

Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle (EKRA)
Groupe d'experts pour les modèles de gestion des déchets radioactifs (EKRA)

Beitrag zur Entsorgungsstrategie für die radioaktiven Abfälle in der Schweiz

Contribution à la stratégie de gestion des déchets radioactifs en Suisse

Walter Wildi (Vorsitz)
Detlef Appel
Marcos Buser
François Dermange
Anne Eckhardt
Peter Hufschmied
Hans-Rudolf Keusen
Michael Aebersold (Sekretariat)

Im Auftrag des Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
(UVEK)

Pour le compte du Département de l'environnement, des transports, de l'énergie
et de la communication (DETEC)

Oktober/Octobre 2002

Bezugsquelle: Bundesamt für Energie, 3003 Bern
Distribution: Office fédéral de l'énergie, 3003 Berne

© Der Bericht kann unter Quellenangabe zitiert und auszugsweise reproduziert werden.
© Ce rapport peut être cité et partiellement reproduit, à condition que la source en soit indiquée.

Information: walter.wildi@terre.unige.ch, michael.aebersold@bfe.admin.ch

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorwort	1
2.	Auftrag	2
3.	Anforderungen an die Entsorgung der radioaktiven Abfälle	3
4.	Standortbestimmung der nuklearen Entsorgung Schweiz	5
4.1	Rechtslage	5
4.2	Entsorgungsprogramm, Inventar und Qualitätssicherung	6
4.3	Dialog und Partizipation	9
4.4	Forschung	9
4.5	Struktur und Zuständigkeiten	10
4.6	Finanzierung	11
5.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	12
5.1	Schlussfolgerungen	12
5.2	Empfehlungen	14
1.	Préface	17
2.	Mandat	18
3.	Exigences en matière de gestion des déchets radioactifs	19
4.	Etat des lieux de la gestion des déchets nucléaires en Suisse	22
4.1	Situation juridique	22
4.2	Programmes de gestion des déchets radioactifs, inventaire et contrôle de la qualité	23
4.3	Dialogue et participation	26
4.4	Recherche	26
4.5	Structure et compétences	27
4.6	Financement	28
5.	Conclusions et recommandations	29
5.1	Conclusions	29
5.2	Recommandations	31

Anhang: Berichtsgrundlagen

1. Vorwort

Die Entsorgung radioaktiver Abfälle ist eine wichtige gesellschaftliche Aufgabe. Um den Schutz von Mensch und Umwelt sicherzustellen, muss diese Aufgabe entschlossen an die Hand genommen werden. In der Verantwortung der heutigen Entscheidungsträger liegt es, eine nachhaltige Entwicklung einzuleiten und künftige Generationen nicht mit ungelösten Problemen zu belasten.

Im Jahr 2000 präsentierte die Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle (EKRA) das Konzept der Kontrollierten Geologischen Langzeitlagerung und schlug ein Aktionsprogramm für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle in der Schweiz vor. Ihre Vorschläge betrafen das Entsorgungsprogramm für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) sowie für hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle (HAA/LMA), das Kernenergiegesetz und die öffentliche Debatte.

Da die auf die Publikation folgenden Diskussionen zeigten, dass einige Aspekte noch genauer abgeklärt werden sollten, wurde die EKRA beauftragt, sich mit institutionellen Fragen der Entsorgung zu befassen. Im vorliegenden Bericht behandelt sie die Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung, wie die Kontrollierte Geologische Langzeitlagerung im Entwurf des Kernenergiegesetzes und auch in den folgenden Betrachtungen bezeichnet wird, und zeigt Handlungsbedarf im Hinblick auf die rechtlichen, finanziellen und organisatorischen Rahmenbedingungen auf.

Um die Entsorgung der radioaktiven Abfälle wirksam angehen zu können, sind ein geeigneter gesetzlicher Rahmen und entsprechende Vollzugsbestimmungen erforderlich. Ziele, Termine und die inhaltlichen Grundzüge der Entsorgung sind in einem Umsetzungsprogramm festzuhalten. Dahinter muss ein klarer politischer Wille des Bundes stehen, der anerkennt, dass es sich bei der Entsorgung der radioaktiven Abfälle um eine wichtige Aufgabe von nationaler Bedeutung handelt.

Antworten auf gesellschaftlich umstrittene Fragen erfordern den Dialog aller Betroffenen, eine transparente Entscheidungsfindung, regelmässige Information und Mitsprachemöglichkeiten. Dafür sind geeignete Voraussetzungen zu schaffen.

Für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle müssen über längere Zeiträume erhebliche finanzielle Mittel zur Verfügung stehen. Wie kann die Finanzierung der geologischen Tiefenlagerung auf Dauer sichergestellt, wie kann den Folgen gesellschaftlicher Krisensituationen vorgebeugt werden?

Zu diesen und ähnlichen Fragen hat die EKRA Handlungsempfehlungen formuliert. Sie wendet sich damit primär an Politik und Verwaltung, aber auch an die Abfallproduzenten. Mit dem Bericht "Beitrag zur Entsorgungsstrategie für die radioaktiven Abfälle in der Schweiz" möchte sie die Diskussion fördern und einen Beitrag zu einer verantwortungsvollen Lösung der Entsorgungsfrage in der Schweiz leisten.

2. Auftrag

Im Januar 2000 legte die EKRA eine Analyse der Entwicklung und des aktuellen Stands der nuklearen Entsorgung vor. Im Bericht "Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle" befasste sich die Expertengruppe mit den gesellschaftlichen Erwartungen an die Lagerung radioaktiver Abfälle und mit den sich daraus ergebenden Konsequenzen. Für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle schlug sie das Konzept der geologischen Tiefenlagerung und ein Aktionsprogramm für dessen Umsetzung vor.

Die Umsetzung verschiedener Empfehlungen der EKRA ist heute im Gang. In manchen Bereichen sind jedoch noch Fragen offen; das Konzept der geologischen Tiefenlagerung und dessen Realisierung müssen konkretisiert werden. Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) hat die EKRA daher beauftragt, ein Dokument zu technischen und institutionellen Fragen fertig zu stellen.

Im vorliegenden Bericht befasst sich die Expertengruppe mit der heutigen Situation der Entsorgung in der Schweiz. Sie äussert sich zur Rechtslage, zum Entsorgungsprogramm, zu Dialog und Partizipation, zur Forschung, zur Organisation der Entsorgung und zu deren Finanzierung. Die wichtigsten Erkenntnisse, die Schlussfolgerungen und Empfehlungen sind im Hauptbericht zusammengefasst. Grundlagen und technische Informationen finden sich im Anhang.

In der vorberatenden Kommission des Ständerats wurde der Entwurf des Kernenergiegesetzes diskutiert, während die EKRA am vorliegenden Bericht

arbeitete. Daher hat die Expertengruppe die Kommission mit Brief vom 10. November 2001 über den Stand ihrer Arbeiten und mögliche Folgerungen für das Kernenergiegesetz (KEG) informiert. Am 15. Mai 2002 stellte sie der vorberatenden Kommission des Nationalrats einen Vorausbbericht ohne Anhang vor.

3. Anforderungen an die Entsorgung der radioaktiven Abfälle

Ionisierende Strahlung kann Schäden an Lebewesen verursachen. Um dies zu verhindern, muss die Umwelt wirksam vor den Einwirkungen radioaktiver Abfälle geschützt werden. In der Schweiz beinhaltet der Begriff "Entsorgung" die Konditionierung der Abfälle, deren Zwischenlagerung und die Lagerung in einem geologischen Tiefenlager.

Werden endlagerfähige Abfälle möglichst rasch in ein geologisches Tiefenlager gebracht, erhöht sich die Sicherheit: Die Abfälle sind vor äusseren Einwirkungen, z.B. Naturkatastrophen, Krieg, Terror, Flugzeugabsturz, besser als in einem Zwischenlager an der Erdoberfläche geschützt. Wie der Ablauf der Tiefenlagerung gestaltet werden soll, hängt nicht nur von technisch-wissenschaftlichen, sondern zugleich von gesellschaftspolitischen Anforderungen ab.

Wie bei anderen Kernanlagen auch wird das Risiko geologischer Tiefenlager in der Öffentlichkeit kontrovers wahrgenommen. Entscheidungen für Lagerprojekte lösen in der Regel Widerstand aus. Dennoch muss deren Realisierung an die Hand genommen werden, um die wichtige Aufgabe der Entsorgung nicht in unnötiger oder sogar unverantwortlicher Weise hinauszuzögern. Letztlich liegt es an Politik und Verwaltung, ein hohes Mass an Schutz für Mensch und Umwelt beim Umgang mit radioaktiven Abfällen sicherzustellen.

Schlüsselentscheide zur Entsorgung müssen demokratisch auf nationaler Ebene gefällt werden. Zugleich sind aber auch regionale Konsultation und Mitsprache über Kantons- und Landesgrenzen hinweg erforderlich.

Die grundsätzlichen Sicherheitsanforderungen an die Entsorgung der radioaktiven Abfälle sind gesetzlich festgelegt und in Richtlinien konkretisiert. Verantwortlich für die Entsorgung und deren Finanzierung sind die Verursacher der Abfälle, d.h. die Betreiber der Kernkraftwerke und die Betriebe und Organisationen, welche radioaktive Abfälle in Medizin, Industrie und For-

schung (MIF-Abfälle) erzeugen. Die Entsorgung der MIF-Abfälle übernimmt der Bund. Im übertragenen Sinne tragen jedoch auch die Stromkonsumentinnen und Stromkonsumenten sowie die Nutzniesser der anderen zivilen Anwendungen Verantwortung für die Entsorgung. Obschon gesellschaftlich umstritten, ist die Nutzung der Kernenergie durch demokratische Entscheidungen wie Bewilligungsverfahren, Gesetzgebung und Volksabstimmungen legitimiert. Die nutznießenden Generationen müssen zudem für die von ihnen verursachten Entsorgungskosten aufkommen.

Die geologische Tiefenlagerung verbindet die Vorteile der Endlagerung mit der Möglichkeit, einmal gefällte Entscheidungen wieder rückgängig zu machen bzw. zu modifizieren (Reversibilität). Sie sieht die Einrichtung eines Testlagers, eines Pilotlagers und eines Hauptlagers vor:

- Im *Testlager* werden Informationen zur Standortcharakterisierung und zum Sicherheitsnachweis für das Abfalllager beschafft. Dieser Lagerteil wird zuerst in Betrieb genommen.
- Das *Pilotlager* dient der Langzeitüberwachung und als Zeugnislager; es soll sicherstellen, dass ungünstige Entwicklungen frühzeitig erkannt und die notwendigen Massnahmen ergriffen werden. Das Pilotlager wird nach der Erteilung der nuklearen Betriebsbewilligung mit repräsentativen Abfällen befüllt. Im Gegensatz zum Hauptlager, welches nach der Einlagerung der Abfälle möglichst rasch verfüllt und versiegelt¹ werden soll, ist es möglich, dass das Pilotlager längere Zeit zur Überwachung direkt oder indirekt zugänglich bleibt. Wenn das Pilotlager seinen Zweck erfüllt hat und die Entscheidung zur Beendigung der Überwachung getroffen worden ist, kann es ebenfalls verfüllt und versiegelt werden.
- Das *Hauptlager* nimmt den grössten Teil der Abfälle auf. Aus Sicherheitsgründen sollen die einzelnen Lagerkavernen in Etappen aufgefahren und betrieben werden. Die Kavernen werden nach Beendigung der Einlagerung möglichst rasch verfüllt und versiegelt. Nach der Versiegelung des Pilotlagers werden die noch offenen Hohlräume und Zugangsstollen des Hauptlagers verfüllt und das Tiefenlager verschlossen. Damit wird es in einen passiv sicheren Zustand überführt, weitere Überwachungs- und Kontrollmassnahmen sind nicht mehr notwendig. Allenfalls kann noch eine Umweltüberwachung durchgeführt werden.

¹ "Verfüllen" heisst, offene Lagerteile, die keine radioaktiven Abfälle enthalten, mit geeignetem Ausbruchmaterial zu beschicken, z.B. Testlager oder Zugangsstollen. "Verfüllen und Versiegeln" bedeutet, Lagerkavernen mit radioaktiven Abfällen in einen passiv sicheren Zustand zu überführen. "Verschluss" beschreibt die Verfüllung der noch offenen Lagerteile und die Überführung des gesamten Lagers in einen passiv sicheren Zustand (Endlager), nachdem das Pilotlager verfüllt und versiegelt ist.

Gab es im Konzept der Endlagerung einen verhältnismässig einfach strukturierten Ablauf des Lagerprojekts und der Lagerphasen, so beinhaltet die geologische Tiefenlagerung vom Bau bis zum Verschluss verschiedene sich teilweise überschneidende Projektphasen. Neu am Konzept ist vor allem die Möglichkeit, Teile des Lagers – insbesondere das Pilotlager – während einer längeren Kontroll- und Beobachtungsphase offen zu halten. Rechtliche Grundlagen, Organisationsstruktur und Finanzierung müssen deshalb überprüft und wo notwendig angepasst werden.

4. Standortbestimmung der nuklearen Entsorgung Schweiz

Im Folgenden wird der aktuelle Stand der Entsorgung unter dem Blickwinkel der geologischen Tiefenlagerung beschrieben. Aus dem Vergleich des Ist-Zustands mit den Anforderungen an die Lagerung der radioaktiven Abfälle werden Schlussfolgerungen und Empfehlungen hergeleitet.

4.1 Rechtslage

Die Entsorgung der radioaktiven Abfälle ist eine Aufgabe, die auf nationaler Ebene gelöst werden muss.

In der Schweiz stellen das Atomgesetz vom 23. Dezember 1959, der Bundesbeschluss zum Atomgesetz vom 6. Oktober 1978 und das Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1992 die wichtigsten Rechtsgrundlagen für die nukleare Entsorgung dar. Der Bundesbeschluss verpflichtet die Verursacher radioaktiver Abfälle, diese auf eigene Kosten sicher zu beseitigen. Vorbehalten bleibt das Recht des Bundes, die Entsorgung auf Kosten der Verursacher selbst an die Hand zu nehmen. In absehbarer Zeit soll das Atomgesetz durch das Kernenergiegesetz abgelöst werden. Die bisher sehr allgemein gehaltenen Bestimmungen werden damit durch konkretere Vorgaben ersetzt. In das Kernenergiegesetz wird auch die geologische Tiefenlagerung aufgenommen.

Vorbereitende Untersuchungen und Bau eines Lagers machen neben Bundesbewilligungen auch Bewilligungen durch den Standortkanton und die Standortgemeinde bzw. kantonale Konzessionen erforderlich. Geeignete Projekte können dadurch erheblich verzögert und letztlich verunmöglicht werden. Ausserdem sind kantonale Konzessionen zeitlich beschränkt, so dass

sie die zur Lagerung radioaktiver Abfälle erforderlichen Zeiträume nicht abdecken.

4.2 Entsorgungsprogramm, Inventar und Qualitätssicherung

Die zielgerichtete Umsetzung des Entsorgungsprogramms ist trotz langjähriger Untersuchungen und erheblichem finanziellem Aufwand in Frage gestellt.

Radioaktive Abfälle werden konditioniert und zunächst in oberirdischen Zwischenlagern aufbewahrt. Dazu zählen das Zentrale Zwischenlager in Würenlingen, das Bundeszwischenlager am Paul Scherrer Institut und die Zwischenlager bei den Kernkraftwerken. Von dort sollen die Abfälle später in geologische Tiefenlager verbracht werden. Zwei Tiefenlager sind vorgesehen: Ein Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) und ein Lager für hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle (HAA/LMA).

4.2.1 Entsorgungsprogramm, Teil SMA

1985 wies die Nagra anhand des Standorts Oberbauenstock im Kanton Uri nach, dass SMA dauernd und sicher entsorgt werden können. 1987 brachte sie den Wellenberg als günstig erscheinende und gut erkundbare Alternative ins Spiel. Die drei zuvor in der engeren Wahl stehenden Standorte Bois de la Glaive, Oberbauenstock und Piz Pian Grand erwiesen sich in einem Vergleich als weniger geeignet oder konnten mit den vom Bundesrat geforderten Bohrungen von der Erdoberfläche aus nicht genügend erforscht werden. Heute stehen sie als Standorte für ein SMA-Lager nicht mehr zur Diskussion. Sondierbohrungen und andere Untersuchungen am Wellenberg zeigten hingegen günstige Resultate, so dass die Nagra im Jahr 1993 diesen Standort zur vertieften Erkundung auswählte. Die Behörden stimmten der Entscheidung der Nagra zu.

In der Folge wurde die Genossenschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg (GNW) gegründet, die 1994 ein Gesuch für die nach kantonalem Recht erforderliche Konzession für die Nutzung des Untergrunds und ein Rahmenbewilligungsgesuch für ein SMA-Endlager Wellenberg einreichte. Am 25. Juni 1995 lehnten die Stimmbürgerinnen und Stimmbürger des Kantons Nidwalden die Stellungnahme der Nidwaldner Regierung zum Rahmenbewilligungsgesuch und die Erteilung der Konzession zur Nutzung des Untergrundes ab.

In den darauf folgenden Jahren befassten sich verschiedene Arbeitsgruppen mit Fragen der Entsorgung. Im Jahr 2000 setzte der Nidwaldner Regierungsrat die Kantonale Fachgruppe Wellenberg (KFW) ein. Nachdem diese zusammen mit HSK und Nagra zentrale technische Fragen geklärt hatte, reichte die GNW im Frühjahr 2001 beim Kanton Nidwalden ein Konzessionsgesuch für einen Sondierstollen ein. Im September 2001 erteilte der Regierungsrat der GNW die Konzession für den Bau eines Sondierstollens. Am 22. September 2002 findet im Kanton Nidwalden darüber eine Volksabstimmung statt.

4.2.2 Entsorgungsprogramm, Teil HAA/LMA

Im Hinblick auf die Entsorgung hochaktiver Abfälle untersuchte die Nagra von 1981 an das kristalline Grundgebirge in der Nordschweiz. Nachdem die Erkundung gezeigt hatte, dass die Existenz geeigneter Gesteinsbereiche mit genügend grosser Ausdehnung schwierig nachzuweisen ist, forderte der Bundesrat 1988 die Ausdehnung der Untersuchungen auf nicht-kristalline Wirtgesteine, d.h. Sedimente.

Seit 1994 führt die Nagra deshalb auch Untersuchungen im Zürcher Weinland durch. Die seismischen Erkundungen und die Sondierbohrung in Benken, Kanton Zürich, zeigten eine günstige geologische Situation mit sehr niedrigen Wasserdurchlässigkeiten an. Auf Grund der positiven Untersuchungsergebnisse beabsichtigt die Nagra, bis Ende 2002 den noch ausstehenden Nachweis der "Gewähr für die sichere und dauernde Entsorgung" für HAA/LMA anhand der Option Opalinuston zu erbringen.

Die weiteren Schritte sind noch nicht im Detail festgelegt. Für die Entsorgung der HAA/LMA wird von den Betreibern der Kernkraftwerke heute vermehrt auch eine Lösung im Ausland in Betracht gezogen. Eine solche Lösung zeichnet sich derzeit nicht ab. Verschiedene europäische Länder haben die Einfuhr radioaktiver Abfälle zur Endlagerung gesetzlich verboten.

4.2.3 Abfallinventar

Im Rahmen der schweizerischen Endlagerprojekte wurde von der Nagra ein modellhaftes Abfallinventar MIRA entwickelt. Dieses beschreibt die konditionierten und verpackten Abfälle, die von den fünf schweizerischen Kernkraftwerken während einer 40-jährigen Betriebszeit produziert werden. Das Inventar beinhaltet ferner Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung. Das MIRA-Inventar muss entsprechend dem tatsächlichen Anfall der radioaktiven Abfälle durch das reale Abfallinventar ersetzt werden.

Das definitive Radionuklidinventar und die Menge der zu lagernden Abfälle sind in die Sicherheitsanalyse für einen Lagerstandort einzubeziehen. Beides hängt namentlich vom Brennstoffkreislauf ab, etwa der Verwendung von Uran- oder Uran-Plutonium-Brennelementen (MOX), dem Abbrand der Brennelemente und der Weiterführung bzw. dem Verbot der Wiederaufbereitung. Eine wichtige Rolle spielt hier die Betriebsdauer der Kernkraftwerke. Nicht abschliessend festlegbar sind zudem Volumen und Aktivität der radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung.

