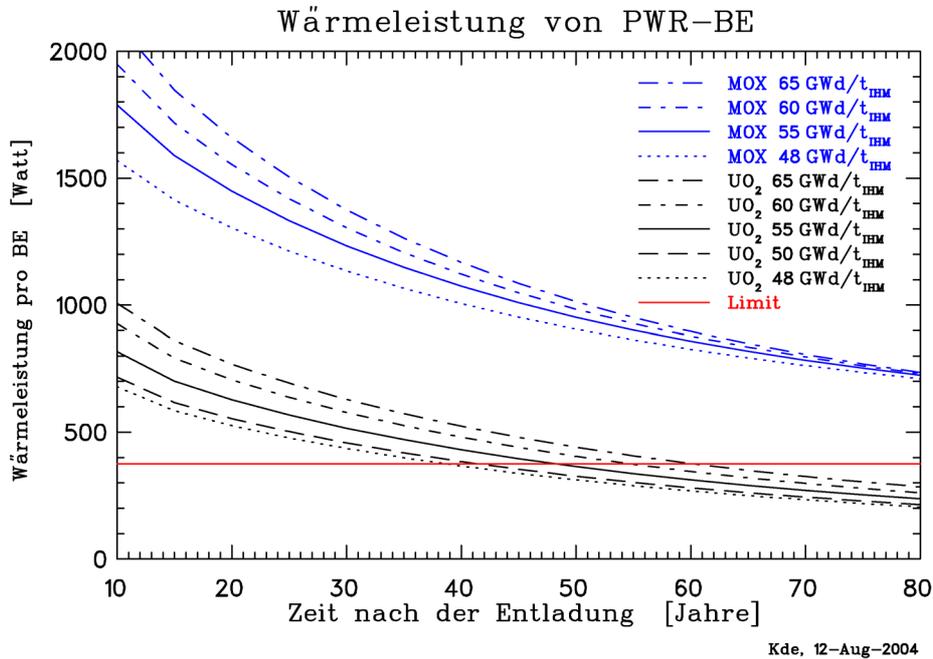
Bei einer Betriebsdauer von 60 Jahren für die neueren und 50 Jahren für die älteren Werke und einer Einlagerungsrate von 100 Behältern pro Jahr ist eine vollständige Beladung der Behälter nur bei einem Beginn der Einlagerung ab 2064 möglich (resultierende Anzahl Behälter: ca. 1790); für einen Einlagerungsbeginn 2050 ist eine Beladung eines Teils der Behälter zu 50% notwendig (resultierende Anzahl Behälter: ca. 2140).

Die Varianten unterscheiden sich in der Dauer des Einlagerungsbetriebs (18, 19 bzw. 22 Jahre) und in der Anzahl Behälter (ca. 1790, ca. 1850 bzw. ca. 2140 Behälter). Im Vergleich zur Variante mit 100% Beladung resultiert ein Kostenunterschied von ca. 50 Mio. CHF zu Ungunsten der Variante mit teilweiser Beladung zu 75% bzw. 250 Mio. CHF zu Ungunsten der Variante mit einer teilweisen Beladung zu 50% bzw. einem Betriebsbeginn 2050. Siehe Tabelle 1 „Fallbeispiele“, Betriebsannahmen **2, 7, 4, 8** und **9**.

3.5 Dauer der Zwischenlagerung

Die Zwischenlagerung von abgebranntem Brennstoff ist notwendig, bis ein Tiefenlager den Betrieb aufnimmt und solange die Wärmeleistung der Brennelemente zu hoch ist für die Einlagerung in das vorgesehene Tiefenlager. Über diese minimale erforderliche Dauer hinaus setzt sich die Zwischenlagerung bis zum Ende des Einlagerungsbetriebs in das Tiefenlager fort.

Die Wärmeleistung von bestrahltem UO_2 -Brennstoff und MOX-Brennstoff in Abhängigkeit der Abklingzeit bei unterschiedlichem Abbrand wird in der nachstehenden Figur gezeigt (PWR steht für pressurized water reactor, zu Deutsch Druckwasserreaktor).



Am Beispiel des UO_2 -Brennstoffs kann der Einfluss des Abbrands illustriert werden. Um einen voll beladenen Behälter mit Druckwasserreaktor-Brennelementen gleichen Abbrands im Tiefenlager einlagern zu können, müssen die Brennelemente bei $48 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$ Abbrand ca. 40 Jahre, bei $55 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$ Abbrand ca. 50 Jahre und bei $65 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$ Abbrand ca. 60 Jahre in einem Brennelementbecken oder einem Zwischenlager verbringen ($t_{\text{HM}} = t_{\text{SMinit}}$). Der bei vorgegebener Betriebszeit der Kernkraftwerke kleineren Anzahl Brennelemente, die bei hohem Abbrand anfallen, stehen somit höhere Kosten der Zwischenlagerung gegenüber.

3.6 Betriebsdauer der Kernkraftwerke

Bis vor wenigen Jahren war es üblich, von einer Betriebsdauer der Kernkraftwerke von 40 Jahren auszugehen. Das neue Kernenergiegesetz verknüpft die maximale Betriebsdauer allein mit der Gewährleistung des sicheren Betriebs. Nach Aussagen der HSK sind keine sicherheitsbezogenen Gründe ersichtlich, die einen Betrieb der Schweizer Kernkraftwerke während mindestens 50 Jahren verhindern würden.

Eine längere Betriebsdauer der Kernkraftwerke bestimmt zunächst den frühesten Zeitpunkt für das Ende der Einlagerung der abgebrannten Brennelemente. Der Beginn der Einlagerung wird dann berührt, falls ein Einlagerungsbetrieb ohne längere Unterbrüche gefordert wird.

Falls für beide Szenarien der Betriebsdauer ein Einlagerungsbeginn 2050 gefordert wird, ergibt dies bei einem zukünftigen Abbrand von $65 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$ für das Szenarium 40 Jahre KKW-Betriebsdauer Mehrkosten von 20 Mio. CHF und für das Szenarium 50 bzw. 60 Jahre KKW-Betriebsdauer Mehrkosten von 250 Mio. CHF gegenüber dem Fall eines Einlagerungsbeginns, wo alle Behälter vollständig gefüllt werden können. Siehe Tabelle 1 „Fallbeispiele“, Betriebsannahmen **2**, **7**, **4** und **9**.

3.7 Kapazität der Zwischenlager

Für die hier relevanten Abfälle (BE/HAA) bestehen Zwischenlager bei der ZWILAG und bei KKB. Bei KKG ist ein Nasslager im Bau, welches eine Lagerung über das Datum der Ausserbetriebnahme des Kernkraftwerkes hinaus erlaubt. Generell werden die Brennelemente der KKW zuerst einige Jahre in den werkseigenen Nassslagern zum Abklingen aufbewahrt, bevor sie in die eigentlichen Zwischenlager kommen. Eine längere Periode der Nasslagerung kann bewirken, dass grössere Behälter für die trockene Zwischenlagerung eingesetzt werden können, weil die Strahlung und die Wärmeleistung weiter abgenommen haben. Dadurch wird die Ausnützung der Zwischenlager besser.

Die vorhandenen Zwischenlager waren ursprünglich so ausgelegt, dass sie die HAA gemäss bestehenden Wiederaufarbeitungsverträgen sowie den gesamten restlichen Brennstoff aus 40 Jahren Betrieb der Kernkraftwerke aufnehmen können sollten. Mit der heute vorgesehenen besseren Ausnützung reicht der vorhandene Platz auch für die Brennelemente aus 50 Jahren Betrieb der Kernkraftwerke. Der längere Betrieb der Zwischenlager führt zwar zu Mehrkosten (Betrieb und Ersatzinvestitionen), die aber durch die längere Wertschöpfung der beteiligten Kernkraftwerke gedeckt sind. Dasselbe gilt, falls die beiden neueren Werke 60 Jahre betrieben würden und die Zwischenlager allenfalls erweitert werden müssten.

3.8 Einlagerungsbetrieb

Es ist denkbar, die Abfälle im Dauerbetrieb oder etappenweise ins Tiefenlager einzulagern. Ein kontinuierlicher Betrieb ist aus folgenden Gründen anzustreben: Die rasche Beschickung und Verfüllung jeweils eines ganzen Lagerstollens ist vorteilhaft für die Sicherung und Non-Proliferation. Zudem kann sie aus technischen Gründen notwendig sein. Dies wäre z.B. in einem Tiefenlager im Opalinuston der Fall. Dazu sind ca. 100 Behälter nötig (< 10% der gesamten Anzahl Behälter). Längere Unterbrüche des Einlagerungsbetriebs (z.B. bei abgeschlossener Beschickung eines Stollens) verlängern die Gesamtdauer des Betriebs der offenen Anlage und sind dadurch ökonomisch ungünstig. Sie können auch zu Abgängen erfahrenen Personals und Verlust von Know-how führen.

Da das frühest mögliche Ende der Einlagerung durch die Betriebsdauer der Kernkraftwerke und die Abklingzeit der zuletzt eingesetzten Brennelemente gegeben ist, kann der frühest mögliche Beginn der Einlagerung davon abhängen, ob der Einlagerungsbetrieb ohne Unterbruch stattfinden muss.

Illustrative Berechnungen der Nagra (Anhang 4) zeigen für eine Betriebsdauer von 60 Jahren für die neueren und 50 Jahren für die älteren Werke und einen zukünftigen Abbrand von $65 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$, dass bei einer reduzierten Beladung von 75% für einen Teil der Behälter der Einlagerungsbetrieb folgenden Einfluss hat: Wird konstant mit einer Rate von 100 Behältern pro Jahr eingelagert, so kann die Einlagerung 2060 beginnen und es ergeben sich ca. 1850 Behälter. Wird während der ersten zehn Jahre mit einer Rate von 50 und anschliessend mit einer Rate von 100 Behältern pro Jahr eingelagert, ist der Einlagerungsbeginn 2056 möglich und es ergeben sich ca. 1840 Behälter. Würde schliesslich mit einer Rate von 200 Behältern pro Jahr eingelagert, könnte mit der Einlagerung 2066 begonnen werden und es resultierten 1830 Behälter. Dies zeigt, dass die Unterschiede bezüglich Einlagerungsbeginn und Anzahl Behälter eher gering sind.

Bezüglich der Einlagerungsdauer unterscheiden sich die Fälle hingegen recht stark (100 Behälter pro Jahr: 19 Jahre; 50 bzw. 100 Behälter pro Jahr: 24 Jahre; 200 Behälter pro Jahr: neun Jahre). Dies schlägt sich auch in den Kosten nieder: Wählt man die Einlagerung von 100 Behältern pro Jahr als Referenzfall, ergibt sich für das Beispiel mit zuerst 50 und dann 100 Behältern pro Jahr ein Mehraufwand von 125 Mio. CHF. Bei einer Rate von 200 Behältern pro Jahr ergeben sich Minderkosten von ca. 240 Mio. CHF.

Wird andererseits bei einer Einlagerungsrate von 100 Behältern pro Jahr eine Beladung eines Teils der Behälter zu 50% in Kauf genommen, so kann mit der Einlagerung bereits 2050 begonnen werden (resultierende Einlagerungsdauer: 22 Jahre; resultierende Behälterzahl: ca. 2140). Dies gibt gegenüber dem Fall mit 75% Beladung (Einlagerungsbeginn in 2060) Mehrkosten von ca. 200 Mio. CHF. Für den Fall von 200 Behältern pro Jahr ergeben sich bei einer teilweisen Beladung zu 50% und Einlagerungsbeginn 2050 Minderkosten von ca. 165 Mio. CHF gegenüber dem Fall mit 100 Behältern pro Jahr und teilweiser Beladung zu 50%, trotz einem Mehr an Behältern (resultierende Behälterzahl: ca. 2370). Die Kostenreduktion ist auf die erheblich kürzere Einlagerungsdauer von nur 12 Jahren zurückzuführen. Verglichen mit dem Fall einer Einlagerungsrate von 100 Behältern pro Jahr und einer teilweisen Beladung zu 75% ergeben sich wegen der stark erhöhten Behälterzahl Mehrkosten von rund 35 Mio. CHF, trotz der kürzeren Dauer des Einlagerungsbetriebs. Siehe Tabelle 1 „Fallbeispiele“, Betriebsannahmen **8, 10, 12, 9** und **13**.

3.9 Betriebsdauer des Pilotlagers

Das Pilotlager soll unter anderem Informationen über die zeitliche Entwicklung der Nahfeldbarrieren vermitteln und dadurch eine Bestätigung der entsprechenden Prognosen ermöglichen. Deshalb soll es möglichst frühzeitig verschlossen werden. Es enthält nur eine kleine, aber repräsentative Menge an Abfällen. Der Betrieb kann deshalb gleich nach der Erstellung der notwendigen unterirdischen Bauten und nach der Inbetriebnahme der BE/HAA-Verpackungsanlage erfolgen. Der Beobachtungsbetrieb nach Verschluss des Pilotlagers wird möglichst lang, voraussichtlich bis zum Verschluss der unterirdischen Anlagen fortgesetzt.

3.10 Dauer der Beobachtungsphase mit Offenhaltung der Lagerzugänge

Die Offenhaltung der Lagerzugänge verbunden mit Beobachtungen im Pilotlager während einer bestimmten Zeit nach der Beendigung der Einlagerung ermöglicht die Überprüfung des Lagers. Eine solche Beobachtungsphase schreibt das Kernenergiegesetz vor. Die effektive Dauer ist im Voraus nicht festgelegt; sie soll durch einen gesellschaftlich-politischen Beschluss aufgrund ausreichenden Vertrauens in die Funktion des Tiefenlagers beendet werden. Zur Sicherstellung der Finanzierung muss jedoch in der neuen Verordnung über den Stilllegungs- und Entsorgungsfonds eine Zeitdauer für diese Beobachtungsphase angenommen werden. Zur Diskussion stehen 50 bis 100 Jahre. Während der Zeit der Offenhaltung sind sowohl Beobachtungen am Pilotlager und in der Umgebung der Lagerstollen wie auch das Rückholen der Abfälle auf verhältnismässig einfache Weise möglich. Eine Mindestdauer der Offenhaltung lässt sich nicht mit Sicherheit angeben, dürfte aber 10 Jahre nicht unterschreiten. Die Höchstdauer muss auch offen gelassen werden; sie dürfte durch die Frage der notwendig werdenden Unterhaltsarbeiten beeinflusst werden. Durch eine Auslegung, welche den Unterhalt und allfällige Instandsetzungsarbeiten zulässt, kann aber sichergestellt werden, dass die Offenhaltung der Lagerzugänge kein kritischer Einflussfaktor ist. Gestützt auf die Auslegung der Untertagebauten im Projekt Opalinuston würde sich die Frage der Instandsetzung oder des eventuellen Verschliessens spätestens nach etwa 100 Jahren dringlicher stellen.

3.11 Art des Wirtgesteins

Welche technischen Ansprüche an das Wirtgestein und dessen Konfiguration (Ausdehnung, Tiefenlage) gestellt werden, hängt von der Art und Menge der einzulagernden Abfälle, der Auslegung sowie der Betriebsdauer des Tiefenlagers ab. Die mögliche Einlagerungsdichte wird durch die Wärmeleistung der einzulagernden Abfälle und die Art des Wirtgesteins beeinflusst, da sich die thermischen Eigenschaften der Gesteine unterscheiden können.

Je nach Art und Tiefenlage des Wirtgesteins und abhängig von der Auslegung des Lagers kann insbesondere die zulässige Wärmeleistung der einzelnen einzulagernden Behälter begrenzt sein. Dadurch wird die minimal erforderliche Dauer der Zwischenlagerung der Brennelemente und HAA beeinflusst. In den Tiefenlagerprojekten der Nagra in Opalinuston und Kristallin wird Bentonit als technische Barriere eingesetzt. Bei diesen Projekten ist die Art des Wirtgesteins im Vergleich zu den thermischen Eigenschaften des Bentonits für die Begrenzung der zulässigen Wärmeleistung der weniger bedeutende Einflussfaktor.

3.12 Tiefe des Lagers

Das Kernenergiegesetz schreibt vor, dass die radioaktiven Abfälle in einem geologischen Tiefenlager entsorgt werden. Die aktuelle Tiefe des Lagers beeinflusst die bautechnische Auslegung der Untertagebauten (bzw. die Machbarkeit grösserer Tunnelquerschnitte), die Bauzeit und die Baukosten durch die Länge der Zugangsstollen und -schächte. Ferner steigt die Umgebungstemperatur im Untergrund mit der Tiefe. Somit verringert sich die zulässige Wärmeleistung der Behälter im Lager. Das hat Auswirkungen auf die notwendige Abklingzeit der Brennelemente vor der Einlagerung ins Tiefenlager.

Ausgehend von einem typischen geothermischen Gradienten von $6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ im Opalinuston zeigt sich, dass bei Tieferlegung des Tiefenlagers um 100 m (Beispiel Projekt Opalinuston von 650 m auf 750 m) die zulässige Wärmeleistung bei Einlagerung von 1500 W pro Behälter auf ca. 1400 W pro Behälter zurückgehen würde; eine Höherlegung um 100 m würde eine höhere Wärmeleistung von ca. 1650 W pro Behälter zulassen.

Die Fallbeispiele **9**, **14** und **15** (Tabelle 1) illustrieren die Folgen einer Erhöhung resp. Verringerung der zulässigen Wärmeleistung. Für die Berechnungen wird eine Betriebsdauer von 60 Jahren für die neueren und 50 Jahren für die älteren Kernkraftwerke, ein zukünftigen Abbrand von $65\text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$, eine Einlagerungsrate von 100 Behältern pro Jahr und eine Beladung von 50% für einen Teil der Behälter (mit Einlagerungsbeginn 2050) angenommen. Bei einer zulässigen Wärmeleistung von 1350 W pro Behälter resultieren ca. 2370 Behälter (Einlagerungsdauer 24 Jahre), bei einer zulässigen Wärmeleistung von 1650 W pro Behälter ca. 1960 Behälter (Einlagerungsdauer 20 Jahre). Der zugehörige Kostenunterschied ist erheblich (ca. 275 Mio. CHF).

3.13 Folgerungen

Die Diskussion in den vorhergehenden Abschnitten zeigt insbesondere folgende Sachverhalte:

- Vor 2040 kann ein technisch vertretbarer Betrieb nicht realisiert werden. Eine Betriebsaufnahme im Jahre 2040 ist zwar möglich, bedingt jedoch einen Mehraufwand, der von den verschiedenen hier besprochenen Einflussfaktoren abhängt.

Bei einer Betriebsaufnahme eines BE/HAA/LMA-Lagers im Jahre 2040 würden in einer ersten Phase zuerst das Pilotlager befüllt und die LMA und die verglasten HAA eingelagert; dafür wird – unter Annahme einer reduzierten Einlagerungsrate, welche den mehrjährigen Aufbau von Betriebserfahrung berücksichtigt – eine Dauer von 10 Jahren eingesetzt. Bei einem unterbrechungslosen Betrieb des Lagers müsste daher die Einlagerung der abgebrannten Brennelemente 2050 beginnen.

Ein aus betrieblicher Sicht optimaler Einlagerungsbetrieb für die BE-Behälter kann 2050 noch nicht aufgenommen werden. Die Mehrkosten, die sich durch die Vorverlegung des Einlagerungsbeginns der BE-Behälter auf das Jahr 2050 ergeben, werden beim Vergleich der Varianten ersichtlich. Eine Darstellung der Mehrkosten, die bei der Annahme einer höheren Einlagerungsrate von 200 Behältern pro Jahr mit einem optimalen Beladungsgrad durch eine Vorverlegung des Einlagerungsbeginns der BE-Behälter entstehen würden, befindet sich im Anhang 5.

