



Entsorgungsstrategie Slowakische Republik

Fachstellungnahme zur Strategischen Umweltprüfung



lebensministerium.at



Gruppe Ökologie



umweltbundesamt^u

ENTSORGUNGSSTRATEGIE SLOWAKISCHE REPUBLIK

**Fachstellungnahme zur
Strategischen Umweltprüfung**

Antonia Wenisch
Wolfgang Neumann
Gabriele Mraz
Oda Becker

Im Auftrag des
Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft,
Abteilung V/6 „Nuklearkoordination“



lebensministerium.at



Gruppe Ökologie

REPORT
REP-0130

Wien, 2008



Projektmanagement

Franz Meister, Umweltbundesamt

AutorInnen

Antonia Wenisch, Österreichisches Ökologie-Institut

Wolfgang Neumann, Gruppe Ökologie e.V.

Gabriele Mraz, Österreichisches Ökologie-Institut

Oda Becker, Hannover

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <http://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2008

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-85457-929-2

INHALT

1	EINLEITUNG	5
2	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	6
2.1	Überblick über die Entsorgungsstrategie	6
2.2	Vergleich und Bewertung der Entsorgungsstrategie in Bezug auf die SUP Richtlinie	6
2.3	Vergleich und Bewertung der vorgelegten Entsorgungsstrategie im internationalen Kontext	7
2.3.1	Entsorgung nicht oder geringfügig radioaktiver Abfälle	8
2.3.2	Freigabe geringfügig radioaktiver Abfälle	8
2.3.3	Entsorgung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle	9
2.3.4	Entsorgung des bestrahlten Kernbrennstoffs	10
2.4	Finanzierung der Entsorgungsstrategie	13
3	SUMMARY AND CONCLUSIONS	14
3.1	Overview of the backend strategy	14
3.2	Comparison and evaluation of the backend strategy concerning the SEA directive	14
3.3	Comparison and evaluation of the backend strategy in international context	15
3.3.1	Disposal of non radioactive or very low radioactive waste	16
3.3.2	Clearance of very low level waste (VLLW)	16
3.3.3	Disposal of low and intermediate radioactive waste (LILW)	16
3.3.4	Disposal of spent fuel	18
3.4	Financing of the backend strategy	20
4	ÜBERBLICK ÜBER DIE ENTSORGUNGSSTRATEGIE IN DER SLOWAKISCHEN REPUBLIK	21
4.1	Entsorgungsstrategie	21
4.2	Atomanlagen in der Slowakischen Republik	23
4.3	Zuständigkeiten für die Entsorgung	23
5	VERGLEICH MIT DER SUP-RICHTLINIE	24
5.1	Inhalt des UVP-Berichts	24
5.2	Derzeitiger Zustand der Umwelt	25
5.3	Voraussichtliche erhebliche Umweltauswirkungen	26
5.4	Gründe für die Wahl der geprüften Alternative	28
5.5	Geplante Maßnahmen zur Überwachung	29
6	VERGLEICH UND BEWERTUNG DER VORGELEGTEN ENTSORGUNGSSTRATEGIE IM INTERNATIONALEN KONTEXT	30
6.1	Übergeordnete Aspekte	30
6.1.1	Klassifizierung der Abfälle	30

6.1.2	Grundsätzliches Vorgehen	33
6.1.3	Entscheidung über endgültigen Verbleib bestrahlter Brennelemente	34
6.2	Entsorgung nicht oder geringfügig radioaktiver Abfälle.....	37
6.2.1	Nicht radioaktive Abfälle	37
6.2.2	Freigabe geringfügig radioaktiver Abfälle	37
6.2.3	Endlagerung geringfügig radioaktive Abfälle	39
6.3	Entsorgung radioaktiver Abfälle	40
6.3.1	Zwischenlagerung	40
6.3.2	Konditionierung.....	41
6.3.3	Endlagerung	43
6.4	Entsorgung bestrahlten Kernbrennstoffs.....	46
6.4.1	Zwischenlagerung	46
6.4.2	Endlagerung	49
7	ATOMFONDS	54
8	FRAGEN	57
9	GLOSSAR.....	60
10	LITERATUR	61



1 EINLEITUNG

Zur geplanten Entsorgungsstrategie für radioaktive Abfälle in der Slowakischen Republik wird eine strategische Umweltprüfung nach slowakischem Recht durchgeführt. Zuständige Behörde für die Strategische Umweltprüfung (SUP) ist das slowakische Ministerium für Umwelt. Antragstellerin ist der Verwaltungsrat des Nationalen Atomfonds zur Dekommissionierung von Nuklearanlagen und Entsorgung von Nuklearenbrennstoff und radioaktiven Abfällen.

Das slowakische Umweltministerium hat der Republik Österreich gemäß Artikel 7 der SUP-Richtlinie die Notifikation, die Entsorgungsstrategie der Kernenergienutzung und den UVP-Bericht übermittelt. Es ist zu betonen, dass es sich bei den entsprechenden Dokumenten um die Darstellung und Erörterung von Entsorgungsstrategien handelt, nicht jedoch um konkrete Projekte.

Das österreichische Ökologie-Institut wurde vom Umweltbundesamt mit der Ausarbeitung einer Stellungnahme zur Entsorgungsstrategie beauftragt. Diese wird in Zusammenarbeit mit Wolfgang Neumann von der Gruppe Ökologie und Oda Becker, wissenschaftliche Konsultantin, beide aus Hannover, erstellt.

Die Fachstellungnahme setzt sich mit den beiden folgenden slowakischen Dokumenten (in deutscher Übersetzung) auseinander:

- Nationaler Atomfonds (2008a): Nukleare Entsorgungsstrategie (Back-End). UVP-Bericht zur nuklearen Entsorgungsstrategie.
- Nationaler Atomfonds (2008b): Entsorgungsstrategie der Kernenergienutzung (Back-End).

Die Stellungnahme ist folgendermaßen gegliedert: In Kapitel 2 erfolgt eine ausführliche Zusammenfassung der Fachstellungnahme (in Kapitel 3 in englischer Fassung). Kapitel 4 gibt einen kurzen Überblick über die Entsorgungsstrategie. In Kapitel 5 wird der UVP-Bericht mit der Richtlinie 2001/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme (SUP-Richtlinie 2001) abgeglichen. Vergleichende Bewertungen der vorgelegten Strategie erfolgen in Kapitel 6 mit den Ländern Schweiz, Frankreich und Deutschland. Im letzten Kapitel werden die Kosten der Entsorgungsstrategie diskutiert.

2 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

2.1 Überblick über die Entsorgungsstrategie

Die vorgelegte Entsorgungsstrategie soll das Vorgehen bis zum Jahr 2025 vorgeben und einen Ausblick bis Ende des 21. Jahrhunderts geben. Des Weiteren steht die Strategie auch im Zusammenhang mit der Finanzierung der einzelnen Projekte und Tätigkeiten zur Entsorgung der nuklearen Abfälle und dem Abbau der Kernkraftwerke.

Ausgangspunkt für die vorgelegte Entsorgungsstrategie ist die Stilllegung von Reaktoren am Standort Bohunice. Für die Entsorgung der dabei anfallenden Abfälle werden folgende Kategorien gebildet:

- Nicht radioaktive Abfälle
- Radioaktive Stoffe geringfügiger Aktivität
- Radioaktive Abfälle
- Bestrahlter Kernbrennstoff

Die vorgelegten Dokumente zur Entsorgungsstrategie enthalten keine Angaben zu Aktivitätsgrenzen für die Kategorisierung radioaktiver Abfälle.

Hinsichtlich der Dekommissionierung von Kernkraftwerken setzt die Entsorgungsstrategie auf den unmittelbaren Beginn des Abbaus nach der Phase der Betriebsbeendigung, d. h. nach Entfernung der Betriebsabfälle und der abgebrannten Brennelemente aus dem Lagerbecken im Kernkraftwerk.

Die Entscheidung über den endgültigen Verbleib der Brennelemente ist offen. Vier Optionen werden hierfür in Betracht gezogen:

- Endlagerung der bestrahlten Brennelemente in einem Tiefenlager auf dem Territorium der Slowakischen Republik,
- Wiederaufarbeitung der bestrahlten Brennelemente im Ausland,
- Endlagerung der bestrahlten Brennelemente in einem regionalen Tiefenlager,
- Export der bestrahlten Brennelemente in die Russische Föderation (ohne Angabe des Verbleibs).

2.2 Vergleich und Bewertung der Entsorgungsstrategie in Bezug auf die SUP Richtlinie

In Bezug auf die SUP Richtlinie werden alle verlangten Themen im UVP-Bericht zur nuklearen Entsorgungsstrategie behandelt und größtenteils in Form eigener Kapitel dargestellt.

Im UVP-Bericht fehlen übersichtlich aufsummierte Angaben zur Menge des bisher angefallenen und für die Zukunft prognostizierten radioaktiven Mülls (abgesehen von den Brennelementen).

Die Entsorgungsstrategie verursacht laut UVP Bericht nicht nur keine relevanten Umweltprobleme, sie wird sogar positive Umweltaktivität per se bezeichnet.

Die Darstellung möglicher Umweltauswirkungen der Entsorgung radioaktiver Abfälle im UVP-Bericht erfolgt keinesfalls vollständig.

Wesentliche Risiken für Umwelt und Gesundheit werden nicht behandelt:

- Unfälle in den Zwischenlagern
- Bituminierung radioaktiver Abfälle
- Freigabe von radioaktivem Material in die Umwelt
- Transporte von radioaktiven Abfällen und abgebranntem Brennstoff
- Nicht radioaktive Emissionen aus der Behandlung nuklearer Abfälle

Insbesondere das Nasslager für abgebrannte Brennelemente (BE) in Bohunice stellt eine Gefahrenquelle für eine signifikante Freisetzung radioaktiver Stoffe dar, was aber im UVP-Bericht nicht behandelt wird.

Im UVP Bericht wird lediglich ein Vergleich der Umweltauswirkungen der Nullvariante (keine Strategie) mit einer Strategie behandelt. Die möglichen Varianten im Rahmen der Entsorgungsstrategie werden nicht in Bezug auf ihre Umweltauswirkungen betrachtet, auch wenn diese Alternativen in der Strategie erwähnt werden. Das betrifft einerseits die vier Optionen für den endgültigen Verbleib der BE und andererseits die unterschiedlichen Optionen für die Dekommissionierung der Kernkraftwerke. Deren Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit wären leicht darzustellen, da sie bereits in der UVP zum Abbau von EBO V1 abgeschätzt wurden.

Einen wichtigen Beitrag zur Verringerung der Umweltrisiken würden die zügige Errichtung des Behälterlagers in Mochovce und eine vorzeitige Beendigung der Nasslagerung darstellen. Zumindest auf eine Betriebsverlängerung des Nasslagers sollte verzichtet werden.

2.3 Vergleich und Bewertung der vorgelegten Entsorgungsstrategie im internationalen Kontext

Im Vergleich lässt sich feststellen, dass die **Klassifizierung der radioaktiven Abfälle** in der Slowakischen Republik mit der der IAEA kompatibel ist.

Als wesentliche **Methoden im Umgang mit radioaktiven Abfällen** im Rahmen der Slowakischen Entsorgungsstrategie werden genannt:

- Lagerung und Zerfall
- Konzentration und Isolation
- Verdünnung und Verteilung

Die Abklinglagerung von Materialien mit kurzlebigen Radionukliden ist international üblich, insbesondere für Abfälle aus Medizin und Forschung, aber auch für Abfälle mit Radionukliden, deren Halbwertszeit wenige Jahre beträgt. **Lagerung und Zerfall** ist internationaler Stand der Technik.

Die Methode **Konzentration und Isolation** wird weltweit für den Umgang mit radioaktiven Abfällen aus der Nuklearenergie eingesetzt.

Die dritte Methode **Verdünnung und Verteilung** wird von der IAEA als legitimes Vorgehen angesehen (IAEA 2000b). Jedoch wird in den Sicherheitsprinzipien der IAEA ausgeführt, dass Freisetzungen während der Entsorgung auf das Minimum des Praktikablen beschränkt werden sollen. Dies ist ein irreversibler Vorgang, der

nur in begrenztem Umfang genutzt werden sollte. Die bevorzugte Methode sollte „**Konzentration und Rückhaltung**“ der Radionuklide sein (IAEA 1995). Daraus folgt, dass in Atomanlagen anfallende Stoffe bzw. Abfälle grundsätzlich nicht gezielt verdünnt und verteilt werden sollten. Soweit eine Rückhaltung und Konzentrierung von Radionukliden mit technisch vertretbarem und dem Strahlenschutz dienendem Aufwand möglich ist, muss dies auch erfolgen.

2.3.1 Entsorgung nicht oder geringfügig radioaktiver Abfälle

Im Falle von Stilllegungen kerntechnischer Anlagen wird davon ausgegangen, dass die Strukturen und Stoffe, die nicht Bestandteil von Kontrollbereichen der Anlagen waren, nicht radioaktiv kontaminiert sind und damit als konventionelle Abfälle beseitigt werden können.

Die Behandlung von bei der Stilllegung außerhalb der Kontrollbereiche anfallenden Abfällen als konventionelle Abfälle ist international üblich. Eine vorhergehende Plausibilitätsbetrachtung zur Kontaminationsfreiheit gegenüber der Genehmigungs- oder Aufsichtsbehörde ist jedoch geboten und aus Gründen des Umweltschutzes auch sinnvoll.

2.3.2 Freigabe geringfügig radioaktiver Abfälle

Die geringfügig radioaktiven Abfälle wurden bisher offenbar wie die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle behandelt. In Zukunft ist geplant, hier eine Aufteilung vorzunehmen in Abfälle, die freigegeben werden können und solche, die in ein spezielles Endlager verbracht werden können. Diese beiden Möglichkeiten werden in den vorgelegten Unterlagen nebeneinander stehend genannt, ohne dass eine Abgrenzung enthalten wäre. Die Freigabe wird als eine Optimierung der Menge radioaktiver Stoffe gesehen.

Die Freigabe radioaktiver Stoffe mit geringfügiger Radioaktivität wird zwar nicht in allen Staaten angewendet, entspricht aber internationaler Praxis. Als Kriterium werden dabei in der Regel die 10 $\mu\text{Sv/a}$ herangezogen. Die konkreten Werte, die für eine Freigabe zulässigen Aktivitätsinventare unterscheiden sich jedoch von Staat zu Staat, da sie von den jeweiligen Randbedingungen abhängig sind.

Nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen die in der Slowakische Republik geltenden 50 $\mu\text{Sv/a}$ Individualdosis bei Nachweis, dass es sich um einen optimalen Umgang handelt. Dies widerspricht den Empfehlungen der IAEA (IAEA 1988) und verstößt gegen die EU Grundnorm zum Strahlenschutz (EU RL 1996).