Während also für die Standortwahl und die Voruntersuchungen ein modellhaftes Inventar zur Verfügung steht, muss dieses im Verlaufe der weiteren Bewilligungsschritte durch das reale Abfallinventar ersetzt werden. So sind im Hinblick auf eine Rahmenbewilligung Fragen betreffend Sicherheitsnachweis, die Sicherheitsmarge zu den behördlich festgelegten Schutzziele sowie mögliche Wechselwirkungen der geologischen Tiefenlagerung mit dem Inventar zu klären. Entsprechende Aktivitäten wurden von der Kantonalen Fachgruppe Wellenberg initiiert. Zwischen den betroffenen Behörden und Kommissionen fanden Gespräche statt; in Zukunft wird sich die Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (AGNEB) mit der Frage des Abfallinventars befassen.

4.2.4 Qualitätssicherung

Für die Umsetzung der Programme SMA und HAA/LMA, für die Festlegung des Inventars, die Einlagerung der Abfälle, die Überwachung und Kontrolle des Lagers sowie für den Verschluss spielt die Qualitätssicherung eine entscheidende Rolle. Dies umso mehr, als verschiedene Akteure über lange Zeiträume für die Entsorgung verantwortlich respektive zuständig sind. Die Entsorgung stellt hohe fachliche Anforderungen an alle Beteiligten. Qualitätsmanagement-Systeme (QMS) sind bei der HSK und bei den Betreibern von Kernanlagen eingeführt. Ein QMS, das unter anderem die Verantwortlichkeiten, die Zuständigkeiten sowie die technischen und organisatorischen Anforderungen an die Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung aus übergeordneter Sicht regelt, besteht bisher jedoch nicht.

4.3 Dialog und Partizipation

Dialog und Mitbestimmung finden im Bereich der nuklearen Entsorgung nur begrenzt statt.

Der Dialog zwischen den Akteuren der nuklearen Entsorgung sowie zwischen diesen Akteuren und der Öffentlichkeit befindet sich noch in den Anfängen. Information und Wissen sollen ausgetauscht, wichtige Grundsatzfragen auch ausserhalb von Fachgremien diskutiert werden.

Zur Energiepolitik und Entsorgung wurden in den letzten Jahren verschiedene Dialogprozesse initiiert: Beispiele sind der Energiepolitische Dialog des EVED² über die langfristige Energieversorgung und das Programm nach 2000, der Energiedialog Entsorgung und die Konfliktlösungsgruppe radioaktive Abfälle KORA. Der Dialog in der Entsorgung ist jedoch nicht institutionalisiert. Die öffentliche Auseinandersetzung mit Fragen der Entsorgung setzt oft erst dann ein, wenn konkrete Entscheidungen unmittelbar anstehen.

Mitbestimmung findet im Rahmen von Volksabstimmungen sowie im gesetzlich vorgeschriebenen Bewilligungsverfahren statt. Damit können interessierte Bevölkerungsgruppen zwar reagieren, eine aktive Beteiligung an Entscheidungsprozessen ist jedoch nicht vorgesehen.

4.4 Forschung

Es besteht Bedarf an unabhängiger Forschung und Forschung zur Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung.

Forschung zur Entsorgung radioaktiver Abfälle hängt heute wesentlich von den Verursachern der Abfälle ab. Zu spezifischen, projektbezogenen Themen gibt die Nagra Untersuchungen in Auftrag.

Unabhängige (Grundlagen-)Forschung an den Hochschulen fehlt weitgehend; das Ausbildungsangebot auf dem Gebiet der nuklearen Entsorgung ist gering. Dies gilt nicht nur für den naturwissenschaftlich-technischen sondern auch für den geistes- und sozialwissenschaftlichen Bereich. Kompetente und engagierte Experten sind schwer zu finden.

Zudem besteht Forschungsbedarf zur Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung. Untersuchungen sind etwa zu Selbst- und Schnellverschluss von

² heute UVEK

Lagerteilen, zur Markierung der Lager und zur langfristigen Dokumentation erforderlich.

4.5 Struktur und Zuständigkeiten

Die organisatorische Struktur der Entsorgung ist schwer überschaubar, Aufgaben und Tätigkeiten der beteiligten Stellen bedürfen einer vermehrten Koordination. Die Umsetzung des Entsorgungsprogramms wird durch zurückhaltendes Handeln der zuständigen Bundesstellen und Akzeptanzprobleme von Nagra und GNW in der Bevölkerung in Frage gestellt.

4.5.1 Bundesebene

Zahlreiche Bundesstellen, Kommissionen und Fachgremien beschäftigen sich mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle. Bewilligungsorgane sind das Parlament, der Bundesrat und das Bundesamt für Energie (BFE); Sicherheits- und Aufsichtsbehörde ist die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), die administrativ dem BFE angegliedert ist. Die Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen berät den Bundesrat und das UVEK; ihr Sekretariat ist administrativ der HSK zugeordnet. Daneben bestehen weitere Kommissionen und Arbeitsgruppen von Bund und Kantonen. Dazu zählen die Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (AGNEB), die Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle (EKRA), die Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) sowie die vom Kanton Nidwalden eingesetzten Kantonale Fachgruppe Wellenberg und die Arbeitsgruppe Volkswirtschaft Wellenberg.

Diesen Behörden, Gremien und Arbeitsgruppen sind verschiedene Aufgaben und Kompetenzen zugewiesen, wobei es auch zu Überschneidungen und Konflikten kommt. Für nicht Eingeweihte und für die breite Öffentlichkeit sind Aufgaben und Zuständigkeiten nicht klar. Die Entscheidungsfindung ist wenig transparent. Es fehlt eine – auch nach aussen erkennbare – verantwortliche Stelle. Diese Situation erschwert die Vertrauensbildung.

Der Bund ist auch für Einsammlung und Entsorgung der MIF-Abfälle verantwortlich und tritt im Bereich Medizin, Industrie und Forschung als Abfallproduzent auf. Daher ist er Genossenschafter der Nagra und wird sich zu gegebener Zeit an geologischen Tiefenlagern beteiligen. Gleichzeitig stellt er die entsprechenden Bewilligungs- und Sicherheitsbehörden.

4.5.2 Elektrizitätswirtschaft

Sowohl der Bundesbeschluss zum Atomgesetz als auch der Entwurf zum Kernenergiegesetz halten fest, dass die Erzeuger radioaktiver Abfälle für deren dauernde, sichere Entsorgung verantwortlich sind und die entsprechenden Kosten zu tragen haben.

Die Betreiber der Kernkraftwerke haben verschiedene Gesellschaften im Bereich der Entsorgung gegründet³, an denen sie grossmehrheitlich beteiligt sind. Damit üben sie, nicht zuletzt über die Finanzierung, einen entscheidenden Einfluss auf Planung und Umsetzung des Entsorgungsprogramms aus. Zwischen ökonomischen Interessen und der nuklearen Sicherheit besteht ein Konflikt, der durch den mit der Liberalisierung des Strommarktes verbundenen Kostendruck noch verstärkt wird. Die direkte Einflussnahme der Kernkraftwerkbetreiber auf die mit der Entsorgung beauftragten Gesellschaften beeinträchtigt deren Akzeptanz.

4.6 Finanzierung

Die Ausgaben für die laufenden Entsorgungskosten richten sich nach einem zur Hauptsache von den Betreibern bestimmten Budget. Welche finanziellen Mittel nach der Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke für die Beobachtung eines geologischen Tiefenlagers in den Entsorgungsfonds einzubezahlen sind, ist noch offen. Zudem stellt sich die Frage, wie eine Rückholung der Abfälle aus Sicherheitsgründen zu finanzieren ist.

Für eine 40-jährige Betriebsdauer der Kernkraftwerke sowie auf Grund von Annahmen bezüglich Betriebsaufnahme und Betriebsdauer der Zwischenlager und der geologischen Tiefenlager schätzt der Unterausschuss Kernenergie der Überlandwerke die Entsorgungskosten in der Schweiz auf rund 13 Milliarden Franken. Die Berechnung wird zur Zeit von den Betreibern aktualisiert. Sobald die neuen Werte vorliegen, werden sie von der HSK überprüft.

Rund ein Drittel der Entsorgungskosten fällt vor Betriebsende an. Die Betreiber begleichen diese Kosten über die laufende Rechnung oder durch Auflösung von Rückstellungen. Bis Ende 2000 sind rund 3.4 Milliarden Franken bezahlt worden. Die jährlichen Ausgaben, die sich nach dem von den Betreibern bestimmten Nagra-Budget richten, sind rückläufig, obwohl das Entsorgungsprogramm noch weit von seinem Abschluss entfernt ist.

³ Nagra, ZWILAG, GNW

Die finanziellen Mittel für die Entsorgungskosten nach Ausserbetriebnahme werden in den Entsorgungsfonds eingezahlt. Nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke werden die Kosten der Entsorgung über diesen während der Betriebszeit gespeicherten Fonds gedeckt. 2001 wurden erstmals Beiträge eingezahlt. Die Betreibergesellschaften der Kernkraftwerke haben 1'440 Millionen Franken in den Fonds eingebracht.

Die Schaffung des Entsorgungsfonds stellt eine geeignete Massnahme zur finanziellen Sicherung der Entsorgung über die Betriebszeit der Werke hinaus dar. Es ist jedoch noch nicht festgelegt, wie lange die Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung dauert respektive für welchen Zeithorizont finanzielle Mittel durch den Fonds abzudecken sind. Zudem stellt sich die Frage, wie eine Rückholung der Abfälle aus Sicherheitsgründen finanziert werden soll. Für eine allfällige Umweltüberwachung nach dem Verschluss ist gemäss Entwurf des Kernenergiegesetzes der Bund zuständig.

5. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

5.1 Schlussfolgerungen

Geologische Tiefenlagerung und Sicherheit

Aus heutiger Sicht ist die geologische Endlagerung das einzige zuverlässige Verfahren, um die Sicherheit über sehr lange Zeiträume zu gewährleisten. Daher schlug die EKRA vor, über den Weg der Kontrollierten Geologischen Langzeitlagerung die Endlagerung anzustreben. Die rasche Verbringung der radioaktiven Abfälle in ein geologisches Tiefenlager verbessert die Sicherheit von Mensch und Umwelt zudem unmittelbar.

Umsetzung des Entsorgungsprogramms

Lagerprojekte kommen gegenwärtig nur langsam voran. Ein SMA-Lager Wellenberg kann aufgrund der rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen frühestens 2020 in Betrieb gehen. Das Programm HAA/LMA wird von der Elektrizitätswirtschaft nicht intensiv verfolgt, ein Lager erst ab 2050 in Aussicht gestellt. Die Umsetzung des Entsorgungsprogramms wird zudem durch geringe politische Unterstützung, zurückhaltendes Handeln der zuständigen Bundesstellen und Akzeptanzprobleme von Nagra und GNW in der Bevölkerung erschwert.

Organisatorische Strukturen

Die organisatorischen Strukturen im Bereich der nuklearen Entsorgung sind schwer überschaubar. Eine Klärung der Strukturen und Zuständigkeiten durch den Bund würde einen wichtigen Beitrag zu mehr Transparenz und Akzeptanz

leisten und damit die Umsetzung der Programme fördern. Vorteilhaft würde sich zudem auswirken, wenn die verschiedenen Aufgaben und Tätigkeiten vermehrt koordiniert würden.

Dialog und Partizipation

Dialog und Mitbestimmung finden bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle gegenwärtig nur begrenzt statt. Zur Förderung von Dialog und Partizipation schlägt die EKRA daher die Schaffung eines beratenden "Entsorgungsrats" vor. Der Entsorgungsrat ist sowohl an der Gestaltung als auch an der Umsetzung des Entsorgungsprogramms beteiligt. Neben Bund, Kantonen, Abfallproduzenten und Entsorgungsorganisationen müssten in diesem Gremium NGOs sowie weitere betroffene Verbände, Einrichtungen und Organisationen vertreten sein. Der Entsorgungsrat sollte sich mit allgemeinen Fragen der nuklearen Entsorgung auseinandersetzen und das Entsorgungsprogramm begleiten. Damit wird der Dialog zwischen den Beteiligten gefördert und die Umsetzung der Entsorgung unterstützt.

Finanzierung

Die Ausgaben für die laufenden Entsorgungskosten richten sich heute nach einem zur Hauptsache von den Betreibern bestimmten Budget. Welche finanziellen Mittel nach der Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke für die Beobachtung eines geologischen Tiefenlagers in den Entsorgungsfonds einzubzahlen sind, ist noch offen. Zudem stellt sich die Frage, wie eine Rückholung der Abfälle aus Sicherheitsgründen zu finanzieren ist.

Forschung

Um das Wissen im Bereich der nuklearen Entsorgung zu fördern und zu erhalten, besteht Bedarf an unabhängiger Forschung. Wichtige Ziele dieser Forschung liegen auch in der Ausbildung kompetenter Entsorgungsfachleute und der Bereitstellung von Ergebnissen, die über eine gute öffentliche Akzeptanz verfügen. Forschung ist auch zur Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung erforderlich. Ein entsprechendes Programm sollte sich insbesondere mit dem Selbst- und Schnellverschluss von Lagerteilen, mit der Dokumentation und der Markierung von Lagerstandorten befassen. Sowohl die unabhängige Forschung als auch das Programm zur geologischen Tiefenlagerung setzen eine entsprechende Finanzierung voraus.

Bedeutung der Entsorgung

Die Entsorgung radioaktiver Abfälle ist eine wichtige gesellschaftliche Aufgabe von nationaler Bedeutung. Um den Schutz von Mensch und Umwelt sicherzustellen, muss diese Aufgabe entschlossen an die Hand genommen werden. In der Verantwortung der heutigen Entscheidungsträger liegt es, eine nachhaltige Entwicklung einzuleiten und künftige Generationen nicht mit ungelösten Problemen zu belasten.

5.2 Empfehlungen

Aus ihrer Untersuchung leitet die EKRA folgende Empfehlungen ab:

- | | |
|--|---|
| Rechtslage | <ul style="list-style-type: none"> - Die Rolle des Bundes im Kernenergiegesetz wird nochmals überprüft. Die Kompetenzen für die geologische Tiefenlagerung werden ausschliesslich auf Bundesebene verankert. Regionalen Mitspracherechten ist jedoch ein hoher Stellenwert einzuräumen, auch über Kantons- und Landesgrenzen hinaus. |
| Entsorgungsprogramm, Inventar und Qualitätssicherung | <ul style="list-style-type: none"> - Der Bund legt verbindliche zeitliche Zielvorgaben für die Inbetriebnahme der geologischen Tiefenlager fest. Dabei werden sowohl sicherheitstechnische als auch rechtliche, soziale und wirtschaftliche Anforderungen berücksichtigt. - Die Entsorgungsorganisationen formulieren ein an die Zielvorgaben gebundenes Umsetzungsprogramm. Dieses Programm zeigt auf, wie die Zielvorgaben schrittweise erreicht werden sollen. Das Programm ist vom Bund zu genehmigen und untersteht einer behördlichen Kontrolle. - Die Bewilligungsbehörden bauen eine entsprechende Programmkontrolle auf. - Um die definitiven Abfallinventare für die Lager SMA und HAA/LMA festzulegen, wird ein Verfahren definiert. Die Grundlagen für ein Konzept zur Abfall- und Lagerdokumentation sind zu erarbeiten. - Für alle sicherheitsrelevanten Aktivitäten im Zusammenhang mit der geologischen Tiefenlagerung wird ein Konzept für ein übergeordnetes Qualitätsmanagement-System vorgelegt. |
| Dialog und Partizipation | <ul style="list-style-type: none"> - Für die Einsetzung eines Entsorgungsrats werden Grundlagen ausgearbeitet, wobei Erfahrungen aus dem In- und Ausland einzubeziehen sind. |
| Forschung | <ul style="list-style-type: none"> - Eine interdisziplinäre, unabhängige Grundlagenforschung Entsorgung wird in die Wege geleitet und deren Finanzierung sichergestellt. - Zur Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung wird ein Forschungsprogramm initiiert. |
| Struktur und Zuständigkeiten | <ul style="list-style-type: none"> - Bewilligungsbehörden und Sicherheitsbehörden werden voneinander getrennt. Um die Transparenz der Verfahren zu verbessern, wird eine eindeutige Zuordnung der Verantwortungen und Kompetenzen vorgenommen. - Funktion und Zuständigkeit der verschiedenen beratenden Gremien und Kommissionen im Bereich der nuklearen Entsorgung werden überprüft. Die Rolle des Bundes in seinen verschiedenen Funktionen ist zu klären. |

-
- Um die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure zu verbessern, wird eine Koordinationsstelle Entsorgung Schweiz geschaffen.
 - Die Bewilligungs- und Sicherheitsbehörden werden personell und finanziell gestärkt, um ihre umfangreichen Aufgaben den Anforderungen entsprechend wahrnehmen zu können.
 - Budget, Finanzplan und Arbeitsprogramm der Nagra werden von einer von deren Geschäftsleitung unabhängigen Kontrollstelle überprüft. Bei Bedarf macht der Bund von seinem Recht Gebrauch, die Entsorgung auf Kosten der Betreiber anders zu regeln.
- Finanzierung
- Jahresbudget und Finanzplan für die während dem Betrieb anfallenden Entsorgungskosten werden an das durch die Bewilligungsbehörde genehmigte Umsetzungsprogramm gebunden.
 - Die finanzrelevanten Rahmenbedingungen für die Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung werden festgelegt.
 - Die Fondsbeiträge, die auf einer behördlich kontrollierten Kostenschätzung beruhen, richten sich nach dem Umsetzungsprogramm.
 - Bei der Revision des Kernenergiehaftpflichtgesetzes wird geprüft, ob für den Fall einer Rückholung der Abfälle aus Sicherheitsgründen eine Versicherungslösung möglich und notwendig ist.

1. Préface

La gestion des déchets radioactifs est une question de première importance aux yeux de la société. Cette tâche doit être assumée résolument et avec détermination, afin de garantir la protection de l'homme et de l'environnement. La génération présente des décideurs est responsable de s'engager dans la voie du développement durable, pour ne pas charger les générations futures de problèmes non résolus.

En 2000, le Groupe d'experts pour les modèles de gestion des déchets radioactifs (EKRA) a présenté son modèle du *stockage géologique durable contrôlé* et a proposé un programme d'action pour la gestion des déchets radioactifs en Suisse. Ses propositions portaient tout à la fois sur le programme de gestion des différents types de déchets (déchets faiblement et moyennement radioactifs (SMA) et déchets hautement radioactifs ou moyennement radioactifs de longue durée (HAA/LMA)), sur la loi sur l'énergie nucléaire ainsi que sur la nécessité d'un large débat public sur ces questions.

Certaines discussions qui ont suivi la publication de ce rapport ont toutefois montré que plusieurs aspects devaient encore être clarifiés, ce qui a conduit les autorités à mandater l'EKRA de préciser sa position, notamment quant aux aspects institutionnels de la gestion des déchets. C'est le but du présent rapport qui traite de la manière de mettre en œuvre le stockage géologique en profondeur – tel que le concept du «*stockage géologique durable contrôlé*» du projet de loi sur l'énergie nucléaire –, et qui en présente les implications et les décisions à prendre dans les domaines juridique, financier et organisationnel.

Clarifier le cadre légal et définir les dispositions d'exécution est en effet le point de départ impératif avant d'envisager toute gestion des déchets radioactifs. Ce n'est qu'une fois ce point acquis qu'il sera possible de préciser, dans un programme de mise en œuvre, les objectifs, les délais et les principes de la gestion des déchets. La Confédération doit manifester avec clarté sa volonté politique de regarder la gestion des déchets radioactifs comme une question d'importance nationale.

Répondre à des questions socialement controversées exige ensuite le dialogue entre tous les acteurs concernés, un mode transparent de prise de décision, des informations régulières et des possibilités de participation. Il s'agit donc de créer des conditions propices au débat.