- Einer der wichtigsten Einflussfaktoren ist die Beladung der Behälter. Wird ein Teil der Behälter zu 50% beladen, ergibt sich eine grosse Flexibilität bezüglich des Einlagerungsbeginns, und es wäre sogar möglich, vor 2050 mit der Einlagerung der Brennelementbehälter zu beginnen. Wegen der signifikant höheren Behälterzahl fielen allerdings deutliche Mehrkosten an, insbesondere, wenn der Betrieb der Kernkraftwerke 50 Jahre oder länger dauert;
- Auch wenn der Abbrand einen klaren Einfluss hat, beeinflusst er das Gesamtbild wesentlich weniger stark als die Behälterbeladung;
- Von weitaus grösserer Bedeutung als der Abbrand ist hingegen die Verwendung von MOX-Brennelementen wegen ihrer höheren Wärmeleistung nach der Entladung aus dem Reaktor und ihres langsameren Abklingens;
- Die Betriebsdauer der Kernkraftwerke hat einen Einfluss auf den Einlagerungsbeginn, aber der Einfluss ist nicht übermässig, ausser wenn zusätzlich eine reduzierte Behälterbeladung bis zu einem Füllgrad von 75% vorausgesetzt wird. Die Mehrkosten, die sich aus einer Einlagerung der Brennelemente bereits ab 2050 ergeben, nehmen mit der Betriebsdauer der Kernkraftwerke über 50 Jahre hinaus stark zu;
- Die Einlagerungsrate (Anzahl Behälter pro Jahr) ist ein wichtiger Faktor, da sie die Dauer des Einlagerungsbetriebs direkt beeinflusst. Der Vorteil einer höheren Einlagerungsrate ist die Reduktion der Kosten aufgrund der kürzeren Betriebszeit. Wird allerdings ein Einlagerungsbeginn um 2050 angestrebt, verringert sich der Vorteil deutlich: Bei einer Betriebsdauer der Kernkraftwerke über 50 Jahre hinaus kann bei allen Einlagerungsraten ein Teil der Behälter nur zu 50% beladen werden. Je höher die Rate, desto grösser ist die Zahl der Behälter, die nur teilweise beladen werden können. Die höhere Behälterzahl führt wiederum zu höheren Kosten.

4. Zeitablauf der Realisierung des Tiefenlagers

Um den kombinierten Einfluss der verschiedenen Einflussgrößen auf den Zeitablauf der Tiefenlagerung zu illustrieren, werden einige mögliche Varianten verglichen. Weiter wird der Zeitbedarf für die gesellschaftlichen Entscheidungsprozesse, die Bewilligungsverfahren und die technischen Vorarbeiten bis und mit Bau des Tiefenlagers geschätzt. Folgende weitere Voraussetzungen bleiben bei den vorgestellten Varianten gleich:

- Die erforderlichen Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente existieren oder werden rechtzeitig erstellt;
- Das aus der Wiederaufarbeitung gemäss bestehenden Verträgen herrührende Plutonium wird in MOX-Brennelementen eingesetzt. Darüber hinaus werden keine zusätzlichen MOX-Brennelemente verwendet;
- Das Tiefenlager und die zugehörigen Einrichtungen entsprechen der Option Opalinuston;
- Die Einlagerungsrate der BE- und HAA-Behälter beträgt 100 Behälter/Jahr.
- Die Einlagerungsphase ins Tiefenlager wird so früh wie möglich abgeschlossen. Dazu wird der mittlere Abbrand der Brennelemente des jeweils letzten Reaktorkerns soweit reduziert, dass die Brennelemente nach 40 Jahren einlagerfähig sind,
- Es wird angenommen, dass die Dauer der Beobachtungsphase nach Abschluss der Einlagerung 50 Jahre beträgt.

4.1 Ablauf bis zur Aufnahme des Betriebs

Für den Zeitbedarf der gesellschaftlichen Entscheidungsprozesse und der Bewilligungsverfahren wurden, wie im Mandat festgehalten, keine Variantenstudien gemacht. Das Standortauswahlverfahren wird zurzeit erarbeitet und im Konzeptteil des Sachplans Geologische Tiefenlager festgehalten. Voraussichtlich wird der Bundesrat im Sommer 2007 darüber befinden. Anschliessend können mögliche Standortregionen und Standorte evaluiert und verglichen werden. Gestützt auf optimistische Annahmen bezüglich des nötigen Aufwands beim Auswahlprozess könnte frühestens 2013 eine Standortwahl (mit Rahmenbewilligungsgesuch) getroffen werden. In der nachfolgenden Zusammenstellung wird angenommen, dass ein solcher Fahrplan eingehalten werden kann und dass die im Anschluss daran gefällten Bewilligungsentscheide nicht gerichtlich angefochten werden. Auch diese Annahme ist als optimistisch anzusehen.

Die Zeitangaben entsprechen somit optimistischen bis realistischen Erwartungen bezüglich der Dauer der einzelnen Schritte. Es ergibt sich so ein frühest möglicher Betriebsbeginn des Tiefenlagers für hochaktive Abfälle im Jahre 2040 (siehe Tabelle 2 „Zeitplan nach Sachplan“).

Tabelle 2:

Zeitplan 2006 - 2035/45 nach Sachplan Geologische Tiefenlager, Entwurf Konzeptteil vom März 2006

¹⁾ Dauer hängt massgeblich davon ab, ob z.B. weitere Probebohrungen notwendig sind.

²⁾ Gilt auch für Betriebsbewilligung.

Zeitplan		
Verfahren	Termin	Resultat
Sachplan Geologische Tiefenlager Erarbeitung des Konzeptteils	2007	Genehmigung durch den Bundesrat
Sachplan Geologische Tiefenlager Umsetzung	Bis 2013/16 ¹	<ul style="list-style-type: none"> • Auswahl einer Anzahl geeigneter Regionen aufgrund von sicherheitstechnischen Kriterien und Aufnahme im Sachplan durch Bundesrat (Vororientierung): 2-3 Jahre. • Aufbau Partizipation, Untersuchung der sozioökonomischen Auswirkungen, Bewertung von raumplanerischen Aspekten und Konkretisierung der Projekte für mindestens 2 Standorte. 2-3 Jahre (Zwischenergebnis). • Vorbereitung und Einreichung Rahmenbewilligungsgesuch (erdwissenschaftliche Untersuchungen, falls erforderlich; z.B. Seismik, Bohrungen): 2-3 Jahre.
Rahmenbewilligungsverfahren	Bis 2017/20	Entscheid Bundesrat betreffend Erteilung Rahmenbewilligung und Genehmigung des Objektblattes (Festsetzung): 2 Jahre.
		Genehmigung der Rahmenbewilligung durch das Parlament und allenfalls Volksentscheid: 2 Jahre.
Baubewilligungsverfahren	Bis 2021/28	Allenfalls sind weitere erdwissenschaftliche Untersuchungen notwendig. Die Baubewilligung kann vor Rekurskommission (bzw. Bundesverwaltungsgericht) und dann vor Bundesgericht angefochten werden ² : 4-8 Jahre.
Bau und Betrieb von Felslabor und Kavernen, Betriebsbewilligung	SMA 2028/35 HAA 2038/45	Für schwach- und mittelaktive Abfälle dauern Bau und Inbetriebnahme eines Felslabors rund 4 Jahre. Das Felslabor wird sodann ca. 3 Jahre betrieben. Bau von Rampe und Felslabor dauert für hochaktive Abfälle ca. 7 Jahre. Anschliessend wird das Felslabor ca. 10 Jahre betrieben. Während der Bauphase und des Betriebs der Felslabore wird die Betriebsbewilligung vorbereitet und erteilt.
Inbetriebnahme	SMA ab 2030 HAA ab 2040	Basiert auf der Annahme, dass weder die Minimal- noch Maximalzeiten benötigt werden. Zudem sind für den Beginn der Einlagerung zusätzlich technische Kriterien zu berücksichtigen, insbesondere die Temperatur der einzulagernden Brennelemente.

4.2 Varianten für den Betrieb des Tiefenlagers

Die in den Kapiteln 2 und 3 untersuchten technischen Einflussgrößen beeinflussen vor allem den frühest möglichen Zeitpunkt der Einlagerung der BE sowie die Dauer und die Kosten des Betriebs des Tiefenlagers. Ihr Einfluss wurde im Kapitel 3 detailliert untersucht. Zur Illustration wurden aus den Beispielen (Tabelle 1) sechs Varianten ausgewählt, welche im Folgenden näher dargestellt und erläutert werden (weitere Varianten können mit Hilfe der Angaben in den Anhängen 4 und 5 abgeleitet werden). Bei allen Kostenberechnungen wurde der Realzins nicht berücksichtigt. Die Varianten beziehen sich mehrheitlich auf einen Einlagerungsbetrieb ohne Unterbrüche und basieren auf der Annahme einer gut realisierbaren Einlagerungsrate von 100 Behältern pro Jahr. Da in den meisten Fällen ein solcher Betrieb nicht bereits ab 2040 möglich ist (siehe Kapitel 3), besteht zwischen der (optimistisch angenommenen) Erteilung der Betriebsbewilligung im Jahre 2040 und der Aufnahme des Einlagerungsbetriebs eine Zeitperiode, in der das Testlager (das Felslabor am Lagerort) weiterbetrieben werden kann. Bei höherem Zeitbedarf für die Standortwahl und die Bewilligungsverfahren (also späterer Betriebsbewilligung) wird diese Zeitperiode entsprechend verkürzt.

Technische Gründe schliessen einen relativ frühen Betriebsbeginn eines Tiefenlagers nicht aus. Es wird geschätzt, dass für die Vorarbeiten (Bau Rampe/Felslabor, Betrieb Felslabor, Projektierung) und den Bau des Tiefenlagers ca. 20 Jahre benötigt werden, wobei die für die Bewilligungsverfahren erforderliche Zeit nicht berücksichtigt ist.

Der frühest mögliche Zeitpunkt des Abschlusses der Einlagerungsperiode wird durch die technischen Rahmenbedingungen wie Brennstoffbewirtschaftung (Abbrand, Wiederaufarbeitung und Verwendung von MOX) und Betriebsdauer der Kernkraftwerke (Abkühlzeit der Brennelemente der letzten Kernladung) bestimmt. Durch den frühesten Abschluss der Einlagerungsperiode wird auch indirekt der Beginn des Lagerbetriebs vorgegeben, falls die Einlagerung technisch optimal und ohne grössere Unterbrüche stattfinden soll. Soll der Betriebsbeginn früher sein, ist das mit erhöhtem technischen Aufwand und entsprechend höheren Kosten verbunden.

Ein Beginn der Einlagerung vor 2050 (d.h. der Einlagerung von BE-Behältern vor 2060) kann auf zwei Arten erreicht werden: Die Lagerbehälter können kleiner gewählt oder nur teilweise gefüllt werden, und der Einlagerungsbetrieb kann periodisch für jeweils ein Jahr (evtl. mehrere Jahre) unterbrochen werden. Es zeigt sich, dass bei diesem Vorgehen die Kosten der Tiefenlagerung höher werden wegen des zusätzlichen Bedarfs an Behältern und Lagerstollen und wegen der Verlängerung der Betriebszeit des Tiefenlagers. Gegen mehrjährige Unterbrüche sprechen Aspekte des betrieblichen Ablaufes und der Sicherheit, aber auch wirtschaftliche Gründe.

Ein guter Kompromiss scheint bei der Variante 4 vorzuliegen. Sie geht aus von einem Betrieb während 50 Jahren für die älteren und 60 Jahren für die neueren Kernkraftwerke, einem Abbrand der Brennelemente ab heute von im Mittel $65 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$, von der Einlagerung von mindestens zu 75% gefüllten Behältern, einer Einlagerungsrate von 100 Behälter/Jahr und einem Einlagerungsbetrieb ohne Unterbruch. Den wirtschaftlichen Vorteilen der längeren Betriebsdauer der Kernkraftwerke stehen die zusätzlichen Kosten gegenüber, die durch die Erhöhung der Behälterzahl aufgrund der teilweise nur zu 75% gefüllten Behälter entstehen (ca. 50 Mio. CHF, ohne Berücksichtigung des Realzinses). Der Beginn der Einlagerung (zuerst HAA-Behälter) könnte 2052 sein. Als eine deutlich teurere Variante präsentiert sich die Vorverlegung der Betriebsaufnahme ins Jahr 2040 (Variante 5). Sie hätte Mehrkosten von ca. 250 Mio. CHF zur Folge.

Die Mehrkosten ergeben sich aus dem Vergleich der totalen Grenzkosten für jede Variante. In Tabelle 1 (Fallbeispiele) werden die Grenzkosten pro Tonne Uran in kCHF aufgeführt. Um die totalen Grenzkosten zu berechnen, müssen diese mit der Urantonnage multipliziert werden. Bei einem zukünftigen Abbrand von $65 \text{ GWd}/t_{\text{SMini}}$ rechnet man für eine 40-jährige Betriebszeit der Kernkraftwerke mit etwa 1900 t (ohne den Brennstoff, der wiederaufgearbeitet wird), bei einem Betrieb von 50 Jahren für die älteren und 60 Jahren für die jüngeren Werke mit ungefähr 2810 t Uran.

Variante 1 (entspricht Fallbeispiel 2): Betrieb der Kernkraftwerke während je 40 Jahren, Abbrand der Brennelemente ab heute im Mittel $65 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$, Einlagerung voller Behälter, Einlagerungsrate 100 Behälter/Jahr, Einlagerungsbetrieb ohne Unterbruch. Es werden 1222 BE-Behälter benötigt

2040 – 2052	Betrieb Testlager: Zugleich Warteperiode bis zum Beginn des Einlagerungsbetriebs.
2052 – 2054	Einlagerung Pilotlager und Einlagerung LMA: Für die Einlagerung (inkl. Verfüllung, Instrumentierung) wird ein Zeitbedarf von ca. zwei Jahren geschätzt.
2054 – 2075	Betrieb Hauptlager: Für die Einlagerung der HAA-Kokillen wird ein Zeitbedarf von acht Jahren geplant, sodass die Einlagerung der BE-Behälter 2062 beginnen würde.
2075 – 2125	Überwachungsbetrieb: Nach Abschluss des Einlagerungsbetriebs folgt eine Überwachungsphase des Lagers bei versiegelten Lagerstollen, aber offenen Zugängen. Für die Dauer des Überwachungsbetriebs werden 50 Jahre angenommen.
2125 – 2129	Verschluss: Für den Verschluss der Gesamtanlage werden vier Jahre eingerechnet.

Variante 2 (entspricht Fallbeispiel 7): Betrieb der Kernkraftwerke während je 40 Jahren, Abbrand der Brennelemente ab heute im Mittel $65 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$, Einlagerung von mindestens zu 75% gefüllten Behältern, Einlagerungsrate 100 Behälter/Jahr, Einlagerungsbetrieb ohne Unterbruch. Es werden 1267 BE-Behälter benötigt. Der Kostenzuwachs gegenüber Variante 1 beträgt ca. 20 Mio. CHF.

2040 – 2042	Einlagerung Pilotlager und Einlagerung LMA: Für die Einlagerung (inkl. Verfüllung, Instrumentierung) wird ein Zeitbedarf von ca. zwei Jahren geschätzt.
2042 – 2061	Betrieb Hauptlager: Für die Einlagerung der HAA-Kokillen werden acht Jahren (evtl. kürzer) geplant. Die Einlagerung erfolgt teilweise mit der Einlagerung der BE-Behälter überlappend. Diese beginnt 2048 .
2061 – 2111	Überwachungsbetrieb: Nach Abschluss des Einlagerungsbetriebs folgt eine Überwachungsphase des Lagers bei offenen Zugängen. Für die Dauer des Überwachungsbetriebs werden 50 Jahre angenommen.
2111 – 2115	Verschluss: Für den Verschluss der Gesamtanlage werden vier Jahre eingerechnet.

Variante 3 (entspricht Fallbeispiel 4): Betrieb während 50 Jahren für die älteren und 60 Jahren für die neueren Kernkraftwerke, Abbrand der Brennelemente ab heute im Mittel $65 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$, Einlagerung voller Behälter, Einlagerungsrate 100 Behälter/Jahr, Einlagerungsbetrieb ohne Unterbruch. Es werden 1794 BE-Behälter benötigt.

2040 - 2054	Betrieb Testlager: Zugleich Warteperiode bis zum Beginn des Einlagerungsbetriebs.
2054 – 2056	Einlagerung Pilotlager und Einlagerung LMA: Für die Einlagerung (inkl. Verfüllung, Instrumentierung) wird ein Zeitbedarf von ca. zwei Jahren geschätzt.
2056 – 2082	Betrieb Hauptlager: Für die Einlagerung der HAA-Kokillen wird ein Zeitbedarf von acht Jahren geplant, sodass die Einlagerung der BE-Behälter 2064 beginnt.
2082 – 2132	Überwachungsbetrieb: Nach Abschluss des Einlagerungsbetriebs folgt eine Überwachungsphase des Lagers bei offenen Zugängen. Für die Dauer des Überwachungsbetriebs werden 50 Jahre angenommen.
2132 – 2136	Verschluss: Für den Verschluss der Gesamtanlage werden vier Jahre eingerechnet.

Variante 4 (entspricht Fallbeispiel 8): Betrieb während 50 Jahren für die älteren und 60 Jahren für die neueren Kernkraftwerke, Abbrand der Brennelemente ab heute im Mittel $65 \text{ GWd/t}_{\text{SMinit}}$, Einlagerung von mindestens zu 75% gefüllten Behältern, Einlagerungsrate 100 Behälter/Jahr, Einlagerungsbetrieb ohne Unterbruch. Es werden 1852 BE-Behälter benötigt. Der Kostenzuwachs gegenüber der Variante 3 beträgt ca. 50 Mio. CHF.

2040 – 2050	Betrieb Testlager: Zugleich Warteperiode bis zum Beginn des Einlagerungsbetriebs.
2050 – 2052	Einlagerung Pilotlager und Einlagerung LMA: Für die Einlagerung (inkl. Verfüllung, Instrumentierung) wird ein Zeitbedarf von ca. zwei Jahren geschätzt.
2052 – 2079	Betrieb Hauptlager: Für die Einlagerung der HAA-Kokillen wird ein Zeitbedarf von acht Jahren geplant, sodass die Einlagerung der BE-Behälter 2060 beginnen würde.
2079 – 2129	Überwachungsbetrieb: Dieser folgt bei offenen Zugängen nach Abschluss des Einlagerungsbetriebs. Für die Dauer der Überwachung werden 50 Jahre angenommen.
2129 – 2133	Verschluss: Für den Verschluss der Gesamtanlage werden vier Jahre eingerechnet.

Variante 5 (entspricht Fallbeispiel 9): Betrieb während 50 Jahren für die älteren und 60 Jahren für die neueren Kernkraftwerke, Abbrand der Brennelemente ab heute im Mittel $65 \text{ GWd/t}_{\text{SMinit}}$, Einlagerung von mindestens zu 50% gefüllten Behältern, Einlagerungsrate 100 Behälter/Jahr, Einlagerungsbetrieb ohne Unterbruch. Es werden 2144 BE-Behälter benötigt. Der Kostenzuwachs gegenüber der Variante 3 beträgt ca. 250 Mio. CHF.

2040 – 2042	Einlagerung Pilotlager und Einlagerung LMA: Für die Einlagerung (inkl. Verfüllung, Instrumentierung) wird ein Zeitbedarf von ca. zwei Jahren geschätzt.
2042 - 2072	Betrieb Hauptlager: Für die Einlagerung der HAA-Kokillen wird ein Zeitbedarf von acht Jahren geplant, sodass die Einlagerung der BE-Behälter 2050 beginnen würde.
2072 – 2122	Überwachungsbetrieb: Dieser folgt bei offenen Zugängen nach Abschluss des Einlagerungsbetriebs. Für die Dauer der Überwachung werden 50 Jahre angenommen.
2122 - 2126	Verschluss: Für den Verschluss der Gesamtanlage werden vier Jahre eingerechnet.

Variante 6 (entspricht Fallbeispiel 10): Betrieb während 50 Jahren für die älteren und 60 Jahren für die neueren Kernkraftwerke, Abbrand der Brennelemente ab heute im Mittel $65 \text{ GWd/t}_{\text{SMinit}}$, Einlagerung von mindestens zu 75% gefüllten Behältern, Einlagerungsrate 100 Behälter/Jahr, während der ersten zehn Jahre nur jedes zweite Jahr Einlagerungsbetrieb im Hauptlager. Es werden 1842 BE-Behälter benötigt. Der Kostenzuwachs gegenüber der Variante 3 beträgt ca. 175 Mio. CHF.