Die in den vorliegenden Unterlagen an einigen Stellen enthaltenen Zusammenhänge zwischen Optimierung und Freigabe radioaktiver Abfälle sind nicht nachvollziehbar. Sollte damit gemeint sein, durch Optimierung die Aktivitätskonzentrationen in Stoffen und Abfällen so zu steuern, dass eine möglichst große Menge davon freigegeben werden kann, ist das nicht akzeptierbar. Ein solches Vorgehen wäre nicht mit dem ALARA-Prinzip vereinbar. Es würde auch gegen die EU-Grundnorm für den Strahlenschutz verstoßen, nach der sicher gestellt werden soll, dass im Rahmen von Optimierung die Expositionen stets so niedrig gehalten werden, wie dies unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen und sozialen Faktoren möglich und vertretbar ist (EU RL 1996).



Für den Verbleib von geringfügig radioaktiven Abfällen, die bisher gemeinsam mit den schwach- und mittelradioaktiven Abfällen im Republiklager Mochovce endgelagert werden, gibt es in der Slowakischen Republik Überlegungen, sie in einem eigenen Endlager mit geringeren Sicherheitsanforderungen endzulagern. Diese Entsorgungsmethode bietet bei Einhaltung bestimmter Sicherheitsstandards einen nachhaltigeren Schutz von Mensch und Umwelt als die Freigabe entsprechender Materialien. Die Einrichtung eines solchen Endlagers in der Slowakischen Republik wäre daher zu begrüßen.

2.3.3 Entsorgung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle

2.3.3.1 Zwischenlagerung

Die Zwischenlagerung der anfallenden radioaktiven Abfälle erfolgt gegenwärtig – wie für WWER international üblich – in der jeweiligen Reaktoranlage. Da neben den Betriebsabfällen künftig auch vermehrt Stilllegungsabfälle aus dem Reaktor Bohunice A1 anfallen und ein Lager für Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie sowie zur Pufferung von Abfällen vor und nach ihrer Konditionierung erforderlich ist, soll ein neues Zwischenlager (Integriertes Zwischenlager) errichtet werden.

Der am besten geeignete Standort dafür ist Bohunice, da hier die meisten radioaktiven Abfälle anfallen, und auch die zentrale Anlage zur Konditionierung fester radioaktiver Stoffe betrieben wird. Auch von der IAEA wird empfohlen, Zwischenlager für radioaktive Abfälle am Standort einer kerntechnischen Anlage zu errichten. Dadurch würden auch Zahl und Streckenlänge von Transporten radioaktiver Abfälle und damit das Unfallrisiko verringert.

Die vorgelegten Unterlagen enthalten keine Angaben darüber, für welchen Zeitraum die Zwischenlagerung der Abfälle längstens vorgesehen und wie das Zwischenlager sicherheitstechnisch ausgelegt ist. Hierzu kann deshalb keine Bewertung vorgenommen werden. Bei einer längerfristigen Zwischenlagerung ist jedoch eine grundlegende periodische Sicherheitsüberprüfung zu fordern.

2.3.3.2 Konditionierung

In der Entsorgungsstrategie sind je eine Konditionierungsanlage in Bohunice und Mochovce vorgesehen.

In Bohunice sind Konditionierungsanlagen mit verschiedenen Behandlungsmethoden für feste Abfälle aus der ganzen Republik und für flüssige Abfälle vom Standort Bohunice in Betrieb. Darunter sind auch drei Bituminierungsanlagen für Konzentrate und Ionentauscher. Die endlagerfertige Konditionierung wird in Bohunice durch Zementierung der entstandenen Abfallgebinde in Containern vorgenommen.

In Mochovce werden Anlagen zur Konditionierung nicht brennbarer flüssiger Abfälle vom Standort betrieben. Vorgesehen ist auch eine Anlage zur Endkonditionierung von Abfällen in Faserbetoncontainer.

Die Konditionierung sollte möglichst bald nach Anfall von radioaktiven Abfällen erfolgen. Die IAEA bezeichnet es als „good practice“ wenn keine unkonditionierten Abfälle gelagert werden.

Die in der Slowakischen Republik angewendeten Methoden zur Konditionierung werden überwiegend auch in den in dieser Stellungnahme berücksichtigten Vergleichsstaaten eingesetzt. Die Konditionierung entspricht also dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik (IAEA 2000b).

Dennoch wird die Konditionierungsmethode der Bituminierung zur Verfestigung flüssiger radioaktiver Abfälle als problematisch angesehen. Die Tatsache, dass Konditionierungsmethoden zur Verfügung stehen, die die Probleme der Bituminierung (erhöhtes Unfallrisiko bei der Konditionierung und Gasbildung bei Lagerung) vermeiden, legt einen Verzicht auf die Bituminierung nahe (Hirsch et al. 2006).

2.3.3.3 Endlagerung

Im Republiklager in Mochovce erfolgt die Endlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen. Das Endlager befindet sich an der Oberfläche und besteht aus zwei doppelreihigen Betonboxen, in die die Abfälle gestapelt werden. Die festen oder verfestigten Abfälle sind in Faserbetoncontainer einzementiert. Der endgültige Verschluss des Lagers soll nach Durchführung eines eigenen Genehmigungsverfahrens etwa 2080 erfolgen. Dann ist eine institutionelle Kontrolle für mindestens 300 Jahre vorgesehen. Im Lager sollen alle schwach- und mittelradioaktiven Stoffe endgelagert werden, die in der Slowakischen Republik anfallen, also auch Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung.

Weltweit wird für Abfälle dieser Art sowohl die Oberflächenendlagerung als auch die Endlagerung in tieferen geologischen Schichten durchgeführt. Die Tiefenlagerung ist aus Strahlenschutzgründen für die gegenwärtig und zukünftig lebende Bevölkerung zwar zu bevorzugen, aber die Oberflächenendlagerung in Mochovce entspricht den IAEA-Anforderungen und auch dem internationalen Stand der Technik. Grundsätzlich gilt das auch für die Art der Einlagerung der radioaktiven Abfälle und das Verschließen des Endlagers sowie die Kontrolle nach Verschluss für ca. 300 Jahre. Die Oberflächenendlagerung ist im Vergleich zur Endlagerung in tiefen geologischen Schichten weniger sicherheitsorientiert. Es ist daher verstärkt auf eine Begrenzung des Inventars langlebiger Radionuklide und des Gesamtinventars zu achten. Dies muss insbesondere bei der geplanten Erweiterung in Mochovce beachtet werden.

2.3.4 Entsorgung des bestrahlten Kernbrennstoffs

2.3.4.1 Entscheidung über den endgültigen Verbleib bestrahlter Brennelemente

Derzeit soll keine der in 2.1. genannten vier Optionen zum Verbleib der bestrahlten Brennelementen ausgeschlossen werden. Die endgültige Entscheidung über den Umgang mit bestrahlten Brennelementen soll weit in die Zukunft verschoben werden.

Die Verbringung gefährlicher Stoffe in einen anderen Staat ohne Rücknahme eines äquivalenten Risikopotenzials ist mit den ethischen Grundsätzen im heutigen Europa nicht vereinbar. Die Einhaltung der grundlegenden Prinzipien der IAEA für den Umgang mit radioaktiven Abfällen wäre bei dieser Lösung nicht sichergestellt (IAEA 1995: S. 312). Die Option der Lieferung der Brennelemente in die Russische Föderation ist daher abzulehnen. Dies gilt auch für die Option der Wiederaufarbeitung, da diese mit zahlreichen zusätzlichen Sicherheitsproblemen verbunden ist.

In den meisten die Kernenergie zur Stromproduktion nutzenden Staaten wird die „direkte“ Endlagerung von bestrahlten Brennelementen als die beste Lösung angesehen.

Laut IAEA sollten idealer Weise bei Beginn der Stilllegung von Reaktoren bereits alle Entsorgungsanlagen vorhanden sein. Wenn nicht, soll die Entwicklung mit Priorität betrieben werden (IAEA 2005, S.6).

Die Verschiebung der Entscheidung über den endgültigen Umgang mit den bestrahlten Brennelementen aus den slowakischen Reaktoren ist daher nicht akzeptabel. Dies gilt insbesondere, wenn der Zeitpunkt der Entscheidung nicht festgelegt ist. Im Interesse Österreichs liegt eine möglichst frühe Entscheidung und ggf. Realisierung eines Endlagers. Bei einer den internationalen Anforderungen entsprechenden Endlagerung sind Auswirkungen im Störfall auf österreichisches Gebiet auf jeden Fall geringer als bei einer oberirdischen Zwischenlagerung in einem Nasslager und möglicherweise gar nicht gegeben.

Eine zügige Entscheidung der Slowakischen Republik für die Endlagerung der bestrahlten Brennelemente wäre daher zu begrüßen.

2.3.4.2 Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente

Die Brennelemente lagern nach ihrer Nutzung im Reaktor zunächst für 3-7 Jahre in den Abklingbecken an den Reaktoren. Danach werden sie bis zum weiteren Umgang in ein externes Zwischenlager überführt. Dort ist eine längerfristige Zwischenlagerung vorgesehen.

Am Standort Bohunice ist bereits seit 1987 ein Zwischenlager in Betrieb. Es handelt sich um ein Nasslager. Nach dem ursprünglichen Konzept für den Betrieb dieses Zwischenlagers sollten die Brennelemente darin bis zu zehn Jahren lagern. Um die Aufnahme von einer größeren Anzahl von Brennelementen über einen längeren Zeitraum zu ermöglichen, wurde im Jahr 1996 mit einem Umbau des Zwischenlagers begonnen. Die Auslegung gegen Erdbeben wurde verbessert und durch schrittweise Veränderung der Lagergestelle im Becken wurde die Kapazität erhöht. Die genehmigte Betriebszeit wurde auf 50 Jahre bis 2047 verlängert.

Für das Jahr 2017 ist die Inbetriebnahme eines Zwischenlagers für bestrahlte Brennelemente in Mochovce vorgesehen. Der ursprünglich vorgesehene Inbetriebnahmezeitpunkt wurde damit um zehn Jahre nach hinten verschoben. Dieses Zwischenlager soll auf dem Prinzip der trockenen Behälterlagerung beruhen.

Die Nasslagerung bestrahlter Brennelemente in Bohunice entspricht dem internationalen Stand der Technik. Allerdings ist in Bohunice eine langfristige Zwischenlagerung ohne absehbares Ende vorgesehen. Unter diesen Umständen ist die Nasslagerung nicht mehr als optimaler Stand der Technik anzusehen. Zwei kritische Aspekte sind die Integrität der Brennstoffhüllen und die Handhabbarkeit der Brennelemente nach einigen Jahrzehnten Lagerdauer im Nasslager. Die Aussage der Repräsentanten der Slowakischen UJD, dass bisher keine Leckagen an Brennelementen im Zwischenlager Bohunice festgestellt wurden, ist wenig aussagekräftig, da die Brennelemente bisher weniger als zehn Jahre in Bohunice gelagert wurden. Alle von der IAEA empfohlenen Sicherheitsanforderungen werden von der trockenen Behälterlagerung besser erfüllt als von einem Nasslager.

International ist mit zunehmender Perspektive lang andauernder Zwischenlagerung daher auch ein Trend zur trockenen Lagerung festzustellen.

Bei der nassen Zwischenlagerung ist der radioaktive Quellterm im Falle von schweren Störfällen oder gezielten Einwirkungen Dritter deutlich höher als bei der trockenen Zwischenlagerung. Daher sind mögliche Auswirkungen auf österreichisches Staatsgebiet potenziell viel größer als bei entsprechenden Vorkommnissen in Standort-Zwischenlagern (Trockenlager) in Deutschland. Die Gefahr durch einen terroristischen Angriff auf ein Zwischenlager wird mit Bezug auf die Ereignisse am 11.09.2001 in New York auch von der EU-Kommission betont (EU COM 2002).

Auf die geplante Leistungserhöhung der Reaktoren EMO 1/2, mit der ein höherer Abbrand des Brennstoffs verbunden ist, wurde in der Entsorgungsstrategie nicht eingegangen. Dies ist jedoch mit erhöhten Sicherheitsanforderungen an das Zwischenlager verbunden. Vor diesem Hintergrund kann die Forderung gestellt werden, Bau und Inbetriebnahme des Zwischenlagers in Mochovce zu beschleunigen und seine Kapazität für die Aufnahme aller Brennelemente aus Mochovce und Bohunice zu erweitern.

2.3.4.3 Endlagerung der abgebrannten Brennelemente

In dieser Fachstellungnahme wird in Bezug auf die Entsorgung bestrahlter Brennelemente und hochradioaktiven Mülls von einer Endlagerung in einer tiefen geologischen Formation (Tiefenlager) ausgegangen.

In der Slowakischen Republik wurde mit einem Standortauswahlverfahren begonnen. Auf der Grundlage vorhandener Informationen wurden unter Heranziehung bestimmter Kriterien 15 Standorte ausgewählt. Dabei wurden zwei Gesteinsformationsarten berücksichtigt, Hartgestein (Granit) und Sedimentgestein (Ton). Nach vertiefter Auswertung der Informationen zu den Standorten wurden für das weitere Verfahren drei Standorte im Granit und zwei im Ton ausgewählt. Die begonnenen untertägigen Untersuchungen wurden im Jahr 2001 vorläufig unterbrochen. Bei einer Fortführung des Standortsuchverfahrens wird die Notwendigkeit einer „wirklichen Einbindung der Öffentlichkeit“ gesehen.

Das Einfrieren des slowakischen Rahmenplans zur Entwicklung eines Endlagers ist kritisch zu bewerten, da somit kein eigener Beitrag zur Lösung dieses Problems stattfinden kann.

Nach Stand von Wissenschaft und Technik sind Endlager für bestrahlte Brennelemente in tiefen geologischen Formationen realisierbar. Es wurden große Fortschritte in Bezug auf Durchführung von Sicherheitsanalysen gemacht. Die Tiefenlagerung der gefährlichen Abfälle kann als die sicherheitstechnisch beste Lösung für den Umgang mit den radioaktiven Abfällen angesehen werden. Die Ergebnisse der Sicherheitsanalysen sind dennoch mit Unsicherheiten behaftet. Insbesondere die langfristige Wirksamkeit der technischen und geologischen Barrieren kann nicht mit letzter Sicherheit beurteilt werden, da die notwendigen Zeiträume für Erfahrungen und Experimente viel zu lang sind.

Ein wesentlicher sicherheitsrelevanter Aspekt ist die Standortauswahl. Sie dient sowohl der sicherheitstechnischen Optimierung als auch der Erhöhung der Akzeptanz bei AnwohnerInnen. Dabei muss aber gelten: Sicherheit geht vor allen anderen Gesichtspunkten! Bei der Standortauswahl ist es wesentlich, dass der Auswahlprozess nachvollziehbar und transparent sowie frei von Willkür abläuft (schrittweise kriteriengesteuertes Verfahren). Gewicht muss ebenfalls auf die Methodik der Standortauswahl gelegt werden.