Enfin, la gestion des déchets radioactifs se fera sur une durée très longue; ce qui oblige à prévoir dès à présent la mise à disposition de moyens financiers importants et disponibles sur le long terme, seul moyen de pallier les inconvénients dramatiques d'une période éventuelle de crise sociale, où le financement à long terme du stockage géologique en profondeur ne serait plus garanti.

Afin de clarifier de telles questions, l'EKRA a formulé ci-dessous des recommandations concrètes. Celles-ci s'adressent en premier lieu à l'administration et aux milieux politiques, mais elles concernent également les producteurs de déchets. Par son rapport «Contribution à la stratégie de gestion des déchets radioactifs en Suisse», l'EKRA espère stimuler la discussion et contribuer à la décision d'une gestion responsable des déchets radioactifs en Suisse.

2. Mandat

Le premier rapport de l'EKRA intitulé «Modèles de gestion des déchets radioactifs» a été rendu public en janvier 2000. Ce rapport analysait la manière dont la gestion des déchets nucléaires s'est développée en Suisse et la manière dont elle se présente aujourd'hui. Il insistait également sur la nécessité d'une véritable prise en compte des attentes sociales relatives au stockage des déchets radioactifs et à ses conséquences. Cela a conduit l'EKRA à proposer alors un modèle original de *stockage géologique durable contrôlé* associé à un programme d'actions pour la réalisation de ce modèle.

La mise en œuvre des différentes recommandations de l'EKRA est actuellement en cours. Dans plusieurs domaines, des questions restent ouvertes; le concept de *stockage géologique durable contrôlé* (KGL) et sa réalisation doivent notamment être encore rendus plus concrets. Le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) a donc mandaté l'EKRA pour qu'elle précise, dans un document complémentaire, les questions techniques et institutionnelles encore en suspens.

Ce rapport donne ainsi la position de l'EKRA sur la gestion des déchets nucléaires en Suisse: sur la situation juridique, sur les programmes de gestion existants, sur le dialogue et la participation, sur la recherche, sur l'organisation de la gestion des déchets, ainsi que sur le financement de ces différentes tâches. Pour faciliter la lecture, le rapport principal présente un résumé des

résultats essentiels, les conclusions et les recommandations du groupe d'experts; les fondements de l'analyse ainsi que les données techniques sont reportées en annexe au rapport (n'existe qu'en allemand).

Au moment même où l'EKRA travaillait à ce rapport, le projet de loi sur l'énergie nucléaire (LENu) faisait l'objet d'une discussion parallèle au sein de la commission préparatoire du Conseil des États. L'EKRA a donc informé la commission préparatoire, par courrier en date du 10 novembre 2001, de l'état de ses propres travaux et de leurs conséquences possibles sur la loi sur l'énergie nucléaire. Le 15 mai 2002, elle a remis à la commission préparatoire du Conseil national un rapport préliminaire, sans annexe.

3. Exigences en matière de gestion des déchets radioactifs

Le rayonnement ionisant peut avoir des effets dommageables sur tous les vivants. Pour l'éviter, l'environnement doit être protégé efficacement contre toute influence des déchets radioactifs. En Suisse, le concept de « gestion » comporte ainsi le conditionnement des déchets, leur entreposage intermédiaire et leur stockage dans un dépôt géologique en profondeur.

Plus vite les déchets sont placés dans un dépôt géologique en profondeur, plus la sécurité est accrue: au sein d'un dépôt souterrain les déchets sont en effet mieux protégés des influences extérieures – par exemple, des catastrophes naturelles, de la guerre, du terrorisme ou des chutes d'avion – que dans un dépôt intermédiaire en surface. La manière d'envisager la gestion des déchets ne dépend pourtant pas seulement d'impératifs techniques et scientifiques, mais aussi d'impératifs sociaux et politiques.

La perception des risques liés aux installations qui gèrent les déchets radioactifs est en effet, comme tout ce qui a trait plus généralement au nucléaire, controversée dans l'opinion publique. Les décisions relatives aux projets de dépôt se voient donc généralement opposer une résistance farouche. Or des décisions doivent pourtant être prises, afin de ne pas ralentir l'élimination des déchets de manière inutile, voire même irresponsable. Au bout du compte, c'est au politique et à l'administration qu'il revient de prendre les mesures nécessaires pour assurer la protection des humains et de l'environnement contre le risque que représentent les déchets radioactifs.

Ainsi, l'EKRA estime que les décisions les plus importantes doivent être prises démocratiquement au niveau national, tandis qu'au niveau régional des consultations doivent être menées, et qu'au-delà des cantons ou des frontières nationales un dialogue doit être poursuivi.

Les exigences fondamentales de sécurité dans la gestion des déchets radioactifs sont fixées dans la loi et concrétisées dans des directives. La responsabilité de l'élimination des déchets et son financement incombent aux producteurs des déchets – autrement dit aux exploitants des centrales nucléaires, d'une part et, d'autre part, aux autres entreprises et organisations productrices des déchets radioactifs (déchets MIF; produits par la médecine, l'industrie et la recherche). Selon la loi, l'élimination des déchets MIF revient à la Confédération. Mais l'EKRA estime qu'en définitive, les consommateurs d'électricité et les bénéficiaires des autres applications civiles du nucléaire portent aussi une part de responsabilité collective dans l'évacuation des déchets produits: bien que contestée, l'utilisation de l'énergie nucléaire est en effet légitimée par des décisions populaires (législation, procédures d'autorisation, votations populaires) et il est donc du devoir de notre démocratie de trouver une solution pour la gestion des déchets radioactifs dont elle a directement bénéficié. En vertu du principe pollueur-payeur, les générations qui ont profité des avantages du nucléaire doivent supporter les coûts de gestion des déchets produits.

Le stockage géologique en profondeur combine les avantages du stockage géologique final et de la réversibilité, par la possibilité de récupérer éventuellement les déchets, par exemple, pour les modifier. Le modèle suppose la construction de trois types de dépôts aux fonctions distinctes: un dépôt test, un dépôt pilote et un dépôt principal:

- Le *dépôt test* est destiné à fournir des informations quant aux caractéristiques du site et quant à la sécurité du dépôt. C'est la première partie de l'installation à entrer en activité.
- Le *dépôt pilote* a pour fonction de permettre la surveillance des installations dans le long terme et il fait office de dépôt témoin; il permet de déceler rapidement les effets non voulus et de prendre des mesures appropriées. Une fois l'autorisation d'exploitation accordée selon la législation nucléaire, le dépôt pilote abrite une série d'échantillons représentatifs des déchets. Alors que le dépôt principal est comblé et scellé dès que les déchets sont

mis en place⁴, le dépôt pilote peut rester accessible pendant une durée plus longue, de manière à surveiller directement ou indirectement les déchets. Lorsqu'on estime que le dépôt pilote a rempli sa fonction et qu'on peut mettre fin à la surveillance des installations, le dépôt pilote peut lui aussi être comblé et scellé.

- Le *dépôt principal* reçoit la majeure partie des déchets. Pour garantir sa sécurité, le dépôt principal est excavé et mis en service par étapes successives: les cavernes du dépôt étant chaque fois comblées et scellées dès que les déchets sont mis en place. Une fois que le dépôt pilote est scellé, les puits et les galeries d'accès du dépôt principal donnant accès au dépôt pilote sont, eux aussi, comblés et scellés. Le dépôt principal est alors définitivement fermé, assurant ainsi une sécurité géologique passive qui ne demande aucune intervention humaine de surveillance ou de contrôle. La surveillance de l'environnement reste toutefois toujours possible.

Alors que le modèle de stockage géologique final prévoyait une mise en œuvre de l'exploitation du dépôt structuré en phases simples jusqu'à sa fermeture, le dépôt souterrain en profondeur comporte, de la construction à la fermeture du dépôt, diverses phases qui se chevauchent partiellement. La principale nouveauté du modèle réside dans la possibilité de maintenir ouvertes certaines parties du dépôt – le dépôt pilote en particulier – pendant une phase de contrôle et d'observation prolongée.

Cela implique de vérifier que la législation, la structure de l'organisation de la gestion des déchets et le mode de financement de la gestion sont bien adaptés et, le cas échéant, de les modifier en conséquence là où cela paraît nécessaire.

⁴ «Comblé» veut dire remblayer les parties du dépôt ne contenant pas de déchets radioactifs avec des matériaux de déblais adéquats (p. ex. dépôt test, galeries d'accès). «comblé et sceller» signifie transformer des cavernes servant à l'entreposage des déchets radioactifs dans un état de sécurité passive (ie. ne nécessitant pas d'intervention ou d'action humaine). La «fermeture» désigne ici le comblement des parties encore ouvertes du dépôt et la transformation du dépôt entier dans un état de sécurité passive (dépôt final), après que le dépôt pilote a été comblé et scellé.

4. Etat des lieux de la gestion des déchets nucléaires en Suisse

Cette partie présente la situation actuelle de la gestion des déchets en Suisse, dans la perspective du stockage souterrain en profondeur. Sur la base de la comparaison de la situation présente et des exigences en matière de stockage des déchets, l'EKRA développe ensuite ses conclusions et ses recommandations.

4.1 Situation juridique

La gestion des déchets radioactifs est une tâche qui exige une solution au niveau national.

En Suisse, les principales bases légales de l'évacuation des déchets nucléaires et plus spécifiquement du stockage de ces déchets sont actuellement la loi sur l'énergie atomique du 23 décembre 1959, l'arrêté fédéral du 6 octobre 1978 sur la base de cette loi, et la loi du 22 mars 1992 sur la radioprotection. L'arrêté fédéral stipule que le producteur de déchets radioactifs se charge de leur élimination, dans des conditions de sécurité garantie et en supportant les frais correspondants. La Confédération se réserve le droit de faire éliminer les déchets radioactifs aux frais du producteur. La nouvelle loi sur l'énergie nucléaire remplacera bientôt la loi atomique. Les dispositions légales, jusqu'ici très générales quant à la définition de ce que le producteur est tenu de faire, fixeront désormais plus concrètement ses devoirs. En outre, le concept de dépôt souterrain en profondeur sera repris.

Toute construction d'un dépôt et même toute investigation requiert aujourd'hui non seulement des autorisations fédérales, mais aussi des autorisations du canton et de la commune du lieu de dépôt, telles que des concessions cantonales. Des projets appropriés peuvent alors être différés pendant plusieurs années, voire même finalement empêchés. De plus, les concessions cantonales sont limitées dans le temps, si bien qu'elles ne couvrent pas la durée nécessaire au stockage des déchets radioactifs.

4.2 Programmes de gestion des déchets radioactifs, inventaire et contrôle de la qualité

Malgré de longues enquêtes et des dépenses considérables, l'exécution du programme de gestion des déchets est toujours remise en question.

Les déchets radioactifs sont d'abord conditionnés, puis conservés dans des dépôts intermédiaires en surface (dépôt intermédiaire central de Würenlingen, dépôt intermédiaire fédéral de l'Institut Paul Scherrer, dépôts intermédiaires des centrales nucléaires). De là, il est prévu de les acheminer dans des dépôts géologiques en profondeur. Deux dépôts de ce type sont actuellement pressentis: l'un pour les déchets faiblement et moyennement radioactifs (SMA), l'autre pour les déchets hautement radioactifs et moyennement radioactifs de longue durée (HAA/LMA).

4.2.1 Programme de gestion des déchets SMA

En 1985, la CEDRA a démontré que le site d'Oberbauenstock (Canton d'Uri) convenait au stockage des déchets SMA, de manière durable et sûre. En 1987, elle a présenté le site du Wellenberg, comme une alternative d'autant plus propice qu'il se prêtait apparemment mieux aux explorations. En effet, les trois sites qui figuraient auparavant sur la liste finale, c'est-à-dire le Bois de la Glaive, l'Oberbauenstock et le Piz Pian Grand, se sont avérés moins adéquats par comparaison, ou alors il n'a pas été possible de procéder à tous les forages en surface exigés par le Conseil fédéral. Ces sites n'entrent actuellement plus en ligne de compte pour des dépôts des déchets SMA. En revanche, les forages de sondage et les autres enquêtes effectuées au Wellenberg ont donné des résultats positifs, si bien que la CEDRA a choisi en 1993 ce site pour une reconnaissance en profondeur. Les autorités ont alors avalisé ce choix.

Par la suite, la société coopérative «Genossenschaft für Nukleare Entsorgung Wellenberg» (GNW), nouvellement constituée, a sollicité en 1994 la concession d'utilisation du sous-sol requise par le droit cantonal, et a déposé une demande d'autorisation générale pour un dépôt final des déchets SMA au Wellenberg. Or le 25 juin 1995, les citoyennes et les citoyens du Canton de Nidwald ont refusé le préavis du gouvernement cantonal relatif à la demande d'autorisation générale et à l'octroi de la concession d'utilisation du sous-sol.

Par la suite, divers groupes de travail se sont intéressés aux aspects de la gestion des déchets. En 2000, le gouvernement cantonal nidwaldien a institué le «Kantonale Fachgruppe Wellenberg» (KFW). Une fois diverses questions

techniques clarifiées avec la DSN et la CEDRA, la GNW a transmis au printemps 2001 au canton de Nidwald une demande de concession portant sur une galerie de sondage. En septembre 2001, le Conseil d'État a octroyé à la GNW la concession correspondante. La votation populaire nécessaire dans le canton de Nidwald est agendée au 22 septembre 2002.

4.2.2 Programme de gestion des déchets HAA/LMA

La CEDRA étudie depuis 1981 le sous-sol cristallin du Nord de la Suisse. La reconnaissance ayant montré qu'il serait difficile de prouver l'existence de volumes rocheux adéquats et en même temps suffisamment étendus, le Conseil fédéral a exigé en 1988 l'élargissement du programme d'étude aux roches non cristallines (sédiments).

Depuis 1994, la CEDRA procède donc à des examens dans le Weinland zurichois. Les reconnaissances sismiques et le forage de sondage à Benken (canton de Zurich) ont révélé une situation géologique favorable, présentant une très faible perméabilité à l'eau. Forte de ces résultats, la CEDRA prévoit d'apporter jusqu'à fin 2002 la démonstration encore manquante de la garantie d'une évacuation sûre et durable des déchets HAA/LMA selon l'option Argile à opalines.

Les autres étapes ne sont pas encore fixées en détail. Les exploitants des centrales nucléaires envisageraient toujours plus volontiers une évacuation des déchets HAA/LMA vers l'étranger. Or rien de tel ne se précise; diverses législations en Europe interdisent d'ores et déjà l'importation de déchets radioactifs en vue d'un stockage final sur leur territoire.

4.2.3 Inventaire des déchets

Dans le cadre des projets suisses de stockage final, la CEDRA a développé un inventaire type des déchets, nommé MIRA. Ce document décrit les déchets produits par les cinq centrales nucléaires suisses, pendant les 40 années d'activité, une fois ces déchets conditionnés et protégés. Cet inventaire inclut les déchets produits par la médecine, l'industrie et la recherche. L'inventaire MIRA doit être remplacé par un inventaire réel des déchets, au fur et à mesure de leur production.

L'inventaire définitif des radionucléides et la quantité de déchets qui doivent être entreposés doivent entrer dans l'analyse de la sécurité du site potentiel de dépôt. La composition de cet inventaire doit notamment tenir compte du cycle du combustible: usage de combustible à base d'uranium ou à base d'uranium

et de plutonium (MOX), niveau de combustion et poursuite ou interdiction du retraitement. La durée d'exploitation des centrales nucléaires joue également un rôle important. Il n'est pas possible par ailleurs de fixer de manière définitive les volumes et l'activité des déchets radioactifs produits par la médecine, l'industrie et la recherche.

Le choix du site et les examens préliminaires peuvent d'ores et déjà s'appuyer sur l'inventaire modèle MIRA. Pour les étapes d'autorisation suivantes, cet inventaire devra être remplacé par un inventaire réel des déchets. A cet égard, pour obtenir une autorisation générale, il est impératif d'avoir examiné les questions spécifiques concernant le justificatif de la sécurité, la marge de sécurité par rapport aux objectifs de protection fixés par les autorités et les répercussions possibles du dépôt géologique en profondeur sur l'inventaire. Le groupe de travail KFW a démarré un processus dans ce sens. Divers entretiens ont réuni les autorités et les commissions concernées, et le groupe de travail de la Confédération pour la gestion des déchets nucléaires (AGNEB) sera désormais en charge de ces questions.

4.2.4 Assurance-qualité

Le contrôle de la qualité joue un rôle déterminant aussi bien pour la mise en œuvre des programmes SMA et HAA/LMA, pour l'établissement de l'inventaire, pour la mise en dépôt des déchets, pour la surveillance et le contrôle du dépôt, ainsi que pour sa fermeture. Cela d'autant plus que divers acteurs seront responsables ou compétents sur de longues périodes pour la gestion des déchets, et que cette gestion réclame de tous les acteurs des connaissances approfondies. Des systèmes de suivi de la qualité (QMS) ont été introduits à la DSN et auprès des exploitants d'installations nucléaires. Il n'existe toutefois pas de système qui réglerait globalement les responsabilités, les compétences et les exigences tant techniques qu'organisationnelles à respecter dans la mise en œuvre du stockage souterrain en profondeur.

4.3 Dialogue et participation

Le dialogue et la participation ont pour l'instant lieu de manière trop limitée.

Le dialogue des différents acteurs de la gestion des déchets nucléaires entre eux et avec le public en est encore à ses débuts. Il est souhaitable que l'information et les connaissances puissent être échangées au-delà des cercles d'experts et que les questions fondamentales puissent être largement débattues.

Plusieurs processus de dialogues ont certes été initiés au cours des dernières années dans le domaine de la politique énergétique et de la gestion des déchets, par exemple: le *Dialogue sur la politique de l'énergie* mené par le DFTCE⁵ au sujet de l'approvisionnement énergétique à long terme, le programme *après 2000*, le *Dialogue sur la gestion des déchets radioactifs* et le groupe de résolution de conflits *Déchets radioactifs KORA*. Le dialogue manque toutefois aujourd'hui d'ancrage institutionnel: le débat public n'étant sollicité qu'au moment de prendre des décisions concrètes.

La participation n'intervient que dans le cadre des votations populaires ou des procédures d'approbation prescrites par la loi. Les groupes de la population intéressés à ces questions ont ainsi la possibilité de réagir, mais leur implication active dans les processus de décision n'est pas actuellement prévue.

4.4 Recherche

Il est nécessaire de créer les conditions d'une recherche indépendante et libre sur les déchets nucléaire et de développer la recherche sur la faisabilité du concept de stockage souterrain en profondeur.

La recherche sur la gestion des déchets nucléaires dépend aujourd'hui pour l'essentiel des producteurs de déchets et c'est la CEDRA qui donne des mandats de recherche pour des questions précises qui s'inscrivent dans le cadre de ses projets.

Une recherche (fondamentale) indépendante devrait être encouragée au sein des Hautes écoles, ainsi qu'un enseignement dans ce domaine, qui fait actuellement largement défaut. Ceci devrait valoir pour les sciences naturelles et techniques, mais aussi pour les sciences humaines et sociales. On pourrait

⁵ Aujourd'hui DETEC.

ainsi accroître le nombre d'experts engagés et compétents dans ce domaine, qui sont difficiles à trouver aujourd'hui.

Par ailleurs, il faudrait pouvoir développer des recherches complémentaires sur la faisabilité du modèle de stockage souterrain en profondeur: ceci concerne notamment l'auto-fermeture rapide de certaines parties du dépôt en cas de nécessité, le marquage, et la transmission de la documentation pertinente sur le long terme.

4.5 Structure et compétences

La structure organisationnelle de la gestion des déchets devrait être plus facilement lisible et la coordination des tâches et des activités entre les services impliqués renforcée. La mise en œuvre du programme de gestion des déchets se heurte à l'attitude réservée des administrations concernées et au manque d'acceptation sociale de la CEDRA et de la GNW.