2040 – 2046	Betrieb Testlager: Zugleich Warteperiode bis zum Beginn des Einlagerungsbetriebs.
2046 – 2048	Einlagerung Pilotlager und Einlagerung LMA: Für die Einlagerung (inkl. Verfüllung, Instrumentierung) wird ein Zeitbedarf von ca. zwei Jahren geschätzt.
2048 – 2080	Betrieb Hauptlager: Für die Einlagerung der HAA-Kokillen wird ein Zeitbedarf von acht Jahren geplant, sodass die Einlagerung der BE-Behälter 2056 beginnen würde.
2080 – 2130	Überwachungsbetrieb: Dieser folgt bei offenen Zugängen nach Abschluss des Einlagerungsbetriebs. Für die Dauer der Überwachung werden 50 Jahre angenommen.
2130 – 2134	Verschluss: Für den Verschluss der Gesamtanlage werden vier Jahre eingerechnet.

Anhang 5 enthält einige ergänzende Varianten, die auf der Annahme einer erhöhten Einlagerungsrate von 200 Behältern basieren. Im Anhang 5 werden die Mehrkosten aufgezeigt, die durch die Vorverlegung des Beginns des Einlagerungsbetriebs bei dieser Einlagerungsrate entstehen (Anhang 5, Figuren 1 und 2). Bei einer Betriebsdauer von 50 Jahren für die älteren und 60 Jahren für die neueren Kernkraftwerke, einem Abbrand der Brennelemente von $65 \text{ GWd}/t_{\text{SMinit}}$ ab heute und einer Einlagerungsrate von 200 Behältern pro Jahr beträgt der Kostenunterschied zwischen der technisch optimalen Variante (Einlagerungsbeginn der Brennelemente im Jahre 2072) und der Variante mit Einlagerungsbeginn im Jahr 2040 (d.h. Beginn der Einlagerung der Brennelemente im Jahr 2050) rund 320 Mio. CHF. Dank der kürzeren Dauer des Einlagerungsbetriebs ist die Einlagerung mit der höheren Einlagerungsrate bezüglich der Kosten günstiger als bei einer Rate von 100 Behältern pro Jahr. Vergleicht man die Varianten mit Einlagerungsbeginn im Jahr 2040 (Brennelemente ab 2050) für Einlagerungsraten von 100 Behältern pro Jahr bzw. 200 Behältern pro Jahr, so ergeben sich Minderkosten zu Gunsten der Variante mit 200 Behältern pro Jahr von ca. 165 Mio. CHF. Bei einem Einlagerungsbeginn erst im Jahr 2050 (Einlagerung von Brennelementen ab 2060) ergeben sich Minderkosten zu Gunsten der Variante mit 200 Behältern pro Jahr von ca. 180 Mio. CHF.

5. Anhänge und Beilagen

Anhang 1: Mitglieder der Arbeitsgruppe

Dr. Johannes Vigfusson, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (Vorsitz)

Dr. Hans Wanner, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (Protokolle)

Dr. Michael Aebersold, Bundesamt für Energie (bis Juni 2004)

Dr. Monika Jost, Bundesamt für Energie (ab Juni 2004)

Dr. Werner Zeller, Bundesamt für Gesundheit

Dr. Piet Zuidema, Nationale Genossenschaft für die Lagerung Radioaktiver Abfälle

Anhang 2: Mandat der Arbeitsgruppe

Das Mandat vom 27. März 2003 lautete:

Aufgrund der technischen Rahmenbedingungen ist ein Zeitplan für Bau, Betrieb und Verschluss eines Lagers BE/HAA/LMA zu erarbeiten. Zu berücksichtigen sind dabei u.a. folgende Aspekte:

- Temperaturentwicklung von BE, MOX und verglasten Abfällen. Behältergrösse und Beladung, Zeitpunkt der Verfüllung von Kavernen, etc.;
- Rahmenbedingungen für den „technisch begründeten“ Zeitplan (Betriebsdauer der KKW, Wiederaufarbeitung, MOX-Einsatz, etc.);
- Inbetriebnahme des Lagers, wenn 25%, 50%, 75% oder 100% der endlagerfähigen Abfälle vorliegen (Aktivität resp. Volumen);
- Mögliche Änderungen der Rahmenbedingungen und Auswirkungen auf den Zeitplan.
- Betrieb des Pilotlagers;
- Notwendigkeit zusätzlicher Anlagen, z.B. für die Verpackung.

Es geht hingegen nicht darum, Prognosen zu machen, wie viel Zeit das Verfahren (Standortsuche, Rahmenbewilligung, Baubewilligung etc.) in Anspruch nimmt und auch nicht um die Berücksichtigung von ökonomischen Aspekten.

Spätere Ergänzung/Änderung:

Das Mandat wurde später auf die Berücksichtigung ökonomischer Aspekte ausgedehnt. Punkt drei des Mandats wurde nicht behandelt. Die Begründung geht aus den Ausführungen in den Kapiteln 2 und 3 hervor.

Anhang 3: Einflussfaktoren für die Betriebsaufnahme eines geologischen Tiefenlagers für BE/HAA/LMA

Beispiele der Hierarchie der Abhängigkeiten unter den Einflussfaktoren. Jeder Einflussfaktor ist von den unmittelbar rechts davon angeordneten Einflussfaktoren abhängig. Der in der Titelzeile genannte Einflussfaktor hängt von den Einflussfaktoren in der ersten Spalte ab.

Anzahl einlagerbarer Abfallgebinde		
Anfall Abfallgebinde mit zulässiger Wärmeleistung	Zulässige Wärmeleistung der Abfallgebinde	Bentonit (oder Alternativen) Andere (Wirtgestein, Hüllrohre,...)
	Anzahl BE pro Behälter	Zulässige Temperaturen in diversen Komponenten des Tiefenlagers Thermische Eigenschaften des Lagersystems In situ Temperaturen im Wirtgestein
Anfall geeigneter BE		Behälterkapazität (Grösse/Auslegung)
	Anfall geeigneter BE	Ausnutzung des Behälters
Anfall geeigneter BE		Wärmeleistung vorhandener BE
	Anfall geeigneter BE	Anfall der BE

Minimal notwendige Anzahl einlagerbarer Abfallgebinde	
Behälterbedarf Pilotlager	Grösse Pilotlager
	Art der Abfälle
Zeitspanne zwischen Betriebsaufnahme von Pilotlager und Hauptlager	Technische Aspekte (inkl. Sicherheit)
	Wirtschaftlichkeit
Betriebsweise Hauptlager	Kontinuierlich oder intermittierend
	Möglichkeit von Betriebsphasen/Etappen
	Minimaler „batch“
	Machbarkeit (technische Aspekte und Sicherheit)
	Max. Dauer der Offenhaltung von Lagerstollen
	Länge der Lagerstollen

Betriebszeit Tiefenlager	
Frühest möglicher Betriebsbeginn	Technische Vorarbeiten
	Vorbereitung Raumplanungs- und Baugesetz (RBG)
	Felslabor (Bau und Betrieb)
	Bau Infrastruktur, Pilotlager, Hauptlager
	BE Konditionierungsanlage
	Bewilligungsverfahren
	Gesellschaftlich-politische Entscheidungsfindung
	Programm nach Entsorgungsnachweis
	Entscheidungspunkt multinationales Lager
	Internationaler Fortschritt
	Realzins
Spätmöglichstes Betriebsende	Stabilität Fonds
	Zukunft Kernenergie
	Stabilität (geotechnisch)
	Unterhalt/Reparaturmöglichkeiten
	Gesellschaftlich-politische Entscheidungsfindung

Anhang 4: Berechnung der technisch möglichen Zeiten für den Beginn der Einlagerung der BE-Endlagerbehälter

Zur Ermittlung des frühestmöglichen Zeitpunkts für die Aufnahme der Einlagerung von HAA/BE in einem geologischen Tiefenlager („Startjahr“) muss zunächst die Anfalllogistik der verglasten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (Kokillen) und der Brennelemente (BE) erfasst werden. Da die thermische Leistung eines ausgedienten BE nicht nur von seinem Alter nach der Entladung, sondern auch von seinen Eigenschaften wie u.a. dem Typ (MOX, UO₂) und der Höhe des Abbrands abhängt, bedarf es einer akkuraten Buchführung über alle einzulagernden BE. Dazu wurde eine Datenbank erstellt, die in jedem Kalenderjahr und für jedes der fünf Schweizer KKW festhält, wie viele BE mit welchen Eigenschaften entladen werden. Für die Vergangenheit wird dazu auf die weitgehend vorhandenen Entladepläne (inkl. Angaben zu Entladeabbränden) abgestützt. Für die Zukunft werden die Daten entsprechend der Annahme zum künftigen mittleren Entladeabbrand berechnet. Der Schwankungsbereich um den zukünftigen mittleren Entladeabbrand wurde mit einer Gauss-Verteilung abgebildet, um die „Verschmierung“ der BE-Wärmeleistungen abzubilden, die realistischer als ein konstanter Wert ist.

Für die gegen Ende der Betriebszeit eines Reaktors realisierbaren Abbrände sind die Wärmeleistungs-Begrenzungen der Zwischenlagerbehälter massgebend. Für die DWR wird von der Beladung von TN 24-Behältern ausgegangen. Der maximale Abbrand der BE wird so gewählt, dass die Wärmeleistung der BE fünf Jahre nach Abschaltung des Reaktors auf 1.09 kW/BE begrenzt wird. Für die SWR-BE werden analoge Limiten bzgl. der gesamten Wärmeleistung eines Zwischenlagerbehälters angenommen.

Aus diesen Daten kann dann (unter Verwendung von Standard-Abbrand-Programmen) zu jedem vorgegebenen Jahr die Wärmeleistung jedes BE berechnet werden. Schliesslich sind die damit charakterisierten Abfälle „optimal“ auf Endlagerbehälter zu verteilen, wobei gemäss der gegenwärtigen Planung 1 Kokille und 4 (9) BE der DWR (SWR-) Reaktoren in EL-Behälter mit unterschiedlichen Dimensionen verpackt werden. Dabei gelten als Randbedingungen, dass

- die Wärmeleistungsbegrenzung von 700 Watt/Kokille bzw. 1500 Watt/BE-Behälter nicht überschritten und gleichzeitig optimal ausgeschöpft wird,
- die Einlagerung aller Behälter – ab einem vorgegebenen Startjahr und unter Vorgabe einer minimalen jährlichen Einlagerungsrate – ohne Unterbruch möglich ist,
- der minimale Befüllungsgrad der BE-Behälter variabel sein kann (bei Behältern mit DWR-BE z.B. 50/75/100% für die Befüllung mit 2/3/4 BE).

Zur Lösung der Aufgabe mit den gegebenen Randbedingungen eignet sich der auf einem Monte-Carlo-Verfahren basierende Algorithmus des „Simulated Annealing“, der das komplexe kombinatorische Problem löst. Für die BE wird dazu folgendermassen vorgegangen:

1. Es wird zunächst ein Startjahr für die Einlagerung, der gewünschte minimale Befüllungsgrad sowie die jährliche Einlagerungsrate (z.B. 100 p.a.) von BE-Behältern vorgegeben. Der Algorithmus wählt dann zur Befüllung der ersten 100 Behälter diejenigen BE aus, mit denen die maximale Wärmeleistungs-Begrenzung möglichst gut ausgenutzt wird. Diese BE werden dann von der weiteren Berechnung ausgeschlossen.
2. Für die verbliebenen BE wird eine Zerfallsrechnung bis in das nächste Einlagerungsjahr durchgeführt und Schritt (1) wiederholt.

3. Diese Berechnungen werden in Jahresintervallen wiederholt, bis alle BE in Behältern mit Wärmeleistungen unterhalb 1500 Watt untergebracht sind.
4. Falls sich für das gewählte Startjahr kein unterbruchsfreier Einlagerungsbetrieb ergibt (also in mindestens einem Jahr die vorgegebene Einlagerungsrate von Behältern mit Wärmeleistungen unterhalb 1500 Watt nicht erreicht werden kann), wird das gewählte Startjahr verworfen. In diesem Fall wird das Startjahr erhöht und wieder mit Schritt (1) begonnen.

Für die Kokillen mit verglasten Abfällen aus der Wiederaufarbeitung kann, da sie einzeln in Behälter verpackt werden und die Wärmeleistung einer durchschnittlichen Kokille schon nach 30 Jahren unter 700 Watt abgeklungen ist, eine vereinfachte Betrachtung erfolgen. Es ist davon auszugehen, dass diese ca. bis zum Jahr 2040 soweit abgeklungen sind, dass sie problemlos eingelagert werden können. Falls, wie erwartet, insgesamt 730 Kokillen anfallen, verschiebt sich der für die BE berechnete Einlagerungszeitpunkt um „730/Einlagerungsrate“ Jahre nach vorne.

In den Tabellen 1 und 2 sind die so analysierten Szenarien dokumentiert. In den ersten drei Kolonnen werden die Vorgaben für die Rechenfälle definiert: die erste Kolonne beschreibt das KKW-Szenarium (KKW-Betriebszeiten, zukünftiger mittlerer Entladeabbrand, zulässige Wärmeleistung der BE-Endlagergebäude bei Einlagerung), die zweite Kolonne die Einlagerungsrate (in Behältern pro Jahr) und die dritte Kolonne den minimal erforderlichen Befüllungsgrad. Die nachfolgenden Kolonnen enthalten die Resultate, nämlich Start- und Endjahr der Einlagerung der BE (vierte bzw. fünfte Kolonne) und die Anzahl Behälter (sechste Kolonne). Wurde das Startjahr vorgegeben, ist es mit einem Stern markiert.

Tabelle 1: Resultate für die Einlagerung der abgebrannten Brennelemente aus einem 40-jährigen Betrieb der bestehenden Kernkraftwerke ($\text{GWd/t}_{\text{IHM}} = \text{GWd/t}_{\text{SMinit}}$)

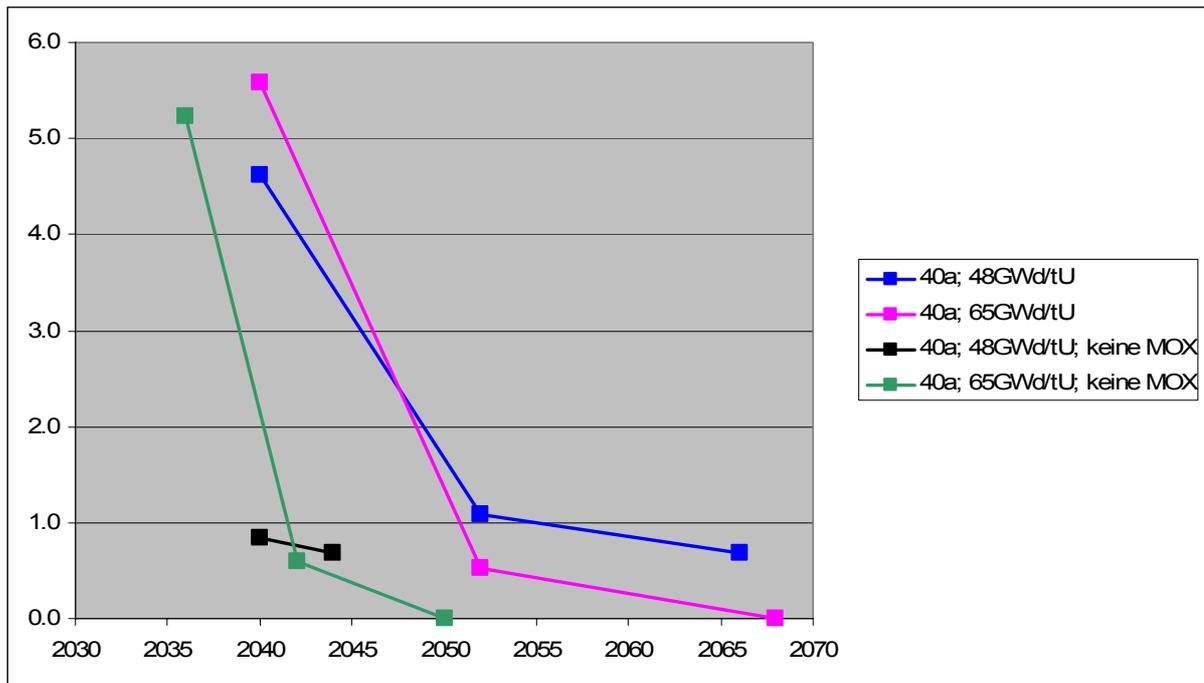
Variante	Beh./Jahr	Füllgrad	Startjahr	Endjahr	# Behälter
40a/40a; 65 $\text{GWd/t}_{\text{IHM}}$; WL-Limit: 1500 Watt	200	100 %	2068	2075	1222
		75 %	2052	2059	1277
		50 %	2050*	2057	1293
	100	100 %	2062	2075	1222
		75 %	2048	2061	1267
		50 %	2040*	2055	1429
	50/100	100 %	2058	2076	1222
		75 %	2044	2062	1267
		50 %	2040*	2059	1341
	100/200	100 %	2064	2076	1222
		75 %	2048	2060	1271
		50 %	2040*	2053	1432
40a/40a; 48 $\text{GWd/t}_{\text{IHM}}$; WL-Limit: 1500 Watt	200	100 %	2066	2073	1293
		75 %	2052	2059	1335
	100	100 %	2062	2075	1293
		75 %	2044	2058	1353
	50/100	100 %	2058	2076	1293
		75 %	2040	2059	1342
	100/200	50 %	2040*	2052	1394
	40a/40a; 65 $\text{GWd/t}_{\text{IHM}}$; WL-Limit: 1500 Watt; keine MOX	200	100 %	2050	2057
75 %			2042	2049	1283
100		100 %	2044	2057	1222
		75 %	2036	2050	1334
50/100		100 %	2040	2058	1222
100/200		50 %	2040*	2052	1275
40a/40a; 48 $\text{GWd/t}_{\text{IHM}}$; WL-Limit: 1500 Watt; keine MOX		200	100 %	2044	2051
	75 %		2040*	2047	1310

Tabelle 2: Resultate für die Einlagerung der abgebrannten Brennelemente aus einem 50- bzw. 60-jährigen Betrieb der bestehenden Kernkraftwerke ($\text{GWd}/t_{\text{HM}} = \text{GWd}/t_{\text{SMinit}}$)

Variante	Beh./Jahr	Füllgrad	Startjahr	Endjahr	#Behälter
Referenzfall: 60a/50a; 65 GWd/t_{HM} ; WL-Limit: 1500 Watt	200	100 %	2072	2081	1794
		75 %	2066	2076	1830
		50 %	2060*	2070	1983
			2050*	2062	2366
	100	100 %	2064	2082	1794
		75 %	2060	2079	1852
		50 %	2050*	2072	2144
			2040*	2066	2555
	50/100	100 %	2060	2083	1794
		75 %	2056	2080	1842
		50 %	2050*	2076	2004
			2040*	2069	2346
	50/200	100 %	2064	2081	1794
		75 %	2058	2075	1854
		50 %	2050*	2068	2087
			2040*	2061	2519
	100/200	100 %	2066	2080	1794
		75 %	2062	2077	1826
50 %		2060*	2075	1878	
		2050*	2066	2199	
		2044	2062	2469	
60a/60a; 65 GWd/t_{HM} ; WL-Limit: 1500 Watt	100	100 %	2064	2084	1942
		75 %	2060	2080	1993
	50/100	100 %	2060	2085	1942
		75 %	2056	2081	1984
50a/50a; 65 GWd/t_{HM} ; WL-Limit: 1500 Watt	100	100 %	2062	2078	1576
		75 %	2054	2071	1638
	50/100	100 %	2058	2079	1576
		75 %	2050	2072	1629
60a/50a; 55 GWd/t_{HM} ; WL-Limit: 1500 Watt	200	100 %	2068	2078	1868
		50 %	2060*	2070	1967
			2050*	2062	2308
	100	100 %	2060	2079	1868
		75 %	2058	2077	1895
		50 %	2050*	2072	2126
	50/100	100 %	2056	2080	1868
		75 %	2054	2078	1891
		50 %	2050*	2075	1990
	2040*		2069	2303	
50/200	50 %	2040*	2060	2447	