Die Standortsuche ist nicht nur ein naturwissenschaftlich-technisches Problem, sondern genauso ein gesellschaftliches Problem. Deshalb ist die Berücksichtigung und Einbindung gesellschaftlicher Wertvorstellungen und Interessen unbedingt notwendig.

2.4 Finanzierung der Entsorgungsstrategie

Die Endlagerung aller radioaktiven Abfälle innerhalb der Slowakischen Republik ist aus Gründen des Umweltschutzes und der Ethik zweifellos die wünschenswerte Option.

Obwohl noch keine endgültige Entscheidung für diese Option gefallen ist, ist doch die Bildung der Rücklagen auf Basis dieser Option eine Vorentscheidung über die zur Verfügung stehenden Mittel, da es sich dabei auch um die bei weitem billigste Variante handelt (SAPIERR 2004).

Die bisher im slowakischen Atomfond gebildeten Rücklagen bleiben weit hinter dem zurück, was an Entsorgungskosten bis heute hätte angespart werden müssen, um die Entsorgung der bisher angefallenen radioaktiven Abfälle und Anteile an der Dekommissionierung zu decken. Bis zum Jahr 2004 wurden gerade mal 6 % der nötigen Mittel erwirtschaftet (Wuppertal Institut 2007, EC 2007).

Als Resultat ist festzuhalten, dass die Entsorgungsstrategie erheblich mehr Finanzmittel benötigen wird als bis jetzt zurückgelegt wurden und bei der in der Entsorgungsstrategie prognostizierten Dotierung des Fonds in nächster Zeit akkumuliert werden. Wobei außerdem noch zu beachten ist, dass für die Dekommissionierung von nuklearen Forschungsanlagen keine Rückstellungen gebildet werden, und dass zudem für denkbare unvorhergesehene Schwierigkeiten nicht vorgesorgt wird.

3 SUMMARY AND CONCLUSIONS

3.1 Overview of the backend strategy

The nuclear backend strategy describes the procedures until the year 2025 and gives an outlook until the end of the 21st century. The backend strategy is also connected to the financing of the specific projects and activities during removal of nuclear facilities after shutdown and disposal of radioactive waste.

Starting point for the backend strategy is the shutdown and decommissioning of nuclear reactors at Bohunice NPP. For the treatment and disposal of decommissioning waste the following classification was developed:

- non-radioactive waste
- very low radioactive waste
- radioactive waste
- spent fuel

The documents concerning the backend strategy do not give information about limits of activity concentration for the different waste categories.

Concerning decommissioning of NPP in the backend strategy immediate decommissioning is chosen, i.e. start of the decommissioning activities following the operation termination, immediately after removal of all operational waste stored in the reactor building and all spent fuel elements from the fuel pool inside the NPP.

Decision about the final retention of the spent fuel is still open. Four options are regarded in the backend strategy:

- final disposal of spent fuel in a geological repository in the Slovak Republic
- reprocessing of spent fuel abroad
- final disposal in a regional geological repository
- export of spent fuel to the Russian Federation (without information about further treatment)

3.2 Comparison and evaluation of the backend strategy concerning the SEA directive

All required issues of the SEA directive of the EC are included in the EIA report of the backend strategy. Most of them are presented in particular chapters.

Comprehensive information about the amount of existing and future radioactive waste (aside from spent fuel) is missing.

According to the EIA report the backend strategy causes no relevant environmental problems. Moreover, it is stated that the backend strategy is a positive environmental activity per se.

The description of potential environmental impacts of the nuclear backend activities in the EIA report is not at all complete.

Significant hazards for environment and health are not discussed:

- accidents in the interim storages

- bituminization of radioactive waste
- clearance and release of radioactive material into the environment
- transports of radioactive waste and spent fuel
- non-radioactive emissions from the treatment of radioactive waste

In particular, the interim storage pool for spent fuel at Bohunice is a hazard concerning significant releases of radioactive substances, which is not discussed in the EIA report.

The EIA report compares only the environmental impact of the zero-option (no strategy) with the strategy. Potential options, mentioned in the backend strategy, are not discussed with regard to their environmental impact. This concerns the four options for the final retention of the spent fuel (SF) and the different decommissioning options for NPP. Their impact on health and environment would be easy to describe because it has been assessed in the EIA report for Bohunice V1 decommissioning.

An important contribution to minimize the hazard of the backend strategy could be the fast construction of the planned dry interim vault storage facility for spent fuel in Mochovcce and a premature termination of the spent fuel storage in the pool. At least the prolongation of storing of spent fuel in the interim storage pool in Bohunice should be renounced.

3.3 Comparison and evaluation of the backend strategy in international context

By comparison it has to be stated that the **classification of radioactive waste** in the Slovak Republic is compatible with the IAEA classification.

The backend strategy regards as main methods for the handling of radioactive waste:

- storage and decay
- concentration and isolation
- dilution and distribution

Storage for decay of short-lived radioactive nuclides is used worldwide. In particular „**storage and decay**“ is international practice for waste from medicine and research and short-lived waste (half-life of some years) from other nuclear installations.

The method „**concentration and isolation**“ is the international standard procedure for radioactive waste from nuclear energy production.

The third method „**dilution and distribution**“ is seen by the IAEA as legitimate (IAEA 2000b). However, in the safety principles it is explained that the release should be limited to the minimal practicable level, because it is an irreversible process. The preferred method is „**concentration and isolation**“ (IAEA 1995). Therefore, radioactive waste from nuclear facilities principally should not be diluted and distributed. If it is technically feasible and useful for radiation protection concentration and isolation of radioactive waste is required.

3.3.1 Disposal of non radioactive or very low radioactive waste

During the decommissioning of nuclear facilities it is assumed that structures and material outside of the controlled area, are not contaminated and can be disposed of conventionally.

This treatment of decommissioning waste from outside of the controlled area is practiced worldwide. The provision of a consideration of plausibility of the assumed lack of contamination for the licensing or regulatory authority is useful and should be required to guarantee protection of the environment.

3.3.2 Clearance of very low level waste (VLLW)

So far VLLW has been treated like all low and intermediate level radioactive waste (LILW). For the future a separate treatment is planned: Part of this waste could be released into the environment and another part shall be stored in a specific final storage. Both of these options are presented without a clear definition of the decision limit. Clearance is seen as optimization of the amount of waste.

Clearance of VLLW is not used in all countries, but it is corresponding to international practice. Usually the criterion for the release is the dose limit of 10 $\mu\text{Sv/a}$. The precise activity concentrations for the release differ from country to country. The option to release material up to a limit of 50 $\mu\text{Sv/a}$ according to the Slovak Regulation, in case of optimized waste management, does not meet the state-of-the-art of science and technology. If optimization is understood as regulation of activity concentration in order to allow the release of a maximal amount of radioactive waste, this is not acceptable. This approach is not compatible with the ALARA principle and violates the EC directive on radiation protection. This regulation requires that in case of optimization the exposition has to be as low as possible and justifiable under consideration of economic and social factors possible (EU RL 1996)

So far VLLW has been disposed of together with low and intermediate radioactive level waste (LILW) in the National repository at Mochovce. Recent plans are discussed for disposal of VLLW in a separate repository, which could be constructed under less strict safety requirements. If sufficient safety is guaranteed this repository would provide a more sustainable protection of health and environment than the release of VLLW. Therefore, the construction of such a final repository would be appreciated.

3.3.3 Disposal of low and intermediate radioactive waste (LILW)

3.3.3.1 Interim storage

Interim storage of operational waste is provided – as usually in WWER reactors – at the plant. In the next years besides operational waste an increased amount of decommissioning waste has to be handled, and a storage for collecting radwaste from medicine, research and industry before and after conditioning is required. Therefore, a new interim storage (integral storage) shall be constructed.

The optimal site for this storage is Bohunice, because most of the radwaste is generated there as well as the radwaste treatment centre. The IAEA recommends the siting of interim storages at sites of operating nuclear facilities, since this helps to minimize transports of radwaste and the accident risk.



The backend strategy gives no information about the time period for which interim storage shall be provided and which safety requirements are to be met by the storage facility. Therefore an evaluation of this plan is not possible. If long-term interim storage is planned periodic safety investigations are to be required.

3.3.3.2 Treatment and Conditioning

According to the backend strategy a radwaste treatment facility in Bohunice and a second one in Mochovce are provided.

At the Bohunice radwaste treatment centre (BTC) several facilities for the treatment and conditioning of solid waste from the whole Republic and liquid waste from Bohunice NPP are in operation. Among them are three bituminizers for concentrates and ion exchangers. The conditioning for the final storage is provided by cementation of the barrels in containers (FCC)

In Mochovce a facility for the treatment of non-flammable liquid radwaste of the operating NPP is in operation. Planned is a facility for waste conditioning in fiber-reinforced concrete containers.

The conditioning is supposed to be done as soon as possible. According to the IAEA it is „good practice“ if unconditioned radioactive waste is not stored.

The treatment methods used in the Slovak Republic are also used in the states considered for comparison in this Expert Statement. Therefore, the treatment and conditioning methods used in the SR are compatible with the state-of-the-art of science and technology (IAEA 2000b).

However, bituminization is regarded as a problematic process. The fact that other methods exist, which avoid the problems of bituminization (increased accident risk during conditioning and generation of gases during the storage), suggest the abandonment of bituminization (Hirsch et al. 2006). #

3.3.3.3 Final storage

Final storage of LILW is provided in the National Repository at Mochovce. It is a near surface storage facility with two rows of concrete boxes, where the containers with radioactive waste are stacked. The final closure of the storage is planned for 2080 after a specific licensing procedure. Institutional control is planned for 300 years. All LILW generated in the Slovak Republic shall be stored finally in this repository, including the radwaste from medicine, industry and research.

Worldwide final storage for LILW is provided in near surface repositories as well as in underground repositories. Storage in deeper geological layers is to be preferred because of better radiation protection for today's and future population. However, the Slovak National Repository for LILW meets the IAEA's requirements and is compatible to the international state of technology. This is valid also for the closure of the repository and the institutional control for 300 years.

Since the near surface storage is less safety oriented than a geological repository, limitation of the total inventory and in particular of the inventory of long lived nuclides has to be considered. Moreover this limitation has to be considered for the planned enlargement of the repository in Mochovce.

3.3.4 Disposal of spent fuel

3.3.4.1 Decision about the final retail of spent fuel

At present none of the four in 3.1. mentioned options shall be excluded from consideration. However, the final decision about the management of spent fuel shall be postponed into the future.

The transport of dangerous substances into another country without taking back substances with an equivalent risk potential is not compatible with the ethic principles of today's Europe. The compliance of the basic principles of the IAEA for the management of radioactive waste would not be guaranteed by this solution (IAEA 1995: p. 312). Therefore, the option of delivering the spent fuel to the Russian Federation is not acceptable. This is equally valid for the reprocessing of spent fuel, because of its additional safety problems.

Most countries using nuclear power prefer the direct final storage of spent fuel as the best available solution.

According to the IAEA at the time of shutdown of reactors all necessary nuclear backend facilities should be provided. If they don't exist, their development should be priority (IAEA 2005: p. 6).

Therefore, postponing the decision about the final management of spent fuel from the Slovak reactors is not acceptable, in particular because there is no time-limit announced for this decision. The decision and - as the case may be - the realisation of a final repository as soon as possible is in the interest of Austria. A repository which fulfils the international requirements for a final repository guarantees that impacts of an accident on Austria will be less than in the interim storage pool at Bohunice, and probably there will be no impact at all.

Therefore, a fast decision of the Slovak Republic concerning the final repository of spent fuel will be appreciated.

3.3.4.2 Interim storage of spent fuel

Spent fuel is stored after removal from the reactor core into the pool inside the reactor building. There it is stored for 3-7 years. Following this period the spent fuel is brought into the external storage for a longer term of interim storage.

The interim storage in Bohunice is used since 1987. It is a storage pool. Originally, the fuel should stay there for ten years. In order to store a greater amount of spent fuel, in 1996 a reconstruction was carried out: this included the improvement of resistance against earthquake and the change of the arrangement in the pool for enhanced capacity. The operation period was prolonged to 50 years, until 2047.

For 2017 the opening of a new (dry vault) interim storage in Mochovce is planned according to the backend strategy. The originally planned start of operation was 2007.

Interim storage in a pool is compatible to the international state of technology. However, for a long-term storage – without a definite end time – pool storage is not an optimal technology. Critical aspects are the integrity of the fuel rods and their handling after several decades in the pool. The statement of UJD representatives, that no leakages have been found at the fuel in the pool, is not very relevant, because the fuel has been stored there only for less than ten years. All recommended safety requirements of the IAEA are better fulfilled by a vault storage than by a pool.



With perspective of the prolongation of the interim storage the international trend tends to dry storage of spent fuel.

In case of storage in the pool the source term in case of a severe accident or impact from an attack is significantly higher than from a dry storage. Therefore potential impacts on Austrian territory would be more severe than from an accident in an interim storage in Germany (dry storage). The hazard of an attack of terrorists to an interim storage is emphasized by the European Commission considering the impact of the attack at 11.09.2001 in New York, too (EU COM 2002).

The projected capacity uprate of the reactors EMO 1/2, which will cause a higher burn-up and requires higher safety standards for the repository, was not considered. Against this background it can be claimed to accelerate the process of the construction and the start of operation of the interim storage in Mochovce and to extend its capacity for all fuel elements from Mochovce and Bohunice.

3.3.4.3 Final storage of spent fuel

This Expert Statement assumes that there will be a final deep geological repository (DGR) for disposal of spent fuel and high level waste.

A selection procedure for a location was started in the Slovak Republic. Based on existing information 15 locations were selected in two stone-formations, solid rock (granite) and sediment (clay). After further analysis of the information three locations in granite and two in clay were selected. In 2001 the underground investigations were temporarily halted. Resumption of the selection procedure has to include a proper public participation.

The stop of the location investigations has to be evaluated critically, because without this work no national contribution to solve this problem will be provided.

According to the state of science and technology final waste disposals for irradiated fuel elements can be realized in deep geological formations. Great advances have been made concerning the accomplishments of safety analysis. The deep geological repository of high level waste can be rated as the most safely way to treat radioactive waste. Anyway there are large uncertainties in the results of the safety analysis. In particular, the long term capability of the technical and geological barriers cannot be guaranteed, because of the long storage period required. Experiences and experiments cannot be carried out for such long periods.

A basic aspect for the safety is the site selection. It is important for the technical optimisation of safety and to increase the acceptance by the inhabitants. However it has to be stated, that safety must have priority above everything else. Within the site selection process it is necessary that the whole procedure is comprehensible and transparent as well as free of arbitrariness (stepwise criteria-guided procedure). Special regard has to be put into the methodology of the site selection.

The site selection is not only a scientific-technical problem, but also social one. Therefore it is absolutely necessary to consider and to include social values and interests.

3.4 Financing of the backend strategy

Final disposal of all radioactive waste in the Slovak Republic is the option to choose because of environmental and ethical reasons.

Even if a final decision for this option has not been made by now, the accumulation of reserve funds on the basis of this option implies a preliminary decision, also because it is by far the cheapest option of all (SAPIERR 2004).