4.5.1 Plan fédéral

De nombreux services fédéraux, commissions et instances fédérales sont actuellement chargés de la gestion des déchets nucléaires: les organes d'autorisation sont le Parlement, le Conseil fédéral et l'Office fédéral de l'énergie (OFEN); l'autorité de sécurité et de surveillance est la Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN), rattachée administrativement à l'OFEN. En outre, la Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires conseille le Conseil fédéral et le DETEC; son secrétariat est rattaché à la DSN sur le plan administratif. Il existe par ailleurs plusieurs autres commissions et groupes fédéraux et cantonaux; du côté de la Confédération: l'*Arbeitsgruppe für die nukleare Entsorgung* (AGNEB), le groupe d'experts *Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle* (EKRA), et la commission pour la gestion des déchets nucléaires; et pour le canton de Nidwald: le *Kantonale Fachgruppe Wellenberg* et l'*Arbeitsgruppe Volkswirtschaft Wellenberg* (aspects techniques et économiques).

Ces différents groupes, commissions et autorités assument des tâches et compétences diverses, qui se recoupent et entrent parfois en conflit. Les profanes et le grand public sont en tous les cas incapables d'avoir une vue d'ensemble de leurs tâches et de leurs compétences. En outre, la prise de décisions est peu transparente et l'absence d'instance responsable clairement identifiable par l'extérieur est peu propice à l'instauration de la confiance.

La Confédération est aussi responsable de collecter et d'évacuer les déchets nucléaires MIF produits par la médecine, l'industrie et la recherche; la gestion de ces déchets constitue ainsi une tâche publique. Par ailleurs, la Confédération est sociétaire de la CEDRA et doit participer, le moment venu, à l'établissement d'un dépôt souterrain en profondeur.

4.5.2 Industrie électrique

Dans la loi sur l'énergie atomique en vigueur comme dans le projet de LENu, il ressort clairement que les producteurs de déchets doivent éliminer ceux-ci de manière sûre et à leur propre charge.

Les exploitants de centrales ont donc créé diverses sociétés (CEDRA, ZWILAG, GNW) dans lesquelles ils possèdent une participation largement majoritaire, et jouent de ce fait, en particulier au niveau du financement, une influence décisive sur la planification et la mise en œuvre des programmes de gestion des déchets radioactifs. Un conflit latent entre les intérêts économiques et la sécurité nucléaire est alors inévitable, que la libéralisation du marché de l'électricité accentue encore. L'influence directe exercée par les exploitants de centrales sur les sociétés chargées de la gestion des déchets radioactifs ne facilite naturellement pas son acceptation sociale.

4.6 Financement

Les dépenses pour les programmes de gestion des déchets en cours sont calculées aujourd'hui d'après un budget qui est essentiellement fixé par les exploitants. Quels moyens financiers devraient être à disposition dans le fonds de gestion des déchets radioactifs, après la fermeture des centrales nucléaires pour la phase d'observation d'un dépôt souterrain en profondeur, reste encore une question ouverte. Rien n'a été fixé non plus quant au financement de la récupération éventuelle des déchets pour raison de sécurité.

La sous-commission *Energie nucléaire* des grandes entreprises régionales de production ou de distribution d'énergie estime à 13 milliards de francs les coûts de gestion des déchets nucléaires en Suisse, compte tenu d'une durée d'exploitation des centrales de 40 ans et de certaines hypothèses quant à la mise en service et quant à la durée d'exploitation des dépôts intermédiaires ainsi que des dépôts souterrains en profondeur. Le calcul des coûts de gestion des déchets est en cours d'actualisation et sera ensuite contrôlé par la DSN.

Un tiers environ des frais de gestion des déchets radioactifs est engagé pendant le temps d'exploitation des centrales. Les exploitants s'acquittent de ces charges via leur compte courant ou en libérant une part de leurs provisions comptables. A la fin de l'année 2000, 3,4 milliards de francs avaient ainsi été déjà versés. Les dépenses annuelles, calculées sur la base du budget de la CEDRA fixé par les exploitants, sont actuellement en diminution, bien que les programmes de gestion des déchets radioactifs soient encore loin d'être achevés.

Les moyens financiers nécessaires à la couverture des frais de gestion des déchets radioactifs après la fermeture des centrales nucléaires sont placés dans un fonds approprié. Après la mise hors service des centrales nucléaires, les coûts de gestion seront couverts par ce fonds alimenté durant la période d'exploitation. Ce fonds a été alimenté pour la première fois en 2001, année au cours de laquelle les sociétés d'exploitants des quatre centrales ont versé au total 1440 millions de francs.

La création du fonds de gestion des déchets radioactifs est un élément essentiel de l'organisation financière de la gestion des déchets au-delà de la période d'activité des centrales. Or rien n'est aujourd'hui fixé quant à la durée de la gestion des déchets selon le modèle de stockage souterrain en profondeur, c'est-à-dire l'horizon temporel que le fonds devra permettre de couvrir financièrement. A cela s'ajoute la question de savoir qui devra financer la récupération éventuelle des déchets en cas de défaillance de la sécurité. Selon le projet de LENu, la surveillance éventuelle de l'environnement après la fermeture du dépôt de stockage souterrain en profondeur relève, dans tous les cas, de la compétence de la Confédération.

5. Conclusions et recommandations

5.1 Conclusions

Stockage souterrain en
profondeur et sécurité

En l'état actuel de nos connaissances, le stockage géologique final est la seule manière fiable d'assurer la sécurité à très long terme. L'EKRA soutient donc le modèle du *stockage géologique durable contrôlé* qui s'inscrit dans la même logique et doit conduire au stockage géologique final. La mise en place rapide des déchets radioactifs dans un dépôt souterrain en profondeur aurait pour effet immédiat de réduire le danger nucléaire potentiel sur l'homme et l'environnement.

Mise en œuvre du programme de gestion	Les projets de dépôts progressent pourtant trop lentement. Le projet de dépôt des déchets SMA au Wellenberg ne pourra être opérationnel qu'en 2020 au plus tôt, en raison de contraintes juridico-politiques. Quant au programme HAA/LMA, les industriels de l'électricité ne l'ont pas suivi intensivement, puisqu'un tel dépôt ne serait opérationnel qu'en 2050 au plus tôt. A cela, il faut ajouter que d'autres facteurs péjorent encore la situation de la mise en œuvre de la gestion des déchets: notamment le manque de soutien des autorités politiques, l'attitude réservée des administrations concernées, et le manque d'acceptation sociale de la CEDRA et de la GNW.
Structures organisationnelles	Les structures organisationnelles de la gestion des déchets sont difficilement lisibles. Une clarification des structures et des compétences par la Confédération serait une contribution significative à plus de transparence, à une meilleure acceptation sociale, et elle contribuerait à une mise en œuvre plus facile de la gestion des déchets. Il serait aussi judicieux d'inviter les acteurs impliqués à une meilleure coordination de leurs activités et de leurs tâches.
Dialogue et participation	Le dialogue et la participation dans la gestion des déchets nucléaires ont lieu pour l'instant de manière trop limitée. Pour encourager le dialogue et la participation dans l'aménagement et l'exécution des programmes de gestion des déchets radioactifs, l'EKRA suggère de créer une nouvelle instance consultative, le «Conseil de gestion». Le conseil de gestion serait associé à la fois à l'organisation et à la mise en œuvre du programme de gestion des déchets nucléaires. Seraient représentés dans ce conseil la Confédération, les cantons, les producteurs de déchets, les organisations préposées à leur gestion, des ONG, des associations concernées, des institutions et des organisations. Ce conseil s'occuperait de questions générales touchant à la gestion des déchets radioactifs et il accompagnerait les programmes correspondants. Le dialogue entre les acteurs s'en trouverait amélioré, et la mise en œuvre des programmes ferait ainsi l'objet d'un suivi actif.
Financement	Les dépenses pour les programmes de gestion des déchets en cours sont calculées d'après un budget qui est essentiellement fixé par les exploitants. Quels moyens financiers devraient être à disposition dans le fonds de gestion des déchets radioactifs, après la fermeture des centrales nucléaires pour la phase d'observation d'un dépôt souterrain en profondeur, reste encore une question ouverte. Rien n'a été fixé non plus quant au financement de la récupération éventuelle des déchets pour raison de sécurité.

Recherche	<p>Il paraît indispensable d'encourager une recherche indépendante et libre sur les déchets nucléaires, visant à maintenir et à développer les connaissances. Ces travaux auront aussi pour buts la formation de spécialistes de la gestion des déchets et l'acceptation sociale des résultats de la recherche. Par ailleurs, la recherche devrait aussi porter sur le modèle de stockage souterrain en profondeur. Un programme de recherche approprié devrait notamment porter sur l'auto-fermeture et sur la fermeture rapide des cavernes de stockage, sur la transmission de l'information dans le long terme et sur le marquage des sites de dépôts. La recherche indépendante et libre et celle qui portera plus spécifiquement sur l'étude du stockage souterrain en profondeur devraient trouver un financement approprié.</p>
Signification de la gestion	<p>La gestion des déchets radioactifs est une question de première importance aux yeux de la société et elle revêt une signification nationale. Cette tâche doit être assumée résolument pour garantir la protection de l'homme et de l'environnement. La génération présente des décideurs est responsable de s'engager dans la voie du développement durable, pour ne pas charger les générations futures de problèmes non résolus.</p>

5.2 Recommandations

Au terme de son étude, l'EKRA fait les recommandations suivantes:

Situation juridique	<ul style="list-style-type: none">- Le rôle de la Confédération dans la loi sur l'énergie nucléaire devrait être une fois encore revu. La gestion de la mise en œuvre du modèle de stockage souterrain en profondeur devrait relever de la compétence exclusive de la Confédération. Une grande importance devrait être toutefois accordée à la participation sur le plan régional, et même au-delà des frontières cantonales ou nationales.
Programme de gestion des déchets radioactifs, inventaire et contrôle de la qualité	<ul style="list-style-type: none">- La Confédération devrait fixer un calendrier contraignant de mise en service des dépôts souterrains en profondeur, compte tenu de critères techniques de sécurité, juridiques, sociaux et économiques.- Les organisations en charge de la gestion des déchets radioactifs devraient établir sur cette base un programme de mise en œuvre. Ce programme devra indiquer la manière d'atteindre progressivement les objectifs. Le programme sera soumis à l'approbation de la Confédération et présuppose le contrôle des autorités compétentes.- Les autorités chargées d'accorder les autorisations devraient alors instituer un contrôle des programmes.

-
- Pour pouvoir élaborer un inventaire définitif des déchets qui seront répartis entre les dépôts SMA et HAA/LMA, une méthode devrait être définie. Par ailleurs, les bases d'un modèle de documentation pour les déchets et les dépôts devront être définies.
 - Un modèle de système global de gestion de la qualité devra être élaboré, qui prenne en compte l'ensemble des activités liées au stockage souterrain en profondeur ayant une incidence sur la sécurité.
- Dialogue et participation
- Pour mettre en place un «conseil de gestion» certains principes devraient être explicités, qui prennent en compte les expériences nationales et internationales.
- Recherche
- Une recherche interdisciplinaire et indépendante sur la gestion des déchets radioactifs devrait être encouragée, avec un financement assuré.
 - Un programme de recherche sur la mise en œuvre du stockage souterrain en profondeur devrait être lancé.
- Structure et compétences
- Les autorités habilitées à délivrer les autorisations et celles en charge de la sécurité devraient être dissociées. Une amélioration de la transparence des procédures exige une répartition plus claire des responsabilités et des compétences.
 - La fonction et la compétence des instances et commissions dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs devraient être examinées. Il s'agit de clarifier en particulier le rôle de la Confédération dans ses différentes fonctions.
 - Pour améliorer le travail commun des différents acteurs, un centre de coordination pour la gestion des déchets nucléaires en Suisse devrait être créé.
 - Les autorités habilitées à délivrer les autorisations et celles chargées de la sécurité devraient être dotées de ressources financières et humaines accrues, afin de leur permettre de mener à bien leurs tâches.
 - Le budget, le plan financier et le programme de travail de la CEDRA devraient être vérifiés par un organe de contrôle indépendant de la direction de la coopérative. La Confédération pourrait, le cas échéant, faire usage de son pouvoir de prendre en charge directement la gestion des déchets, aux frais des producteurs.
- Financement
- Le budget annuel et le plan financier à la charge des producteurs durant l'exploitation des centrales devraient être liés au plan de mise en œuvre de la gestion des déchets radioactifs, approuvé officiellement par les autorités compétentes.

-
- L'incidence financière de la mise en œuvre du modèle de stockage souterrain en profondeur devrait être estimée avec précision.
 - La hauteur des contributions au fonds devrait être fixée en fonction du programme de mise en œuvre de la gestion des déchets et d'une estimation des coûts officiellement contrôlée.
 - Lors de la révision de la loi sur la responsabilité civile en matière d'énergie nucléaire, la possibilité et la nécessité d'une solution assurantielle pour la récupération des déchets en cas de défaillance de la sécurité devraient être étudiées.

Anhang: Berichtsgrundlagen

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Anforderungen an die Entsorgung	2
2.1	Gesellschaftliche Anforderungen	2
2.2	Konzept der geologischen Tiefenlagerung	7
2.3	Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung	15
2.4	Anforderungen an Wissen und Forschung	19
3.	Standortbestimmung der Entsorgung	21
3.1	Rechtslage	21
3.2	Entsorgungsprogramm, Inventar und Qualitätssicherung	22
3.3	Dialog und Partizipation	25
3.4	Forschung	26
3.5	Struktur und Zuständigkeiten	27
3.6	Finanzierung	32
4.	Abbildungsverzeichnis	34
5.	Bibliografie	34

1. Einleitung

Aktionsprogramm –
Vorschlag der EKRA

Mit dem Bericht "Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle" legte die Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle eine Analyse zum heutigen Stand und zur Entwicklung der nuklearen Entsorgung im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte vor (EKRA 2000). Die Expertengruppe befasste sich mit den gesellschaftlichen Erwartungen an die Lagerung radioaktiver Abfälle und den sich daraus ergebenden Konsequenzen. Auf dieser Grundlage schlug sie das Konzept der Kontrollierten Geologischen Langzeitlagerung (KGL) sowie ein Aktionsprogramm vor. Das Programm sieht vor,

- die öffentliche Auseinandersetzung mit der nuklearen Entsorgung zu fördern,
- das Konzept der KGL im Kernenergiegesetz zu verankern,
- das Entsorgungsprogramm finanziell unabhängig von den Betreibern zu gestalten,
- das SMA-Programm zügig mittels Sondierstollen weiterzuführen,
- das HAA/LMA-Programm mit Entsorgungsnachweis und Standortcharakterisierung weiterzuverfolgen,
- einen Zeitplan bis zur Realisierung der Lager auszuarbeiten und dessen Einhaltung regelmässig zu überprüfen.

Umsetzung des
Aktionsprogramms

In einigen Bereichen wurde das Programm bereits umgesetzt:

- Der Bund hat seine Öffentlichkeitsarbeit zur nuklearen Entsorgung verstärkt.
- Das Konzept der Kontrollierten Geologischen Langzeitlagerung wurde unter dem Begriff "geologische Tiefenlagerung" in den Entwurf zum Kernenergiegesetz aufgenommen.
- Die finanziellen Mittel für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke werden mit dem Entsorgungsfonds sichergestellt.
- Zur Entsorgung der SMA nahm das UVEK Gespräche mit der Regierung des Kantons Nidwalden auf. Der Kanton hat die Kantonale Fachgruppe Wellenberg eingesetzt, und der Regierungsrat die Konzession zur Erstellung eines Sondierstollens erteilt. Die Volksabstimmung findet am 22. September 2002 statt.
- Die Arbeiten zur Entsorgung der HAA/LMA werden mit dem Programm Opalinuston weitergeführt.

Zusatzmandat
der EKRA

Nach der Veröffentlichung des Berichts "Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle" im Januar 2000 wurden zwischen dem Generalsekretär des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) und Vertretern der EKRA das Aktionsprogramm und das weitere Vorgehen diskutiert. Dabei zeigte sich, dass bei einigen der von der Expertengruppe behandelten Fragen noch Konkretisierungsbedarf bestand. Die Expertengruppe wurde daher beauftragt, einen Zusatzbericht zu technischen und institutionellen Fragen der geologischen Tiefenlagerung fertig zu stellen.

Der vorliegende Anhang liefert Grundlagen und zusätzliche Informationen zum Bericht Entsorgungsstrategie.

2. Anforderungen an die Entsorgung

2.1 Gesellschaftliche Anforderungen

Werteskala

Unter Berücksichtigung des Gebots einer nachhaltigen Entwicklung ermittelte die EKRA Werte und Ziele für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle. Diese Werte und Ziele lauten, in der Reihenfolge ihrer Bedeutung (EKRA 2000):

- Sicherheit von Mensch und Umwelt
- Handlungsspielraum für jede Generation und Gerechtigkeit zwischen Bevölkerungsschichten, -gruppen und Generationen
- Einhaltung des Verursacherprinzips
- Akzeptanz

Bei der geologischen Tiefenlagerung sind diese Anforderungen berücksichtigt. Optionen zur – zeitlich begrenzten – Lagerüberwachung und erleichterten Rückholbarkeit der Abfälle werden mit dem Konzept der Endlagerung kombiniert.

2.1.1 Aspekte des Risikos

Grundlagen

Wie alle Kernanlagen werden auch Tiefenlager für radioaktive Abfälle in der Öffentlichkeit als Anlagen betrachtet, deren Risiko schwer annehmbar ist, und lösen entsprechenden Widerstand aus. Wichtige Gründe hierfür liegen in:

- dem über lange Zeiträume bestehenden Gefahrenpotenzial. Prognosen zu Risiko und Sicherheit für die ferne Zukunft erscheinen wenig belastbar.

- dem Sachzwang, die bereits angefallenen Abfälle sicher zu entsorgen. Entscheidungsfreiheit besteht nur noch hinsichtlich des zu wählenden Konzepts und bis zu einem gewissen Mass bei dessen Umsetzung.

Art und Ausmass des Risikos nehmen sowohl in der Debatte um die Lagerung radioaktiver Abfälle als auch um die Nutzung der Kernenergie eine zentrale Bedeutung ein.

"Objektives Risiko"

Als "objektives Risiko" wird im Allgemeinen das durch Experten mit technisch-naturwissenschaftlichen Methoden ermittelte Risiko bezeichnet. Dabei handelt es sich um eine Funktion von Eintretenswahrscheinlichkeit und Ausmass eines Schadens. Objektiv ermittelte Risiken sind oft mit Unsicherheiten behaftet, etwa, weil bestimmte Parameter nicht genau bekannt sind oder weil nicht nachgewiesen werden kann, dass die Analyse eines komplexen Systems vollständig ist. Zudem wirkt sich die Einstellung der Experten zum Risiko mehr oder weniger ausgeprägt auf den Prozess der Risikoanalyse aus, so dass eine vollkommen wertfreie Bestimmung des Risikos nicht möglich ist. Objektive Risiken werden im Allgemeinen quantifiziert und sind dadurch untereinander gut vergleichbar. Die quantitative Bewertung des Risikos stellt eine wichtige Basis für die Beurteilung und Regulierung von Risiken dar (Bonss 1995).

"Risikowahrnehmung"

Objektiv gleichartige Risiken können aus der Perspektive der beteiligten Akteure sehr unterschiedlich wahrgenommen werden. Das gesellschaftlich wahrgenommene Risiko unterliegt einer Vielzahl von Einflüssen, die sich im Lauf der Zeit verändern. Die "Risikowahrnehmung" einzelner, aber auch der breiten Öffentlichkeit ist durch ein gewisses Risikokalkül geprägt, das auf den eigenen Schutz abzielt, aber auch moralische Wertvorstellungen einbezieht. Sie beeinflusst politische Entscheide und damit auch die Gesetzgebung sowie die Arbeit der Behörden. Einen Beurteilungsmassstab für technische Risiken, der den Vorstellungen aller wichtigen Gruppierungen in der Bevölkerung entspricht, gibt es auch unter Einbezug der Risikowahrnehmung nicht. Die Prozesse, die zur Risikobeurteilung führen, werden daher im Idealfall so gestaltet, dass der gefällte Entscheid auch für die unterlegene Minderheit akzeptabel ist.

Mit dem Einbezug der Risikowahrnehmung in die Risikobeurteilung wird das Konzept der "absoluten Rationalität" der Experten durch das Konzept einer "sozialen Rationalität" der Gesellschaft abgelöst. Wer der Idee absoluter Rationalität folgt, für den gibt es im Idealfall nur eindeutige, wissenschaftlich abgesicherte Lösungen, die vom jeweiligen gesellschaftlichen Umfeld unab-

hängig und politisch nicht verhandelbar sind. Wer der Idee der sozialen Rationalität folgt, fordert eine offene gesellschaftliche Debatte.