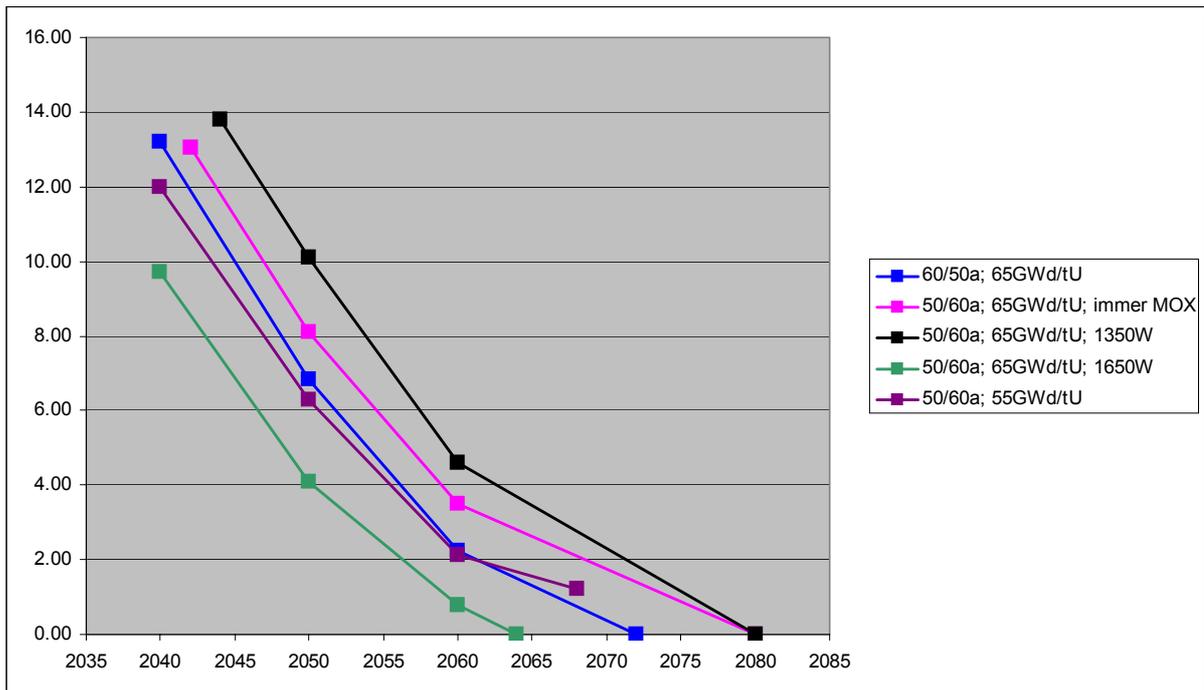
60a/50a; 65 GWd/t _{IHM} ; WL-Limit: 1500 Watt; "MOX plus"	200	100 %	2080	2089	1794
		50 %	2060*	2071	2059
			2050*	2063	2445
	100	100 %	2074	2092	1794
		75 %	2066	2085	1837
		50 %	2050*	2073	2215
	50/100	100 %	2070	2093	1794
		75 %	2062	2086	1827
		50 %	2050*	2076	2085
			2040*	2070	2416
50/200	50 %	2042	2063	2503	
60a/50a; 65 GWd/t _{IHM} ; WL-Limit: 1650 Watt	200	100 %	2064	2073	1794
		50 %	2060*	2070	1820
			2050*	2061	2122
	100	100 %	2058	2076	1794
		75 %	2054	2073	1847
		50 %	2050*	2070	1963
			2040*	2064	2310
	50/100	50 %	2040*	2067	2128
	50/200	50 %	2040*	2059	2256
	60a/50a; 65 GWd/t _{IHM} ; WL-Limit: 1350 Watt	200	100 %	2080	2089
50 %			2060*	2071	2180
			2050*	2064	2606
100		100 %	2072	2090	1794
		75 %	2066	2085	1852
		50 %	2060*	2081	2025
			2050*	2074	2368
			2046	2072	2541
50/100		50 %	2042	2073	2510
50/200		50 %	2044	2065	2586

Anhang 5: Darstellung des Einflusses des Betriebsregimes auf den Zeitpunkt der Betriebsaufnahme und resultierende Mehrkosten, inkl. Untersuchung des Einflusses gewisser Grundannahmen



Figur 1: Prozentuelle Mehrkosten (in % der Gesamtkosten) für einen früheren Einlagerungsbeginn der abgebrannten Brennelemente bezogen auf einen kostenmässig optimierten Einlagerungsbeginn von 2068 (40-jähriger Betrieb der bestehenden Kernkraftwerke; zukünftiger Abbrand 65 GWd/tU; zulässige Wärmeleistung 1500 W, Einlagerungsrate 200 Behälter pro Jahr). Die Kurvenschar zeigt den Einfluss von verschiedenen Grundannahmen (tieferer Endabbrand von 48 GWd/tU, hypothetische Annahme, dass es keine MOX gibt) auf die Mehrkosten bei früherem Einlagerungsbeginn.

Die Mehrkosten beziehen sich auf die direkt der Einlagerung der Brennelemente zurechenbaren Kosten (Behälterkosten, inkl. Verpackung; Einlagerungskosten bestehend aus Erstellungskosten der Einlagerungsstollen, der Verfüllung sowie der Betriebskosten für die Einlagerung der Behälter). Für den kostenmässig optimierten Einlagerungsbeginn von 2068 (40-jährigen Betrieb der bestehenden Kernkraftwerke; zukünftiger Abbrand 65 GWd/tU; zulässige Wärmeleistung 1500 W) betragen diese direkt zurechenbaren Kosten ca. 680 Mio. CHF bei etwa 1220 Behältern und einer Einlagerungsdauer von weniger als sieben Jahren.



Figur 2: Prozentuelle Mehrkosten (in % der Gesamtkosten) für einen früheren Einlagerungsbeginn der abgebrannten Brennelemente bezogen auf einen kostenmässig optimierten Einlagerungsbeginn von 2072 (50 bzw. 60-jähriger Betrieb der bestehenden Kernkraftwerke; zukünftiger Abbrand 65 GWd/tU; zulässige Wärmeleistung 1500 W). Die Kurvenschar zeigt den Einfluss von verschiedenen Grundannahmen auf die Mehrkosten bei früherem Einlagerungsbeginn: Tieferer Endabbrand von 55 GWd/tU, weitergehende Verwendung von MOX (über die aus Rezyklierung des Pu aus heutigen WA-Verträgen hinausgehend), andere Grenzwerte bzgl. maximal zulässiger Wärmeleistung der Endlagerbehälter.

Die Mehrkosten beziehen sich auf die direkt der Einlagerung der Brennelemente zurechenbaren Kosten (Behälterkosten, inkl. Verpackung; Einlagerungskosten bestehend aus Erstellungskosten der Einlagerungsstollen, der Verfüllung sowie der Betriebskosten für die Einlagerung der Behälter). Für den kostenmässig optimierten Einlagerungsbeginn von 2072 (50 bzw. 60-jährigen Betrieb der bestehenden Kernkraftwerke; zukünftiger Abbrand 65 GWd/tU; zulässige Wärmeleistung 1500 W) betragen diese direkt zurechenbaren Kosten knapp 1 Mia. CHF bei etwa 1800 Behältern und einer Einlagerungsdauer von etwa neun Jahren.

Die in den Figuren 1 und 2 aufgeführten Punkte wurden aus den von der Nagra durchgeführten Rechnungen so ausgewählt, dass in einem bestimmten Zeitpunkt des Einlagerungsbeginns die Kosten minimal sind. Die zu den einzelnen Datenpunkten gehörenden Annahmen zum Betriebsregime (Einlagerungsrate, minimal notwendige Beladungsrate der Behälter) und die zugehörigen Resultate (Anzahl Behälter, Einlagerungsdauer) sind in Tabelle 1 und 2 dargestellt. Die Tabellen zeigen, dass wegen der relativ hohen Betriebskosten eine möglichst kurze Betriebsdauer (d.h. hohe Einlagerungsraten) günstig ist, auch wenn damit eine teilweise schlechte Beladung der Behälter (und damit eine erhöhte Zahl an Behältern) in Kauf genommen werden muss. Nur für den sehr frühen Beginn der Einlagerung (ca. 2040) ist in der Anfangsphase eine kleine Einlagerungsrate gerechtfertigt, da am Anfang noch zu wenig Behälter für eine höhere Einlagerungsrate zur Verfügung stehen; daraus resultieren aber deutlich längere Betriebszeiten (die wiederum die notwendigen Abklingzeiten ergeben).

Tabelle 1: Zusammenstellung der Daten für Figur 1

	Einlagerungsbeginn																		
	2040							2050							Optimum				
	Betriebsregime			Resultate Betrieb				Betriebsregime			Resultate Betrieb				Betriebsregime		Resultate Betrieb		
	Rate	Beladung	Dauer	Dauer	Behälter	Beginn	Rate	Beladung	Rate	Beladung	Rate	Beladung	Dauer	Behälter	Rate	Beladung	Dauer	Behälter	Zeitpunkt
65 GWd/tU	100/200	50	13	1432	2040	2040	200	50	200	200	50	7	1293	200	100	7	1222	2068	
48 GWd/tU	100/200	50	12	1394	2040	2040	200	75	200	200	75	7	1335 ¹⁾	200	100	7	1293	2066	
65 GWd/tU	200	75	7	1283	2042	2042	--	--	--	--	--	--	--	200	100	7	1222	2050	
65 GWd/tU	100	75	14	1334	2036	2036													
48 GWd/tU	200	75	7	1310	2040	2040	--	--	--	--	--	--	--	200	100	7	1293	2044	

¹⁾ Einlagerungsbeginn: 2052

Tabelle 2: Zusammenstellung der Daten für Figur 2

	Einlagerungsbeginn																						
	Ca. 2040							2050							2060		Optimum						
	Betriebsregime			Resultate Betrieb				Betriebsregime			Resultate Betrieb				Betriebsregime		Resultate Betrieb						
	Rate	Beladung	Dauer	Dauer	Behälter	Rate	Beladung	Rate	Beladung	Rate	Beladung	Dauer	Behälter	Rate	Beladung	Dauer	Behälter	Rate	Beladung	Dauer	Behälter	Zeitpunkt	
65 GWd/tU	50/200	50	21	2519	2447	2447	200	50	200	200	50	12	2366	200	200	50	10	1983	200	100	9	1794	2072
55 GWd/tU	50/200	50	20	2447	2447	2447	200	50	200	200	50	12	2308	200	200	50	10	1967	200	100	10	1868	2068
immer MOX	50/200	50	21	2503 ¹⁾	2445	2445	200	50	200	200	50	13	2445	200	200	50	11	2059	200	100	9	1795	2080
1650 W	50/200	50	19	2256	2256	2256	200	50	200	200	50	11	2122	200	200	50	10	1820	200	100	9	1794	2064
1350 W	50/200	50	21	2586 ²⁾	2606	2606	200	50	200	200	50	14	2606	200	200	50	11	2180	200	100	9	1794	2080

¹⁾ Einlagerungsbeginn: 2042

²⁾ Einlagerungsbeginn: 2044



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 et sécurité

La gestion des déchets nucléaires en Suisse

Rapport annuel 2005 du Groupe de travail de la
Confédération pour la gestion des déchets nucléaires
(AGNEB)

Sommaire

1.	Préface	3
2.	AGNEB	4
3.	Conseil fédéral, organes fédéraux et commissions	6
3.1	Conseil fédéral	6
3.2	Office fédéral de l'énergie (OFEN)	7
3.3	Division principale de la Sécurité des Installations Nucléaires (DSN).....	11
3.4	Commission pour la gestion des déchets nucléaires (KNE).....	16
3.5	Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires (CSA)	16
3.6	Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG).....	19
3.7	Office fédéral de la santé publique (OFSP).....	20
3.8	Institut Paul Scherrer (IPS)	22
4.	Nagra	25
4.1	Programme d'évacuation des déchets nucléaires	25
4.2	Déchets radioactifs	25
4.3	Dépôt géologique pour déchets faiblement ou moyennement radioactifs (DFMR).....	26
4.4	Stockage des éléments de combustible irradiés (ECI), des déchets hautement radio-actifs (DHR) et des déchets moyennement radioactifs à longue durée de vie (DMRL)....	26
4.5	Détermination des coûts du stockage final	27
4.6	Bases techniques.....	27
4.7	Laboratoires souterrains	28
4.8	Relations publiques.....	29

1. Préface

En 2005, comme en 2004, deux thèmes étaient prioritaires dans la gestion des déchets nucléaires:

- la démonstration de la faisabilité du stockage géologique des déchets hautement radioactifs et
- l'élaboration des bases du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes».

L'examen de critères techniques de la sécurité pour la démonstration de la faisabilité du stockage géologique s'est achevé au milieu de l'année 2005. La procédure de consultation publique de tous les documents sur lesquels se fonde la décision s'est déroulée au second semestre. Les autorités fédérales ont présenté les résultats de cet examen et la suite de la procédure lors de la séance d'information organisée à l'intention des autorités locales et régionales intéressées et de celle destinée à la population concernée.

Les travaux des autorités fédérales ont porté en premier lieu sur le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes». Il s'agissait de définir dans la partie 'Conception générale' la procédure de sélection de sites pour les dépôts géologiques en profondeur. Le 8 septembre 2005, le conseiller fédéral Moritz Leuenberger a donné une conférence de presse à ce sujet. Dans le même temps, il a institué un comité consultatif dirigé par l'ancien conseiller d'Etat Paul Huber pour accompagner ce projet.

Sur la base d'un postulat datant de 2003, l'Office fédéral de l'énergie a mandaté la réalisation d'une étude de fond sur les conséquences socio-économiques des installations de gestion des déchets en Suisse et à l'étranger. Les examens nécessitant beaucoup de travail ont duré plus longtemps que prévu: le rapport n'a donc pas été terminé comme planifié à la fin 2005 mais sera disponible seulement au printemps 2006.

Le DETEC et l'OFEN jouent un rôle essentiel dans la direction des procédures et dans la préparation des décisions relatives à la gestion des déchets nucléaires. Je remercie tous ceux, notamment mes collègues de l'AGNEB, pour leurs conseils et leur soutien dans cette tâche complexe et politiquement sensible.

Deux nouvelles étapes importantes sont en vue: la décision du Conseil fédéral relative à la démonstration de la faisabilité du stockage géologique des déchets hautement radioactifs est attendue en été 2006. Et, en automne 2006, après une large procédure de participation, le projet de la partie 'Conception générale' du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» doit être assez avancé pour que nous puissions le mettre en consultation.



Dr. Werner Bühlmann

2. AGNEB

Institué par le Conseil fédéral en février 1978, le Groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets nucléaires (AGNEB) est chargé 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 se compose de représentants des autorités chargées de la surveillance, des autorisations, de la santé et de la recherche, de l'environnement et de l'aménagement du territoire. 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).

Le représentant de l'OFEFP, M. Ernst Berger, est parti à la retraite au début de l'année 2005. Cet expert en matière de pannes majeures a été pendant six ans membre de l'AGNEB. M. Hans-Peter Fahrni, chef de la division Déchets à l'OFEFP (renommé Office fédéral de l'environnement, OFEV, depuis 2006), lui succède.

En 2005, l'AGNEB s'est réuni quatre fois et s'est occupé des thèmes suivants:

Calendrier ECI/DHR/DMRL

Au printemps 2003, l'AGNEB avait mis en place un groupe de travail chargé d'établir, en fonction des données techniques, un calendrier pour la construction, l'exploitation et la fermeture d'un dépôt pour les ECI/DHR/DMRL. L'AGNEB a pris connaissance de son rapport, qui figure à l'annexe V, le 24 février 2006. Ce rapport examine les facteurs influençant le calendrier pour la réalisation d'un dépôt géologique en profondeur et fournit des bases pour la suite des travaux (plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes», programme de gestion des déchets).

Différentes valeurs techniques y sont étudiées, notamment le taux de combustion des éléments combustibles, le retraitement, l'utilisation du combustible MOX, la taille et le chargement des conteneurs, la durée de l'entreposage intermédiaire et la gestion du dépôt, autant de facteurs qui influencent le moment choisi pour initier la mise en dépôt des assemblages combustibles mais aussi la durée et les coûts de l'exploitation du dépôt en profondeur. Le rapport décrit leur influence en présentant six variantes. Il révèle qu'une exploitation avant 2040 ne se justifie pas du point de vue technique. Si l'on considère uniquement les coûts et que l'on part de l'hypothèse que les centrales nucléaires existantes seront en service pendant 40 ans, le plus avantageux serait de commencer l'entreposage en 2068. En cas de durée d'exploitation de 50 ans pour les anciennes centrales nucléaires et de 60 ans pour les récentes, 2072 serait l'année idéale pour l'initier, en ce qui concerne les coûts. Les différences de coûts entre les six variantes exposées en détail se montent à 250 millions de CHF au maximum. Les coûts totaux du dépôt en profondeur DHR sont estimés à 4'520 millions de CHF.

Comme le montrent les études disponibles, il est techniquement possible d'exploiter un dépôt de déchets hautement radioactifs à partir de 2040. L'AGNEB préconise une recherche de sites ciblée après la présentation de la partie 'Conception générale' du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» et une mise en service rapide. Concernant les coûts, elle n'y voit aucune raison de retarder le règlement de la question de la gestion des déchets. La procédure de sélection des sites sera examinée avec le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes». Le projet actuel de plan sectoriel (www.dechetsradioactifs.ch) montre que l'objectif de disposer en 2040 d'un dépôt pour les déchets hautement radioactifs est ambitieux.

Plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes»

Les projets de rapports sur la partie 'Conception générale' du plan sectoriel ont été présentés et discutés au sein de l'AGNEB, qui a notamment examiné la procédure de sélection des sites, en particulier la durée et le contenu des différentes étapes ainsi que des questions de participation et de procédure.

En 2005 également, l'AGNEB a discuté de calendriers différents projets dans le domaine de la gestion des déchets (démonstration de la faisabilité, plan sectoriel, programme de gestion des déchets, calendrier ECI/DHR/DMRL). Il est intervenu pour que les décisions du Conseil fédérale relatives à la démonstration de la faisabilité et au plan sectoriel ne soient pas prises en même temps. Séparer ces deux décisions permet au Conseil fédéral de se prononcer sur la démonstration de la faisabilité encore au premier semestre 2006, d'une part, et de montrer clairement qu'il s'agit de deux thèmes différents, d'autre part.

Avis sur la démonstration de la faisabilité du stockage géologique

Dans le dernier rapport annuel, l'AGNEB s'était notamment fixé comme objectif pour 2005 la rédaction d'un avis sur la démonstration de la faisabilité du stockage géologique à l'intention du Conseil fédéral. Depuis, les autorités compétentes (la DSN, la KNE et la CSA) ont achevé d'examiner des critères techniques de la sécurité. Leurs conclusions sont claires: la démonstration de la faisabilité est établie. La fixation d'une procédure transparente par étapes et la définition de critères pour la sélection de sites dans le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» mettent déjà en œuvre les souhaits de l'AGNEB à propos de la suite de la procédure. Un avis à l'attention du Conseil fédéral n'est donc plus nécessaire.

Groupe de travail Inventaire des déchets

Le groupe de travail Inventaire des déchets a continué à se consacrer, sous la présidence de la DSN, à la révision de la directive HSK-R-14 relative aux exigences en matière de conditionnement des déchets radioactifs. Il s'est réuni à deux reprises en 2005. Le 18 mai, lors de sa 10e séance, il a clos les discussions sur le fond. Ce groupe est d'avis qu'il ne reste actuellement pas d'autres thèmes à traiter. C'est pourquoi son président a demandé à l'AGNEB de dissoudre le groupe. Cette proposition a été acceptée à la première réunion de 2006.

Travaux prioritaires en 2006

L'AGNEB traitera les thèmes suivants:

- Décision du Conseil fédéral sur la démonstration de la faisabilité;
- Plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes»;
- Conseil de gestion.

3. Conseil fédéral, organes fédéraux et commissions

3.1 Conseil fédéral

Refonte totale de la loi sur la responsabilité civile en matière nucléaire (LRCN)

Mi-juillet, le DETEC a mis en consultation un projet d'arrêté fédéral concernant l'approbation et la mise en œuvre de conventions relatives à la responsabilité civile dans le domaine de l'énergie nucléaire. Ce projet prévoit l'augmentation de la couverture d'assurance et la ratification de trois conventions internationales. Alors que tous les participants à la consultation approuvent le principe de la ratification des conventions internationales et l'amélioration de la protection des victimes, le montant de la couverture d'assurance est, comme prévu, très controversé. Le message relatif à la révision totale de la LRCN devrait parvenir au Parlement au cours du second semestre 2006.