The reserves accumulated in the Nuclear Fund so far are by no means enough compared to the amount necessary for disposal of the radioactive waste and decommissioning products that have been accumulated by now. Until 2004 only 6 % of the necessary means have been achieved (Wuppertal Institut 2007, EC 2007).

As a result it can be stated that the backend strategy will need much more financing than has been accumulated until today and will be achieved in the next time according to the savings procedure explained in the backend strategy. Additionally it has to be specified that for decommissioning of nuclear research facilities and for unexpected events no reserves have been built.

4 ÜBERBLICK ÜBER DIE ENTSORGUNGSSTRATEGIE IN DER SLOWAKISCHEN REPUBLIK

In diesem Kapitel wird eine kurze Zusammenfassung der Entsorgungsstrategie, der Atomanlagen und der zuständigen Behörden der Slowakischen Republik gegeben.¹

4.1 Entsorgungsstrategie

Die vorgelegte Entsorgungsstrategie soll das Vorgehen in der Slowakischen Republik bis zum Jahr 2025 und einen Ausblick bis Ende des 21. Jahrhunderts vorgeben (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 9). Des Weiteren steht die Strategie auch im Zusammenhang mit der Finanzierung der einzelnen Projekte und Tätigkeiten bei der Entsorgung der nuklearen Abfälle (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 10).

Ausgangspunkt für die vorgelegte Entsorgungsstrategie ist die Stilllegung von Reaktoren am Standort Bohunice. Für die Entsorgung der dabei anfallenden Abfälle werden in (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 26) folgende Kategorien gebildet:

- Nicht radioaktive Abfälle
- Radioaktive Stoffe geringfügiger Aktivität
- Radioaktive Abfälle
- Bestrahlter Kernbrennstoff

In diese Kategorien werden auch die Betriebsabfälle der Reaktoren in Bohunice und Mochovce, die so genannten Institutionellen Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie sowie herrenlose, aufgefundene radioaktive Stoffe eingeordnet.

Die vorgelegten Dokumente zur Entsorgungsstrategie enthalten keine Angaben zu Aktivitätsgrenzen für die Kategorisierung.

Abfälle

Alle als nicht radioaktiv kategorisierten Abfälle werden konventionell entsorgt.

Der Umgang mit geringfügig radioaktiven Stoffen ist unterschiedlich. Gasförmige und ein Teil der flüssig auftretenden Stoffe werden in die Umwelt abgegeben. Der Rest der flüssigen und ein Teil der festen geringfügig radioaktiven Stoffe soll nach vorheriger Kontrolle zur Weiter- bzw. Wiederverwertung oder Entsorgung in den konventionellen Bereich freigegeben werden. Feste oder verfestigte geringfügig radioaktive Stoffe, die für eine Freigabe nicht geeignet sind, sollen endgelagert werden. Dies geschieht bisher gemeinsam mit den schwach- und mittelradioaktiven Abfällen, und soll in Zukunft eventuell in einem eigenen Endlager mit geringeren Sicherheitsanforderungen erfolgen.

¹ Anmerkung: Die vorgelegte Entsorgungsstrategie enthält auch ausführlichere Ausführungen zur Stilllegung (Dekommissionierung) der Atomkraftwerke. Hierzu werden ebenso wie zu anderen konkreten Entsorgungsprojekten in dieser Fachstellungnahme keine Betrachtungen angestellt. Hinsichtlich der Dekommissionierung von Bohunice V1 wird auf die entsprechende Stellungnahme Österreichs verwiesen, die für das BMLFUW erstellt wurde (Hirsch et al. 2006).

Radioaktive Abfälle werden in der Regel zunächst in deren Ursprungsanlage zwischengelagert. Als nächster Schritt erfolgt eine Konditionierung im Sinne von Stabilisierung/Verfestigung sowie Volumenreduzierung in der Abfallbehandlungsanlage TSU in Bohunice, bzw. für einen Teil der flüssigen Abfälle in einer neuen Anlage in Mochovce. Die produzierten Gebinde mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen erfüllen die gegenwärtig gültigen Anforderungen für die Endlagerung im Nationalen Oberflächenendlager in Mochovce. Vor dem Abtransport ins Endlager können die Abfallgebäude im geplanten zentralen Lager für radioaktive Abfälle (ISRAO) zwischengelagert werden. Über die Dauer der Zwischenlagerung vor und nach der Konditionierung werden keine Angaben gemacht. Ein kleinerer Teil der radioaktiven Abfälle wird nicht Mochovce-gängig sein (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 27). Dabei handelt es sich um Abfälle mit höherem Aktivitätsinventar und Abfälle mit einem hohen Anteil an längerlebigen Radionukliden.

Brennelemente

Nach 3-7 Jahren im Reaktorbecken sollen die Brennelemente in ein externes Zwischenlager überführt werden. Für die Brennelemente der Reaktoren in Bohunice erfolgt die längerfristige Zwischenlagerung am Standort in einem Zwischenlager mit Nasslager-Technologie. Im Jahr 2047 soll entweder dieses Zwischenlager rekonstruiert oder ein neues Zwischenlager errichtet werden (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap. 5.4.1). Die bis 2017 anfallenden Brennelemente aus den Reaktoren 1 und 2 in Mochovce (EMO 1,2) werden auch im Zwischenlager Bohunice gelagert. Im Jahr 2017 soll am Standort Mochovce ein eigenes Zwischenlager mit der trockenen Behälterlager-Technologie in Betrieb genommen werden.

Über den weiteren Verbleib der bestrahlten Brennelemente ist in der Slowakischen Republik noch keine Entscheidung gefallen. Als Optionen werden offen gehalten (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 8):

- Endlagerung der bestrahlten Brennelemente in einem Tiefenlager auf dem Territorium der Slowakischen Republik,
- Wiederaufarbeitung der bestrahlten Brennelemente im Ausland,
- Endlagerung der bestrahlten Brennelemente in einem regionalen Tiefenlager außerhalb der Slowakischen Republik,
- Export der bestrahlten Brennelemente in die Russische Föderation (ohne Angabe des Verbleibs).

In den zur Entsorgungsstrategie vorgelegten Unterlagen wird mehrfach darauf hingewiesen, dass gegenwärtig auf keinen Fall eine der Optionen ausgeschlossen werden soll. Begründet wird dies damit, dass bisher keine der Alternativen soweit fortgeschritten ist, dass es einen Grund für ihre Ablehnung gibt (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 47).

4.2 Atomanlagen in der Slowakischen Republik

Die Entsorgungsstrategie der Slowakischen Republik bezieht sich im Wesentlichen auf die radioaktiven Abfälle aus dem Betrieb und die Stilllegung von 9 Reaktoren. Deren Status Anfang 2008 ist:

- Ein Reaktor ist stillgelegt und soll bis 2008 „in einen radiologisch sicheren Zustand“ gebracht sein (A1 in Bohunice), d. h. in einen Zustand, der als Ausgangspunkt zur Dekommissionierung geeignet ist.
- Ein Reaktor ist endgültig abgeschaltet (V1-1 in Bohunice),
- Fünf Reaktoren sind in Betrieb (V1-2, V2-1 und V2-2 in Bohunice, EMO 1 und 2 in Mochovce),
- Zwei Reaktoren sollen in Betrieb genommen werden (EMO 3 und 4 in Mochovce).

Für die Entsorgung von radioaktiven Abfällen sind folgende Anlagen in Betrieb:

- Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente (in Bohunice),
- Lager für radioaktive Abfälle in den einzelnen Kernkraftwerken,
- Abfallkonditionierungsanlagen (TSU RAO in Bohunice),
- Konditionierungsanlage für flüssige radioaktive Abfälle (in Mochovce),
- Oberflächenendlager für schwach- und mittelfradioaktive Abfälle (RU RAO in Mochovce).

Folgende Anlagen sind in der Slowakischen Republik geplant bzw. werden in Erwägung gezogen:

- Zwischenlager für nicht konditionierte und konditionierte radioaktive Abfälle (IS RAO, neues UVP-Verfahren, Inbetriebnahmezeitpunkt fraglich),
- Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente (ab ca. 2017 in Mochovce),
- Oberflächennahes Endlager für geringfügig radioaktive Abfälle (zur Zeit Machbarkeitsstudie),
- Tiefenlager zur Endlagerung bestrahlter Brennelemente bzw. hochradioaktiver oder langlebiger Abfälle (im Projektierungsstadium, 2001 Arbeiten unterbrochen, Inbetriebnahmezeitpunkt fraglich).

4.3 Zuständigkeiten für die Entsorgung

Die Endlagerung muss unabhängig von den Verursachern der radioaktiven Abfälle sein. Zuständig soll eine vom Wirtschaftsministerium der SR einzusetzende Institution (Rechtsperson) sein. Als spätester Termin für die Einsetzung dieser Institution ist das Jahr 2012 genannt (ATG 2004, §3). Derzeit liegt die Verantwortung für die Dekommissionierung von Bohunice V1 und für den Betrieb der Anlagen zur Abfallbehandlung in der Hand der Firma JAVYS (Jadrová vyrábacia spoločnosť, a. s./Nuclear Decommissioning Company plc.), die sich zu 100 % im Eigentum des Slowakischen Staates befindet (Wirtschaftsministerium).

5 VERGLEICH MIT DER SUP-RICHTLINIE

Die Richtlinie 2001/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2001 über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme (SUP-Richtlinie 2001) gibt in Anlage I vor, welche Daten ein Umweltbericht enthalten muss. Es sind dies die folgenden Punkte:

- Kurzdarstellung des Inhalts und der wichtigsten Ziele der Entsorgungsstrategie, Beziehungen zu anderen relevanten Plänen oder Programmen
- Relevante Aspekte des derzeitigen Umweltzustands und dessen voraussichtliche Entwicklung bei Nichtdurchführung der Entsorgungsstrategie
- Umweltmerkmale der Gebiete, die voraussichtlich beeinflusst werden
- Alle derzeit für die Entsorgungsstrategie relevanten Umweltprobleme, speziell in Gebieten mit hoher Umweltrelevanz
- Welche internationalen/gemeinschaftlichen/bilateralen etc. Ziele des Umweltschutzes sind relevant für die Entsorgungsstrategie, wie werden sie berücksichtigt
- Voraussichtliche erhebliche Umweltauswirkungen (positive und negative, auch langfristig): auf biologische Vielfalt, Bevölkerung, Gesundheit, Flora, Fauna, Boden, Wasser, Luft, Klima, Sachwert, kulturelles Erbe, Landschaft, und Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren
- Geplante Maßnahmen, um erhebliche negative Umweltauswirkungen, die durch die Entsorgungsstrategie entstehen, zu verringern
- Gründe für die Wahl der geprüften Alternativen
Beschreibung, wie die Umweltprüfung vorgenommen wurde
- Beschreibung der geplanten Maßnahmen zur Überwachung gemäß Art. 10
- Nichttechnische Zusammenfassung

5.1 Inhalt des UVP-Berichts

Das Hauptziel der Entsorgungsstrategie wird laut UVP-Bericht als „Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor den langfristigen Folgen der Atomenergienutzung (Kernenergie) und den übrigen Bereichen der friedlichen Nutzung der Kernenergie auf dem Gebiet der Slowakischen Republik“ gesehen. (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap. 3.5) Dabei werden alle Aktivitäten berücksichtigt, die aus der Dekommissionierung der Nuklearanlagen, aus der Entsorgung von radioaktiven Abfällen und abgebranntem Brennstoff und aus der langfristigen Überwachung der Endlager resultieren. Die Entsorgungsstrategie dient weiters dazu nachzuweisen, dass die Richtlinien der IAEA (IAEA 1995) zur Entsorgung radioaktiver Abfälle eingehalten werden.

Weiters wird im UVP-Bericht dargelegt, welche Tätigkeiten wann durchgeführt werden sollen, welche technologischen Verfahren angewandt werden sollen, wie alles finanziert werden soll, und welche Auswirkungen auf die Wirtschaft (speziell auf den Strommarkt) zu erwarten sind.

Der UVP-Bericht enthält neben diesen grundlegenden Angaben Kapitel zur aktuellen Umweltsituation, zu den angenommenen Auswirkungen der Entsorgungsstrategie, zu den geplanten Maßnahmen zur Verhinderung von Umweltauswirkungen, zu den Gründen für die Wahl der Alternativen, Vorschläge zur Überwachung, wahrscheinliche grenzüberschreitende Auswirkungen, Informationen über die Kosten und eine Zusammenfassung.

Bewertung

Die Punkte, die laut SUP-Richtlinie vorgeschrieben sind, werden im UVP-Bericht zur nuklearen Entsorgungsstrategie behandelt, größtenteils in Form eigener Kapitel. Jedoch wird oft auf andere Dokumente verwiesen, in denen die zu behandelnden Fragen angeblich im Detail erläutert wurden. Diese anderen Dokumente sind die UVP-Berichte der einzelnen Nuklearanlagen ab 1994 und andere Quellen, die im Literaturverzeichnis aufgezählt sind.

Die einzelnen Kapitel sind dadurch teilweise sehr kurz und knapp, es fehlen oft Zusammenfassungen der Daten oder auch Skizzen der Bauten. Dadurch ist es schwierig, einige der aufgestellten Behauptungen nachzuprüfen.

5.2 Derzeitiger Zustand der Umwelt

Die beiden bisherigen Nuklearstandorte Bohunice und Mochovce liegen in keinem ökologisch relevanten Gebiet. Eventuell könnte der Standort für das geplante Tiefenlager in einem solchen Gebiet liegen, dann wäre dies in den entsprechenden zukünftigen Verfahren speziell zu berücksichtigen (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap 4.2).

In den Kapitel 4.3 und 4.4 des UVP-Berichts werden die derzeitigen ökologischen und gesundheitlichen Bedingungen an den beiden Standorten beschrieben. Für Details wird aber ausschließlich auf zwei Dokumente aus den Jahren 2002 und 2003 verwiesen, die im Literaturverzeichnis angeführt sind. In der kurzen Zeit, die für die SUP zur Verfügung stand, war es jedoch nicht möglich diese Dokumente (in Übersetzung) zu beschaffen. Die Gesamtbewertung, dass „die aktuelle Umweltsituation an den Nuklearstandorten der SR positiv“ (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap. 4.3) sei, ist daher nicht nachzuvollziehen.

Als Ausnahme, durch die derzeit Umweltprobleme verursacht werden, wird die Dekommissionierung von Bohunice A1 bezeichnet, dort müssen derzeit Maßnahmen gegen die Kontaminierung von Trinkwasser und Erdboden im Areal des A1-Reaktors gesetzt werden (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap. 4.4).

Bewertung

Die Gesamtbewertung, dass „die aktuelle Umweltsituation an den Nuklearstandorten der SR positiv“ (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap. 4.3) sei, ist daher aufgrund fehlender Daten nicht nachzuvollziehen.