Fazit

Auf der Grundlage der zuvor beschriebenen Werteskala schliesst die Expertengruppe:

- Die Gesellschaft und jede ihrer Generationen muss in der Lage sein, selbst Art und Höhe der Risiken zu definieren, die sie zu akzeptieren bereit ist.
- Teilen der Bevölkerung darf ein erhöhtes Risiko nur aufgrund eines demokratischen Prozesses zugemutet werden, dem eine offene gesellschaftliche Diskussion vorangegangen ist.

Bei der Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle lassen sich zwei Gruppen von Betroffenen unterscheiden:

- Anwohnerinnen und Anwohner, die einer potenziellen Gefährdung ausgesetzt sind, z.B. durch einen Störfall mit Freisetzung von Radioaktivität während der Betriebsphase des Lagers oder nach dessen Verschluss. Die Anzahl der betroffenen Personen hängt unter anderem von der Güte des Barrierensystems und der getroffenen Sicherheitsmassnahmen ab.
- Die breite Bevölkerung, die als Ganze Verantwortung für die Entsorgung trägt. Dabei handelt es sich um diejenigen Generationen, welche von der Nutzung der Kernenergie und den Anwendungen von radioaktiven Substanzen in Medizin, Industrie und Forschung profitieren.

2.1.2 Demokratische Entscheidungen und Verantwortung

Entscheidungsebenen

Wichtige Entscheide zu Standortwahl, Bau, Betrieb und Verschluss bestimmen die Sicherheit geologischer Tiefenlager und verpflichten die Gesellschaft über längere Zeiträume. Den Entscheidungsträgern kommt daher besondere Verantwortung zu, Akzeptanz setzt ein hohes Mass an Legitimität voraus. Verschiedene Entscheidungsebenen sind möglich:

- Entscheid auf kommunalem Niveau
- Entscheid auf regionalem Niveau¹
- Entscheid auf nationalem Niveau
- Entscheid auf internationalem Niveau

¹ in der Schweiz: Kanton

Verhältnis von Bundesrecht und kantonalem Recht	Die Bundesverfassung weist dem Bund die Gesetzgebung auf dem Gebiet der Kernenergie (Art. 90) und den Erlass von Vorschriften zum Schutz vor ionisierenden Strahlen zu (Art. 118). Bei der Umsetzung der Entsorgung sind jedoch auch kantonale und kommunale Regelungen anzuwenden. Kantonales Bergrecht etwa kann damit faktisch verhindern, dass die Entsorgung radioaktiver Abfälle umgesetzt wird, obwohl es sich um eine Aufgabe von nationaler Bedeutung handelt und die entsprechende Gesetzgebung Aufgabe des Bundes ist.
Direkte und indirekte Entscheide	Die Stimmberechtigten können Entscheide entweder direkt, etwa bei Volksabstimmungen, Gemeindeversammlungen, oder indirekt durch die Wahl von politischen Vertretern in Parlamente, Regierungen sowie teilweise auch in Verwaltung und Judikative beeinflussen. Volksentscheiden kommt eine hohe demokratische Legitimität zu. Aufgrund der gesellschaftlich umstrittenen Fragen, die sich mit der nuklearen Entsorgung verbinden, können sie jedoch zu erheblichen zeitlichen Verzögerungen im Entsorgungsprogramm führen. Dialog und Partizipation (vgl. 3.3) leisten einen Beitrag dazu, umstrittene Fragen zu klären und zu gesellschaftlichem Konsens zu gelangen.
Zeitlicher Verlauf	Die Entsorgung radioaktiver Abfälle erfordert Entscheidungsprozesse, die sich über Jahre, oft sogar Jahrzehnte erstrecken. Kontinuität bei der Umsetzung eines Entsorgungsprogramms ist daher nur bedingt zu erwarten.
Langfristiges Engagement	Die Entsorgung radioaktiver Abfälle ist eine Aufgabe, welche die Gesellschaft über lange Zeiträume beansprucht. Letztlich sollte die Verantwortung bei derjenigen Organisation liegen, die am besten Gewähr für eine dauerhafte Lösung der Aufgabe bietet. In der Schweiz handelt es sich dabei aus heutiger Sicht um den Bundesstaat.
Internationale Lösungen und nationales Engagement	Zwar sind internationale Lösungen denkbar, doch selbst in diesem Fall blieben die beteiligten Staaten Garanten für die Qualität der Entsorgung. Internationale Lösungen müssten auf völkerrechtlichen Vereinbarungen beruhen und setzten ein langfristiges Engagement der teilnehmenden Länder voraus. Dies betrifft namentlich die Bereitstellung des erforderlichen technisch-wissenschaftlichen Fachwissens und die Haftung für Schäden. Heute und in Zukunft wird der Staat daher eine zentrale Rolle bei der nuklearen Entsorgung einnehmen. Internationale Zusammenarbeit ist erforderlich, kann aber die Verantwortung der beteiligten Länder nicht ersetzen.

2.1.3 Finanzielle Verantwortung

Grundlagen

Das Entsorgungsprogramm setzt über längere Zeiträume erhebliche finanzielle Mittel voraus. Deren Umfang variiert mit dem Entsorgungskonzept. Daher ist eine differenzierte Analyse, etwa zum erwarteten Aufwand und Terminplan und zu den Restrisiken während der Betriebsphase und nach dem Verschluss der Anlage, erforderlich.

Verursacherprinzip ...

Die Finanzierung folgt nicht nur in der Schweiz (vgl. 3.1), sondern vielfach auch international dem Verursacherprinzip: "Der Verursacher trägt die Kosten, welche aus den behördlich festgelegten Massnahmen zur Erhaltung der Umwelt erwachsen" (OECD 1992). Die anfallenden Kosten sind also von den Betreibern der Kernkraftwerke sowie den Betrieben und Organisationen, welche radioaktive Abfälle in Medizin, Industrie und Forschung erzeugen, zu tragen.

... und Nachhaltigkeit

Im Sinne der Gerechtigkeit zwischen den Generationen sind die heutigen Generationen den kommenden Generationen zu Verantwortung verpflichtet (Birnbacher 1988). Das Prinzip der Nachhaltigkeit verlangt, dass die heutigen Generationen alles unternehmen, damit die künftigen Generationen potenziell mindestens über die gleiche materielle Wohlfahrt wie sie selbst verfügen. Dieses Kriterium ist nicht sektoriell, sondern global anzuwenden. Produktion und Entsorgung radioaktiver Abfälle müssen demnach in Zusammenhang mit dem Beitrag der heutigen Generationen am möglichen technischen und technologischen Fortschritt kommender Generationen betrachtet werden. Angesichts des über lange Zeiträume bestehenden Risikos, das mit der Entsorgung der radioaktiven Abfälle verbunden ist, und der Unmöglichkeit, den heutigen Beitrag zum Fortschritt der Zukunft zu definieren, haben die heutigen Generationen jedoch die Verantwortung für die nukleare Entsorgung zu übernehmen und damit auch die entsprechenden Kosten zu tragen (Van Parijs 1995).

Reversibilität

Die erleichterte Rückholung radioaktiver Abfälle ist Teil der gesellschaftlich geforderten Reversibilität. Erfolgt die Rückholung aufgrund einer unerwarteten Entwicklung, welche die Sicherheit beeinträchtigt, handelt es sich um einen Haftpflichtfall, der einer gesetzlichen Regelung bedarf. Wird die Rückholung aus anderen Gründen vorgenommen, sind dafür keine Rückstellungen der Generationen, die von der Nutzung der Kernenergie profitieren, erforderlich.

2.2 Konzept der geologischen Tiefenlagerung

Die geologische Tiefenlagerung verbindet die Vorteile der Endlagerung mit Reversibilität und gewährleistet damit ein hohes Mass an Sicherheit, die auch für Aussenstehende nachvollziehbar ist. Nach dem Verschluss des Hauptlagers können Überwachung und Kontrolle am Pilotlager weitergeführt werden. Aufgrund der Beobachtungen im Pilotlager werden, falls nötig, Eingriffe im Hauptlager vorgenommen oder die Abfälle rückgeholt. Mit der Zeit wächst die Bedeutung der natürlichen und technischen Barrieren, d.h. des passiven Sicherheitssystems, gegenüber aktiven Sicherheitsmassnahmen an; gleichzeitig erhöht sich der Aufwand, der mit einer Rückholung verbunden ist.

2.2.1 Lagerelemente

Gegenüber einem Endlager weist ein geologisches Tiefenlager räumlich-funktionale Unterschiede auf.

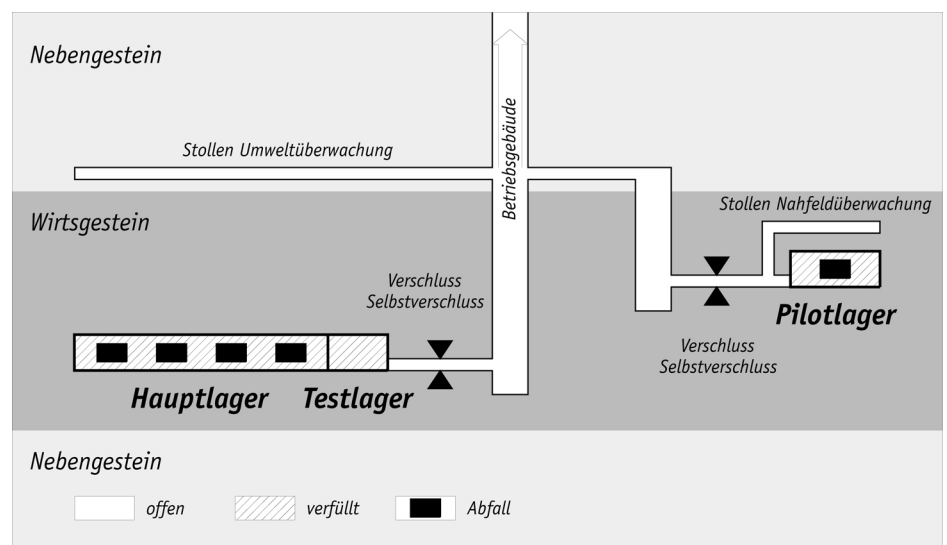


Abbildung 1: Schematisches Konzept der geologischen Tiefenlagerung

Neben den für Zugang und Infrastruktur erforderlichen Hohlräumen besteht es aus drei charakteristischen Lagerelementen:

Testlager

Im Testlager werden Informationen zur Standortcharakterisierung und für den Sicherheitsnachweis für das Abfalllager beschafft. Dieser Lagerteil wird zuerst in Betrieb genommen.

Um die wechselseitige Beeinflussung verschiedener Versuche zu vermeiden, kann eine dezentrale Anordnung in verschiedenen Testnischen und -kavernen

vorgenommen werden. Das Testlager ist also funktional, nicht räumlich definiert. Bei den Versuchen werden keine radioaktiven Abfälle verwendet. Im Testlager lässt sich jedoch die Eignung des Wirtgesteins im Massstab 1:1 testen. Möglich sind auch Versuche mit radioaktiven Tracern.

Die Ergebnisse der Untersuchungen fließen in die Überprüfung des Sicherheitsnachweises ein, der Grundlage für die Bau- und Betriebsbewilligung ist. Zu erfassen sind insbesondere standortspezifische Eigenschaften des Wirtgesteins, Wechselwirkungen zwischen Abfallgebinden und dem Wirtgestein, sowie die örtlichen Transportbedingungen für Radionuklide. Ausserdem ist es möglich, im Testlager Einlagerungs- und Rückholungstechniken mit nicht radioaktiven Testabfällen zu prüfen, einzuüben und zu demonstrieren.

Teile des Testlagers können nach Vorliegen erster Ergebnisse aus untertägigen Standorterkundungen mittels Sondierstollen errichtet und nach Vorliegen der Rahmenbewilligung ausgebaut werden. Auch während des Betriebs von Pilot- und Hauptlager ist das Testlager in der Lage, nützliche Informationen zu liefern. Nach Abschluss der Untersuchungen wird es oder werden Teile davon verfüllt².

Die Betriebsdauer des Testlagers beträgt voraussichtlich einige Jahrzehnte.

Pilotlager

Im Gegensatz zum Hauptlager, welches nach der Einlagerung der Abfälle möglichst rasch verfüllt und versiegelt werden soll, kann das Pilotlager längere Zeit zur Überwachung direkt oder indirekt zugänglich bleiben. Das Pilotlager hat zwei Funktionen:

- *Überwachung*. Das Pilotlager dient der Langzeitüberwachung; es soll sicherstellen, dass ungünstige Entwicklungen frühzeitig erkannt und die notwendigen Massnahmen ergriffen werden. Überwacht werden insbesondere die Abfallbehälter bzw. die Abfälle sowie deren Wechselwirkungen mit dem Nahfeld und dem Wirtgestein. Auf Grund dieser Überwachung kann entschieden werden, ob Abfälle aus dem Pilotlager und aus dem Hauptlager zurück geholt werden müssen, ob die Überwachung fortgesetzt werden soll oder ob diese beendet und das Lager verschlossen werden kann.

² "Verfüllen" heisst, offene Lagerteile, die keine radioaktiven Abfälle enthalten, mit geeignetem Ausbruchmaterial zu beschicken, z.B. Testlager oder Zugangsstollen. "Verfüllen und Versiegeln" bedeutet, Lagerkavernen mit radioaktiven Abfällen in einen passiv sicheren Zustand zu überführen. "Verschluss" beschreibt die Verfüllung der noch offenen Lagerteile und die Überführung des gesamten Lagers in einen passiv sicheren Zustand (Endlager), nachdem das Pilotlager verfüllt und versiegelt ist.

- *Verifizierung.* Im Pilotlager können zudem Erkenntnisse zur Verifizierung von prognostischen Modellannahmen zum langfristigen Verhalten des Tiefenlagers gewonnen werden. Hierzu gehören z.B. die mit Errichtung, Offenhalten, Verfüllung und Versiegelung der Lagerkavernen verbundenen hydraulischen und mechanischen Auswirkungen auf das Wirtgestein, bis der Normalzustand erreicht ist.

Das Pilotlager wird nach Erteilung der nuklearen Betriebsbewilligung mit Abfällen befüllt. Es nimmt einen kleinen Teil der insgesamt für das Tiefenlager vorgesehenen Gebinde auf. Sein Inhalt muss jedoch für die Langzeitsicherheit repräsentative Eigenschaften aufweisen. Auf Grund bestimmter Abfallcharakteristika kann es wie beim Hauptlager erforderlich sein, verschiedene Abfallarten räumlich getrennt zu lagern.

Das Pilotlager muss an einer für das ganze Lagersystem hydrochemisch und hydraulisch repräsentativen Stelle errichtet werden, damit die Beobachtungsergebnisse, etwa zur Behälterkorrosion, zur Grundwasserbewegung oder zur Radionuklidenausbreitung, auf das Hauptlager übertragbar sind.

Die Untersuchungen im Pilotlager sollten möglichst früh aufgenommen werden, damit der noch wenig gestörte Zustand des Lagersystems erfasst werden kann. Versuche ohne radioaktive Abfälle können bereits während dem Bau des Lagers durchgeführt werden. Versuche mit radioaktiven Abfällen sind erst bei Vorliegen der Betriebsbewilligung möglich. Das Pilotlager wird auch noch betrieben, wenn im Hauptlager keine Abfälle mehr eingelagert werden und sämtliche Lagerkavernen verfüllt und versiegelt sind.

Das Konzept des geologischen Tiefenlagers lässt die Betriebsdauer für das Pilotlager offen. Dies bedeutet, dass die zur Beobachtung notwendigen Anlagenteile des Pilotlagers auf eine möglichst hohe Lebensdauer ausgelegt werden müssen, d.h. hundert oder mehr Jahre.

Das Pilotlager erlaubt es künftigen Generationen, Kriterien für den Abbruch der Beobachtung und somit für den Verschluss des Lagers festzulegen. Basierend auf Sicherheitsüberlegungen muss jedoch frühzeitig ein erster Satz solcher Kriterien entwickelt werden, damit kein ungeregelter Zustand entsteht.

Werden unzulässige Lagerzustände beobachtet, lassen sich die Abfälle aus dem Pilotlager und nötigenfalls auch aus dem Hauptlager zurückholen und anders entsorgen. Wenn das Pilotlager seinen Zweck erfüllt hat und die Entscheidung zur Beendigung der Überwachung getroffen ist, kann es verfüllt

und versiegelt werden. Anschliessend werden auch die noch offenen Zugänge und Lagerteile verfüllt und das gesamte Lager verschlossen.

Hauptlager

Das Hauptlager nimmt den grössten Teil der radioaktiven Abfälle auf. In Abhängigkeit von Eigenschaften und Mengen der verschiedenen einzulagernden Abfälle handelt es sich um einen mehr oder weniger geschlossenen zusammenhängenden Bereich, der die einzelnen Kavernen umfasst, oder um mehrere dezentral angeordnete Kavernen.

Das Hauptlager sollte im Interesse der nuklearen Sicherheit in Betrieb genommen werden, sobald die Abfälle endlagerfähig vorliegen. Aus Sicherheitsgründen sind die einzelnen Lagerkavernen in Etappen aufzufahren und zu betreiben. Die Kavernen werden mit Vorteil unmittelbar nach Einlagerung der Abfälle verfüllt und versiegelt und so in den Zustand passiver Sicherheit überführt. Die Zugänge zu den Kavernen können bis zum Verschluss des Lagers für Beobachtungsmassnahmen offen bleiben. Durch das kontinuierliche Auffahren von Lagerkavernen und deren Verfüllung und Versiegelung nach abgeschlossener Einlagerung der Abfälle ist die Betriebsdauer der Kavernen, welche die radiologische Sicherheit bestimmt, minimal.

Nach der Versiegelung des Pilotlagers werden die noch offenen Hohlräume und Zugangsstollen des Hauptlagers verfüllt und das Tiefenlager verschlossen. Damit wird das Lager in einen passiv sicheren Zustand überführt. Weitere Überwachungs- und Kontrollmassnahmen sind nicht mehr notwendig. Allenfalls kann noch eine Umweltüberwachung durchgeführt werden.