Deuxième série d'ordonnances sur l'énergie nucléaire

Début juillet, le Conseil fédéral a lancé la procédure d'audition relative à quatre petites ordonnances contenant, conformément à l'ordonnance sur l'énergie nucléaire, des dispositions d'application complémentaires à la loi sur l'énergie nucléaire (conformément à la nouvelle loi sur la consultation, l'«audition» remplace la «consultation» pour les projets de portée mineure). Les ordonnances concernent les qualifications du personnel des installations nucléaires, les contrôles de sécurité relatifs aux personnes, les équipes de surveillance des installations nucléaires ainsi que les récipients et les conduites classés pour la sécurité des installations nucléaires. Quelques modifications ont été demandées. Les quatre ordonnances devraient entrer en vigueur en été 2006.

Loi fédérale sur l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire

Le Conseil fédéral a ouvert le 21 décembre 2005 la procédure de consultation relative au projet de loi sur l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (LIFSN) qui vise à instaurer l'autonomie juridique de la Division principale de la sécurité des installations nucléaires. La DSN fait actuellement partie de l'Office fédéral de l'énergie. Le texte législatif mis en consultation doit appliquer les dispositions de la Convention sur la sûreté nucléaire et de la LENu, et faire de la DSN une institution fédérale de droit public, portant le nom d'«Inspection fédérale de la sécurité nucléaire». La consultation a pris fin le 31 mars 2006.

Interventions parlementaires

La conseillère nationale Doris Stump a déposé le 17 mars 2005 l'interpellation 05.3153 «Evacuation des déchets radioactifs. Le point sur la stratégie.» Elle demande au Conseil fédéral dans quelle mesure les recommandations du Groupe d'experts pour les modèles de gestion des déchets radioactifs (EKRA) ont été suivies jusqu'à présent. Dans sa réponse, le Conseil fédéral a établi que toutes les recommandations, sauf une, ont été intégrées dans la LENu/OENu, sont déjà appliquées, ou font l'objet d'un examen. La recommandation relative à «l'accroissement des ressources financières et humaines des autorités habilitées à délivrer les autorisations et de celles chargées de la sécurité» n'a pas encore pu être mise en œuvre, notamment en raison des programmes d'allègement budgétaire de la Confédération. Les nouvelles tâches et activités (le plan sectoriel et le programme de gestion des déchets) s'accompagnent de congestions supplémentaires. C'est pourquoi l'OFEN examine dans quelle mesure, selon le principe de causalité, les coûts engendrés par la création de nouveaux postes pourraient être imputés aux exploitants des centrales nucléaires.

Deux autres interventions relatives à la gestion des déchets ont été déposées le 16 juin 2005: l'interpellation 05.3390 de la conseillère nationale Doris Leuthard sur le «Stockage final des déchets hautement radioactifs» et la motion 05.3362 du conseiller aux Etats Hans Hofmann sur les «Déchets

nucléaires hautement radioactifs. Etude de faisabilité du stockage final». La conseillère nationale Doris Leuthard a posé entre autres au Conseil fédéral la question suivante: quels critères président au choix du lieu de stockage? Le Conseil fédéral a répondu le 23 septembre 2005 que les critères devaient être définis de manière contraignante dans le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes». Outre le principal critère qu'est la sécurité à long terme de l'être humain et de l'environnement, les aspects socio-économiques et l'aménagement du territoire jouent aussi un rôle lors de la sélection du site.

La motion du conseiller aux Etats Hans Hofmann contient trois demandes: le Conseil fédéral doit prendre une décision, si possible d'ici l'été 2006, sur le dossier relatif à la faisabilité du stockage final des déchets nucléaires hautement radioactifs, fixer rapidement les critères et les étapes de la procédure applicables au choix du site dans la partie 'Conception générale' du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» et désigner sans délai, dès que les documents pertinents auront été remis, le site concret qui fera l'objet d'une demande d'autorisation générale. Le Conseil des Etats a suivi la proposition du Conseil fédéral d'accepter la motion et l'a transmise pour traitement au Conseil national.

3.2 Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Fonds pour la désaffectation des centrales et la gestion des déchets

Conformément au principe du pollueur payeur, il incombe aux entreprises produisant des déchets radioactifs de les éliminer de manière sûre et à leur frais. Les coûts de la désaffectation et les frais à assumer après la mise hors service des centrales nucléaires pour la gestion des déchets radioactifs seront couverts par les contributions que les exploitants versent dans deux fonds indépendants.

Le Fonds pour la désaffectation des centrales vise à couvrir les frais de désaffectation des installations nucléaires mises hors service, de leur démolition et de la gestion des déchets ainsi produits. Fin 2005, le capital cumulé du Fonds s'élevait à 1'252 millions de CHF (1'055 millions en 2004). En tout, les coûts de désaffectation se montent à 1'835 millions de CHF (base de prix 1.1.2001).

Le Fonds pour la gestion des déchets est destiné à couvrir les frais d'évacuation des déchets d'exploitation et des éléments combustibles irradiés après la mise hors service d'une centrale nucléaire. Fin 2005, le capital cumulé du Fonds s'élevait à 2'762 millions de CHF (2'093 millions en 2004). Quelque 6,2 milliards de CHF seront nécessaires pour régler la question des déchets après la mise hors service des centrales nucléaires et doivent être versés dans le fonds.

Les ordonnances et les règlements relatifs au Fonds pour la désaffectation des centrales nucléaires et au Fonds pour la gestion des déchets des centrales nucléaires doivent être révisés sur la base de la nouvelle loi sur l'énergie nucléaire. Après des premiers éclaircissements en 2004, l'OFEN a élaboré en 2005 un projet d'ordonnance et en a discuté avec un groupe d'accompagnement mis sur pied par les commissions administratives des deux fonds. La plupart des anciennes dispositions peuvent être reprises. L'ordonnance devrait entrer en vigueur au dernier trimestre 2006.

Démonstration de la faisabilité du stockage géologique

Inscrite dans la loi depuis 1978, l'obligation de démontrer la faisabilité du stockage final des déchets radioactifs figure aussi dans la nouvelle loi sur l'énergie nucléaire. Après des années d'étude, la Nagra a présenté en décembre 2002 son rapport sur la faisabilité du stockage des déchets fortement radioactifs dans les Argiles à Opalinus du Weinland zurichois. Les autorités, qui ont entrepris l'étude des documents de la Nagra en 2003, ont achevé leur évaluation à l'automne 2005. La DSN, la CSA et la Nagra ont présenté des expertises et des rapports encore non publiés lors d'une séance d'information à l'attention des autorités et des médias le 12 septembre à Marthalen. Cette manifestation servait aussi à lancer la procédure de consultation publique des documents relatifs à la démonstration de la faisabilité du stockage géologique. Des séances d'information destinées à la population ont également

été organisées le 17 septembre à Marthalen. Quelque 150 personnes y ont assisté aussi bien le matin que l'après-midi. La possibilité de débattre la question de la démonstration de la faisabilité lors de ces manifestations a été bien utilisée.

Tous les documents sur lesquels doit se fonder la décision ont été mis à l'enquête publique du 13 septembre au 12 décembre 2005 et peuvent être consultés sur Internet (www.entsorgungsnachweis.ch). Cantons, communes, organisations et personnes concernées, en Suisse et dans les régions limitrophes, ont ainsi pu donner leur avis sur la démonstration de la faisabilité. L'OFEN a recueilli quelque 6'800 réactions, dont environ 25% en provenance de Suisse, 50% d'Allemagne et 25% d'Autriche. Une grande part des avis ont été émis par des particuliers (98%). Ont notamment pris part à cette enquête les cantons d'Argovie, de Schaffhouse, de Soleure, de Thurgovie et de Zurich ainsi que des communes, des partis politiques et des organisations d'intérêts. L'OFEN est en train d'examiner tous les avis. Le Conseil fédéral décidera probablement au cours du premier semestre 2006 si la faisabilité a été démontrée.

Comité de représentants des gouvernements

Un comité comptant des représentants des gouvernements cantonaux, du Land de Bade-Wurtemberg et des autorités suisses concernés par la démonstration de la faisabilité du stockage des déchets hautement radioactifs s'est constitué en 2004. Il s'est réuni en 2005 pour la cinquième et la sixième fois. Figuraient à l'ordre du jour les échanges mutuels d'informations relatifs aux thèmes d'actualité, à la démonstration de la faisabilité, au plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» et à l'intégration des Landkreise («arrondissements») allemands voisins.

Groupe de travail Information et communication

Le groupe de travail s'est rencontré à trois reprises. A chaque réunion, l'OFEN et les participants ont donné des informations sur des thèmes d'actualité et d'avenir. En mars, le groupe de travail a de nouveau débattu de la démonstration de la faisabilité, des manifestations publiques relatives à la consultation publique et du rapport d'experts de la KNE. En avril et en août, il a discuté en détail et planifié l'organisation et le déroulement de la mise à l'enquête de dépôt public ainsi que des séances d'information destinées aux autorités et à la population.

Etudes sur les conséquences socio-économiques des installations de gestion des déchets

En 2004, l'OFEN a mandaté la réalisation d'une étude qui doit permettre, d'une part, de faire la synthèse des connaissances actuelles concernant les effets économiques, sociaux, démographiques et écologiques des installations de gestion des déchets et, d'autre part, d'approfondir ce savoir sur la base des installations et des projets existants, planifiés ou abandonnés en raison de résistances politiques en Suisse, en Allemagne, en France et en Finlande. Cette étude sera disponible au premier semestre 2006. Ses principales conclusions seront intégrées dans le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes».

Le groupe de travail Opalinus, conjointement avec Rütter & Partner (les auteurs) a rendu publique le 5 septembre 2005 l'étude «Untersuchung der sozioökonomischen Auswirkungen des Entsorgungsprojektes nördliches Zürcher Weinland» ou, traduit littéralement, étude des conséquences socio-économiques du projet de gestion des déchets dans le Nord du Weinland zurichois, rapport principal et rapport partiel I «Bevölkerungsbefragung» (enquête auprès de la population) et rapport partiel II «Unternehmensbefragung» (enquête auprès des entreprises). Cette étude peut être consultée en allemand à l'adresse internet www.ruetter.ch/publikationen/pub509_000.pdf. Elle montre, d'une part, qu'on s'attend à ce que la réalisation d'un projet de gestion des déchets ait des effets économiques positifs comparables à ceux de la construction et de l'exploitation d'une entreprise de taille «moyenne» (PME) durant de nombreuses décennies, d'autre part, qu'un dépôt en profondeur pourrait nuire à l'image, notamment des produits agricoles avec appellation d'origine. Les résultats de cette étude seront pris en compte dans l'étude de fond de l'OFEN.

Partie «Conception générale» du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes»

La loi et l'ordonnance sur l'énergie nucléaire règlent la gestion des déchets radioactifs. L'ordonnance sur l'énergie nucléaire dispose que la Confédération fixe, dans un plan sectoriel, les objectifs et les conditions du stockage des déchets radioactifs dans des dépôts en couches géologiques profondes. Le plan sectoriel se compose de deux parties, l'une relative à sa conception et l'autre à son application. En 2005, l'Office fédéral de l'énergie a élaboré les bases de la partie 'Conception générale' de ce plan sectoriel et déterminé la procédure en vue de la finaliser en collaboration avec l'Office fédéral du développement territorial. Le projet actuel de la partie «Conception générale» peut être consulté sur www.dechetsradioactifs.ch.

En septembre 2005, le conseiller fédéral Moritz Leuenberger a créé un comité consultatif pour accompagner l'élaboration du plan sectoriel. Dirigé par l'ancien conseiller d'Etat lucernois Paul Huber, il est composé de la conseillère d'Etat Esther Gassler (SO), du conseiller d'Etat Laurent Schaffter (JU), de Heinz Karrer (CEO d'Axpo) en qualité de représentant de l'économie de l'électricité et de l'ancien conseiller d'Etat Herbert Bühl (SH), président de la Commission fédérale pour la protection de la nature et du paysage. Le comité s'est réuni à deux reprises et a discuté de sa méthode de travail, de la procédure de participation relative à l'établissement du plan sectoriel, des principes et des thèses sur lesquels repose le plan sectoriel ainsi que d'un premier projet interne de plan sectoriel rédigé par l'OFEN.

Manifestation «Akzeptanz durch Partizipation?»

Conjointement avec le Forum Vera, l'OFEN a organisé un congrès consacré au thème de l'acceptation par la participation qui a suscité un vif intérêt: quelque 150 personnes de différents milieux se sont réunies le 29 juin 2005 à Berne pour étudier comment intégrer les personnes concernées lors de la réalisation de grands projets. Les exposés ont fourni à l'OFEN de précieuses pistes pour la suite de la procédure relative au plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes»: il faut accorder une grande attention à la participation et à son organisation pour qu'une procédure de sélection de sites puisse déboucher sur des solutions supportables. Le débat public a montré une fois de plus le lien qui est établi entre l'utilisation de l'énergie nucléaire et la gestion des déchets, un lien qui demeure source de conflit. La question de savoir si les adversaires de l'énergie nucléaire seront disposés à participer à la définition des règles pour la sélection du site d'un dépôt en profondeur et à leur mise en œuvre reste actuellement ouverte. Les orateurs y ont répondu différemment.

Etude sur l'utilisation de processus participatifs en matière de gestion des déchets radioactifs

Un travail de licence à l'Institut des sciences politiques de l'Université de Berne traite des processus participatifs en matière de gestion des déchets radioactifs en Suisse. Il analyse, d'une part, les anciens processus et, d'autre part, formule des exigences pour les processus participatifs, notamment dans la perspective d'une future procédure de sélection de sites en Suisse ou de la création d'un «conseil de gestion».

Six processus remplissant les exigences minimales en matière de participation ont été retenus et étudiés à l'aide d'une série de critères (équité, transparence, itérativité, etc.):

1. la conférence sur la gestion des déchets («Entsorgungskonferenz») de 1991,
2. le groupe de conciliation Déchets radioactifs (KORA) 1992,
3. le groupe de travail ZWILAG (dépôt intermédiaire Würenlingen) 1991-98,
4. le groupe de travail Wellenberg 1994-95,
5. le dialogue sur la gestion des déchets radioactifs 1998 et
6. le modèle belge de «local partnerships» 1999-2005.

L'analyse a montré que les autorités fédérales avaient commencé à tirer les enseignements de leurs expériences depuis le milieu des années 90: elles informaient plus activement et plus ouvertement.

Elles se concevaient moins comme acteur et plus comme médiateur. L'étude constate aussi que les participants aux processus examinés s'accordaient sur des règles de procédure. Ils étaient toujours motivés et ils acquéraient la compétence technique. Une fois encore, un conflit à plusieurs niveaux apparaissait: les processus de participation étaient fortement influencés par la question de l'utilisation de l'énergie nucléaire. Dans les processus nationaux, aucun des principaux acteurs n'était prêt à faire des concessions.

Outre ces conclusions, l'étude contient quelques recommandations pour de futurs instruments participatifs. En voici une sélection:

- Le cercle des participants aux organes de participation doit être élargi.
- Les processus participatifs requièrent des participants des compétences discursives qui doivent être développées. Il convient de les développer avant le début du processus.
- Les jugements de valeurs ne sont pas négociables, seuls sont négociables les intérêts et les positions qui en découlent. Ce constat présuppose que des valeurs différentes soient acceptées par tous.
- Les processus participatifs nécessitent des moyens suffisants, ce qui signifie que suffisamment de temps, de ressources humaines et financières doivent être mis à disposition.
- Les processus participatifs élargis se déroulent d'habitude hors des procédures de décision institutionnelles. Il doit donc être clairement établi comment les résultats de la participation seront intégrés ensuite dans la procédure de décision.

Ce qui est en général vrai pour les processus participatifs l'est aussi dans le cas présent: la participation ne garantit pas le succès d'un projet mais elle favorise son acceptation par la société.

L'étude peut être commandée dans son intégralité auprès de l'OFEN.

Journées de réflexion sur la planification et sur les structures de la gestion des déchets

L'OFEN a convié à deux journées de réflexion sur la planification et sur les structures de la gestion des déchets les 20 et 21 décembre 2005 à Zofingen. Des représentants de l'OFEN ont discuté avec des cadres de la DSN, de la CSA et de la KNE de l'introduction d'un conseil de gestion. La seconde journée a été consacrée à la planification et à la réalisation de projets de gestion des déchets, notamment à l'élaboration et à l'application ultérieure du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes», ce qui a soulevé des questions relatives à l'organisation du travail et aux ressources de l'OFEN. Le président du comité consultatif pour le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» était aussi présent.

AEN de l'OCDE - Forum on Stakeholder Confidence

Le Forum on Stakeholder Confidence (FSC ou Forum sur la confiance des parties prenantes) a tenu son sixième congrès du 8 au 10 juin 2005 à Paris. Le mandat du Forum et le programme de travail pour la période 2005 - 2007 figuraient notamment à l'ordre du jour. Ont principalement été abordés les thèmes «Media Relation» (relations avec les médias) et «*Link between RD&D¹ and Stakeholder Confidence*» (lien entre la RD&D et la confiance des parties prenantes). Un atelier a eu lieu du 20 au 23 novembre en Espagne. Ce pays y a présenté son programme de gestion des déchets, rapporté les expériences faites avec la mise hors service d'une centrale nucléaire et ouvert le débat sur les processus de participation et de décision relatifs aux installations de gestion des déchets.

¹ Research, Development and Demonstration

3.3 Division principale de la Sécurité des Installations Nucléaires (DSN)

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 évacuation dans un dépôt géologique en profondeur. Tout le processus est réalisé sous la surveillance de la DSN.

En raison de grands travaux de révision et de transformations pendant l'année sous revue, les quantités de déchets bruts provenant des centrales nucléaires de Beznau (KKB) et de Gösgen (KKG) ont été plus élevées que d'habitude. Malgré ces augmentations, le total des déchets générés est relativement faible en comparaison internationale. Les déchets bruts devant être traités dans la station d'incinération et de fusion de ZWILAG sont préparés, mis en fûts et transférés à ZWILAG. Les autres déchets bruts sont gardés dans des locaux affectés à cette fin situés dans la zone contrôlée des centrales nucléaires en vue de leur traitement ultérieur.

Un élément important destiné à minimiser les déchets radioactifs est la libération des matériaux sortis des zones contrôlées ayant été mesurés comme étant non radioactifs. Il s'agit principalement de déchets métalliques, de gravats de béton et de matériaux d'isolation. Les matériaux libérés comme étant non radioactifs peuvent être soit réutilisés soit acheminés pour une élimination traditionnelle. En 2005, un total d'environ 260 tonnes de matériaux provenant des centrales nucléaires a été libéré comme non radioactifs conformément à la directive HSK-R-13 de la DSN. Environ la moitié se composait d'huile résultant de la réparation de l'alternateur endommagé dans la centrale nucléaire de Leibstadt (KKL).

Le conditionnement comprend la solidification, l'immobilisation dans une matrice et l'emballage des déchets radioactifs bruts dans un colis apte au transport, à l'entreposage et au stockage final. Pendant l'année sous revue, des campagnes de conditionnement ont été réalisées dans toutes les centrales nucléaires. Les caractéristiques de chaque colis de déchets conditionnés sont enregistrées dans une banque de données électronique. Les colis sont ensuite emmagasinés dans les entrepôts des centrales. Les exploitants des centrales nucléaires font état des travaux de conditionnement effectués et du taux d'occupation des entrepôts dans leur rapport mensuel à la DSN.

Les méthodes de conditionnement et les types de colis de déchets qui en résultent doivent être spécifiés par les exploitants, conformément à la directive HSK-R-14 de la DSN, puis contrôlés et approuvés par la DSN après certification par la Nagra de l'aptitude au stockage final. En 2005, la DSN a examiné et approuvé de nouveaux types de colis de déchets pour des structures activées du cœur de la centrale de Gösgen.

La centrale de Beznau prévoit de placer des conteneurs de transport et d'entreposage avec des éléments combustibles irradiés dans son entrepôt ZWIBEZ. La place prévue pour cet entreposage était prise jusqu'à présent par des générateurs de vapeur usagés. L'aménagement de cet entrepôt a commencé en 2005 afin de pouvoir l'utiliser à partir de 2008 pour les conteneurs de transport et d'entreposage.

Gestion des déchets à l'IPS

Les déchets radioactifs bruts de l'IPS proviennent de différents domaines, p. ex. des recherches sur les combustibles, des accélérateurs ou du démontage des réacteurs de recherche. Au cours de l'année sous revue, la quantité de déchets bruts générés à l'IPS est de l'ordre de 105 m³; environ 2 m³ ont été collectés des secteurs de la médecine et de l'industrie (déchets MIR) (cf. chap. 3.8).