Dadurch fehlt eine Vergleichsbasis für die in der SUP-Richtlinie geforderte Untersuchung der Umweltauswirkungen auf biologische Vielfalt, Bevölkerung, Gesundheit, Flora, Fauna, Boden, Wasser, Luft, Klima, Sachwert, kulturelles Erbe, Landschaft, und auf Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren (SUP-Richtlinie 2001).

5.3 Voraussichtliche erhebliche Umweltauswirkungen

Die Entsorgungsstrategie verursacht laut Nationaler Atomfonds (2008a: Kap. 2) nicht nur keine relevanten Umweltprobleme und beeinträchtigt in Folge daher auch keine ökologisch besonders wichtigen Regionen, sie wird sogar als Umweltaktivität per se bezeichnet.

Mögliche erhebliche Umweltauswirkungen werden für verschiedene Teile der Entsorgung diskutiert, und zwar für:

- Betriebsbeendigung und Dekommissionierung der Nuklearanlagen,
- Entsorgung von radioaktiven Abfällen,
- Entsorgung von abgebranntem Brennstoff.

Weitere mögliche Auswirkungen könnten aus Störfällen in einzelnen Nuklearanlagen bzw. Lagern resultieren.

Bezüglich grenzüberschreitender Auswirkungen wird im UVP-Bericht lediglich bemerkt, dass „jegliche grenzüberschreitende Auswirkung dieser Tätigkeiten ausgeschlossen ist und das auch im Falle von ungewöhnlichen Ereignissen“ (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap 2).

Primäre Auswirkungen aus Betriebsbeendigung und Dekommissionierung der Nuklearanlagen resultieren aus gasförmigen und flüssigen Ableitungen bzw. radioaktiven Stoffen, die in die Umwelt freigesetzt werden. Diese Ableitungen aus Nuklearanlagen in Luft und Wasser dürfen laut Regierungsverordnung 345/2006 Slg. keine höhere Effektivdosis als 250 μ Sv in der jeweiligen kritischen Bevölkerungsgruppe pro Jahr verursachen.

Umweltauswirkungen entstehen auch durch die Transporte von radioaktivem Abfall und abgebranntem Brennstoff, aber auch von nicht-radioaktiven Abfällen. Als einziger Hinweis dazu wird angeführt, dass LKW-Routen abseits von denkmalgeschützten Objekten durchgeführt werden sollen (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap 5.1.2.4). Die Anzahl der erwarteten Transporte und andere Auswirkungen wie eventuelle Strahlenbelastung, Lärm oder Staub werden im UVP-Bericht nicht behandelt.

Bewertung

Die Darstellung möglicher Umweltauswirkungen durch die Entsorgung radioaktiver Abfälle im UVP-Bericht ist keinesfalls vollständig. Wesentliche Risiken für Umwelt und Gesundheit werden nicht behandelt:

- Unfälle in den Zwischenlagern für abgebrannte Brennelemente
- Bituminierung organischer radioaktiver Abfälle
- Freigabe von radioaktivem Material in die Umwelt
- Transporte von radioaktiven Abfällen und abgebranntem Brennstoff
- Nicht-radioaktive Emissionen aus der Behandlung nuklearer Abfälle

Insbesondere das Nasslager für abgebrannte Brennelemente in Bohunice stellt eine Gefahrenquelle für eine signifikante Freisetzung radioaktiver Stoffe dar, was aber im UVP-Bericht nicht behandelt wird. Auch im geplanten Behälterlager mit Trockentechnologie für abgebrannten Brennstoff können Unfälle nicht generell ausgeschlossen werden, und natürlich stellen auch die Anlagen zur Abfallbehandlung eine potenzielle Gefahrenquelle für Umwelt und Gesundheit dar.

Unfall im Zwischenlager (Nasslager) für abgebrannte Brennelemente

Das Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente in Bohunice stellt in der vorgelegten Strategie unter den Anlagen für die Entsorgung die Gefahrenquelle mit dem größten radioaktiven Inventar dar. Im Folgenden behandeln wir daher einen Unfall in diesem Lager, da dieser hypothetische Unfall die größten möglichen Auswirkungen der Entsorgungsstrategie illustriert.

Ein Ereignis (z. B. terroristischer Angriff oder Erdbeben), das zu schweren Schäden am Brennelement-Lagerbecken führt, kann ein Ausfließen des Kühlmittels (Wasser) verursachen. Das Aufheizen des darin gelagerten Brennstoffs aufgrund der Nachzerfallswärme kann nicht ausgeschlossen werden.

Die dann mögliche Entzündung des Hüllrohrmaterials Zircaloy an Luft wird gefördert, wenn durch das Ereignis Brennelemente im Becken beschädigt werden, etwa durch fallende Trümmer oder Splitter. Kleine Zircaloy-Späne können sich bereits bei Temperaturen um 200° C entzünden. Bei einer Temperatur von 900°C beginnt das Zircaloy in Luft zu brennen. Das entstehende Feuer ist sehr heiß und mit Wasser nicht zu löschen. Es kann im Becken auf andere Brennelemente übergreifen. Somit kann das gesamte Inventar des Lagerbeckens schmelzen.

Interventionen sind nahezu unmöglich. Sobald das Wasser aus dem Becken ausgeflossen ist, fällt nicht nur die Kühl-, sondern auch die Abschirmwirkung des Wassers weg. Der Strahlenpegel in der Umgebung des Beckens, aber auch in anderen Bereichen des Gebäudes, steigt drastisch an. Am Rande des Beckens werden Dosisleistungen von ca. 100 Sv/h erreicht. Noch in 10 m Entfernung sind Dosisleistungen im Bereich von 1 Sv/h möglich. In der Nähe des Beckens kann bereits eine Verweildauer von Minuten für Menschen tödlich sein.

In einer US-Untersuchung wurde nach vollständigem Verlust des Kühlmittels angenommen, dass 10-100 % des Cäsium-Inventars des Brennelement-Lagerbeckens aus dem Gebäude freigesetzt werden. Bei der Untergrenze (10 %) wurde davon ausgegangen, dass ein Teil der Brennelement-Hüllrohre nicht in die Verbrennung einbezogen wird und dass sich weiterhin ein Teil des im Gebäude freigesetzten Cäsiums an kühleren Oberflächen niederschlägt und damit nicht nach außen gelangt (ALVAREZ 2003). Die geplante Leistungserhöhung und verlängerte Verweildauer der Brennelemente in EMO 1/2 verändern die Isotopenzusammensetzung, Strahlungs- und thermische Leistung des abgebrannten Brennstoffs und tragen damit zur Erhöhung des Risikos einer relevanten Freisetzung bei (siehe auch Kapitel 6.4.1).

Bituminierung organischer radioaktiver Abfälle

Die Bituminierung wird im BTC (Bohunice Treatment Center) als besonders geeignet für den Einschluss organischen Materials angesehen. Im BTC werden die Bitumen-haltigen Fässer nach Befüllung und Verschluss in den Fiberbetontransportcontainern mit Zement fixiert. Diese Vorgangsweise ist geeignet, um die Brandgefahr im BTC zu minimieren. Sie verhindert aber nicht, dass die Bitumenmatrix bei langer Lagerdauer durch Mikroben zersetzt wird. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es durch diese Prozesse bei langer Lagerdauer zu Freisetzungen radioaktiven Materials in die Umwelt kommt.

Freigabe von radioaktivem Material in die Umwelt

Insbesondere die Freigabe von Materialien aus der Dekommissionierung (Beton, Metalle, etc.) zur Wiederverwertung im konventionellen Bereich wie sie im Rahmen der Strategie diskutiert wird, stellt eine potenzielle Quelle für radioaktive Belastung der Umwelt dar (Einschmelzen von Metall in der Stahlindustrie).

Transporte mit radioaktiven Abfällen und abgebranntem Brennstoff

Nicht ausgeschlossen werden kann auch, dass Transporte über österreichisches Bundesgebiet geführt werden, da keine Festlegung erfolgt, dass eine Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente in westeuropäischen Wiederaufarbeitungsanlagen ausgeschlossen wird. Da die Frage nach einem europäischen Endlager noch nicht geklärt ist, kann auch in dieser Hinsicht noch nicht beurteilt werden, ob Österreich von Transportrouten betroffen sein könnte.

Nicht radioaktive Emissionen aus der Behandlung nuklearer Abfälle

Umweltauswirkungen entstehen jedoch nicht nur durch Radioaktivität, sondern auch durch andere Emissionen, die aus den Behandlungsanlagen freigesetzt werden. So fallen beim Betrieb der Verbrennungsanlage für radioaktiven Abfall in Bohunice (BSC RAO) neben radioaktiven auch Substanzen wie chlorierte Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle, SO₂, NO_x und CO an. Daten dazu werden im UVP-Bericht nicht angeführt.

5.4 Gründe für die Wahl der geprüften Alternative

Was im ganzen UVP-Bericht fehlt sind übersichtlich aufsummierte Angaben zur Menge des bisher angefallenen und für die Zukunft prognostizierten radioaktiven Mülls (abgesehen vom Brennstoff). Vorhanden sind nur Teilangaben, wie etwa die Anzahl der Fässer für aufgearbeiteten Schlamm aus der Dekommissionierung von Bohunice A1 (Nationaler Atomfonds 2008b S. 42). Angaben zu den Brennstoffkassetten sind vorhanden.

Auch für den nicht radioaktiven Müll wären Mengenangaben nötig, da ja auch hier Lager- bzw. Deponiebedarf besteht, speziell für gefährliche Abfälle.

Zum Endlager RU RAO in Mochovce wird attestiert, dass die aktuelle Kapazität (22.230 m³ aufbereitete Abfälle in 7.200 Lagercontainern) nicht für allen aus Betrieb und Dekommissionierung anfallenden aufbereiteten radioaktiven Müll ausreicht (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap 5.2.2., Nationaler Atomfonds 2008b: S. 68). Angeführt wird jedoch nicht, welche Kapazität ausreichend wäre. In der Entsorgungsstrategie (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 41) wird angenommen, dass die derzeit bestehende Kapazität noch für etwa zehn Jahre reicht, bei einer Erhöhung der Leistung der Konditionierungsanlagen wäre die erste Doppelreihe jedoch bereits 2010 voll. Die Kapazitätsfrage könnte sich somit als Schlüsselfrage erweisen, vor allem weil die Kapazitäten der Konditionierungsanlagen als unzureichend für die Erfüllung der Ziele der Zeitpläne für die Dekommissionierung charakterisiert werden und daher erhöht werden sollen (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 41).

Ohne Angaben zu den erwarteten Mengen ist es schwer möglich zu bewerten, ob die vorhandenen und geplanten Anlagen für die anfallende Müllmenge ausgelegt sind oder nicht. Weiters kann nicht geklärt werden, ob Reserven vorgesehen sind, um unfallbedingten größeren Anfall von Müll verarbeiten und entsorgen zu können.

Die Nullvariante, also keine Entsorgungsstrategie, würde laut (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap 2) mit der Beibehaltung, eventuell sogar einer Erhöhung des Risikos eventueller Umweltauswirkungen einhergehen. Daher wurde die Nullvariante „disqualifiziert“.

Bewertung

Im UVP Bericht wird lediglich ein Vergleich der Umweltauswirkungen der Nullvariante (keine Strategie) und einer Strategie behandelt. Die Umweltauswirkungen möglicher Varianten im Rahmen einer Entsorgungsstrategie werden nicht in Bezug auf ihre Umweltauswirkungen betrachtet, auch wenn diese Alternativen in der Strategie erwähnt werden. Das betrifft einerseits die Frage Wiederaufbereitung von Brennelementen, mit oder ohne Rücktransport von HLW aus der Wiederaufarbeitung, sowie die Option eines regionalen Endlagers. Andererseits werden auch für die Dekommissionierung unterschiedliche Optionen angesprochen, deren Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit bereits abgeschätzt wurden (Bohunice V1). Einen wichtigen Beitrag zur Verringerung der Umweltrisiken würde die Errichtung des Behälterlagers in Mochovce darstellen und der Verzicht auf eine weitere Betriebsverlängerung der Nasslagerung in Bohunice.

5.5 Geplante Maßnahmen zur Überwachung

Messungen und daraus berechnete Bilanzwerte der flüssigen Ableitungen werden laut (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap. 5.1.2.1) jährlich in öffentlich zugänglichen Berichten publiziert, es ist jedoch nicht angegeben, wo diese Werte zu finden sind. Weiters fehlen Angaben ob ein Monitoring der gasförmigen Ableitungen durchgeführt wird.

Bewertung

Die Angaben zum Monitoring sind unvollständig.

6 VERGLEICH UND BEWERTUNG DER VORGELEGTEN ENTSORGUNGSSTRATEGIE IM INTERNATIONALEN KONTEXT

Im Folgenden wird von den AutorInnen ein Vergleich der vorgelegten Slowakischen Entsorgungsstrategie mit den Entsorgungsstrategien der drei Staaten Eidgenossenschaft Schweiz, Republik Frankreich und Bundesrepublik Deutschland angestellt.

Bei der Bewertung werden als Maßstab auch die Empfehlungen und Aussagen zu Sicherheitsstandards der IAEA und die Vorgaben und Vorschläge der EU herangezogen. Die Bewertung beschränkt sich im Wesentlichen auf die Entsorgungsstrategie als solche und, soweit auf Grundlage der vorgelegten Unterlagen möglich, auf die für einzelne Entsorgungsschritte eingesetzte Technologie. In dieser Fachstellungnahme soll keine sicherheitstechnische Bewertung der einzelnen Anlagen im Konkreten vorgenommen werden.

6.1 Übergeordnete Aspekte

6.1.1 Klassifizierung der Abfälle

In den vorliegenden Unterlagen wird keine klare Klassifizierung der radioaktiven Abfälle präsentiert. Es scheint, dass in der Slowakischen Republik keine quantitative Abgrenzung zwischen den verschiedenen Abfallkategorien gemacht wird. Auf der Webseite von JAVYS werden mehrere Varianten der Klassifizierung angeboten: nach dem Aggregatzustand, nach der Aktivität (schwach-, mittel- und hochradioaktiv) und nach der Halbwertszeit (kurz- und langlebig).

Zu den hochradioaktiven Abfälle zählen neben den abgebrannten Brennelemente besonders stark aktivierte oder kontaminierte Komponenten/Teile aus Reparatur oder Abriss von Kernkraftwerken sowie Strahlenquellen, bestimmte Ionentauscher und Kühlmedien (Chrompik vom A1 Reaktor).

Zu den mittelradioaktiven Abfällen zählen Aerosolfilter und konzentrierte Rückstände.

Schwachradioaktiver Abfall stellt den Großteil des Abfalls dar: schwachaktive Filter und der Großteil der flüssigen Abfälle zählen dazu (Konzentration überschreitet die Freigabewerte). Darin gibt es noch eine Unterscheidung in schwach- und geringfügig radioaktive Stoffe, wobei letztere eine Aktivitätskonzentration bis zum hundertfachen der Freigabewerte haben können.