2.2.2 Lagerphasen

Bei der Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung lassen sich folgende operative Phasen unterscheiden:

- Erkundungs- und Planungsphase
- Bauphase
- Betriebs- und Beobachtungsphase mit
 - Testen und Einlagern
 - Beobachten (Überwachung und Kontrolle)
- Nachverschlussphase

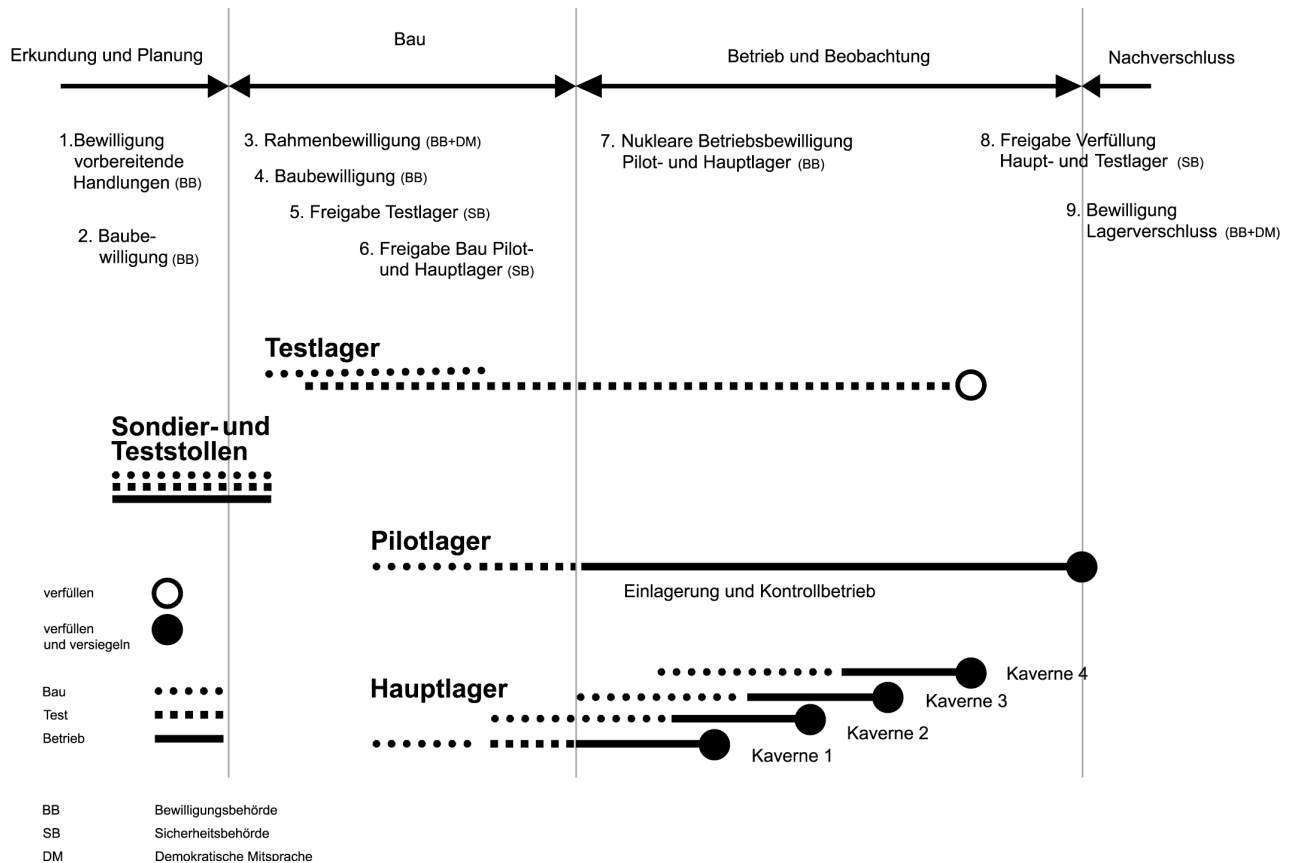


Abbildung 2: Operative Phasen der Lagerung

Die Bezeichnungen der Phasen geben bereits an, welche charakteristischen betrieblichen Aktivitäten mit ihnen verbunden sind. Besonderer Beachtung bedürfen die Betriebs- und Beobachtungsphase sowie die Nachverschlussphase. Während der Betriebs- und Beobachtungsphase werden einzelne Bereiche des Lagers offen gehalten und erfordern eine zuverlässige Überwachung:

- Testlager, Kavernen des Hauptlagers, Zugangsstollen, Pilotlager während der Phase Testen und Einlagern
- Pilotlager und Zugangsstollen während der Phase Beobachten

Während allen Phasen sind Modelle und Prognosen zu überprüfen und mit den Beobachtungen zu vergleichen. Dies muss wissenschaftlich nachvollziehbar und transparent geschehen. Die Untersuchungen beinhalten erdwissenschaftliche, physikalische, chemische, mikrobiologische und radiologische Aspekte und erfassen das nähere und weitere Umfeld des Lagerraums, die Lager- und Betriebsräume sowie die eingebrachten Abfälle.

Erkundungs- und
Planungsphase

In der Erkundungs- und Planungsphase werden die für die Standortcharakterisierung und die Sicherheitsanalysen erforderlichen Informationen erhoben. Neben Untersuchungen vor Ort wie Sondierbohrungen und Sondierstollen gehören dazu auch standortunabhängige Untersuchungen, z.B. in Felslabors. Hinsichtlich der sicherheitsbezogenen Anforderungen an den Standort und der Vorgehensweise bei Erkundung und Planung bestehen bei der geologischen Tiefenlagerung gegenüber der "klassischen" Endlagerung keine wesentlichen Unterschiede. Testlager und Pilotlager verursachen allerdings einen insgesamt grösseren Raumbedarf und erfordern eine differenzierte Lagerauslegung.

Die Erkundung besteht zunächst vor allem aus Bohrungen im weiteren Umfeld des Lagerraumes und aus geophysikalischen Untersuchungen, z.B. Seismik. Der für das Lager vorgesehene Gebirgsraum darf nicht durch Bohrungen verletzt werden. Während der Sondierstollen vorangetrieben wird, ist mit Hilfe von operativen Ausschlusskriterien abschnittsweise zu prüfen, ob die angebotenen Verhältnisse eine weitere Erkundung rechtfertigen und den Erwartungen auf Grund der Voruntersuchungen entsprechen.

Bei positivem Erkundungsergebnis wird mit der standortbezogenen Entwicklung des Lagerdesigns begonnen. Insbesondere sind Auslegung und Positionierung von Hauptlager, Testlager und Pilotlager sowie der notwendigen Infrastrukturanlagen festzulegen. Die Untersuchungen, die im Test- und Pilotlager durchgeführt werden sollen, werden geplant. Ausserdem müssen konkrete Vorstellungen über die zeitliche Abfolge der Befüllung des Hauptlagers und des Pilotlagers mit Abfällen entwickelt werden.

Die gewonnenen Erkenntnisse gehen in den Sicherheitsbericht ein. Dieser Bericht stellt eine Entscheidungsgrundlage für die Erteilung der Rahmenbewilligung dar, in der die wichtigsten Elemente der Anlage festgehalten sind. Der Bau des Lagers setzt die vom Parlament erteilte Rahmenbewilligung voraus.

Bauphase

Mit dem Bau eines geologischen Tiefenlagers kann zudem erst begonnen werden, wenn die nukleare Baubewilligung vorliegt. Die Bewilligung wird erteilt, wenn ein ausreichender Schutz von Mensch und Umwelt begründet zu erwarten ist.

Während der Bauphase werden weitere Teile des Testlagers, das Pilotlager und erste Kavernen des Hauptlagers errichtet. Wissenschaftliche und technische Grundlage für den Bau von Pilot- und Hauptlager sowie weiteren Teilen

des Testlagers bilden die während der Erkundungs- und Planungsphase durchgeführten Untersuchungen.

Durch das Auffahren von Stollen und Kavernen werden zusätzlich zum Sondierstollen direkte Aufschlüsse über den Untergrund geschaffen. Sie bilden ein wichtiges Element der Erkundung. Die vorgesehenen Lagerzonen werden anhand operativer Ausschlusskriterien beurteilt. Sodann sind alle für die Standortwahl und den Sicherheitsnachweis wichtigen Parameter wie Geologie, Felshydraulik etc. zu überprüfen.

Bei der Platzierung der Lagerkavernen können Erkenntnisse aus dem Bau und Untersuchungsergebnisse aus dem Testlager zur Modifizierung des geplanten Lagerdesigns oder zur Aufgabe des Standorts führen.

Betriebs- und
Beobachtungsphase

Testen und Einlagern. Nachdem die nukleare Betriebsbewilligung erteilt wurde, ist es möglich, radioaktive Abfälle einzulagern. Die Bewilligung setzt voraus, dass die Bestimmungen der Rahmen- und der Baubewilligung eingehalten sind und ein ausreichender Schutz für Mensch und Umwelt besteht.

Spätestens mit der ersten Einlagerung von Abfällen in das Hauptlager beginnt auch die Befüllung des Pilotlagers, damit vergleichbare Verhältnisse wie im Hauptlager vorliegen. Gleichzeitig setzt die Überwachung ein. Untersuchungen im Testlager können weitergeführt werden.

Die einzelnen Kavernen des Hauptlagers werden nach Bedarf etappenweise aufgefahren und Abfälle eingelagert. Hat eine Lagerkaverne die vorgesehene Abfallmenge aufgenommen, wird sie verfüllt und versiegelt. Anschliessend stellt die Kaverne eine passiv sichere Lagereinheit dar und wird in das Überwachungsprogramm für verfüllte Lagereinheiten einbezogen. Die Zugänge zu den versiegelten Lagerkavernen können bis zum Ende der Beobachtungsphase offen bleiben. Damit wird die Überwachung erleichtert, und die Rückholung von Abfällen ist einfach möglich.

Die Phase Testen und Einlagern endet, wenn das Hauptlager alle vorgesehenen Abfälle aufgenommen hat und alle Kavernen verfüllt und versiegelt sind. Auch in Krisensituationen muss die Sicherheit des Tiefenlagers gewährleistet sein. Deshalb sind Vorkehrungen zu einem raschen Verschluss in Form von Selbst- und Schnellverschlüssen zu treffen.

Beobachten (Überwachung und Kontrolle). Die Aktivitäten im Tiefenlager sind nun auf die Überwachung des Pilotlagers und die Wartung der Überwachungs-

und Infrastruktureinrichtungen sowie die zur Aufrechterhaltung des Betriebs erforderlichen Massnahmen beschränkt. Dies gilt auch für die Wasserhaltung.

Die Rückholung von Abfällen ist nach wie vor leicht möglich. Durch die vom Wirtgestein, von der Positionierung von Haupt- und Pilotlager sowie der hydraulischen Gesamtsituation abhängige Aufsättigung des Gebirges stellen sich im Hauptlager und seiner Umgebung allmählich wenig, schliesslich vom Lagerbau nicht mehr beeinflusste hydraulische Verhältnisse ein.

Das Pilotlager kann weiter betrieben werden. Damit lassen sich für die Langzeitsicherheit wichtige Modellannahmen und Prognosen überprüfen sowie die eingelagerten Abfälle, die Verfüllmaterialien und das Wirtgestein im Nahfeld des Lagers überwachen. Die während der Beobachtungsphase gewonnenen Kenntnisse über die Aufsättigung tragen zur abschliessenden Beurteilung der Zuverlässigkeit früherer Prognosen bei und bilden eine Grundlage für den Entscheid, die Beobachtungen im Pilotlager fortzusetzen oder zu beenden. Das Pilotlager trägt zudem dazu bei, das Vertrauen in die Sicherheit des Lagers zu stärken, wenn sich dessen Eigenschaften wie erwartet entwickeln.

Die Beobachtungsphase ist abgeschlossen, sobald der Entscheid zum Verschluss gefällt wurde. Mit Beendigung der Überwachung wird das Pilotlager verfüllt und versiegelt. Danach ist die Verfüllung der noch offenen Lager-teile und Zugänge des Hauptlagers vorgesehen. Der Entwurf zum Kernenergiegesetz enthält grundsätzliche Bestimmungen für die Beobachtungsphase und den Verschluss. Vor dem endgültigen Verschliessen des Lagers wird der Sicherheitsnachweis aufgrund der aktuellen Kenntnisse ein letztes Mal überprüft. Für den formalen Verschluss sind gemäss Entwurf Kernenergiegesetz die Zustimmung des Standortkantons und eine Bewilligung des Bundesrates erforderlich.

Eine Rückholung der Abfälle nach dem Verschluss ist nicht vorgesehen. Sie wäre aber, wenn auch mit einem grösseren finanziellen und technischen Aufwand verbunden, jederzeit möglich.

Nachverschlussphase

Nach dem Verschluss des geologischen Tiefenlagers sind Massnahmen zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit nicht mehr erforderlich. Dies schliesst eine Umwelt- oder Fernüberwachung des Lagers nicht aus, soweit die Langzeitsicherheit dadurch nachweislich unbeeinträchtigt bleibt.

2.3 Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung

2.3.1 Verantwortung und Entscheidungen im Projektverlauf

Regelungsbedarf Eine genaue Festlegung der Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten für den Prozess von der Standortwahl bis zum Verschluss eines geologischen Tiefenlagers ist heute weder möglich noch notwendig. Gründe hierfür liegen unter anderem in der langen zeitlichen Dauer und der technischen Komplexität³ der Entsorgung. Die wichtigsten Grundsätze technischer Art, die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten während der Projektphasen und die allgemeinen Abläufe müssen jedoch frühzeitig diskutiert und – soweit möglich und notwendig – geregelt werden.

Rückblick Die Langzeitverantwortlichkeit wurde weder im Atomgesetz von 1959 explizit festgelegt noch im Bundesbeschluss von 1978 präzisiert. Dennoch entwickelten sich frühzeitig Vorstellungen zur Regelung der Verantwortung. Ende der siebziger Jahre ging die Nagra in dem von ihr formulierten Entsorgungskonzept davon aus, dass ein Endlager nach dessen Verschluss in den Verantwortungsbereich des Bundes übergehen solle (Nagra 1978). Unter Verschluss wurde die endgültige Verschliessung der Zugangsschächte verstanden.

Anforderungen der geologischen Tiefenlagerung Die geologische Tiefenlagerung mit Test-, Pilot- und Hauptlager sowie mit verschiedenen operativen Phasen erfordert nun eine Präzisierung der Verantwortlichkeiten für die Umsetzung des Lagerkonzepts. Abbildung 2 (vgl. Seite 11) zeigt einen möglichen zeitlichen Ablauf und präzisiert

- die Abfolge der Projektphasen und der damit verbundenen Tätigkeiten,
- die Bewilligungsschritte und die zuständigen Instanzen.

2.3.2 Technische und organisatorische Anforderungen

Erkundungs- und Planungsphase In der Erkundungs- und Planungsphase müssen die wichtigsten technischen und organisatorischen Grundlagen für die Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung erarbeitet werden. Die für den Normalfall, bei Störfällen oder in Krisenzeiten erforderlichen *technischen Massnahmen* sind frühzeitig zu planen und zu entwickeln:

- Sicherung der Bauwerksfunktionen durch Kontrolle, Wartung und Reparatur gegen Alterung bzw. Versagen

³ hohe technische Anforderungen, verschiedene operative Phasen mit Überschneidungen, organisatorische Aspekte

- Früherkennung kritischer Entwicklungen im Hinblick auf Betriebssicherheit, radiologische Sicherheit, Sicherung
- Überwachung der technischen Barrieren und der Abfälle im Pilotlager mit möglichst geringen Auswirkungen auf das Lager
- Festlegung sicherheitsgerichteter Anforderungen an Abfälle und Behälter
- Voraussetzungen für den Übergang vom aktiven Sicherheitssystem (Massnahmen) zum passiven Sicherheitssystem (natürliche und technische Barrieren)
- Lagerdesign, Einlagerungstechnik, Verfüllmaterialien im Hinblick auf eine erleichterte Rückholung der Abfälle
- Techniken und Materialien für den Verschluss des Lagers sowie für den Selbst- oder Schnellverschluss bei unvorhergesehenen Ereignissen
- Überwachung des Nah- und Fernfeldes zur Validierung von Modellannahmen und zur Früherkennung von ungünstigen Entwicklungen sowie Umweltüberwachung nach dem Verschluss
- Validierung von Messmethoden

Gleichzeitig müssen *organisatorische Massnahmen* ergriffen werden:

- Regelung der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten für die wesentlichen Aufgaben bis zum Verschluss des Lagers
- Projektleitung und -koordination für Planung, Bau, Betrieb und Verschluss des Lagers
- Vorkehrungen zur Früherkennung kritischer Entwicklungen bezüglich Langzeitsicherheit, Betriebssicherheit, radiologische Sicherheit, Sicherung und gesellschaftliche Veränderungen
- Erhebung des Ist-Zustands und Festlegen der Überwachungsziele

Bauphase

Der Bau von Test- und Pilotlager und die spätere Errichtung des Hauptlagers sind mit erheblichen mechanischen und hydraulischen Eingriffen in das Gebirge verbunden. Um Lagerhöhlräume herum kommt es – in Abhängigkeit vom Wirtgestein – zu mehr oder weniger ausgedehnten Austrocknungszonen. In unterschiedlichem Ausmass sind Massnahmen zur Wasserhaltung aber auch zum Ausbau von Hohlräumen sowie zur Bewetterung erforderlich. Sie müssen bis zum Verfüllen einzelner Lagerbereiche bzw. des Lagers insgesamt aufrecht erhalten werden.

Die während der Erkundungs- und Planungsphase erarbeiteten technischen und organisatorischen Massnahmen sind regelmässig zu überprüfen und sofern nötig anzupassen respektive zu ergänzen.

Betriebs- und
Beobachtungsphase

Testen und einlagern. In dieser Phase sind Massnahmen zur Wasserhaltung und Bewetterung in grösserem Ausmass erforderlich. Durch die etappenweise Erschliessung sowie die spätere Verfüllung und Versiegelung von einzelnen Lagerkavernen werden die natürlichen hydraulischen Verhältnisse im Lager und seiner Umgebung in räumlich und zeitlich unterschiedlichem Ausmass nachhaltig gestört.

Während der Beobachtungsphase, die von mehreren Jahrzehnten bis zu mehr als 100 Jahren reichen kann, hängt die Sicherheit von Mensch und Umwelt vor allem davon ab, dass die sicherheitsgerichteten Massnahmen weiterhin zuverlässig durchgeführt werden. Über längere Zeiträume kann dies nur gelingen, wenn sowohl die technischen als auch die organisatorischen Massnahmen hohen Anforderungen gerecht werden.

Beide sind auch in der Beobachtungsphase zu überprüfen, allenfalls anzupassen oder zu ergänzen. Von Bedeutung ist insbesondere, wie mit Beobachtungsergebnissen umgegangen werden soll und wie die Entscheidungsprozesse in der Beobachtungsphase organisiert sind.

Beobachten (Überwachung und Kontrolle). Kontrollen in einem geologischen Tiefenlager können praktisch nur im drainierten oder lediglich teilweise gefluteten, aufgesättigten Zustand des Lagers erfolgen. Die Zugänge müssen daher offen bleiben, solange Kontrollen im Nahfeld des Lagers durchgeführt werden. Die dazu erforderliche Wasserhaltung schafft eine hydraulische Senke mit einer Strömung zum Lagerraum hin. Die Erkenntnisse, die im Lager zur Bergwasserhydraulik gewonnen wurden, spiegeln nicht den Zustand nach dem Verschluss des Lagers wider. Die Validierung der Annahmen zur Langzeitsicherheit muss sich somit letztlich wiederum auf Modelle abstützen, die aber auf Grund von weiteren Abklärungen im geologischen Tiefenlager an Aussagekraft gewinnen.

Aus der hydraulischen Überwachung der Aufsättigung ergeben sich Hinweise auf deren wahrscheinliche Gesamtdauer und die Zuverlässigkeit früherer Abschätzungen. Bei Gesteinen mit sehr geringer Wasserdurchlässigkeit kann die Aufsättigung Hunderte von Jahren dauern. Es ist daher sicherzustellen, dass Resthohlräume mittels Schnellverschluss rasch verschlossen werden können bzw. für kritische Transportwege ein Selbstverschluss gewährleistet ist.

Nachverschlussphase Nach dem Verschluss des Lagers kann die Umgebung weiter überwacht werden. Diese Überwachung lässt sich zu einem grossen Teil mit heute bereits verwendeten Instrumenten und Messmethoden durchführen. Sollte eine Freisetzung von Radionukliden festgestellt werden, so müssten das Lager im ungünstigsten Fall neu erschlossen und die Abfälle zurückgeholt werden.

2.3.3 Dokumentation

Die für die Langzeitsicherheit notwendigen Informationen sind zu erheben, zu dokumentieren und sicher aufzubewahren. Dem muss durch ein Dokumentationskonzept und ein Vorgehen, das den unterschiedlichen Projektphasen gerecht wird, Rechnung getragen werden.

Während der Erkundungs- und Planungsphase eines geologischen Tiefenlagers sind die wichtigen Unterlagen und die wesentlichen Entscheidungsprozesse nachvollziehbar abzulegen. Während der Betriebs- und Beobachtungsphase müssen unter anderem folgende Daten und Informationen erfasst, dokumentiert und für die langfristige Aufbewahrung vorbereitet werden:

- Pläne des Lagers und der Installationen
- Abfallinventar und Lokalisierung der Abfälle im Lager
- Risikoanalysen und Sicherheitsberichte
- Messprotokolle
- Dokumentation der wesentlichen Entscheidungsprozesse

2.3.4 Qualitätssicherung

Grundlagen Die Realisierung der geologischen Tiefenlagerung erfordert klare Abläufe, Zuständigkeiten, Kompetenzen und Aufgabenverteilungen für Planung, Bau, Betrieb und Verschluss des Lagers sowie für die Nachverschlussphase.