Les déchets bruts traités à l'IPS ont des caractéristiques chimiques et physiques très différentes et présentent dès lors un éventail plus large de types de colis de déchets (TCD) que ceux produits dans les centrales nucléaires. De plus, les spécifications de ces TCD doivent être souvent adaptées aux changements des déchets bruts. En 2005, l'IPS a travaillé sur plusieurs spécifications de nouveaux TCD ou de TCD modifiés ainsi que sur des documentations complémentaires. Les approbations de la DSN pour les TCD de l'IPS comprennent le plus souvent l'autorisation de l'entreposage dans l'entrepôt fédéral pour déchets radioactifs (BZL). Sur la base de la nouvelle autorisation d'exploiter du 3 décembre 2004 accordée au BZL, la DSN a donné son aval à 17 TCD pendant l'année sous revue.

Les travaux de conditionnement effectués à l'IPS concernaient aussi bien les déchets provenant de l'exploitation actuelle de l'institut que des déchets MIR collectés et des matériaux radioactifs engendrés par les travaux de démantèlement. Les déchets pouvant être incinérés ou fondus ont été préparés en vue de leur traitement dans le four à plasma de ZWILAG. En outre, environ 620 tonnes de divers matériaux ont été libérés comme étant non radioactifs. La majeure partie d'entre eux provient du démontage des deux réacteurs de recherche DIORIT et SAPHIR.

La modification de l'autorisation d'exploiter le BZL approuvée le 3 décembre 2004 par le Conseil fédéral permet une plus grande souplesse dans les conditions d'acceptation et un inventaire plus important de radioactivité. Elle tient compte des expériences réalisées ces dernières années et des prévisions relatives au volume utile de l'entrepôt encore disponible. Ce sont surtout des fûts standard (d'une contenance de 200 litres) de déchets conditionnés et des petits conteneurs (jusqu'à 4,5 m³) qui sont entreposés dans le BZL. Dans ces derniers se trouvent des composants non conditionnés ou conditionnés pour le stockage final, provenant essentiellement du réacteur DIORIT et du site ouest de l'IPS. En nombre limité et sous certaines conditions, la DSN a toléré la mise en dépôt d'autres déchets non conditionnés, en application du principe d'optimisation. L'espace réservé aux fûts standard était occupé à 78% fin 2005.

Les halles AB et C, la place d'empilement et celle de déchargement sont utilisées pour l'entreposage à court et à moyen terme de déchets de faible et de moyenne activité, soit avant, soit après leur conditionnement. Les déchets destinés au traitement dans le four à plasma de ZWILAG y sont également gardés. L'inventaire de ces halles est soumis à de fortes fluctuations. Conformément à la nouvelle autorisation d'exploiter, un rapport est établi chaque trimestre.

Entrepôt central ZWILAG

Les éléments de l'Entrepôt central (ZZL) de ZWILAG comprennent la halle des conteneurs pour éléments combustibles irradiés et déchets vitrifiés de haute activité provenant du retraitement (coquilles de verre), le bâtiment pour déchets de moyenne activité (entrepôt MAA) et la halle pour déchets de faible et de moyenne activité. Le bâtiment de réception et la cellule chaude (local confiné pour manipuler des substances fortement radioactives) en font aussi partie.

En 2005, cinq conteneurs de transport et d'entreposage (conteneurs TE) ont été emmagasinés dans la halle des conteneurs. Le nombre de conteneurs TE entreposés fin 2005 était de 23:

- quatre conteneurs de type CASTOR HAW 20/28 CG avec chacun 28 coquilles de verre provenant du retraitement par la COGEMA de combustible irradié de la centrale nucléaire de Beznau (KKB),
- un conteneur de type CASTOR HAW 20/28 CG et deux conteneurs de type TN81CH avec chacun 28 coquilles de verre provenant du retraitement par la COGEMA de combustible irradié de la centrale nucléaire de Gösgen (KKG),
- neuf conteneurs de type TN97L avec chacun 97 éléments combustibles irradiés provenant de l'exploitation de la centrale nucléaire de Leibstadt (KKL),
- quatre conteneurs de type TN24G avec chacun 37 éléments combustibles irradiés provenant de l'exploitation de la centrale nucléaire de Gösgen,

- deux conteneurs de type TN24BH avec chacun 69 éléments combustibles irradiés provenant de l'exploitation de la centrale nucléaire de Mühleberg,
- et le conteneur de type CASTOR 1c DIORIT avec des éléments combustibles irradiés provenant du démantèlement du réacteur DIORIT de l'IPS.

La DSN a contrôlé les demandes d'emmagasinage, puis réalisé plusieurs inspections pendant les travaux d'emmagasinage. Elle a constaté qu'ils étaient effectués correctement. En plus de ces conteneurs TE, six grands conteneurs de déchets provenant du démantèlement de l'ancienne centrale nucléaire expérimentale de Lucens (CEL) se trouvent aussi depuis septembre 2003 dans la halle des conteneurs. Pendant l'année sous revue, ZWILAG a vérifié l'état de ces conteneurs et réalisé des travaux de réfection.

En 2005, 942 colis de déchets faiblement radioactifs cimentés et bitumés ont été transportés de la centrale nucléaire de Gösgen à l'entrepôt MAA du ZZL. Par ailleurs, 33 fûts conditionnés provenant des essais de fonctionnement de la station d'incinération et de fusion ont été transférés à l'entrepôt MAA. L'inventaire de l'entrepôt MAA comprenait 1126 fûts à la fin 2005.

La halle pour déchets de faible et de moyenne activité est actuellement utilisée comme entrepôt conventionnel pour des équipements et matériaux non radioactifs. Y sont emmagasinés environ 3000 fûts vides que l'IPS n'utilise plus et que ZWILAG a repris dans le cadre d'un accord. Ces fûts seront utilisés ces prochaines années pour le chargement de déchets faiblement radioactifs dans le four à plasma.

Installations de traitement des déchets de ZWILAG

L'Entrepôt central ZZL comprend aussi une installation de conditionnement et une station d'incinération et de fusion. L'installation de conditionnement sert au traitement de déchets de faible activité provenant de l'exploitation ou du démantèlement des centrales nucléaires suisses et à celui de déchets radioactifs sans rayonnement α des secteurs de la médecine, de l'industrie et de la recherche. Au cours de l'année sous revue, des déchets secondaires issus de l'exploitation des installations de ZWILAG ont été traités et des parties du four provenant des travaux de révision de la station d'incinération et de fusion ont été décontaminées et nettoyées en vue de leur réutilisation.

La station a été conçue pour l'incinération et la fusion de déchets de faible activité, avec pour objectif de transformer ceux-ci avec réduction de volume en un produit apte à l'entreposage et au stockage final ne contenant pas de matière organique. Comme nous l'avons décrit dans le dernier rapport annuel, le deuxième essai de fonctionnement actif effectué en automne 2004 avait dû être interrompu plus tôt que prévu à cause d'un dysfonctionnement (défaut dans le goulot de sortie). Après réparation du four, la DSN a autorisé un troisième test actif qui a été mené de la mi-février à la fin mars 2005. Suite à des problèmes survenus dans le dispositif de dépression de l'évacuation des gaz, ce test a aussi dû être arrêté prématurément. Il s'est avéré que certains composants devaient être modifiés. Une fois les travaux effectués, la DSN a donné son feu vert à un quatrième essai actif qui a été réalisé du 31 octobre au 2 décembre 2005. Un défaut dans le circuit d'eau de refroidissement du four a de nouveau entraîné un arrêt anticipé. ZWILAG a constaté que d'importantes réparations du couvercle du four étaient nécessaires, y compris le remplacement du revêtement du couvercle. Ces travaux se sont achevés fin février 2006.

Le fonctionnement de la station d'incinération et de fusion n'est pas encore satisfaisant. Néanmoins, malgré les difficultés rencontrées, ZWILAG a réussi à traiter en 2005 presque 300 colis de déchets bruts, ce qui correspond à peu près à la quantité moyenne de déchets pouvant être incinérés et fondus qui sont produits chaque année en Suisse. Ainsi, le volume des fûts de déchets provenant des centrales nucléaires et des secteurs de la médecine, de l'industrie et de la recherche dont le traitement est prévu dans la station d'incinération et de fusion n'a pas augmenté. Selon le calendrier de ZWILAG, le prochain essai de fonctionnement, qui nécessite aussi une autorisation individuelle de la DSN, devrait avoir lieu en mars et avril 2006. De plus amples informations sur ZWILAG figurent au chapitre 3.5 (CSA).

Déchets radioactifs provenant du retraitement

La COGEMA à la Hague (France) et la BNGSL (auparavant BNFL) à Sellafield (Grande-Bretagne) procèdent au retraitement d'éléments combustibles irradiés provenant des centrales nucléaires suisses. Des déchets hautement radioactifs vitrifiés (coquilles de verre) provenant du retraitement à la COGEMA sont prêts à être rapatriés en Suisse, les autres sortes de déchets, notamment chez BNGSL, n'en sont pas encore à ce stade.

Entre 2001 et 2004, cinq rapatriements ont eu lieu. En janvier 2005, deux autres conteneurs ont été transportés et emmagasinés au ZZL. Des représentants et des experts de la DSN ont suivi par sondage la sortie du dépôt, contrôlé les coquilles à reprendre et assisté au chargement des conteneurs TE.

Transport d'éléments combustibles irradiés

Sept transports d'éléments combustibles irradiés ont été réalisés en 2005 au départ des centrales nucléaires suisses: trois par le rail depuis Gösgen, un par la route de Mühleberg à l'installation de retraitement de la COGEMA et trois autres par la route de Leibstadt pour entreposage au ZZL. Tous les transports d'éléments combustibles ont été effectués dans le respect des valeurs limites de contamination et de débit de dose en vigueur pour le transport de marchandises dangereuses.

Démonstration de la faisabilité du stockage géologique

La DSN a oeuvré plus de deux ans à l'examen du projet de la Nagra visant à démontrer la faisabilité du stockage profond des déchets hautement radioactifs. Elle a rendu en août 2005 son avis d'expertise évaluant la démonstration de faisabilité à l'aide de critères prédéfinis. A cette fin, la DSN a aussi recouru à l'expertise de spécialistes externes dont les rapports à son attention sont également accessibles au public. En ce qui concerne les aspects relevant des sciences de la terre, la DSN a notamment fait appel à la Commission pour la gestion des déchets nucléaires (KNE) dont les membres sont surtout actifs dans le domaine académique. Sur la base de son examen approfondi du projet présenté, la DSN constate ce qui suit:

- La Nagra a démontré de manière retraçable qu'il existe dans le Weinland zurichois, à une profondeur appropriée, une couche assez épaisse d'Argiles à Opalinus présentant les caractéristiques requises pour garantir la sûreté d'un dépôt géologique en profondeur.
- La faisabilité technique du dépôt présenté dans les Argiles à Opalinus du Weinland zurichois est établie pour la profondeur de référence indiquée d'environ 650 m.
- La Nagra a démontré de manière retraçable que la protection à long terme de l'être humain et de l'environnement requise peut être assurée avec le système de stockage décrit; les doses de radiation calculées restent largement inférieures à l'objectif de protection établi par les autorités qui est de 0,1 mSv par an.

La DSN est ainsi parvenue à la conclusion que la démonstration de la faisabilité demandée par la loi a été établie. Elle a fait une recommandation en ce sens au Conseil fédéral et soulève diverses questions techniques qui devront être étudiées plus en détail en cas de poursuite du projet présenté en vue de sa réalisation. Les points restant à éclaircir ne mettent pas en question la faisabilité d'un dépôt en profondeur sûr pour les catégories de déchets mentionnées.

En relation avec l'examen de la démonstration de la faisabilité du stockage géologique, un Forum technique (Technisches Forum Entsorgungsnachweis) a été créé en 2003. Sa fonction est de répondre aux questions techniques et scientifiques de la population et des autorités des cantons concernés et des pays limitrophes. Ce Forum technique dirigé par la DSN a siégé quatre fois en 2005. A la fin 2005, les 82 questions qui avaient été posées, ont toutes été discutées et fait l'objet d'une réponse satisfaisante pour leur auteur. Vous trouverez de plus amples informations à l'adresse Internet www.technischesforum.ch.

La DSN a présenté les résultats de son examen à diverses séances d'information publiques sur la démonstration de la faisabilité p. ex. à Marthalen (ZH), à Andelfingen (ZH) et à Waldshut (D) en septembre 2005 ainsi qu'à Constance (D) et à Blumberg (D) en novembre 2005.

A la demande du DETEC, la Nagra a documenté les roches d'accueil et les sites possibles qu'elle a étudiés dans un rapport (NTB 05-02) publié en septembre 2005, en même temps que l'expertise de la DSN et la prise de position de la CSA sur la démonstration de la faisabilité. La DSN a commencé l'examen de ce rapport et donnera son avis en 2006.

Laboratoires souterrains

Pendant la période sous revue, les travaux de recherche se sont poursuivis dans les laboratoires souterrains du Mont Terri (Argiles à Opalinus) et du Grimsel (roches cristallines). Leurs résultats ont fourni des bases importantes pour évaluer la sûreté et la faisabilité technique de la construction d'un dépôt géologique en profondeur.

Il convient de mentionner comme principales expériences effectuées au Mont Terri les études sur les processus thermiques, hydrauliques et mécaniques couplés (effets d'une source de chaleur), sur la migration de substances (essais de diffusion) et sur la propagation de gaz (flux diphasique). Vous en saurez plus aux chapitres 3.6 et 4.7. La DSN participe aux travaux de recherche menés au Mont Terri. Des informations plus détaillées figurent dans son Rapport sur la recherche et les expériences.

Au laboratoire souterrain du Grimsel, les travaux effectués en 2005 ont principalement porté sur des essais de comportements in situ de barrières techniques, sur la migration et la sorption de radionucléides ainsi que sur les interactions entre la roche, l'eau et le ciment dans des conditions similaires à celle du stockage final.

La DSN est l'autorité compétente pour l'octroi des autorisations requises par la législation sur la radioprotection pour effectuer des essais avec des substances radioactives dans les laboratoires souterrains ainsi que pour la surveillance de ces essais. En 2005, elle a délivré l'autorisation pour local, dans le laboratoire souterrain du Grimsel, destiné à la recherche sur des échantillons de roche radioactifs. Dans ce contexte, elle a effectué une inspection de contrôle.

3.4 Commission pour la gestion des déchets nucléaires (KNE)

La Commission pour la gestion des déchets nucléaires (KNE en allemand) est chargée, en tant que groupe d'experts indépendants de la Confédération, de conseiller la DSN sur des questions géologiques relatives à la gestion des déchets nucléaires et de prendre position sur les rapports scientifiques et techniques de la Nagra. La Commission comprend huit membres, surtout du domaine universitaire, représentant les différentes disciplines des sciences de la terre nécessaires pour étudier le dépôt géologique en profondeur.

Au cours de la période sous revue, les travaux de la Commission ont principalement porté sur la finalisation du rapport d'expertise de la KNE sur la démonstration de la faisabilité du stockage géologique, sur la collaboration au sein du Forum technique et sur les relations publiques. La Commission s'est réunie à cinq reprises. Par ailleurs, des représentants de la KNE ont participé à deux débats d'entrée en matière sur le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes» et aux journées de réflexion consacrées à la planification et aux structures de la gestion des déchets, organisés tous deux par l'OFEN.

Les principaux résultats de l'examen de la démonstration de la faisabilité par la KNE sont exposés dans le rapport de l'AGNEB de l'année dernière. Dans son rapport d'expertise de février 2005, la Commission prend position de manière détaillée sur des questions de tectonique, de géodynamique, d'histoire de la sédimentation des Argiles à Opalinus, d'hydrogéologie, d'hydrochimie, de faisabilité technique de la construction et sur des aspects de processus induits par le dépôt.

3.5 Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires (CSA)

Prise de position sur la démonstration de la faisabilité du stockage géologique pour les ECI/DHR/DMRL (éléments de combustible irradiés/déchets hautement radioactifs/déchets moyennement radioactifs à longue durée de vie – en allemand BE/HAA/LMA)

Au premier semestre 2005, la CSA a consacré une grande partie de ses travaux à sa prise de position sur la démonstration de la faisabilité présentée par la Nagra. Conformément à son mandat légal, la CSA ne s'est pas prononcée uniquement sur le projet relatif à la démonstration de la faisabilité, mais aussi sur toutes les expertises importantes. Elle est parvenue à la conclusion suivante:

Sur la base de l'examen et de l'évaluation de la documentation fournie par la Nagra, de l'expertise de la Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN), du rapport d'un groupe d'experts internationaux (International Review Team ou IRT) de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE et du rapport des experts de la Commission pour la gestion des déchets nucléaires (KNE), ainsi qu'en prenant en considération d'autres connaissances spécialisées et données bibliographiques, la CSA est parvenue à la conclusion que la démonstration de la faisabilité du stockage des éléments de combustible irradiés, des déchets hautement radioactifs vitrifiés et des déchets moyennement radioactifs à longue durée de vie dans un dépôt géologique en profondeur est établie.

Dans le cadre de l'examen de la démonstration de la faisabilité, la DSN, la KNE, l'IRT de l'AEN et la CSA ont soulevé des questions, donné des indications, formulé des recommandations et identifié les besoins en recherche & développement. Dans ce contexte, la question des matériaux utilisés pour les conteneurs des déchets revêt une grande importance. La CSA est d'avis que la Nagra doit approfondir les points mentionnés en accompagnement du programme de gestion des déchets conformément à l'art. 32 LENU et à l'art. 52 OENU dans un programme de recherche & développement.

Dans la perspective de la poursuite du programme, la CSA fait les recommandations suivantes:

- *Une fois le site sélectionné, l'effet de barrière des roches d'accueil doit être déterminé plus précisément et aussi pris en compte dans l'analyse de sécurité du cas de référence.*
- *Une fois le site sélectionné, la robustesse du système de dépôt en profondeur doit être étudiée de manière systématique et plus globale par l'analyse d'autres cas en ce qui concerne le respect de l'objectif de protection 1 de la directive HSK-R-21.*
- *D'autres matériaux et/ou concepts de conteneurs doivent être examinés afin d'éviter un risque de diminution de l'effet de barrière des Argiles à Opalinus causée par la production de gaz suite à la corrosion des conteneurs en acier. En outre, doivent être étudiées les répercussions de la hausse des températures et des pressions gazeuses durant une longue période sur les propriétés de transport des Argiles à Opalinus et de la bentonite.*
Ensuite, une évaluation intégrale de la problématique du gaz doit être effectuée.
- *La faisabilité d'un ouvrage se refermant tout seul doit être clarifiée dans une étude.*
- *Des exigences minimales ou des critères de dimensionnement doivent être fixés pour chaque barrière.*
- *Lors de l'exploitation des installations nucléaires, lors du traitement et du conditionnement des déchets, il faut davantage prendre en considération les exigences de la gestion des déchets, y compris celles du dépôt en couches géologiques profondes, cela afin d'optimiser les processus; cette remarque s'applique en particulier au dimensionnement du cœur du réacteur et à la fixation du taux de combustion maximal en ce qui concerne les EC/DHR, et à la teneur en substances chimiques organiques pour les DMRL.*
- *Un concept de monitoring pour surveiller le dépôt pilote doit être établi et la recherche & développement doivent continuer de porter de manière ciblée sur l'utilisation de systèmes de mesures appropriés et stables sur de longues périodes.*
- *Les exigences relatives à la résistance et à la perméabilité des scellements doivent être quantifiées et traduites en spécifications d'exécution.*
- *L'étude sur la récupération doit être approfondie en ce qui concerne la fiabilité et la possibilité de réparer les appareils de démontage dans les conditions d'utilisation existantes et pour ce qui touche aux éventuelles installations de surfaces nécessaires.*
- *La Nagra doit continuer d'étudier les questions soulevées, les indications données, les recommandations formulées et les besoins identifiés en matière de recherche & développement lors de l'examen par la DSN, la KNE, l'IRT de l'AEN et la CSA, en accompagnement du programme de gestion des déchets conformément à l'art. 32 LENU et à l'art. 52 OENU dans le cadre d'un programme de recherche & développement. Elle doit accorder une importance particulière à la question des matériaux utilisés pour les conteneurs des déchets.*

En sa fonction de conseiller pour les questions stratégiques, la CSA fait par ailleurs les recommandations suivantes sur des aspects fondamentaux de la suite de la procédure relative à la gestion des déchets radioactifs:

- *Dans le cadre du programme de gestion des déchets qui doit être présenté par les producteurs de déchets, un programme de recherche & développement doit être mis en place. Ce programme sera régulièrement adapté à l'état des connaissances et des techniques et devra aussi comprendre des études et projets en sciences sociales.*
- *La Confédération doit concrétiser au plus vite le projet de Conseil de gestion.*
- *La Nagra doit élaborer son système de gestion en tenant compte des recommandations ad hoc de l'AIEA sur la norme ISO 9004:2000 et devra constamment l'adapter en tenant compte de l'avancement du programme de gestion des déchets.*

En complément, la Nagra doit mettre sur pied un organe permanent formé d'experts externes indépendants qui contrôleront la qualité de ses travaux, l'exhaustivité de la démonstration et l'orientation fondamentale de ses activités.