Vergleich

In der **Schweiz** werden Stoffe oder Abfälle als radioaktiv bezeichnet, wenn mit ihnen im Rahmen des Strahlenschutzgesetzes umgegangen wird. Für feste Abfälle sind darüber hinaus drei Kriterien relevant:

- Die spezifische und absolute Aktivität des Materials überschreiten die festgelegten Freigabewerte.
- Die Oberflächenkontamination überschreitet den im Strahlenschutzgesetz festgelegten Wert.
- Die Ortsdosisleistung in 10 cm Entfernung von der Oberfläche überschreitet 0,1 $\mu\text{Sv/h}$.

Im Atomenergiegesetz werden radioaktive Abfälle wie folgt kategorisiert (JOINT CONVENTION CH 2005):

- Hochradioaktive Abfälle sind als Abfall deklarierte bestrahlte Brennelemente und verglaste Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung.
- Alpha-toxische Abfälle sind Abfälle mit einer Konzentration von Alphastrahlern über 20 kBq/g.
- Schwach- und mittelradioaktive Abfälle sind alle anderen Abfälle.

In **Frankreich** existieren für radioaktive Abfälle folgende Kategorien (JOINT CONVENTION F 2006):

- Hochradioaktive Abfälle sind Wärme entwickelnd und haben ein Nuklidinventar von einigen 10 GBq/g.
- Mittelradioaktive langlebige Abfälle haben ein Nuklidinventar von 1 MBq/g bis 1 GBq/g mit signifikantem Anteil langlebiger Radionuklide.
- Langlebige schwachradioaktive Abfälle haben ein Nuklidinventar von einigen 10 bis einigen 1.000 Bq/g langlebiger Alphastrahler bei radiumhaltigen Abfällen und 10 bis 100 kBq/g bei graphithaltigen Abfällen.
- Kurzlebige schwach- und mittelradioaktive Abfälle haben ein Nuklidinventar von einigen 100 bis 1 Million Bq/g; der Anteil von Radionukliden – insbesondere Alphastrahler – mit Halbwertszeiten über 30 Jahre darf maximal 3,7 kBq/g betragen.
- Geringfügig radioaktive Abfälle haben ein Nuklidinventar unter 100 Bq/g.

In **Deutschland** werden die in Atomanlagen anfallenden Abfälle eingeteilt in:

- Geringfügig radioaktive Abfälle sind Abfälle, die die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten nuklidspezifischen Freigabewerte unterschreiten.
- Radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (Aktivitätskonzentration bis etwa 1 TBq/m³).
- Radioaktive Abfälle mit Wärmeentwicklung (Aktivitätskonzentration mehr als 1 TBq/m³).

Die Einteilung der radioaktiven Abfälle bezieht sich auf die Aufteilung der Abfälle auf die im deutschen Entsorgungskonzept vorgesehenen zwei Endlagertypen. Im Endlager für Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (Konrad) haben die Sicherheitsanalysen eine zulässige Temperaturerhöhung am First der Einlagerungskammer von maximal 3 K ergeben. Daraus wurde wiederum das zulässige Aktivitätsinventar bzw. die zulässige Aktivitätskonzentration im Abfallvolumen abgeleitet. Die obige Angabe ist als Durchschnittswert anzusehen. In international eher übliche Kategorien übertragen bedeutet die deutsche Einteilung:

- Schwachradioaktive Abfälle sind Abfälle, die Aktivitätskonzentrationen zwischen den Freigabewerten und 100 GBq/m³ besitzen.
- Mittelradioaktive Abfälle sind Abfälle, die zwischen 10 GBq/m³ und 500 TBq/m³ besitzen.
- Hochradioaktive Abfälle sind Abfälle, die Aktivitätskonzentrationen von mehr als 100 TBq/m³ besitzen.

Bewertung

Von der **IAEO** wird dargelegt dass ein Klassifizierungssystem für radioaktive Abfälle abhängig vom Blickwinkel der Erstellung ist. Insofern kann es immer nur eine begrenzte Aussagekraft besitzen. Als grundsätzliche Einteilung wird vorgeschlagen (IAEA 1994c):

- Als hochradioaktive Abfälle werden Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung, bestrahlte Brennelemente und Abfälle mit einem Radionuklidinventar, das zu einer signifikanten Wärmeproduktion führt, bezeichnet.
- Als mittelradioaktive Abfälle werden Abfälle bezeichnet, deren Nuklidinventar eine Abschirmung bei ihrer Hantierung erfordert, ohne dass sie nennenswert Wärme entwickelnd sind.
- Als schwachradioaktiv werden Abfälle bezeichnet, die bei normaler Hantierung keiner Abschirmung bedürfen.

Schwach- und mittelradioaktive Abfälle werden außerdem in die Kategorien kurzlebig, langlebig und Alphastrahler-haltig unterteilt. Für diese Unterscheidung wird nur das sehr allgemeine Kriterium des Abklingens auf ein unter Strahlenschutzaspekten abzuleitendes Aktivitätsniveau genannt.

Die **EU-Kommission** hat für feste radioaktive Abfälle ein Klassifizierungssystem empfohlen (EU COM 1999):

- Radioaktive Abfälle in der Übergangsphase sind Abfälle, die nach einer Abklingzeit als konventionelle Abfälle entsorgt werden können.
- Schwach und mittelradioaktive Abfälle sind Abfälle, deren Radionuklidkonzentration so gering ist, dass sich keine kritischen Auswirkungen bei der Endlagerung ergeben (standortspezifische Betrachtung). Diese Abfallklasse wird unterteilt in kurz- und langlebige Abfälle. Die kurzlebigen Abfälle dürfen neben Radionukliden mit Halbwertszeiten unter 30 Jahren in Bezug auf langlebige Alphastrahler eine durchschnittliche Konzentration von 400 Bq/g bzw., bezogen auf ein Einzelgebinde maximal 4.000 Bq/g, besitzen.
- Hochradioaktive Abfälle sind Abfälle, deren Radionuklidkonzentration so hoch ist, dass sie während der gesamten Zwischen- und einer erheblichen Endlagerzeit Wärme in nennenswertem Umfang entwickeln.

Die hier dargestellten Kategorisierungen von radioaktiven Abfällen enthalten insbesondere bei der Unterteilung in kurzlebig und langlebig Abfälle nicht unerhebliche Interpretationsspielräume.

Im Vergleich lässt sich feststellen, dass die Klassifizierung der radioaktiven Abfälle in der Slowakischen Republik mit der IAEO kompatibel ist und grundsätzlich auch der Kategorisierung in anderen Staaten entspricht. Ob dies auch quantitativ in Bezug auf die jeweiligen Radionuklidinventare zutrifft, kann hier mangels Angaben zu den Radionuklidinventaren in der Slowakischen Entsorgungsstrategie nicht bewertet werden. Wobei gleichzeitig festzuhalten ist, dass die IAEO-Klassifizierung sehr allgemein gehalten ist und den kleinsten gemeinsamen Nenner der Klassifizierung der Anwender darstellt.

6.1.2 Grundsätzliches Vorgehen

Als wesentliche Methoden zum Umgang mit radioaktiven Abfällen im Rahmen der Slowakischen Entsorgungsstrategie werden genannt (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 28):

- warten und zerfallen lassen,
- konzentrieren und isolieren,
- verdünnen und verteilen.

Bei der Methode „**warten und zerfallen lassen**“ sollen die radioaktiven Abfälle zwischengelagert werden, bis deren Aktivität soweit abgeklungen ist, dass sie in die Umwelt abgegeben werden können. Diese Methode wird für Abfälle eingesetzt, die Radionuklide mit Halbwertszeiten von weniger als 100 Tagen enthalten. Inwieweit diese so genannte Abklinglagerung auch im Rahmen der Freigabe von radioaktiven Stoffen bzw. Abfällen (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap. 5.1.2.2) eingesetzt werden soll, ist den Unterlagen nicht zu entnehmen.

Die Methode „**konzentrieren und isolieren**“ entspricht dem allgemeinen Umgang mit radioaktiven Abfällen. Die angefallenen radioaktiven Abfälle werden konditioniert. Dabei werden deren Volumen reduziert und damit gleichzeitig die enthaltenen Radionuklide konzentriert. Die so behandelten Abfälle werden zunächst zwischen- und dann endgelagert.

Bei der dritten Methode „**verdünnen und verteilen**“ wird die Konzentration der Radionuklide im Aggregatzustand des anfallenden Stoffes durch Verdünnung reduziert. Dies kann entweder bereits in der Anlage, durch die Art der Freisetzung aus der Anlage oder durch die Abgabe in ein Medium erfolgen, in dem sich die Radionuklide rasch verteilen. Die Umweltfolgen sollen dabei „für Mensch und Umwelt akzeptabel und optimiert“ sein. Die Trennlinie zwischen der zweiten und dritten Methode wird als optimierte Praxis der Entsorgung radioaktiver Abfälle gesehen (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 28). Den Unterlagen ist weder zu entnehmen, für welche Stoffe, noch wo diese angefallen sind, diese Methode relevant ist.

Vergleich

Radioaktive Abfälle, die Radionuklide mit Halbwertszeiten von weniger als 100 Tagen beinhalten, werden in allen drei Vergleichsländern nach einer Abklinglagerung als konventionelle Abfälle behandelt.

In der **Schweiz** wird für radioaktive Abfälle konsequent die Methode „konzentrieren und isolieren“ angewendet. Stoffe und Abfälle, deren spezifische oder deren gesamte Aktivität so genannte Freigabewerte unterschreiten, können allerdings im konventionellen Bereich weiterverwertet oder deponiert werden (JOINT CONVENTION CH 2005). Die Freigabewerte beruhen auf dem 10 μ Sv-Konzept der IAEA (IAEA 1988). Das Schweizerische Entsorgungskonzept enthält mit Ausnahme bestimmter Freigabepfade keine Methode des „verdünnen und verteilen“.

In **Frankreich** bildet das Prinzip „konzentrieren und isolieren“ ebenfalls den Kernpunkt der Entsorgungsstrategie. Allerdings führen die eingesetzten Konditionierungsmethoden für die meisten Abfallarten nicht zu einer sehr starken Konzentrierung.

Die Entsorgungsstrategie in **Deutschland** beinhaltet die beiden Methoden „warten und zerfallen lassen“ sowie „konzentrieren und isolieren“. Die erste Methode wird insbesondere für bestimmte radioaktive Abfälle aus der Medizin und Forschung angewendet. Sie wird allerdings zunehmend auch für Abfälle (hauptsächlich metallischer Art) aus Atomanlagen eingesetzt (RSK 2003). Die zweite Methode wird für alle radioaktiven Abfälle angewendet, deren Aktivitätskonzentration oberhalb der auf Grundlage der IAE-EMPfehlungen (IAEA 1988) abgeleiteten Freigabewerte ist.

Bewertung

Die Abklinglagerung von Materialien mit kurzlebigen Radionukliden ist international üblich. Insbesondere für Abfälle aus Medizin und Forschung, aber auch für Abfälle mit Radionukliden, deren Halbwertszeit wenige Jahre beträgt. „Warten und zerfallen lassen“ ist internationaler Stand der Technik.

Die Methode „konzentrieren und isolieren“ wird weltweit für den Umgang mit radioaktiven Abfällen aus der Atomenergienutzung eingesetzt.

Die dritte Methode wird von der IAE- als legitimes Vorgehen angesehen (IAEA 2000b). Jedoch wird in den Sicherheitsprinzipien der IAE- ausgeführt, dass die Freisetzungen während der Entsorgung auf dem Minimum des Praktikablen gehalten werden soll. „Verdünnen und verteilen“ ist ein irreversibler Vorgang, so dass er nach IAE- nur für bestimmte Abfallarten in begrenztem Umfang genutzt werden sollte und Konzentration und Rückhaltung der Radionuklide die bevorzugte Methode sein soll (IAEA 1995). Daraus folgt zumindest, dass radioaktive Stoffe zur Abgabe an die Umwelt vorher nicht verdünnt werden sollten. Das grundlegende Sicherheitsprinzip Nr. 5 der IAE- besagt: Der Schutz muss optimiert werden, um das höchste Level der Sicherheit zu gewährleisten, das vernünftig erreicht werden kann (IAEA 2006a). Inwieweit die slowakische Vorgehensweise diesem grundlegenden Sicherheitsprinzip gerecht wird, kann hier nicht beurteilt werden, da die Anwendung der Methode „verdünnen und verteilen“ in der Entsorgungsstrategie nicht konkret beschrieben wird.

In Atomanlagen anfallende Stoffe bzw. Abfälle sollten grundsätzlich nicht gezielt verdünnt und verteilt werden. Soweit eine Rückhaltung und Konzentrierung von Radionukliden mit technisch vertretbarem und dem Strahlenschutz dienenden Aufwand möglich ist, muss dies auch erfolgen.

6.1.3 Entscheidung über endgültigen Verbleib bestrahlter Brennelemente

In Kapitel 4.1 dieser Fachstellungnahme sind die vier von der Regierung der Slowakische Republik in Erwägung gezogenen Optionen zum endgültigen Verbleib der bestrahlten Brennelemente aus den Reaktoren in Bohunice und Mochove genannt. Keine der Optionen soll vorläufig ausgeschlossen werden. Nach Regierungsbeschluss Nr. 930/1992 zuletzt bestätigt in Regierungsbeschluss Nr. 5/2001, soll die endgültige Entscheidung über den Umgang mit bestrahlten Brennelementen weit in die Zukunft verschoben werden (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 8).

Die Verhandlungen zur Wiederaufarbeitung im Ausland sollen abgeschlossen werden (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 44 bzw. Regierungsverordnung Nr. 5 2001). Mit einem positiven Abschluss wird jedoch nicht „gerechnet“ (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 45).

Es wird angekündigt, dass zumindest ein Teil der Arbeiten zum geologischen Tiefenlager „so bald wie möglich“ wieder aufgenommen werden soll (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 79).

Vergleich

Die **Schweiz** hat in der Vergangenheit die beiden Optionen direkte Endlagerung der bestrahlten Brennelemente auf ihrem Territorium und Wiederaufarbeitung im Ausland verfolgt. Gegenwärtig gilt ein zehnjähriges Moratorium für die Wiederaufarbeitung (JOINT CONVENTION CH 2005). Eine Wiederaufnahme nach Ablauf dieser Frist ist ungewiss. Unabhängig davon wird die Einrichtung eines Endlagers konsequent verfolgt. Der Schweizer Bundesrat hat im Jahr 2006 das „Projekt Opa-linuston“ bestätigt und damit den Entsorgungsnachweis für bestrahlte Brennelemente, hochradioaktive sowie längerlebige Abfälle als gegeben angenommen. In diesem Projekt wurde die grundsätzliche Machbarkeit der Endlagerung aufgezeigt. In der nächsten Stufe „Sachplan geologische Tiefenlager“ wird ein Standortauswahlverfahren entwickelt und angewendet. Das Endlager soll 2040 in Betrieb gehen (AGNEB 2007). Der Nachweis der Möglichkeit zur Errichtung eines Endlagers sowie die Fortschritte in der Entwicklung sind gesetzliche Voraussetzungen zum Betrieb der Reaktoren.