Kriterien und Kontrolle Für die Übergänge zwischen den verschiedenen Phasen müssen Kriterien definiert werden. Technische und wissenschaftliche Untersuchungen sind auf hohem Qualitätsniveau durchzuführen, Messmethoden zu validieren und die lückenlose Dokumentation sicherzustellen. Eine Kontrollinstanz muss die Arbeiten überwachen und gewährleisten, dass die hohen Sicherheitsanforderungen eingehalten werden.

Qualitätsmanagement Dafür ist eine umfassende Qualitätssicherung notwendig. Die an der Entsorgung beteiligten Akteure werden durch ein Qualitätsmanagement-System (QMS) unterstützt und sind im günstigen Fall beispielsweise ISO-zertifiziert.

Das QMS unterstützt die wichtigen Prozesse, Abläufe, Kontrollen und legt die Verantwortlichkeiten innerhalb der betroffenen Organisation wie Entsorger, Aufsichtsbehörden und Sicherheitsbehörden fest. Schnittstellen werden definiert und die verschiedenen QMS auf einander abgestimmt. Im Sinn eines übergeordneten QMS übernimmt eine zentrale Stelle die Koordination.

2.4 Anforderungen an Wissen und Forschung

Eine sichere Entsorgung setzt naturwissenschaftlich-technisches sowie geistes- und sozialwissenschaftliches Wissen voraus. Bei der geologischen Tiefenlagerung, die sich über längere Zeiträume erstreckt, wird letztlich auch eine spezifische Form der "Wissenschaftsgeschichte" erforderlich sein.

Technisch-wissenschaftliche und gesellschaftspolitische Fragen stellen sich insbesondere in Zusammenhang mit der Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung. Da praktische Erfahrungen mit der langfristigen Entsorgung radioaktiver Abfälle bisher weitgehend fehlen, beruht das vorhandene Wissen wesentlich auf Forschungsergebnissen.

2.4.1 Unabhängige Forschung

Glaubwürdigkeit durch
Unabhängigkeit

Forschungsergebnisse werden in der Öffentlichkeit je nach Auftraggeber unterschiedlich beurteilt. Beispiele liefern die Pharma- und die Tabakindustrie. Resultaten aus unabhängiger, staatlich finanzierter Forschung wird in der Regel eine höhere Glaubwürdigkeit zugesprochen als Ergebnissen der Auftragsforschung. Unabhängige Forschung ist deshalb gerade in gesellschaftlich umstrittenen Fragen wie der Entsorgung radioaktiver Abfälle unerlässlich.

Längerfristige
Ziele

Auftragsforschung beschränkt sich oft auf die Umsetzung kurzfristiger Ziele. Staatlich finanzierte Forschung dagegen kann eher Grundsatzfragen von langfristiger Bedeutung aufgreifen, die in der nuklearen Entsorgung von besonderer Wichtigkeit sind.

Interdisziplinarität

Entsorgungsfragen betreffen oft nicht ein bestimmtes Fachgebiet alleine, sondern sind interdisziplinärer Natur. Interdisziplinäre Forschung sollte daher speziell gefördert werden.

Aufbau und Erhalt
von Fachwissen

Forschung bildet eine wesentliche Grundlage für den Aufbau und Erhalt von Fachwissen. Wenn staatlich geförderte Forschung fehlt, schlägt sich dies auch in einem Verlust an Expertenwissen nieder. Bereits heute sind in der Schweiz

zu wenig Fachleute für technische und erdwissenschaftliche Fragen der nuklearen Entsorgung vorhanden. Damit ist auch die Sicherheit entsprechender Anlagen in Frage gestellt.

2.4.2 Umsetzungsorientierte Forschung

Anforderungen

Bei der geologischen Tiefenlagerung sind neben den passiven natürlichen und technischen Barrieren für die Langzeitsicherheit auch aktive Sicherheitsmassnahmen vorgesehen. Diese Massnahmen umfassen technische, organisatorische und administrative Tätigkeiten und beinhalten insbesondere Überwachung und Kontrolle sowie eine allfällige Rückholung von eingelagerten Abfällen.

Offene Fragen

Zur Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung müssen insbesondere folgende Fragen geklärt werden:

- Mit welchen Messmethoden und Unterhaltskonzepten sollen die langfristigen Beobachtungen zur Bestätigung von Langzeitprognosen durchgeführt werden? Welche Parameter sind für die Langzeitsicherheit entscheidend?
- Wie ist die Langzeitüberwachung des Lagers durchzuführen?
- Wie sieht der internationale Stand der Forschung zur Rückholbarkeit aus? Welche offenen Fragen müssen gelöst werden?
- Wie lassen sich Schnellverschluss und Selbstverschluss geeignet umsetzen?
- Wie kann der Transfer von Wissen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle über Generationen hinweg sichergestellt werden?
- Welche konkreten Anforderungen sind an Vertrauensbildung, Mitbestimmung und Transparenz zu stellen? Wie können diese Anforderungen am besten erfüllt werden?

Zuständigkeiten

Die noch offenen Fragen müssen von den für die Entsorgung der Abfälle Verantwortlichen beantwortet werden. Daneben kann auch die unabhängige Forschung wichtige Beiträge leisten.⁴

2.4.3 Kennzeichnung von Lagerstandorten

Unbeabsichtigtes Eindringen

Ein unbeabsichtigtes menschliches Eindringen in den Lagerbereich muss langfristig verhindert werden. Die entsprechenden Risiken sind mit Hilfe einer Szenarienanalyse abzuschätzen. Zumindest im Fall eines HAA/LMA-Lagers ist dabei sowohl ein Eindringen von der Erdoberfläche her als auch vertikal, z.B.

⁴ Im Rahmen der sich verändernden Lagerkonzepte befassen sich neben der Schweiz auch andere Länder und die EU mit manchen der angesprochenen Punkte (vgl. EKRA 2000).

beim Tunnelbau, zu berücksichtigen. Auf der Grundlage der Szenarien sind technische und organisatorische Massnahmen zu entwickeln (NEA 1995).

Wirksame Kennzeichnung

Ein Lager für radioaktive Abfälle muss langfristig als solches erkennbar bleiben und entsprechend markiert sein. Die Kennzeichnung sollte spätestens während der Beobachtungsphase erfolgen und unabhängig von Sprache und Kultur Wirkung entfalten. Konstruktion und Materialien sind so zu wählen, dass mit Beständigkeit für sehr lange Zeiträume gerechnet werden kann. Entsprechende Fragen werden heute international diskutiert (z.B. DOE 1999, SKB 1996).

3. Standortbestimmung der Entsorgung

Im Folgenden wird der aktuelle Stand von Rechtslage, Entsorgungsprogramm, Dialog und Partizipation, Forschung, Organisation und Finanzierung unter dem Blickwinkel der geologischen Tiefenlagerung beschrieben. Aufgrund eines Vergleichs des Ist-Zustands mit den Anforderungen an die Lagerung der radioaktiven Abfälle leitet die EKRA ihre Schlussfolgerungen und Empfehlungen im Hauptbericht her.

3.1 Rechtslage

Rechtsgrundlagen

Die Entsorgung radioaktiver Abfälle ist in verschiedenen Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien geregelt, die sich zum Teil nach internationalen Standards richten. Das Atomgesetz vom 23. Dezember 1959, der Bundesbeschluss zum Atomgesetz von 6. Oktober 1978 und das Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1992 stellen hierbei die wichtigsten Rechtsgrundlagen dar. Der Bundesbeschluss hält fest, dass die Verursacher radioaktiver Abfällen diese auf eigene Kosten sicher beseitigen müssen. Vorbehalten bleibt das Recht des Bundes, die radioaktiven Abfälle auf Kosten der Erzeuger selber zu behandeln. Konkrete Bestimmungen zum Umgang mit radioaktiven Abfällen existieren bisher kaum. Künftig soll das Kernenergiegesetz (KEG), das die Entsorgung detaillierter regelt, das Atomgesetz ablösen.

Bewilligungen
für geologische Tiefenlager

Für die Durchführung vorbereitender Untersuchungen und den Bau eines geologischen Tiefenlagers sind neben Bewilligungen des Bundes auch Bewilligungen von Standortkanton und -gemeinde bzw. kantonale Konzessionen erforderlich. Die zeitlich begrenzten kantonalen Konzessionen decken den zur Lagerung radioaktiver Abfälle erforderlichen Zeitraum nicht ab.

Beispiel Wellenberg

Wie schwierig die aktuelle Rechtslage ist, zeigt sich am Beispiel des Projekts für ein SMA-Lager am Wellenberg, Kanton Nidwalden:

Bundesrecht. Um den Standort Wellenberg zu erkunden, ist ein Sondierstollen geplant. Dabei handelt es sich um "vorbereitende Handlungen" im Sinne des Bundesbeschlusses zum Atomgesetz. Nach einem aufwändigen Einspracheverfahren, in dem insbesondere der Standortkanton konsultiert wurde, erteilte der Bundesrat im Jahr 1988 die Bewilligung, den Sondierstollen zu errichten. Die Durchführung der Sondierarbeiten und der damit verbundenen Untersuchungen ist an verschiedene Freigaben durch die Sicherheitsbehörden des Bundes gebunden.

Kantonales Recht. Der geologische Untergrund untersteht dem Kanton. Entsprechend sind für Eingriffe in den Untergrund kantonale Konzessionen erforderlich. 1995 lehnten es die Stimmbürgerinnen und Stimmbürger des Kantons Nidwalden ab, die Konzession für einen Sondierstollen und ein Lager zu erteilen.

Kommunale Kompetenz nach kantonalem Recht. Würde in einer weiteren kantonalen Volksabstimmung die Konzession für den Sondierstollen angenommen, könnte das Projekt erst dann durchgeführt werden, wenn die Gemeinde eine entsprechende Baubewilligung erteilt.

3.2 Entsorgungsprogramm, Inventar und Qualitätssicherung

Radioaktive Abfälle werden konditioniert und zunächst in oberirdischen Zwischenlagern, d.h. dem Zentralen Zwischenlager Würenlingen, dem Bundeszwischenlager am Paul Scherrer Institut und Zwischenlagern bei den Kernkraftwerken, aufbewahrt. Von dort sollen die Abfälle später in geologische Tiefenlager verbracht werden. Zwei Tiefenlager sind in der Schweiz vorgesehen: Ein Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) und ein Lager für hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle (HAA/LMA).

3.2.1 Entsorgungsprogramm, Teil SMA

1985 wies die Nagra anhand des Standorts Oberbauenstock im Kanton Uri nach, dass SMA dauernd und sicher entsorgt werden können. 1987 brachte sie den Wellenberg als günstig erscheinende und gut erkundbare Alternative ins Spiel (KFW 2002). Die drei zuvor in der engeren Wahl stehenden Standorte Bois de la Glaive, Oberbauenstock und Piz Pian Grand erwiesen sich als

Entsorgungsnachweis
und Standortwahl

weniger geeignet oder konnten mit den vom Bundesrat geforderten Bohrungen von der Erdoberfläche aus nicht genügend erforscht werden. Heute stehen sie als Standorte für ein SMA-Lager nicht mehr zur Diskussion. Sondierbohrungen und andere Untersuchungen am Wellenberg zeigten hingegen günstige Resultate, so dass die Nagra im Jahr 1993 diesen Standort mit Zustimmung der Behörden zur vertieften Erkundung auswählte.

In der Folge wurde die Genossenschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg (GNW) gegründet, die 1994 ein Gesuch für die nach kantonalem Recht erforderlichen Konzession für die Nutzung des Untergrunds und ein Rahmenbewilligungsgesuch für ein SMA-Endlager Wellenberg einreichte. Am 25. Juni 1995 lehnten die Stimmbürgerinnen und Stimmbürger des Kantons Nidwalden die Stellungnahme der Nidwaldner Regierung zum Rahmenbewilligungsgesuch und die Erteilung der Konzession zur Nutzung des Untergrundes ab.

Dialog zum
Standort Wellenberg

In den darauf folgenden Jahren befassten sich verschiedene Arbeitsgruppen mit technischen und ökonomischen Fragen. Auf politischer Ebene wurde der "Energie-Dialog Entsorgung" geführt (Ruh 1998). 1999 setzte Bundesrat Leuenberger die EKRA, ein Jahr später der Nidwaldner Regierungsrat die Kantonale Fachgruppe Wellenberg (KFW) ein. Nachdem die KFW zusammen mit HSK und Nagra zentrale technische Fragen geklärt hatte, reichte die GNW im Frühjahr 2001 beim Kanton Nidwalden ein Konzessionsgesuch für einen Sondierstollen ein. Über dieses Gesuch wird die Nidwaldner Bevölkerung am 22. September 2002 abstimmen.

3.2.2 Entsorgungsprogramm, Teil HAA/LMA

Entsorgungsnachweis

Im Hinblick auf die Lagerung der HAA/LMA untersuchte die Nagra seit 1981 das kristalline Grundgebirge in der Nordschweiz. Nachdem sich die Erkundung als schwierig erwiesen hatte, wurden die Untersuchungen auf Sedimentgesteine, insbesondere den Opalinuston, ausgedehnt.

Seit 1994 werden Untersuchungen im Zürcher Weinland durchgeführt. Die seismischen Erkundungen und die Sondierbohrung in Benken zeigten eine günstige geologische Situation mit sehr niedrigen Wasserdurchlässigkeiten an. Auf Grund der positiven Untersuchungsergebnisse beabsichtigt die Nagra, bis Ende 2002 den noch ausstehenden Nachweis der "Gewähr für die sichere und dauernde Entsorgung" der HAA/LMA anhand der Option Opalinuston zu erbringen. Das weitere Vorgehen im Anschluss daran ist noch nicht genauer festgelegt.

Lagerung im Ausland

Für die Entsorgung der HAA/LMA wird von den Betreibern der Kernkraftwerke heute vermehrt eine Lösung im Ausland in Betracht gezogen. Eine konkrete Option zeichnet sich jedoch nicht ab. Verschiedene europäische Länder haben die Einfuhr radioaktiver Abfälle zur Endlagerung gesetzlich verboten.

3.2.3 Abfallinventar

Modellhaftes
Abfallinventar

Im Rahmen der schweizerischen Endlagerprojekte entwickelte die Nagra ein modellhaftes Abfallinventar MIRA. MIRA umfasst die konditionierten und verpackten Abfälle, die von den fünf schweizerischen Kernkraftwerken während einer 40-jährigen Betriebszeit produziert werden, und zudem Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung.

Reales
Abfallinventar

Entsprechend dem tatsächlichen Anfall der radioaktiven Abfälle muss MIRA durch das reale Abfallinventar ersetzt werden. Das definitive Radionuklidinventar und die Menge der zu lagernden Abfälle sind in die Sicherheitsanalyse für einen Lagerstandort einzubeziehen. Beides hängt namentlich vom Brennstoffkreislauf ab, etwa der Verwendung von Uran- oder Uran-Plutonium-Brennelementen (MOX), dem Abbrand der Brennelemente und der Weiterführung bzw. dem Verbot der Wiederaufbereitung. Eine wichtige Rolle spielt die Betriebsdauer der Kernkraftwerke. Nicht abschliessend bekannt sind auch Volumen und Aktivität der radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung.

Aufteilung der Abfälle
auf die Lager

Die Aufteilung der radioaktiven Abfälle auf die beiden Lager ist noch nicht definitiv festgelegt. Das Radionuklidinventar und die Menge der zu lagernden Abfälle bestimmen jedoch die Anforderungen an potenzielle Lagerstandorte mit, so dass es wesentlich ist, möglichst früh Klarheit über das zu erwartende Inventar zu erlangen.

Offene Fragen

Bevor die Rahmenbewilligung für ein Lager erteilt werden kann, müssen offene Punkte zum Sicherheitsnachweis, der Sicherheitsmarge bezüglich den behördlich festgelegten Schutzziele sowie zu Wechselwirkungen zwischen dem Konzept der geologischen Tiefenlagerung und Inventarfragen geklärt werden.

3.2.4 Qualitätssicherung

Für die Umsetzung der Programme SMA und HAA/LMA, für die Festlegung des Inventars, die Einlagerung der Abfälle, die Überwachung und Kontrolle des Lagers sowie für den Verschluss spielt die Qualitätssicherung eine entscheidende Rolle. Dies umso mehr, als verschiedene Akteure über lange

Zeiträume für die Entsorgung verantwortlich respektive zuständig sind. Die Entsorgung stellt hohe fachliche Anforderungen an alle Beteiligten. Qualitätsmanagement-Systeme (QMS) sind bei der HSK und bei den Betreibern von Kernanlagen eingeführt. Ein QMS, das unter anderem die Verantwortlichkeiten, die Zuständigkeiten sowie die technischen und organisatorischen Anforderungen an die Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung aus übergeordneter Sicht regelt, besteht bisher jedoch nicht.

3.3 Dialog und Partizipation

Konflikt und Dialog

Die Entsorgung radioaktiver Abfälle ist konfliktträchtig. Eine Voraussetzung für tragfähige Lösungen stellt daher der gesellschaftliche Dialog dar. Konflikte können entflochten und versachlicht werden, eine differenzierte Argumentation wird möglich. Gemäss Atteslander (2002) ist es wichtig zu erkennen, "dass gesellschaftliche Konflikte niemals gelöst werden, sondern, da es sich um Prozesse handelt, nur geregelt werden können. Konflikte regeln heisst nichts anderes als Dialoge zu führen, ständige, mühsame, gelegentlich erfolglose und schmerzliche".

Förderung des Dialogs

Der Dialog zwischen den Akteuren der nuklearen Entsorgung sowie zwischen diesen Akteuren und der Öffentlichkeit befindet sich noch in den Anfängen. Projekte der letzten Jahre waren der Energiepolitische Dialog des EVED⁵ über die langfristige Energieversorgung und das Programm nach 2000, der Energie-Dialog Entsorgung und die Konfliktlösungsgruppe radioaktive Abfälle (KORA).

Ein institutionalisiertes partizipatives Gremium, das sich mit grundsätzlichen Fragen der Entsorgung befasst und die öffentliche Diskussion fördert, existiert nicht. Einerseits geht es dabei um die Vermittlung von Information und Wissen, andererseits sollten wichtige Grundsatzfragen auch ausserhalb von Fachgremien diskutiert werden.

Entsorgungsrat

Bei der Gestaltung und Ausführung des Entsorgungsprogramms können Dialog und Mitbestimmung durch Einsetzung eines "Entsorgungsrats" gefördert werden. In diesem Gremium sollten beispielsweise Bund, Kantone, Abfallproduzenten und Umweltorganisationen vertreten sein. Der Rat setzt sich mit allgemeinen und konzeptionellen Fragen der nuklearen Entsorgung auseinander und begleitet das Entsorgungsprogramm. Er wird über aktuelle Entwicklungen orientiert und kann Experten anhören.

⁵ heute UVEK

3.4 Forschung

Sicherheit und Wissen

Die im nuklearen Bereich tätigen Institutionen und Personen, d.h. Abfallproduzenten, öffentliche und private Forschungsinstitute sowie die Sicherheitsbehörden, sind international gut organisiert. Regelungen enthalten z.B. das "Übereinkommen über nukleare Sicherheit", das "Gemeinsame Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle und über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente" und diverse Sicherheitsrichtlinien, welche unter anderem im Rahmen der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) oder der Nuklearen Energie Agentur (NEA) der OECD ausgearbeitet wurden. Obwohl bereits gewisse international vernetzte Forschungsaktivitäten zu verzeichnen sind, besteht noch ein erheblicher Bedarf nach unabhängiger Forschung und nach Forschung zur Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung.

Wissen, Ausbildung und Motivation

In der Schweiz wird Fachwissen wesentlich an Hochschulen vermittelt und ist an Forschungstätigkeiten im Bereich der nuklearen Entsorgung gebunden. Das Ausbildungsangebot ist derzeit gering, unabhängige Forschung und Grundlagenforschung existieren praktisch nicht. Das verbreitete Desinteresse zeigt, dass Anreize geschaffen werden müssen, um kompetente und engagierte Fachleute für Fragen rund um die Entsorgung radioaktiver Abfälle zu gewinnen⁶.