- *Tous les principaux milieux concernés doivent participer aux étapes de la procédure en vue de réaliser le dépôt géologique en profondeur, notamment à celles relatives à la sélection du site suite à la démonstration de la faisabilité. Cette participation doit être réglée dans un processus participatif organisé selon les dernières connaissances en la matière et sous la direction de la Confédération ou des cantons concernés afin de garantir la crédibilité de la procédure.*
- *La Nagra doit regrouper dans une banque de données les résultats et les données de ses travaux de recherche & développement ainsi que des travaux d'autres organisations et autorités concernées. De plus, la Nagra doit intégrer un processus de «gestion des connaissances» dans son système de gestion de la qualité.*
- *La Nagra et les autorités doivent dès maintenant mener activement des recherches sur la transmission aux générations futures des informations concernant un dépôt géologique en profondeur scellé.*

Entrepôt central de Würenlingen

L'Entrepôt central pour déchets radioactifs de Würenlingen (ZZL) de ZWILAG et, en particulier, la station d'incinération et de fusion (VSA en allemand) jouent un rôle-clé dans le concept de gestion des déchets radioactifs en Suisse. Cette station a rencontré de nombreuses difficultés depuis sa mise en service. C'est pourquoi la CSA a toujours suivi son développement pour ce qui est de ses aspects fondamentaux.

Pendant l'année sous revue, un groupe de spécialistes de la CSA a demandé des informations à la DSN sur le déroulement et sur les résultats des deux essais de fonctionnement. Il a ainsi été porté à sa connaissance que, suite aux difficultés survenues, les deux essais de fonctionnement ont été arrêtés avant que la quantité prévue de déchets ne soit traitée. Cependant, le volume total de déchets traités au cours des deux essais équivaut presque au volume de déchets produits en 2005 qui doivent être traités.

La CSA a continué de s'occuper de la qualité des colis de déchets produits dans l'installation. Etant donné que les déchets radioactifs sont traités dans la station d'incinération et de fusion par adjonction de verre et que, conformément au rapport de sécurité, les résidus qui en résultent sont fondus dans une matrice en verre, le Comité ad hoc de la Commission s'est notamment informé auprès d'un expert de l'Université de Berne sur l'état actuel des connaissances et des techniques en matière de «vitrification de déchets». La CSA a constaté que le Japon prescrit la vitrification des résidus de l'incinération des déchets traditionnels et que, pour ce faire, plus de 40 installations de vitrification y sont en service. Elle est d'avis que des exigences qualitatives spécifiques doivent être définies en fonction de l'état des sciences et des techniques dans la directive de la DSN sur les matrices en verre. La CSA a appris que la DSN veut procéder par étapes: la DSN exigera d'abord que les matrices en verre remplissent au moins les exigences posées aux matrices de ciment. Ensuite, elle devra s'enquérir du niveau atteint au plan international lors de la production de matrices en verre et attendre les expériences qui seront réalisées à ZWILAG. Enfin, la DSN introduira les exigences qui doivent être posées aux matrices en verre dans sa directive.

L'exploitation de l'entreposage de déchets dans le ZZL s'est déroulée sans incident.

La Commission continuera de suivre l'exploitation des installations de ZWILAG pour ce qui est des aspects fondamentaux.

Plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes»

La CSA avait déjà salué dans son rapport 2004 que la procédure de sélection de sites soit définie dans le cadre d'un plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes». Au cours de l'année sous revue, deux membres de la CSA ont exercé une fonction de conseil auprès d'instances chargées d'élaborer le projet de plan sectoriel.

3.6 Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG)

Laboratoire souterrain du Mont Terri

Dans le cadre du projet du Mont Terri, douze organisations de six pays différents (la Suisse, la France, l'Allemagne, l'Espagne, la Belgique et le Japon) participent depuis 1995 à un programme de recherche commun. Elles étudient dans le laboratoire souterrain les caractéristiques géochimiques, hydrauliques et géotechniques des Argiles à Opalinus, notamment en tant que roche d'accueil potentielle pour le stockage de déchets radioactifs.

Jusqu'à présent, quelques 45 expériences ont pu être menées à bien. Fin 2005, 23 expériences étaient encore en cours. Les douze partenaires du projet ont investi à ce jour 33,9 millions de CHF dans des mandats confiés à plus d'une centaine d'universités, d'instituts de recherches et de sociétés spécialisées. Le principal partenaire suisse du projet est la Nagra, dont la contribution s'élève à près de 30%.

En 2005, des expériences du programme de recherche à long terme ont été installées dans les galeries de recherche de 110 mètres de long creusées en 2004. Il faut surtout mentionner quatre nouvelles grandes expériences:

- L'expérience sur la migration de gaz: à cette fin, un micro tunnel a été percé en 2005 et son instrumentation a commencé; les essais avec du gaz sont prévus en 2006.
- L'expérience sur la diffusion et sur la rétention: la faisabilité de surcarottages obliques a été testée avec succès dans la niche correspondante; les injections de traceurs auront lieu en 2006.
- La «Fracture Génération Exprimant» qui permet de mesurer et d'analyser systématiquement la formation de fissures dans la zone de désagrégation.
- L'expérience de scellement des trous de forage.

Les deux premières expériences sont réalisées sous la direction de la Nagra. La troisième est mandatée par la DSN (mandat confié à l'EPF de Zurich). La quatrième est dirigée par la «Gesellschaft für Reaktorsicherheit und Strahlenschutz» (GRS) de Braunschweig et cofinancée par l'UE. Tous les partenaires, dont l'ANDRA (France), l'ENRESA (Espagne) et le BGR (Allemagne), participent aux 19 autres expériences.

L'OFEG, en tant qu'exploitant du laboratoire souterrain, et le Canton du Jura, en tant que propriétaire de l'ouvrage, ont négocié une nouvelle convention et l'ont signée le 21 novembre 2005 à Delémont. Cette convention entrera en vigueur le 1er juillet 2006 et règle en détail les droits et les obligations de la Confédération et du Canton concernant l'utilisation du laboratoire souterrain du Mont Terri. Désormais, la Confédération versera au canton un loyer annuel de 60'000 CHF. Le Canton du Jura continue de soutenir et d'accompagner le projet avec une «Commission de Suivi». Suite au démantèlement de l'OFEG le 31.12.2005, le projet du Mont Terri a été rattaché à l'Office fédéral de topographie (swisstopo) qui lui succède en droit et qui reprend à ce titre l'intégralité des contrats.

Marc Thury, le fondateur du projet du Mont Terri, a quitté ses fonctions de directeur le 30 juin 2005. Paul Bossart, chef de projet du Mont Terri depuis 1996, lui succède. Christophe Nussbaum (géologue de l'Université de Neuchâtel) est le nouveau chef de projet et Olivier Meier (géologue de l'Université de Genève) le nouveau responsable du site. Tous deux travaillent dans la succursale de St-Ursanne de l'Institut Géotechnique SA chargé de la direction du projet.

Le projet du Mont Terri est reconnu au niveau international pour ses travaux sur les dépôts en profondeur et est à la pointe de la recherche technologique et scientifique. Les bonnes conditions cadres nationales et cantonales permettront aussi à l'avenir aux partenaires de recherche de bien mener à terme leurs projets. De plus amples informations sur le projet figurent au chapitre 4.7 et sur la page web www.mont-terri.ch.

3.7 Office fédéral de la santé publique (OFSP)

Sur mandat de l'OFSP, l'IPS est chargé de la collecte, du conditionnement et de l'entreposage de déchets radioactifs soumis à l'obligation de livraison en provenance de la médecine, de l'industrie et de la recherche (déchets MIR). Pour des raisons d'organisation, la campagne de ramassage 2005 n'a pas eu lieu comme les années précédentes au printemps, mais en automne. 28 entreprises et institutions y ont participé, les déchets récoltés formant un volume total de 2 m³, dont quelque 0,8 m³ déjà conditionnés. La quantité de déchets était nettement plus faible qu'en 2004. Un fournisseur, qui en remettait d'habitude de grandes quantités, n'a pas participé cette année à la campagne de ramassage. L'activité exceptionnellement élevée du tritium était due à des sources lumineuses au tritium de l'industrie des colorants.

Le tableau ci-dessous donne une vue d'ensemble des déchets MIR recueillis depuis 1974 par l'IPS:

Activité [GBq] ¹						
Année	Nbre d'entreprises	Emetteurs β/γ		Emetteurs α		Volumes ² [m ³]
		Sans tritium	Tritium	Sans radium	Radium	
1974	16	814	16'280		1	14
1975	23	2'294	15'355	111	36	24
1976	30	333	13'135	74	9	20
1977	38	703	14'430	333	56	30
1978	45	555	58'682	222	36	24
1979	43	185	19'647		20	27
1980	43	259	3'126'167 ³	204	127	36
1981	38	592	482'628	130	9	32
1982	32	148	461'131	614	9	23
1983	53	777	383'024	303	5	26
1984	45	296	599'215	244	6	25
1985	33	648	606'319	237	304 ⁴	19
1986	44	181	428'275	200	4	21
1987	42	562	620'194	48	8	22
1988	36	326	417'915	244	1	21
1989	33	457	590'895	322	23	25
1990	77	1'235	376'741	394	21	26.5
1991	61	547	513'392	413	9	33.6
1992	59	442	383'270	493	20	13.8
1993	50	973	224'940	520	2	29.4
1994	50	18'500 ⁵	375'000	478	10	16
1995 ⁶						
1996	65	74'000 ⁷	871'000	620	10	36.6
1997	39	170	500'000	420	0.5	16.5
1998	22	4'000	1'030'000	170	1	17.2
1999	23	9'460	196'219	141	10	7
2000	22	625	403'000	124	1	3.6
2001	30	468	316'000	118	0.1	4.4

2002	26	208	326'961	54	1.1	11.6 ⁸
2003	31	8030	108'000	61	38	6.2
2004	23	171	1'460'000	57	1.5	4.7
2005	28	823	949'000	3.5	0.6	2

¹ Giga Bequerel ($1 \cdot 10^9$ désintégrations par seconde)

² Jusqu'en 1999: volumes des fûts livrés; dès 2000: volumes effectivement livrés

³ Provenant principalement de l'industrie des colorants

⁴ Détecteurs d'incendie aujourd'hui interdits

⁵ Installation d'irradiation (Co-60)

⁶ Pas de ramassage des déchets cette année

⁷ Sources de rayonnement utilisées en radiothérapie (Cs-137, Co-60) et installations d'irradiation industrielles (Co-60)

⁸ Y compris les 7,2 m³ provenant d'une usine genevoise d'incinération des ordures ménagères

Déchets contaminés provenant des stocks de la Confédération

Fin septembre, des parafoudres au Ra-226 ont déclenché une alarme de radioactivité dans un récupérateur de métaux (ill. 1). La cause de l'alarme n'a pas tout de suite été identifiée, car les sources de radioactivité étaient comprimées dans un bloc de métaux (ill. 2). Les premières investigations ont permis de conclure qu'il s'agissait d'une élimination illégale. C'est pourquoi l'OFSP a fait appel à la Police fédérale. L'OFSP, en collaboration avec la Suva, a séparé sur place les déchets radioactifs des autres. Entre-temps, l'origine des déchets a pu être établie: ils provenaient de stocks de l'armée. Une enquête est en cours pour déterminer comment ces matières radioactives sont arrivées là. De tels incidents montrent qu'il y a encore en circulation aussi dans les entreprises fédérales d'anciens objets contenant des substances radioactives et qu'une gestion incorrecte, même sans le savoir, entraîne un travail supplémentaire considérable et donc des surcoûts.



Fig. 1 Parafoudre



Fig. 2 Bloc de métaux contenant des parafoudres

Congrès du «Fachverband für Strahlenschutz»

Le congrès annuel du «Fachverband für Strahlenschutz», consacré à la radioprotection lors de la gestion de matières radioactives, s'est déroulé du 20 au 23 septembre à Bâle sous l'égide de l'OFSP. Outre les conférences, il comprenait une exposition d'affiches sur divers thèmes, tels que les concepts de protection de l'être humain et de l'environnement ou le traitement, l'autorisation et la promotion ou encore des aspects de société.

3.8 Institut Paul Scherrer (IPS)

Activités de l'IPS pour le traitement et la gestion des déchets radioactifs

En vertu de l'article 87 de l'ordonnance sur la radioprotection, l'IPS joue le rôle de centre collecteur national pour les déchets radioactifs engendrés indépendamment de la production d'énergie nucléaire (déchets MIR). 28 entreprises relevant de la surveillance de l'Office fédéral de la santé publique ont livré 2 m³ de déchets radioactifs au cours de l'année. L'activité des déchets collectés s'élevait à 9,5 10¹⁴ Bq, en majeure partie dégagée par le tritium (H-3). 3,51 · 10⁹ Bq étaient dus aux émetteurs α.

Le tableau ci-dessous indique la provenance des déchets reçus en 2005 par l'IPS pour retraitement:

Provenance	Nombre de fûts de 200 litres (partiellement recomptés)
OFSP/SUVA	15.6
IPS	522.9
Centrale nucléaire de Beznau (KKB)	21.0
Total	559.5

Les installations de la section «Démontage et évacuation» ont ainsi produit au cours de l'année sous revue 29 fûts de 200 litres conditionnés. Par ailleurs, 16 conteneurs en béton d'une contenance de 600 litres, contenant des déchets renfermant des combustibles solidifiés provenant du laboratoire chaud de l'IPS, ont été coulés et conditionnés en vue de leur stockage final.

L'incinérateur de l'IPS pour les déchets radioactifs avait été mis hors service en 2002. Il a donc fallu mettre de côté 145 fûts comprimés de 200 litres de déchets bruts combustibles en vue de la prochaine campagne d'incinération dans la station d'incinération et de fusion de ZWILAG. 99 autres fûts de 200 litres, qui ont été acceptés en 2005, doivent encore être comprimés en vue de leur futur traitement à ZWILAG.

Cette année, cinq petits conteneurs de béton ont été remplis dans la zone de l'accélérateur (zone ouest de l'IPS) et empilés sur l'emplacement temporaire réservé à cet effet dans cette zone.

Recherches menées à l'IPS

Objectifs

Les principaux objectifs à long terme des travaux de recherche de l'IPS n'ont pas changé en 2005 et peuvent être décrits comme suit: Le laboratoire pour la sécurité des dépôts finals (LES) poursuit un programme de recherche & développement visant à consolider et à approfondir les bases scientifiques de la gestion des déchets radioactifs dans un dépôt géologique en profondeur. Il remplit un rôle national important en soutenant la Confédération et la Nagra dans leur tâche de gérer de manière sûre les déchets produits par la médecine, l'industrie et la recherche, ainsi que ceux des centrales nucléaires. Les compétences du laboratoire portent sur trois domaines: (a) bases de la chimie des dépôts finals; (b) chimie et physique des radionucléides dans les couches limites entre les matériaux de stockage et les roches et (c) migration de radionucléides et mécanismes de rétention dans les milieux géologiques et les barrières ouvragées (techniques). Les travaux effectués associent des études expérimentales sur des matériaux radioactifs en laboratoire et sur le terrain, la mise au point de modèles théoriques et leur validation. Ils sont réalisés dans l'optique des projets suisses de stockage en profondeur; leurs résultats trouvent notamment une application directe dans les larges analyses de sécurité effectuées par la Nagra. Les études consacrées aux interactions des radionucléides aux sur-

faces limites ont conduit au projet de construction, au sein de l'unité Source de lumière suisse synchrotron (SLS) de l'IPS, d'une ligne de lumière MikroXAS (spectrométrie d'absorption aux rayons X) qui sera achevée prochainement. Sa mise en service pour les utilisateurs externes est prévue pour l'été 2006. Elle permettra notamment d'étudier des échantillons radioactifs. A cette fin, un système de blindage local et modulaire a été conçu et un système inédit a été construit pour porter les échantillons.

Priorités des travaux

Ces dernières années, l'IPS a fréquemment dû s'occuper de questions posées par les pouvoirs publics et transmises par la Nagra relatives à des concepts de modèles et des choix de paramètres concernant la faisabilité du stockage géologique. En 2005, l'IPS a aussi assumé des tâches de ce genre. Dans le cadre de l'examen technique de la démonstration de la faisabilité du stockage géologique, l'AEN de l'OCDE, la DSN et la KNE ont fait des recommandations et donné des indications sur les domaines dans lesquels les bases scientifiques doivent être approfondies. Le LES les a suivies en menant des activités de recherche correspondantes qui continueront en 2006.

Toutefois, les priorités stratégiques restent le transport par diffusion des radionucléides au travers de la bentonite et des Argiles à Opalinus, les mécanismes de rétention des radionucléides et le comportement des radionucléides dans le ciment. L'objectif général étant d'acquérir une compréhension approfondie de ces processus, la recherche fondamentale sous-tend ces travaux.

En matière de bases géochimiques de systèmes de dépôt final, la participation à des travaux internationaux, par exemple, à la phase III de la TDB (Thermodynamic Data Base) de l'AEN et au projet de l'AEN sur des directives relatives à l'évaluation de données thermodynamiques pour des solutions solides (Guidelines Solid Solutions) représente une activité importante. Le programme de spécification géothermique GEMS permet d'aborder des questions relatives à l'incertitude de données thermodynamiques et notamment à leur influence sur les résultats des calculs. Un travail de doctorat portant sur les propriétés thermodynamiques et sur le comportement de solutions solides de phases LDH (Layered Double Hydroxides) a été commencé. Une collaboration internationale est en préparation entre le LES et le JNC (Japan Nuclear Cycle Development Institute) sur la formation de solutions de sulfates de baryum et de radium (Ra/Ba - SO₄) solides. La formation de ces phases solides permet de réduire les solubilités du radium de plusieurs ordres de grandeur.

L'IPS a poursuivi les études portant sur la sorption des radionucléides sur les roches argileuses, sur les minéraux argileux, sur le ciment et sur les composants du ciment.

La récolte d'un grand nombre de données propres, assortie d'une modélisation de la sorption thermodynamique, ont permis de déduire une relation linéaire entre la force des complexes de surface adsorbés sur la montmorillonite et les constantes aqueuses d'hydrolyse pour onze éléments chimiques différents. Ce travail est complété par une étude mettant en lumière le comportement des nucléides, importants du point de vue de la sûreté, mis en concurrence pour le partage des points de sorption effectivement à disposition. Ces observations sont essentielles pour une évaluation réaliste de la modélisation de sorption dans les études de sécurité. On étudie aussi l'influence de la chimie des solutions (de la formation de complexes) sur le comportement de sorption. Ces travaux sont réalisés dans le cadre des programmes de l'UE intitulés NF-PRO (montmorillonite/bentonite) et FUNMIG (illite/Argiles à Opalinus). Ces deux programmes de recherche fourniront des bases importantes pour les banques de données de sorption nécessaires pour effectuer des analyses de sécurité.

Les études consacrées aux interactions des radionucléides avec le ciment et les composants du ciment ont été poursuivies dans la perspective du stockage en profondeur des déchets faiblement et moyennement radioactifs. Ici également, la priorité est donnée aux études portant sur la sorption et l'incorporation de radionucléides dans des matrices hydratées de ciment. Une large palette de méthodes basées sur la chimie aqueuse et la spectroscopie, telles que la spectroscopie d'absorption aux rayons X (XAS) et la spectroscopie à fluorescence laser (TRLFS), est mise en œuvre au sein d'une collaboration internationale pour expliquer les mécanismes en cause. Dans le cadre de la coopération

avec l'institut japonais JNC, un collaborateur du LES a effectué un stage de 6 mois au Japon où il a étudié l'immobilisation du radium dans du ciment et dans des matrices hydratées de ciment.