In **Frankreich** wird die Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente betrieben. Zeitweise untersucht wurde auch die Langzeitzwischenlagerung und kurzzeitig diskutiert die direkte Endlagerung. Für die bei der Wiederaufarbeitung anfallenden hochradioaktiven Abfälle sowie für längerlebige mittelradioaktive Abfälle ist ein Endlager erforderlich. Nach dem Gesetz von 2006 ist die geologische Endlagerung als Referenzkonzept festgelegt (CNE 2007). Bis 2015 muss das Konzept zur Entscheidungsreife über einen Standort fertig entwickelt sein. Dabei soll die Möglichkeit der Rückholbarkeit der Abfälle berücksichtigt werden. Etwa 2025 soll das Endlager betriebsbereit sein. Die Transmutation, das heißt Umwandlung langlebiger Radionuklide in kurzlebige oder stabile Nuklide, ist eine Option für die fernere Zukunft, die zusätzlich untersucht wird.

In **Deutschland** war bis 1994 die Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente gesetzlich vorgeschrieben. Es wurde aber bereits seit Ende der 1970er Jahre an der direkten Endlagerung gearbeitet. Seit der Novellierung des deutschen Atomgesetzes 2002 ist die direkte Endlagerung vorgeschrieben und die Wiederaufarbeitung zukünftig unzulässig. Die Errichtung eines Endlagers für bestrahlte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen steht deshalb fest. Der Weg zu dem Endlager ist jedoch gegenwärtig nicht klar. Einerseits existiert der Standort Gorleben, dessen Salzstock bereits weitgehend untertägig erkundet ist. Wegen Zweifeln an der Eignung wurde die Erkundung im Jahr 2000 für zehn Jahre ausgesetzt. Bereits 1998 wurde von der Bundesregierung eine Kommission eingesetzt, die ein Suchverfahren für Endlagerstandorte nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erarbeitet und 2002 ihren Bericht vorgelegt hat. In dem Bericht wurden die in Deutschland für die Endlagerung in Frage kommenden Gesteine nochmals überprüft, und als Ergebnis wurden Tonsteine und Salzgestein als potenzielle Einlagerungsgesteine festgestellt (AKEND 2002). Gegenwärtig werden zahlreiche geowissenschaftliche Untersuchungen zur Endlagerung in Ton durchgeführt. In Bezug auf die Standortfrage ist während der laufenden Legislaturperiode bis 2009 aus politischen Gründen keine Entscheidung zu erwarten.

Bewertung

Die Verbringung gefährlicher Stoffe in einen anderen Staat ohne Rücknahme eines äquivalenten Risikopotenzials ist mit den ethischen Grundsätzen im heutigen Europa nicht vereinbar. Die Einhaltung der grundlegenden Prinzipien der IAEA für den Umgang mit radioaktiven Abfällen wäre zumindest stark zweifelhaft (IAEA 1995: S. 312). Die Option der Lieferung der Brennelemente in die Russische Föderation ist daher abzulehnen.

Probleme bei der Option Wiederaufarbeitung sind insbesondere zusätzliche Risiken durch die komplizierten Technologien zur Separierung des Kernbrennstoffs, zur Verarbeitung der zurück gewonnenen Kernbrennstoffe und zum Umgang mit den entstehenden Abfällen sowie das erhöhte Proliferationsrisiko. Die Wiederaufarbeitung würde vermutlich in der Russischen Föderation stattfinden, da nur dort Erfahrungen mit der Wiederaufarbeitung von WWER-Brennelementen existieren. Auszuschließen wäre jedoch auch eine Wiederaufarbeitung in Frankreich nicht. Für diesen Fall könnte die Bevölkerung Österreichs direkt betroffen sein, wenn die Transporte von und nach La Hague durch oder in der unmittelbaren Nähe von österreichischem Staatsgebiet verlaufen würden. Bei einer Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente im Ausland würde sich an den in der Slowakischen Republik durchzuführenden Aktivitäten bezüglich eines geologischen Endlagers grundsätzlich nichts ändern. Für die bei der Wiederaufarbeitung anfallenden hochradioaktiven Abfälle wäre nach internationalen Standards (siehe auch Frankreich) dennoch ein solches Endlager erforderlich.

In den meisten die Atomenergie zur Stromproduktion nutzenden Staaten wird die „direkte“ Endlagerung von bestrahlten Brennelementen als die beste Lösung angesehen.

In den drei zum Vergleich mit der slowakischen Entsorgungsstrategie herangezogenen Ländern steht die Entscheidung zum Umgang mit bestrahlten Brennelementen de facto fest.

Nach IAEA sollten idealer Weise bei Beginn der Stilllegung von Reaktoren bereits alle Entsorgungsanlagen vorhanden bzw. zeitgerecht vorhanden sein. Wenn nicht soll die Entwicklung mit Priorität betrieben werden (IAEA 2005: S. 6).

Die Verschiebung der Entscheidung über den endgültigen Umgang mit den bestrahlten Brennelementen aus den slowakischen Reaktoren ist unter Berücksichtigung der vorstehenden Ausführungen nicht akzeptabel. Dies gilt insbesondere, wenn der Zeitpunkt der Entscheidung nicht festgelegt ist. Im Interesse Österreichs ist eine möglichst frühe Entscheidung und ggf. Realisierung eines Endlagers sinnvoll. Bei einer den internationalen Anforderungen entsprechenden Endlagerung sind Auswirkungen im Störfall auf österreichisches Gebiet auf jeden Fall geringer, möglicherweise sogar nicht gegeben, als bei einer oberirdischen Zwischenlagerung in einem Nasslager.

Eine zügige Entscheidung der Slowakischen Republik für die Endlagerung der bestrahlten Brennelemente wäre zu begrüßen. Die Ankündigung der möglichst baldigen Wiederaufnahme der Arbeiten zur Endlagersuche in der Unterlage zur Entsorgungsstrategie (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 79) stehen im Widerspruch zu den Aussagen von Slowakischen Repräsentanten gegenüber Österreichischen Vertretern, dass die Untersuchungen systematisch fortgeführt wurden und spätestens für 2009 Bohrlochuntersuchungen an drei Standorten geplant sind (HIRSCH et al. 2006).



Ein geologisches Tiefenlager würde unabhängig von Brennelementen auch für höher aktive und/oder längerlebige radioaktive Abfälle gebraucht, die nicht die Annahmebedingungen des Oberflächenendlagers in Mochovce erfüllen. Im Falle der Nutzung der Option Wiederaufarbeitung im Ausland würde wahrscheinlich auch die Endlagerung der dabei entstehenden hochradioaktiven Abfälle in der Slowakischen Republik erforderlich werden. Die Arbeiten für ein Tiefenlager sollten daher wieder aufgenommen und zügig vorangetrieben werden.

6.2 Entsorgung nicht oder geringfügig radioaktiver Abfälle

6.2.1 Nicht radioaktive Abfälle

Im Falle von Stilllegungen kerntechnischer Anlagen wird davon ausgegangen, dass die Strukturen und Stoffe, die nicht Bestandteil von Kontrollbereichen der Anlagen waren, nicht radioaktiv kontaminiert sind und damit als konventionelle Abfälle beseitigt werden können (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap. 5.1.2.3).

Vergleich

In der **Schweiz** gelten alle Abfälle als nicht radioaktiv, die die Kriterien der Strahlenschutzverordnung unterschreiten. Diese Abfälle können im konventionellen Bereich recycelt oder deponiert werden (JOINT CONVENTION CH 2005).

Die Vorgehensweise zum Umgang mit Abfällen aus der Stilllegung in **Frankreich**, die außerhalb der Kontrollbereiche anfallen, ist vergleichbar mit der Planung in der Slowakischen Republik (JOINT CONVENTION F 2005).

Bei der Stilllegung von Atomanlagen in **Deutschland** werden außerhalb der Kontrollbereiche anfallende Abfälle ebenfalls konventionell entsorgt. Es bedarf jedoch einer vorherigen allgemeinen Plausibilitätsbetrachtung zur Kontaminationsfreiheit (MUF-RP 2004, NMU 2005).

Bewertung

Die Behandlung von bei der Stilllegung außerhalb der Kontrollbereiche anfallenden Abfällen als konventionelle Abfälle ist international üblich. Eine vorhergehende Plausibilitätsbetrachtung zur Kontaminationsfreiheit gegenüber der Genehmigungs- oder Aufsichtsbehörde ist sinnvoll. Zur Darlegung der Plausibilität, dass die Abfälle nicht kontaminiert sind, ist die Betriebshistorie auszuwerten, sowie eine mögliche Kontamination durch luftgetragene Ableitungen aus der Anlage zu prüfen.

6.2.2 Freigabe geringfügig radioaktiver Abfälle

Soweit aus den zur Entsorgungsstrategie vorgelegten Unterlagen ersichtlich, hat die Freigabe in der Vergangenheit in der Slowakischen Republik keine Rolle gespielt. Auch die geringfügig radioaktiven Abfälle wurden bisher offenbar wie die schwach- und mittlerradioaktiven Abfälle behandelt. In Zukunft ist geplant, hier eine Aufteilung vorzunehmen: in Abfälle, die freigegeben werden können, und solche, die in ein spezielles Endlager verbracht werden können. Diese beiden Möglichkeiten werden in den vorgelegten Unterlagen nebeneinander stehend genannt, ohne dass eine Abgrenzung enthalten wäre.

Kriterien für die Freigabe von radioaktiven Abfällen sollen eine geringere Dosisbelastung für eine Einzelperson aus einer kritischen Bevölkerungsgruppe als 10 $\mu\text{Sv/a}$ bzw. 50 $\mu\text{Sv/a}$ (wenn im Vergleich zu anderen Optionen optimal und strahlenschutzmäßig zulässig), und eine geringere Kollektivdosis als 1 manSv/a sein (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap. 5.1.2.2).

Die Freigabe wird als eine Optimierung der Menge radioaktiver Stoffe gesehen, die durch Technologiefortschritt und -steuerung in den konventionellen Bereich geleitet werden können (Nationaler Atomfonds 2008b: S.19).

Vergleich

In der **Schweiz** gibt es eine Freigaberegulation, nach der die radioaktiven Stoffe bei Unterschreitung vorgegebener Werte im konventionellen Bereich entweder wieder verwendet oder deponiert werden können. Durch die Freigabe sollen keine höheren individuellen Belastungen als 10 $\mu\text{Sv/a}$ verursacht werden (JOINT CONVENTION CH 2005).

Eine allgemeine Freigaberegulation existiert in **Frankreich** nicht, da die Verbringung von radioaktiven Stoffen aus Atomanlagen in den konventionellen Bereich nach dem Gesundheitsgesetz nicht zulässig ist. Sie erfolgt nur im Einzelfall nach Genehmigung, wenn eine ausreichende Verfolgbarkeit der Deponierung des Stoffes sichergestellt ist (JOINT CONVENTION F 2005).

In **Deutschland** gibt es eine bezüglich Freigabepfade weit ausdifferenzierte Freigaberegulation, die nach heftiger Kritik (z. B. GÖK/IFEU 2002) momentan novelliert wird. Auch die deutsche Freigaberegulation orientiert sich an einer Individualdosis von 10 $\mu\text{Sv/a}$ (IAEA 1988). Es ist festgelegt, dass die Freigabewerte nicht durch Verdünnung anfallender Stoffe erreicht werden dürfen.

Bewertung

Die Freigabe radioaktiver Stoffe mit geringfügiger Radioaktivität wird zwar nicht in allen Staaten angewendet, entspricht aber internationaler Praxis. Als Kriterium werden dabei in der Regel die 10 $\mu\text{Sv/a}$ herangezogen. Die IAEA gibt als zweites Kriterium eine Kollektivdosis von 1 manSv/a an (IAEA 1988). Die konkreten Werte der für eine Freigabe zulässigen Aktivitätswerte in den Abfällen unterscheiden sich jedoch von Staat zu Staat, da sie von den jeweiligen Randbedingungen abhängig sind (IAEA 2000).

Nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen die in der Slowakische Republik geltenden 50 $\mu\text{Sv/a}$ Individualdosis bei Nachweis, dass es sich um einen optimalen Umgang handelt. Von der IAEA wird die Möglichkeit der Überschreitung ihrer Empfehlung lediglich für den Fall einer nachgewiesenen Optimierung auf die Kollektivdosis von 1 manSv/a bezogen (IAEA 1988). Gleiches gilt in Bezug auf die einschlägige EU-Richtlinie. In ihr wird für die Individualdosis ausdrücklich 10 $\mu\text{Sv/a}$ als höchste Individualdosis genannt (EU RL 1996). Die Festlegung einer unter bestimmten Umständen möglichen Individualdosis von 50 $\mu\text{Sv/a}$ in der Entsorgungsstrategie der Slowakischen Republik verstößt also gegen EU-Recht.

Die in den vorliegenden Unterlagen an einigen Stellen enthaltenen Zusammenhänge zwischen Optimierung und Freigabe radioaktiver Abfälle sind nicht nachvollziehbar. Sollte damit gemeint sein, durch Optimierung die Aktivitätskonzentrationen in Stoffe und Abfällen so zu steuern, dass eine möglichst große Menge davon freigegeben werden kann, ist das nicht akzeptierbar. Ein solches Vorgehen wäre nicht mit dem ALARA-Prinzip vereinbar. Es würde auch gegen die EU-Grundnorm für den Strahlenschutz verstoßen, nach der sicher gestellt werden soll, dass im Rahmen von Optimierung die Expositionen stets so niedrig gehalten werden, wie dies unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen und sozialen Faktoren möglich und vertretbar ist (EU RL 1996). Die Entsorgung von radioaktiven Abfällen ohne Verdünnung für eine anschließende Freigabe ist vertretbar und dem Entsorger zumutbar.

6.2.3 Endlagerung geringfügig radioaktive Abfälle

Für den Verbleib von geringfügig radioaktiven Abfällen, die bisher gemeinsam mit den schwach- und mittlerradioaktiven Abfällen im Republiklager Mochovce endgelagert werden, gibt es in der Slowakischen Republik Überlegungen, sie in einem eigenen Endlager mit geringeren Sicherheitsanforderungen endzulagern. Es werden zurzeit Machbarkeitsstudien erstellt (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap. 2). Die Entscheidung, ob diese Abfälle in einem eigenen Endlager entsorgt werden sollen, soll etwa 2010 fallen (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 70).

Vergleich

In der **Schweiz** werden geringfügig radioaktive Abfälle freigegeben, wenn sie die Freigabewerte unterschreiten oder andernfalls mit den anderen radioaktiven Abfällen entsorgt.