Aktuelle Forschungslage

Forschung zur nuklearen Entsorgung wird heute überwiegend als Auftragsforschung der Nagra durchgeführt. Dies betrifft insbesondere die Entsorgungsforschung am Paul Scherrer Institut (PSI) sowie die Forschung in den Felslabors Grimsel und Mont Terri. Mit diesen Untersuchungen können wichtige Fragen abgeklärt werden. Die Forschungsvorhaben sind jedoch auf spezifische projektbezogene Fragestellungen ausgelegt. Eine von den Abfallproduzenten unabhängige Forschung könnte zusätzliche wichtige Beiträge leisten und Fragen aufgreifen, die kurzfristig nicht von Bedeutung scheinen. Eine solche Forschung setzt eine entsprechende Finanzierung voraus.

Forschungsbedarf besteht auch zur Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung. Hierzu gehören namentlich Untersuchungen zu Schnell- und Selbstverschluss sowie zur Dokumentation und Markierung von Lagerstandorten.

⁶ Das Problem stellt sich in ähnlicher Weise für chemische und andere Spezialabfälle.

3.5 Struktur und Zuständigkeiten

Das Kernenergieprogramm in der Schweiz ist von verschiedensten Organisationen und Verwaltungsmodellen geprägt, die oft eine staatliche Beteiligung aufweisen: Kantone als Aktionäre privatwirtschaftlich geführter Kernkraftwerke, der Bund als Genossenschafter der Nagra. Zugleich gehören die Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden zum Bund. Längerfristig wird die Verantwortung für die geologischen Tiefenlager wohl von den Entsorgungsorganisationen an den Bund übergehen. Die Vernetzung zwischen privaten und öffentlichen Interessen, die historisch gewachsen ist, kann im Rahmen des Entsorgungsprogramms kaum entflochten werden.

Abbildung 3 gibt – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – einen Überblick über die heutige Rollenverteilung. In Abbildung 4 ist der Abfallfluss mit den jeweils aktiven Organisationen und Einrichtungen dargestellt. Aus Übersichtlichkeitsgründen wurden die für bestimmte Lagerstandorte zuständigen Behörden und Kommissionen nicht in die Abbildungen einbezogen.

Funktion	Institution	Status
Erzeugung von Abfällen - SMA, LMA, HAA	Kernkraftwerke	Privatrechtliche Unternehmen
- SMA, LMA	Einrichtungen im Bereich Medizin und Industrie	Privatrechtliche oder öffentliche Institutionen
- SMA, LMA, HAA	Einrichtungen im Bereich Forschung	Privatrechtliche oder öffentliche Institutionen
Einsammlung von Abfällen aus Medizin, Industrie, Forschung	Bundesamt für Gesundheit	Behörde des Bundes
Verarbeitung, Konditionierung - SMA aus Kernkraftwerken	Kernkraftwerke	Privatrechtliche Unternehmen
- SMA aus Kernkraftwerken, Medizin, Industrie und Forschung	Zentrales Zwischenlager Würenlingen	Privatrechtliches Unternehmen
- Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung	Paul Scherrer Institut	Forschungsanstalt des Bundes
- Brennelemente aus Kernkraftwerken	Wiederaufbereitungsanlagen British Nuclear Fuel BNFL, Sellafield und COGEMA, La Hague	Privatrechtliches Unternehmen
Zwischenlagerung - SMA, BE	Kernkraftwerke	Privatrechtliche Unternehmen
- SMA, LMA, HAA, BE	Zentrales Zwischenlager Würenlingen	Privatrechtliches Unternehmen
- SMA, LMA	Bundeszwischenlager	Anlage des Paul Scherrer Instituts
Konzeption und Planung geologischer Tiefenlager	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle	Privatrechtliche Genossenschaft mit Beteiligung der Betreiber der Kernkraftwerke und des Bundes
Planung, Bau und Betrieb von geologischen Tiefenlagern - SMA	Genossenschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg	Privatrechtliche Genossenschaft mit Beteiligung der Kernkraftwerkbetreiber und der vorgesehenen Standortgemeinde
- LMA, HAA	Noch zu gründende Betriebsgesellschaft	
Standortsuche, Forschung, Felslabors - Forschung	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle	Privatrechtliche Genossenschaft
- Speziell Leitung Projekt Mt. Terri	Paul Scherrer Institut	Forschungsanstalt des Bundes
	Bundesamt für Wasser und Geologie	Behörde des Bundes
Bewilligungen - Kernkraftwerke, Entsorgungsanlagen	Parlament, Bundesrat	
- Medizin, Industrie und Forschung	Bundesamt für Energie	Behörde des Bundes
	Bundesamt für Gesundheit	Behörde des Bundes
Aufsicht (Beispiele)	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen	Behörde des Bundes
Koordination, Beratung auf der Ebene des Bundes	Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung	Arbeitsgruppe der Behörden
	Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen	Ausserparlamentarische Kommission
	Kommission Nukleare Entsorgung	Ausserparlamentarische Kommission

Abbildung 3: Organisation der Entsorgung radioaktiver Abfälle (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

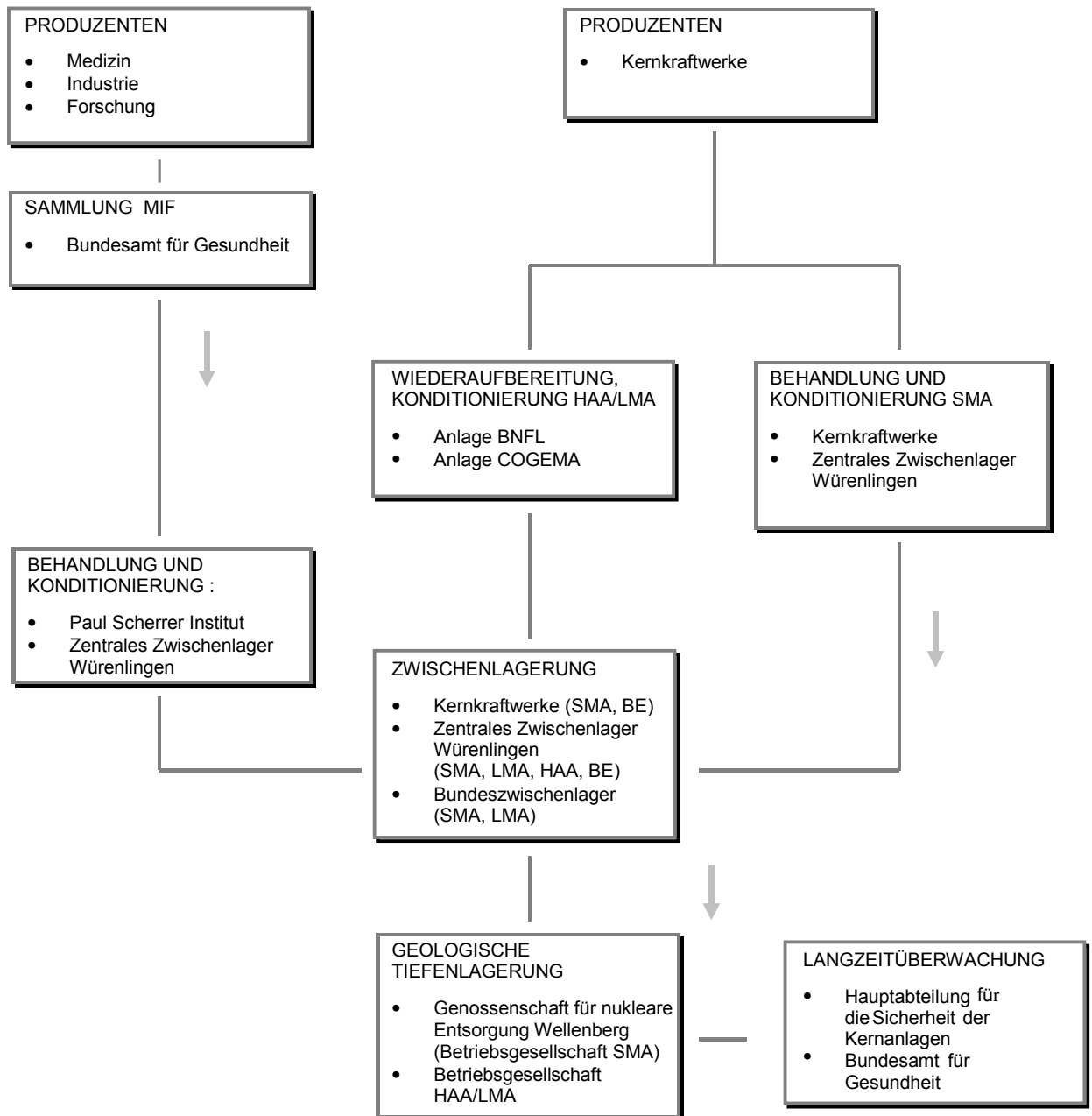


Abbildung 4: Abfallfluss und beteiligte Einrichtungen bzw. Organisationen (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

3.5.1 Bundesebene

Zahlreiche Bundesstellen, Kommissionen und Fachgremien beschäftigen sich mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle. Bewilligungsorgane sind das Parlament, der Bundesrat und das Bundesamt für Energie (BFE); Sicherheits- und Aufsichtsbehörde ist die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), die administrativ dem BFE angegliedert ist. Die Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) berät den Bundesrat und das UVEK; ihr Sekretariat ist administrativ der HSK zugeordnet. Daneben

bestehen weitere Kommissionen und Arbeitsgruppen von Bund und Kantonen. Dazu zählen die Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (AGNEB), die EKRA, die Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) sowie die vom Kanton Nidwalden eingesetzten Kantonale Fachgruppe Wellenberg und Arbeitsgruppe Volkswirtschaft.

Die Behörden, Gremien und Arbeitsgruppen des Bundes, die im Bereich der nuklearen Entsorgung arbeiten, besitzen verschiedene Aufgaben und Kompetenzen:

- Das BFE ist federführend bei der Entsorgung der radioaktiven Abfälle und Bewilligungsbehörde. Die HSK als Aufsichts- und Sicherheitsbehörde ist dem BFE administrativ angegliedert. Um die Unabhängigkeit von Sicherheits- und Bewilligungsbehörde zu gewährleisten, sind derzeit Bestrebungen zur Ausgliederung der HSK im Gang.
- Verantwortlich für die Sammelaktionen, Konditionierung und Zwischenlagerung der MIF-Abfälle ist das Eidgenössische Departement des Innern (EDI). Produziert werden die Abfälle zu einem grossen Teil vom PSI. Das BAG ist Bewilligungs- und Aufsichtsbehörde und führt die Sammelaktionen durch.
- Der Bund ist Genossenschaftler der Nagra und durch das EDI in deren Verwaltungsrat vertreten. Das BFE ist Aufsichts- und Bewilligungsbehörde für Aktivitäten der Nagra. Die Bundesbeiträge an die Nagra werden durch das BFE bezahlt. Die Bundesbehörden erscheinen in der Öffentlichkeit daher teilweise eher als Partei denn als unabhängige Instanzen, welche die Interessen der Bevölkerung vertreten.
- Die AGNEB befasst sich mit Fragen der Entsorgung, begleitet die Bewilligungsverfahren und erarbeitet Stellungnahmen zuhanden des Bundesrates und des UVEK. Ihre Tätigkeiten beschränkten sich seit Jahren im Wesentlichen darauf, die Aktivitäten der verschiedenen anderen Akteure zu beschreiben.
- Die KSA verfasst Stellungnahmen zu den Bewilligungsgesuchen, beobachtet den Betrieb von Kernanlagen, ist beim Erlass von Vorschriften beteiligt und befasst sich mit der Grundlagenbeschaffung und Forschung.
- Die KNE berät das BFE respektive die HSK in wichtigen erdwissenschaftlichen Fragen der nuklearen Entsorgung. Sowohl KSA als auch KNE besitzen in der Öffentlichkeit kein eigenes Profil. Sie erscheinen allenfalls an der Seite des HSK oder durch Informationen aus BFE und UVEK.

Zwischen den verschiedenen Aufgaben und Kompetenzen kommt es teilweise zu Überschneidungen und Konflikten.

3.5.2 Elektrizitätswirtschaft

Nagra, GNW und ZWILAG sind zuständig für die Konzeption, Planung und Bau von geologischen Tiefenlagern sowie die Zwischenlagerung eines Grossteils der radioaktiven Abfälle. Sie werden weitgehend von den Betreibern der Kernkraftwerke finanziert. Für die teilweise auftretenden Akzeptanzprobleme dieser Organisationen können folgende Gründe angeführt werden:

- Nagra und GNW erscheinen – unter anderem aufgrund der wirtschaftlichen Interessen der Abfallproduzenten – trotz behördlicher Aufsicht nicht als glaubwürdige Garanten für die nukleare Sicherheit.
- Die Nagra befasst sich mit den HAA/LMA aus der umstrittenen Wiederaufbereitung.
- Eine erfolgreiche Entsorgung wird als Rechtfertigung für den umstrittenen Betrieb der Kernkraftwerke aufgefasst.
- Lager für radioaktive Abfälle werden grundsätzlich, unabhängig von den beteiligten Akteuren, abgelehnt, etwa aufgrund des Langzeitriskos.

Das Gesetz weist die Verantwortung für die Entsorgung grundsätzlich dem Verursacher zu. Die Entsorgung der Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung durch das EDI erscheint eher als öffentliches, die Entsorgung der Abfälle aus der Nutzung der Kernenergie als privatwirtschaftliches Anliegen. Ungeachtet der Art und Qualität ihrer Arbeit treffen die öffentlichen Akteure tendenziell stärker auf Zustimmung als die überwiegend privatwirtschaftlich organisierten. Dies gilt etwa für die Einsammlung der MIF-Abfälle durch das BAG und die Behandlung der radioaktiven Abfälle durch das PSI.

Die Realisierung des Entsorgungsprogramms wird durch mangelndes Vertrauen in der Öffentlichkeit erschwert. Klare Strukturen und Zuständigkeiten verbessern Transparenz und Akzeptanz und damit auch die Aussichten auf erfolgreiche Umsetzung der Entsorgung.

3.6 Finanzierung

Stilllegung

Die Aufwendungen für die Stilllegung der fünf Kernkraftwerke wurden 1998 auf ungefähr 1.5 Milliarden Franken geschätzt. Die Betreiber der Kernanlagen sind verpflichtet, die entsprechenden finanziellen Mittel in den Stilllegungsfonds für Kernanlagen einzuzahlen. Ende 2001 belief sich das angesammelte Fondskapital auf 908 Millionen Franken.

In jüngster Zeit haben die Betreiber die Stilllegungskosten grundlegend neu berechnen lassen. Demnach fallen die erforderlichen Aufwendungen etwas höher aus als zuvor ermittelt. Die neuen Studien zu den Stilllegungskosten werden zur Zeit von der HSK überprüft.

Entsorgung

Die Entsorgungskosten werden auf insgesamt 13 Milliarden Franken geschätzt. Zu den Entsorgungskosten gehören beispielsweise die Kosten für den Transport, die Behandlung der radioaktiven Betriebsabfälle, die Zwischenlagerung, die Wiederaufbereitung oder Konditionierung zur direkten Endlagerung der abgebrannten Brennelemente sowie die Endlagerung der radioaktiven Abfälle. Die Mittel für die Deckung der Entsorgungskosten werden von den einzelnen Betreibergesellschaften sukzessive erwirtschaftet und zurückgestellt. Die Berechnung der Entsorgungskosten wird gegenwärtig von den Betreibern aktualisiert. Dabei wird mit einem tieferen Finanzbedarf, als bisher erwartet, gerechnet. Sobald die neuen Untersuchungen zu den Entsorgungskosten vorliegen, werden sie von der HSK ebenfalls überprüft.

Die Finanzierung für die laufend anfallende Entsorgungskosten und für die nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke anfallenden Kosten ist unterschiedlich geregelt:

- *Laufend anfallende Entsorgungskosten.* Rund ein Drittel der Entsorgungskosten fällt vor Betriebsende an. Die Betreiber bezahlen diesen Teil der Kosten über die laufende Rechnung oder durch Auflösung von Rückstellungen. Die bis Ende 2000 bereits bezahlten Kosten beliefen sich auf rund 3.4 Milliarden Franken. Die Höhe der jährlichen Aufwendungen wird im Wesentlichen von den Betreibern der Kernkraftwerke selbst bestimmt. Der Aufwand für die laufenden Arbeiten in der Entsorgung ist heute rückläufig (Nagra 2001), obwohl die Entsorgungsprogramme noch weit von einer Vollendung entfernt sind.
- *Entsorgungskosten nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke.* Nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke werden die Entsorgungskosten über den Entsorgungsfonds gedeckt. In den im Jahr 2000 geschaffenen

Fonds mussten 2001 erstmals Beiträge eingezahlt werden. Dabei haben die Betreibergesellschaften der Schweizer Kernkraftwerke total 1'440 Millionen Franken eingebracht. Im Jahr 2002 werden dem Fonds weitere Mittel zufließen. Der Fonds stellt eine geeignete Massnahme zur finanziellen Sicherung der Entsorgung über den Betrieb der Werke hinaus dar. Noch nicht festgelegt sind die Dauer der Beobachtungsphase eines geologischen Tiefenlagers bzw. welche Mittel für diese Phase dem Fonds zuzuführen sind. Daneben stellt sich die Frage, ob finanzielle Mittel für die Umweltüberwachung nach dem Verschluss des Lagers zurückgestellt werden sollen und wie eine Rückholung aus Sicherheitsgründen zu finanzieren ist.

Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung werden durch das BAG gesammelt und zur Entsorgung ans PSI überführt. Die Entsorgungskosten werden teilweise durch Gebühren gedeckt. Für die Entsorgung der Abfälle aus dem Bundesbereich kommt letztlich der Bund auf.

Durch die zielgerichtete Umsetzung des Entsorgungsprogramms und eine rasche Realisierung konkreter Lagerprojekte werden finanzielle Unsicherheiten vermindert. Die Kostenschätzungen, welche die Basis für die Berechnung der Fondsbeiträge bilden, werden gegenwärtig von den Behörden überprüft. Offen bleibt die Frage, wann die Interessen künftiger Generationen durch die Tiefenlagerung nicht mehr berührt sind. Daneben ist weiteren Unsicherheiten in Bezug auf die künftigen Entwicklungen Rechnung zu tragen.

4. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematisches Konzept der geologischen Tiefenlagerung

Abbildung 2: Operative Phasen der Lagerung

Abbildung 3: Organisation der Entsorgung radioaktiver Abfälle

Abbildung 4: Abfallfluss und beteiligte Einrichtungen bzw. Organisationen

5. Bibliografie

- Atteslander P. (2002): Neue gesellschaftliche Anforderungen an die öffentliche Verwaltung, Public Management 1/2002
- Birnbacher, D. (1994): Verantwortlichkeit für zukünftige Generationen, Stuttgart, Reclam, 1988 / Trad. française : La Responsabilité envers les générations futures, Paris, P.U.F., 1994
- Bonss, W. (1995): Vom Risiko, Unsicherheit und Ungewissheit in der Moderne, Hamburger Edition, Hamburg
- DOE (1999): Waste Isolation Pilot Plant. How Will Future Generations Be Warned? U.S. Department of Energy, Carlsbad
- EKRA (2000): Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle, Schlussbericht, Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle, Bern
- KFW (2002): Bericht zur Standortwahl Wellenberg, Kantonale Fachgruppe Wellenberg, Stans
- Nagra (1978): Konzept für die nukleare Entsorgung in der Schweiz, Verband schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE), Gruppe der Kernkraftwerkbetreiber und -projektanten (GKBP), Konferenz der Überlandwerke (UeW) und Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA)
- Nagra (2001): Jahresbericht 2000, Wettingen
- NEA (1995): Future Human Actions at Disposal Sites, Nuclear Energy Agency, Paris
- OECD (1992): Le Principe Pollueur-Payeur, Monographie sur l'environnement, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- Ruh, H. (1998): Energie-Dialog Entsorgung, Schlussbericht des Vorsitzenden zu Handen des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Energie, Bern
- SKB (1996): Information, conservation and retrieval, SKB Technical Report 96-18, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management, Stockholm

- Van Parijs, Ph. (1996): La justice entre générations, in Wallonie 41, 1995, 7-15 (Version augmentée dans P. Van Parijs, Refonder la solidarité, Paris, Cerf, 1996)