Le mécanisme de transport dominant dans les Argiles à Opalinus est la diffusion des radionucléides, des valeurs élevées de sorption influençant fortement les calculs des doses qui se fondent sur ce mécanisme. Des valeurs de sorption en partie très élevées ont été intégrées dans la démonstration de la faisabilité, et cela sur la base de révisions de grande ampleur. Ces valeurs élevées doivent maintenant encore être confirmées par des expériences de diffusion dans des échantillons de roches naturelles. Les traceurs à haut pouvoir de sorption ne sont transportés que sur des distances très courtes dans les temps accessibles à l'expérimentation. C'est pourquoi le LES a développé de nouvelles méthodes pour rechercher les répartitions des traceurs à une échelle millimétrique. La méthode «d'épluchage abrasif» («Abrasive Peeling»), élaborée à l'IPS, a été vérifiée et confirmée par la mise en oeuvre des éléments traces Co et Eu à fort pouvoir de sorption. Parallèlement, des techniques alternatives reposant sur des mesures de micro fluorescence et d'érosion par laser sont à l'étude. La majeure partie des travaux de laboratoire relatifs à la diffusion ont un rapport direct avec les expériences sur le terrain en cours ou planifiées au Mont Terri. Par ailleurs, des expériences de diffusion à long terme (de 5 à 15 ans) sont prévues dans le laboratoire souterrain du Mont Terri.

La collaboration avec des partenaires suisses et étrangers a suivi son cours. Les partenaires sont notamment les centres de recherche de Karlsruhe et de Rossendorf en Allemagne, le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) en France, et toute une série d'universités et d'instituts de recherche. Dans le 6^e Programme-cadre de l'UE, le LES participe au réseau d'excellence ACTINET 6 et aux deux projets intégrés NF-PRO et FUNMIG.

Les publications parues dans des revues scientifiques, les rapports et les conférences spécialisées sont mentionnées dans l'annexe IV.

4. Nagra

Les producteurs de déchets radioactifs sont tenus, en vertu de la loi sur l'énergie atomique, d'assurer une évacuation des déchets nucléaires sûre et à long terme. A cet effet, les exploitants des centrales nucléaires ont créé la Nagra en 1972, conjointement avec la Confédération helvétique, laquelle est responsable des déchets radioactifs provenant de la médecine, de l'industrie et de la recherche. Placée sous la surveillance de la Confédération, la Nagra a pour tâche d'élaborer les bases scientifiques et techniques requises pour assurer un stockage sûr à long terme des déchets. 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 les coopérateurs de la Nagra. A la fin de 2005, le siège de la Nagra à Wettingen employait 88 personnes (74,3 équivalents plein temps).

Les chapitres qui suivent résument l'essentiel des activités déployées au cours de l'exercice 2005. Pour plus de détails (y compris bilan), veuillez vous référer au rapport annuel de la Nagra. Les résultats des recherches sont, quant à eux, publiés dans la série des rapports techniques de la Nagra (NTB). Vous trouverez une liste des NTB parus en 2005 dans l'annexe IV.

4.1 Programme d'évacuation des déchets nucléaires

Le concept de gestion des déchets nucléaires en Suisse prévoit deux dépôts en formation géologique profonde: l'un pour les déchets faiblement et moyennement radioactifs (DFMR), l'autre pour les éléments de combustible irradié (ECI), les déchets hautement radioactifs (DHR) et ceux moyennement radioactifs à longue durée de vie (DMRL).

La nouvelle loi sur l'énergie nucléaire oblige les producteurs de déchets à élaborer un programme d'évacuation pour tous les types de déchets. Ce document doit être examiné par les autorités fédérales avant d'être soumis au Conseil fédéral pour approbation. La Nagra a été chargée par les producteurs de déchets d'élaborer un tel programme d'évacuation. Etant donné toutefois que d'importantes conditions cadres restent à définir (décision du Conseil fédéral concernant la démonstration de la faisabilité du stockage géologique, définition de la procédure de sélection des sites dans la partie conceptuelle du plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes»), elle a limité ses travaux essentiellement à l'élaboration de bases géologiques. Par ailleurs, elle s'emploie à mettre à jour l'inventaire type des matières radioactives en vue des travaux futurs. Enfin, elle procède à une évaluation de l'état actuel de la recherche-développement afin de définir les orientations des activités à venir. L'étude des coûts en 2006 constituera un élément important pour le programme d'évacuation. La planification actuelle part du principe que ce dernier pourra être achevé assez rapidement en se fondant sur les bases élaborées, ce dès que les conditions cadres auront été définies par la Confédération.

4.2 Déchets radioactifs

Une des prestations fournies au bénéfice des producteurs de déchets a consisté, en 2005 également, à gérer et développer l'inventaire central des déchets et matériaux existants. Ce dernier englobe tous les colis qui sont entreposés dans les centrales nucléaires, le ZWILAG et l'entrepôt fédéral (BZL). Il est requis aussi bien pour la gestion des entrepôts sur place que pour les projets de la Nagra, sans parler qu'il permet à tout moment d'avoir une vue d'ensemble de tous les déchets et matériaux nucléaires produits et entreposés en Suisse. En se fondant sur cette actualisation, les travaux de révision totale et d'extension de l'«inventaire-type des matières radioactives» (MIRAM) ont été poursuivis en 2005. Désormais, les propriétés et les quantités des déchets seront également saisies. Et il va sans dire que le MIRAM est indispensable à la planification des dépôts géologiques en profondeur.

L'IPS a, de son côté, poursuivi la recherche-développement pour un conditionnement sûr des déchets. Le contrat à ce propos a été prolongé d'une nouvelle période de cinq ans. Le «Radiochemisches Institut der Technischen Universität München» a également continué comme prévu ses travaux destinés à mesurer l'activité des déchets d'exploitation ; pour la première fois, des échantillons de déchets provenant du four à plasma du ZWILAG ont été livrés. Précisons que tous les résultats découlant de ces travaux sont enregistrés dans l'inventaire central de la Nagra.

Des spécifications ont été établies sur mandat de l'IPS pour des déchets provenant de la médecine, de l'industrie et de la recherche. Commencé en 2004, le projet visant l'établissement d'un registre des déchets pour le compte du CERN a également été poursuivi.

Par ailleurs, plusieurs procédures de certification concernant l'aptitude de colis au stockage final (ELFB) ont été accomplies pour les centrales nucléaires, le ZWILAG et l'IPS. Au niveau international, les travaux en rapport avec la base de données de l'AIEA sur les déchets à l'échelle mondiale ont continué. Enfin, divers documents ont été élaborés dans le cadre d'un groupe de travail de l'AEN pour la planification et la mise en œuvre de projets de fermeture de centrales nucléaires.

4.3 Dépôt géologique pour déchets faiblement ou moyennement radioactifs (DFMR)

D'importantes décisions devront être prises prochainement pour les DFMR. Les autorités arrêteront la future procédure de sélection dans le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes». Dans le courant de l'année sous revue, la Nagra a préparé les bases géologiques et techniques à cet effet. Elle a en outre approfondi ses connaissances sur les propriétés des déchets et leurs quantités, sur les concepts techniques de confinement et sur les caractéristiques de différentes roches d'accueil quant à leur sécurité.

Les sites envisageables pour l'aménagement de dépôts géologiques profonds doivent être définis conjointement avec les cantons et les régions. Un descriptif des cavernes de stockage et des dispositifs techniques pour l'entreposage durable dans diverses roches d'accueil sont en cours de préparation en vue de la procédure de sélection. L'option consistant à aménager un seul dépôt en profondeur pour tous les types de déchets est également à l'étude.

4.4 Stockage des éléments de combustible irradiés (ECI), des déchets hautement radioactifs (DHR) et des déchets moyennement radioactifs à longue durée de vie (DMRL)

Les exploitants de centrales nucléaires sont tenus, de par la loi, d'apporter la preuve du stockage des déchets nucléaires produits (on parle de «démonstration de faisabilité»). En 1998, le Conseil fédéral a approuvé cette démonstration pour les DFMR, la déclarant complète, tandis que pour les ECI/DHR/DMRL, il a décrété que la preuve n'était que partielle. Pour achever cette tâche, la Nagra a déposé, fin 2002, les rapports concernant la démonstration de faisabilité pour ces catégories de déchets en se fondant sur le projet des Argiles à Opalinus.

Approbation de la démonstration de faisabilité recommandée par les autorités chargées de la sécurité

Les autorités chargées de la sécurité et les commissions fédérales (DSN, CSA, KNE) sont parvenues à la conclusion générale, que la démonstration de faisabilité exigée par la loi pour les ECI/DHR/DMRL était faite. En 2004 déjà, un groupe d'experts international de l'OCDE/AEN, institué par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), avait loué la Nagra pour sa démonstration de faisabilité.

Les expertises dégagent des questions ouvertes et formulent des recommandations pour les précisions à apporter. Pour les autorités, les points à éclaircir ne remettent pas fondamentalement en question la faisabilité d'un dépôt géologique en profondeur. Les recommandations, elles, constituent des éléments précieux pour définir les futurs travaux de recherche et développement. De nombreuses interrogations font d'ailleurs déjà l'objet de travaux, notamment au laboratoire souterrain du Mont Terri.

Dans le cadre de la vérification de la «démonstration de la faisabilité», l'OFEN a institué un groupe de travail «Information et communication» et un «Forum technique» (voir chapitre 3.1). Représentée dans le second, la Nagra a pris position sur diverses questions techniques. Elle a également été invitée à des séances du groupe de travail s'occupant de l'information et de la communication.

Et après la démonstration de faisabilité?

Les autorités fédérales ont clairement souligné que la démonstration de faisabilité ne constituait pas une sélection du site, précisant que cette seconde procédure serait réglée dans le cadre d'un plan sectoriel «Dépôt en couches géologiques profondes». La Nagra a remis dès septembre 2005 le rapport exigé par le Conseil fédéral, dans lequel sont présentés et évalués les roches d'accueil et les régions envisageables des points de vue technique (sécurité) et géologique (NTB 05-02). L'évaluation débouche sur la conclusion que les Argiles à Opalinus présentent des avantages en matière de sécurité et de géologie par rapport à d'autres roches d'accueil possibles; de telles formations existent dans diverses régions du pays. Ce rapport a été publié, conjointement avec les documents relatifs à la démonstration de faisabilité. Pour les autorités fédérales, le rapport fera partie des bases de décision pour la suite de la procédure.

4.5 Détermination des coûts du stockage final

Les exploitants de centrales nucléaires font des provisions afin de garantir le financement de l'évacuation des déchets. Les fonds pour l'évacuation et la fermeture sont alimentés afin de couvrir les frais qui incomberont après la désaffectation des centrales nucléaires. La dernière estimation des coûts de l'évacuation a été faite en 2001. Elle doit être actualisée en 2006. A cet effet, il faut mettre à jour les données de base (en particulier les quantités de déchets) et les projets-types pour les dépôts DFMR et DHR, tout comme il convient de vérifier les programmes d'exécution (y compris les calendriers) et, au besoin, de les adapter. En outre, il faut établir des descriptifs de prestations et déterminer des coûts unifiés afin de pouvoir calculer les frais globaux et leur évolution dans le temps. La Nagra a commencé à préparer ces travaux en 2005, sur mandat des producteurs de déchets.

4.6 Bases techniques

Durant la phase séparant la remise de la démonstration de faisabilité et les étapes suivantes des autorisations pour des dépôts géologiques profonds, la recherche sera centrée sur la consolidation des connaissances acquises. Les expertises et les prises de position des autorités fournissent des indications et des recommandations précieuses à cet effet.

Les travaux sur les processus de rétention et les mécanismes de transport géochimiques sont pour la plupart réalisés en collaboration avec le Laboratoire de Gestion des déchets (LES) à l'IPS. Actuellement, les recherches dans le domaine du stockage en profondeur des DHR portent sur le transport

par diffusion des radionucléides dans les barrières en argiles (bentonite, Argiles à Opalinus) et sur les mécanismes de rétention efficaces ; dans le cas du dépôt en profondeur pour les DFMR et les DMRL, les travaux concernent la rétention des radionucléides dans le ciment. Autre point fort des recherches: améliorer les bases pour décrire et comprendre les processus clés.

Les travaux relatifs aux barrières techniques sont pour la plupart effectués dans le cadre de projets de l'UE. Ils sont consacrés aux effets que la chaleur produite par les déchets de haute activité peut avoir sur les Argiles à Opalinus et sur le granit, au dégagement de gaz provenant des dépôts en profondeur, au comportement à long terme des éléments combustibles irradiés, à l'amélioration des connaissances sur les processus fondamentaux dans le voisinage et au perfectionnement des concepts d'évacuation des déchets.

4.7 Laboratoires souterrains

Laboratoire souterrain au Grimsel (LSG)

Les universités et les instituts de recherche (p. ex. Université de Berne, EPF, ISP) sont pour beaucoup dans le succès de l'actuelle phase VI (2003 – 2013). Un nouveau partenaire participe aux travaux de la phase VI: l'organisation japonaise AIST (Association for Iron & Steel Technology). A l'occasion d'une séance du «Steering Committee» en mai 2005, les représentants des organisations partenaires ont débattu des résultats obtenus jusqu'ici et des programmes de travail pour les projets en cours, tout comme ils se sont attachés à la planification de nouveaux projets.

La phase VI est centrée sur les projets visant à approfondir les connaissances sur les systèmes de barrières techniques et à les tester à l'échelle 1:1 dans des conditions réalistes (construction et phase d'exploitation d'un dépôt). On profite également de la possibilité qui est donnée au LSG de vérifier le transport des radionucléides par des essais in situ. Par de nouvelles conceptions d'expériences, on s'efforce en outre de reproduire les conditions d'un dépôt de façon aussi réaliste que possible. Après une phase intensive de planification et de préparation en 2003 et 2004, on est passé à la mise en œuvre des essais. Les expériences sur le terrain ont été soutenues par des programmes étendus en laboratoire et des travaux sur des modèles. Actuellement, pas moins de vingt expériences sont en cours au LSG, dont certaines d'une durée de plusieurs années. Pour une information détaillée sur les travaux effectués au laboratoire souterrain du Grimsel, veuillez consulter le site Web, en anglais, www.grimsel.com.

Il est important de transmettre aux générations futures le savoir-faire acquis. Conjointement avec l'ITC (International Training Center, www.itc-school.org), le LSG apporte sa contribution à la conservation à long terme de ces connaissances, en sa qualité de membre de l'initiative «Centres of Excellence» de l'AIEA.

Un laboratoire a été aménagé dans le secteur central du LSG, de manière que les analyses radiochimiques des échantillons de roche puissent être effectuées sur place. L'autorisation nécessaire à cet effet a été accordée par la DSN pour la période 2005 à 2013.

Laboratoire souterrain du Mont Terri (LMT)

Le projet de recherche du Mont Terri offre à la Nagra la possibilité d'approfondir les connaissances sur les propriétés des roches argileuses de l'option «Argiles à Opalinus», en vue des procédures d'autorisation nécessaires pour le stockage de déchets radioactifs. Il permet d'étendre le savoir sur les caractéristiques des Argiles à Opalinus comme roche d'accueil, sans devoir aménager un laboratoire souterrain dans un site potentiel.

Le programme de la dixième phase a été achevé comme prévu durant le premier semestre 2005. La Nagra a participé à 19 sur les 31 expériences, dont 3 essais menés dans le cadre du 5^e programme cadre de recherche de l'UE.

Durant la nouvelle phase (juillet 2005 – juin 2006), la 11^e, la Nagra ne prévoit pas de nouvelles activités, mais poursuivra un certain nombre d'expériences choisies, en prolongement de la phase précédente. Ses activités comprennent notamment la collaboration à des projets du 6^e programme cadre de recherche de l'UE. Les travaux doivent lui permettre d'approfondir et de confirmer des données essentielles en matière de sécurité dans la perspective des futures procédures d'autorisation. Il s'agit de domaines centraux pour les dépôts géologiques profonds: géochimie, tectonique, hydrogéologie, transport de radionucléides et migration des gaz. Sur la base des expériences et des connaissances tirées du projet «démonstration de faisabilité», elle entend axer ses nouvelles activités sur la diffusion des radionucléides dans les Argiles à Opalinus, sur la migration des gaz et sur l'évolution dans le temps de la zone perturbée (auto colmatage); en outre, elle veut mettre sur pied une expérience à long terme sur les interactions entre ciment et roches argileuses. Ces expériences exploitent tout spécialement les possibilités offertes par l'extension du laboratoire souterrain durant la 10^e phase du projet.

Voir aussi chapitre 3.6 «Laboratoire souterrain du Mont Terri».

4.8 Relations publiques

Démonstration de faisabilité: information et dialogue

Dans le sillage de la démonstration de faisabilité, la Nagra a été sollicitée beaucoup plus souvent pour des manifestations et des exposés. En automne 2005, elle a ainsi participé aux deux événements d'information organisés par l'OFEN, par des conférences et des stands. Le comité pour la communication et l'environnement du Landtag Bade-Wurtemberg a fait une visite de deux jours, se rendant aux laboratoires du Grimsel et du Mont Terri pour s'y informer sur les recherches en cours et l'avancement des travaux quant à l'évacuation des déchets nucléaires en Suisse. Début septembre, un voyage d'information a été mis sur pied à la demande du groupe de travail Opalinus: des représentants d'autorités communales du Weinland ont pu se rendre en Allemagne (Gorleben) et en France (Bure, Centre de l'Aube). Enfin, deux voyages, en Suède et en Finlande, ont permis aux politiques et aux autorités de se faire une idée de l'état d'avancement des travaux dans ces pays en vue du stockage des déchets.

Tournée d'information, expositions et visites: l'occasion de contacts directs

La tournée d'information a emmené la Nagra dans huit villes de suisses alémaniques en été, puis dans neuf localités du Weinland zurichois en automne. Le slogan «Les déchets radioactifs en Suisse? Nous les prenons en charge. Nagra. Bien sûr!» a été au centre des discussions et a rappelé à la population une tâche importante qu'il s'agit de régler. La Nagra a participé aussi au comptoir industriel d'Embrach et aux foires d'automne de Schaffhouse et de Winterthour, tout comme elle a monté un stand lors de la «2^e Journée suisse du géologue» à Lucerne. Les laboratoires souterrains du Grimsel (BE) et du Mont Terri (JU) restent un but d'excursion prisé: plus de 2000 personnes se sont rendues dans ces installations et ont pu vivre en direct la «recherche sous terre».

Bureau d'information pour les médias, les particuliers et les écoles

En 2005, les médias suisses ont publié un millier d'articles sur l'évacuation des déchets radioactifs. Les principaux thèmes traités étaient la publication de la démonstration de faisabilité, le «rapport sur les options» de la Nagra et le plan sectoriel «Dépôts en couches géologiques profondes». Divers magazines ont imprimé des articles spécialisés sur l'état actuel dans le domaine de l'élimination des déchets.

Le service d'information a répondu à plus de 300 demandes ou questions et a envoyé autant de colis contenant brochures, DVD et vidéos, destinés à des particuliers, des écoles, des organisations et des associations. La mesure de la radioactivité rencontre un grand intérêt surtout auprès des écoles: les 40 compteurs Geiger-Müller de la Nagra ont circulé sans discontinuer.

Publications et médias électroniques

La conception graphique du rapport annuel a été revue. Refonte aussi de «nagra News», publication qui a été rebaptisée «nagra Info» et dont quatre éditions sont parues durant l'année sous revue. Une nouvelle brochure a été conçue pour le laboratoire souterrain du Grimsel. Précisons que les supports d'information imprimés paraissent dans plusieurs langues. Le site Web, www.nagra.ch, a été adapté à la nouvelle image de la Nagra et a été mis à jour. Disponible en trois langues, il comprend désormais aussi une rubrique Foire aux questions (FAQ), une importante galerie d'images avec possibilité de téléchargement ainsi qu'un shop permettant de commander ou de télécharger de nombreux imprimés. Dans la partie technique du site, une rubrique étendue sur la radioactivité a été ajoutée, tout comme la section sur l'évacuation a été complétée. En 2005, une moyenne de 280 visiteurs par jour ont consulté le site de la Nagra.