In **Frankreich** wurde für die bei der Stilllegung von Kernanlagen anfallenden geringfügig radioaktiven Abfälle (1–100 Bq/g) 2003 in Morvilliers ein eigenes Endlager in Betrieb genommen. Eingelagert werden dort Beton, Trümmer, Erde, Metalle und Kunststoffe in intakten Behältern. Die Behälter werden in während der Einlagerung überdachten Lagerzellen gestapelt. Die Lagerzellen wurden in eine Tonschicht eingelassen. Ist eine Lagerzelle mit Behältern gefüllt, werden die Zwischenräume mit Sand verfüllt und die Zelle mit einer Tonschicht überdeckt. Es findet ein Monitoring von Oberflächenwasser, Grundwasser, Wasser im Regenauffangbecken, Luft und landwirtschaftlich erzeugten Nahrungsmitteln statt (ANDRA 2008a).

In **Deutschland** werden feste radioaktive Abfälle mit geringer Aktivität bei Unterschreitung festgelegter Werte freigegeben. Welcher Freigabepfad verfolgt wird, ist von der Höhe der Aktivität abhängig. Das reicht von der Einlagerung in eine bestimmte Deponie bis zur uneingeschränkten Freigabe zur Wiederverwendung.

Bewertung

Die Endlagerung von geringfügig radioaktiven Abfällen in eigenen Endlagern wird bereits in einigen Staaten durchgeführt. Diese Entsorgungsmethode bietet bei Einhaltung bestimmter Sicherheitsstandards einen nachhaltigeren Schutz von Mensch und Umwelt als die Freigabe entsprechender Materialien. Die Einrichtung eines solchen Endlagers in der Slowakischen Republik wäre daher zu begrüßen.

6.3 Entsorgung radioaktiver Abfälle

In diesem Unterkapitel werden alle radioaktiven Abfälle außer den bestrahlten Brennelementen betrachtet.

6.3.1 Zwischenlagerung

Die Zwischenlagerung der anfallenden radioaktiven Abfälle erfolgt gegenwärtig – wie für WWER international üblich – in der jeweiligen Reaktoranlage. Da neben den Betriebsabfällen künftig auch vermehrt Stilllegungsabfälle aus dem Reaktor Bohunice A1 anfallen, ein Lager für Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie sowie zur Pufferung von Abfällen vor und nach ihrer Konditionierung erforderlich ist, soll ein neues Zwischenlager (Integriertes Zwischenlager) errichtet werden. Es wurde bereits ein UVP-Verfahren für einen Standort in Bohunice durchgeführt, die Errichtung wegen Überlegungen zu einem neuen Reaktor an dieser Stelle des Anlagengeländes jedoch nicht aufgenommen (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 18).

Im Rahmen eines neuen Genehmigungsverfahrens soll der bisherige Umfang zu lagernder Abfälle – feste Stilllegungsabfälle aus A1, feste Betriebsabfälle vor ihrer Konditionierung in BTC, konditionierte Abfälle vor ihrer Endlagerung und Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung – um die Stilllegungsabfälle aus anderen Reaktoren erweitert werden. Soweit erkennbar sollen neben schwach- und mittelfradioaktiven auch höher- und hochradioaktive Abfälle sowie Abfälle mit längerlebigen Radionukliden gelagert werden können.

Vergleich

In der **Schweiz** enthält das Entsorgungskonzept die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle an den Reaktorstandorten und – überwiegend – zentral im Zwischenlager in Würenlingen. Im zentralen Zwischenlager werden radioaktive Abfälle aus Betrieb und Stilllegung der Atomkraftwerke sowie in einer anderen Halle aus Medizin, Industrie und Forschung gelagert. Da sich in der Nähe dieses Standortes auch drei der vier Atomkraftwerkstandorte der Schweiz befinden und in Würenlingen die Abfälle auch konditioniert werden können, handelt es sich um einen logistisch günstigen Standort (DSK 1993).

In **Frankreich** werden die radioaktiven Abfälle an den Reaktorstandorten bzw. in den Forschungseinrichtungen und in der Wiederaufarbeitungsanlage zwischengelagert. Die Zwischenlagerdauer für kurzlebige schwach- und mittelfradioaktive Abfälle an den Reaktorstandorten ist relativ kurz. Sie richtet sich nach der Annahmefähigkeit des in Betrieb befindlichen Endlagers (NF CH 2007). Abfälle aus Forschungseinrichtungen, die die Annahmebedingungen des Oberflächenendlagers nicht einhalten, werden in den Forschungseinrichtungen der CEA zwischengelagert (JOINT CONVENTION F 2005). Radioaktive Abfälle, die langlebige Alphastrahler enthalten, werden zentral in Cadarache aufbewahrt.

In **Deutschland** werden die radioaktiven Abfälle überwiegend an den Standorten der Atomanlagen zwischengelagert. Dies gilt für Betriebsabfälle und verstärkt für die Abfälle aus gegenwärtig in Stilllegung befindlichen Anlagen. Abfälle aus Medizin, Industrie und nicht auf Atomenergienutzung bezogener Forschung werden in jedem Bundesland in einer Landessammelstelle gelagert. Zentral gibt es die Zwischenlagerung eines Teils der Abfälle aus bayerischen Atomkraftwerken (Mitterteich) sowie

in Gorleben für schwach- bzw. mittelradioaktive Abfälle, die in zentralen Einrichtungen konditioniert wurden, und die hochradioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung von deutschen Brennelementen in Frankreich und Großbritannien. Zukünftig sollen mittelradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung, die Wärme entwickelnd sind, in Ahaus zwischengelagert werden (GNS 2007).

Bewertung

Aus den vorliegenden übersetzten Unterlagen zur Entsorgungsstrategie ist nicht klar zu entnehmen, ob das Zwischenlager in Bohunice an einer anderen Stelle in Bohunice oder an einem ganz anderen Standort errichtet werden soll. Der Wechsel zu einem völlig anderen Standort wäre sicherheitstechnisch und logistisch nicht sinnvoll. Da Bohunice in der Slowakischen Republik der Standort ist, an dem am meisten radioaktive Abfälle anfallen und an dem auch die zentrale Anlage zur Konditionierung fester radioaktiver Stoffe betrieben wird, ist dieser Standort am besten geeignet. Auch von der IAEA wird empfohlen, ein Zwischenlager für radioaktive Abfälle an einem bereits genutzten Atomstandort zu errichten (IAEA 2006b). Durch eine solche Standortwahl würden auch Zahl und Streckenlänge von Transporten radioaktiver Abfälle und damit das Unfallrisiko verringert.

Die vorgelegten Unterlagen enthalten keine Angaben für welchen Zeitraum die Zwischenlagerung der Abfälle längstens vorgesehen und wie das Zwischenlager sicherheitstechnisch ausgelegt ist. Hierzu kann deshalb keine Bewertung vorgenommen werden. Bei einer längerfristigen Zwischenlagerung ist jedoch eine grundlegende periodische Sicherheitsüberprüfung zu fordern (IAEA 2006b).

6.3.2 Konditionierung

In der Entsorgungsstrategie sind je eine Konditionierungsanlage mit mehreren Konditionierungsverfahren in Bohunice und Mochovce vorgesehen.

Für feste Abfälle aus der ganzen Republik sind in Bohunice Einrichtungen zur Zerlegung, Sortierung, Dekontamination, Verbrennung, Hochdruckpressung und zum Schmelzen in Betrieb. In der Verbrennungsanlage können auch flüssige Abfälle angenommen werden. Höher kontaminierte flüssige Abfälle einschließlich Schlämmen können in Bohunice verglast werden. Nur für flüssige Abfälle vom Standort Bohunice werden eine Zementierungsanlage und drei Bituminierungsanlagen (Konzentrate und Ionentauscher) betrieben. Für die Zukunft wird die Errichtung einer Anlage zum Plasma- oder Induktionsstromschmelzen erwogen.

Die endlagerfertige Konditionierung der vorkonditionierten Abfälle durch ihre Zementierung in Containern erfolgt derzeit für alle Abfälle in Bohunice.

In Mochovce werden Anlagen zur Verdampfung, Bituminierung und Zementierung nicht brennbarer flüssiger Abfälle vom Standort betrieben. Vorgesehen ist auch eine Anlage zur Endkonditionierung von Abfällen in Faserbetoncontainer. Eventuell sollen hier auch entsprechende Stilllegungsabfälle aus Bohunice A1 endkonditioniert werden.

Vergleich

In der **Schweiz** befinden sich an jedem Reaktorstandort Konditionierungseinrichtungen für dort anfallende flüssige und feste radioaktive Abfälle. Die Rohabfälle werden verfestigt, in eine Zement- (Schlämme, Filterkerzen, Harze) oder Polystyrol-

Matrix (Ionentauscher) eingebunden und endlagerfähig verpackt (AGNEB 2007). Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie werden zentral im Paul-Scherrer-Institut konditioniert (JOINT CONVENTION CH 2005). Für bestimmte Abfallarten erfolgt die Konditionierung in der zentralen Anlage in Würenlingen. Dort können feste und flüssige Abfälle dekontaminiert, zerlegt, verpresst, mit Zement verfestigt und/oder verpackt werden. Außerdem wird eine Anlage mit Plasmaschmelzverfahren betrieben, in der die Abfälle thermisch zersetzt und aufgeschmolzen werden (ZWILAG 2008). Die Verbrennungsanlage für schwachradioaktive Abfälle wurde inzwischen stillgelegt. Eine Bituminierung von Abfällen erfolgt in der Schweiz nicht.

In **Frankreich** werden feste radioaktive Abfälle aus Atomkraftwerken an den Reaktorstandorten verpresst oder in einer zentralen Anlagen verbrannt bzw. metallische Abfälle geschmolzen. Organische flüssige Abfälle und Konzentrate werden ebenfalls verbrannt. Ionentauscher werden in einer Epoxid-Matrix verfestigt. Die Abfälle werden dann in den zentralen Anlagen oder am Endlagerstandort in Metall- oder Betonbehälter verpackt, die die Annahmebedingungen des Oberflächenendlagers erfüllen (NF CH 2007). Flüssige Forschungsabfälle der CEA (Commissariat à l'Énergie Atomique) werden überwiegend nach Volumenreduzierung durch Verdampfung zementiert (Konzentrate) oder zum geringeren Teil bituminiert (Schlämme). Feste Abfälle werden verpresst oder verbrannt (JOINT CONVENTION F 2005). Bei der Wiederaufarbeitung von Brennelementen entstehende Abfälle werden nach einer Zwischenlagerung am Standort in La Hague konditioniert. Die Konditionierung bedeutet für flüssige hoch- und mittelradioaktive Abfälle ihre Verglasung, für schwach- und mittelradioaktive feste Abfälle ihre Hochdruckverpressung und für schwachradioaktive flüssige Abfälle ihre Zementierung. Die Bituminierung von Schlämmen wurde eingestellt.

In **Deutschland** soll mit der Konditionierung angefallener Rohabfälle möglichst bald nach ihrem Anfall begonnen werden. Soweit möglich soll die Konditionierung an den Standorten ihres Anfalls durchgeführt werden (BMU 1994). An den Atomkraftwerksstandorten werden stationäre und mobile Anlagen zur Konditionierung fester und flüssiger radioaktiver Abfälle betrieben. Dabei handelt es sich um Anlagen zur Verpressung, Trocknung, Verdampfung und Zementierung. Die deutschen Forschungseinrichtungen besitzen ebenfalls eigene Konditionierungseinrichtungen zur Behandlung fester und flüssiger radioaktiver Abfälle. Zentral sind Konditionierungsanlagen mit einer aufwändigeren Technik bzw. einem höheren Gefahrenpotenzial in Betrieb. Mittelradioaktive feste Abfälle können im Forschungszentrum Karlsruhe dekontaminiert, zerlegt und hochdruckverpresst werden. Für flüssige und feste schwach- und mittelradioaktive Abfälle stehen in den Forschungszentren Karlsruhe und Jülich Verbrennungsanlagen zur Verfügung. Zum Schmelzen metallischer Abfälle steht eine Schmelzanlage in Krefeld zur Verfügung. Die Bituminierung zur Verfestigung von radioaktiven Abfällen wird in Deutschland nicht angewendet.

Bewertung

Die Konditionierung bzw. zumindest die Überführung in einen ausbreitungsresistenten Zustand sollte möglichst bald nach Anfall von radioaktiven Abfällen erfolgen. Die IAEA bezeichnet es als „good practice“ wenn keine unkonditionierten Abfälle gelagert werden (IAEA 2005: S.10).

Die in der Slowakischen Republik angewendeten Methoden zur Konditionierung werden überwiegend auch in den hier berücksichtigten Vergleichsstaaten eingesetzt. Die Konditionierung entspricht also dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik (IAEA 2000b). Dennoch wird die Konditionierungsmethode der Bituminierung zur Verfestigung flüssiger radioaktiver Abfälle als problematisch angesehen.

Bituminierung ist ein komplexer Prozess, während dem die Initiierung von Bränden oder Explosionen auftreten kann. Das Produkt ist entzündbar, was das Risiko nicht nur während der Konditionierung sondern auch für Transport und Zwischenlagerung erhöht. Das diesbezügliche Gefährdungspotenzial wird in Bohunice durch die Einstellung und anschließende Einzementierung der Fässer mit den bituminierten Abfällen in Faserbetoncontainern stark reduziert. Allerdings ist nicht festgelegt, dass diese Endkonditionierung ohne weitere Zwischenlagerung unmittelbar nach der Bituminierung erfolgt. Darüber hinaus werden durch die Endkonditionierung nicht alle Nachteile der Bituminierung beseitigt. Die Konditionierungsmethode bzw. deren Ergebnis soll kompatibel mit dem Endlager sein (IAEA 2000b: 5.13 und 5.18). Dabei sollen auch die biologischen Abfalleigenschaften berücksichtigt werden (IAEA 2000b: 5.31). Organisches Material trägt zu verstärkter Gasbildung und anderen mikrobiellen Effekten im Endlager bei. Andere Konditionierungsmethoden führen im Vergleich zur Bituminierung zu geringerem Zwischen- und Endlagervolumen. Bei Bitumen erhöht sich das Volumen nach der Vorbehandlung der flüssigen Abfälle um 1:1,5 (IAEA 2006: S. 54). Die Tatsache, dass Konditionierungsmethoden zur Verfügung stehen, die die genannten Probleme vermeiden, legt einen Verzicht auf die Bituminierung nahe. Siehe auch (HIRSCH et al. 2006).

6.3.3 Endlagerung

Im Republiklager in Mochovce erfolgt die Endlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen. Das Endlager befindet sich an der Oberfläche und besteht aus zwei doppelreihigen Betonboxen, in die die Abfälle gestapelt werden. Die festen oder verfestigten Abfälle sind in Faserbetoncontainer einzementiert. Der jeweils aktuelle Einlagerungsbereich wird provisorisch mit einer Halle überdacht. Die Betonboxen sind seitlich und bodenmäßig von einer Tonschicht umgeben, die eventuell freigesetzte Radionuklide zurückhalten soll. Die Betonboxen sollen nach Einlagerung verfüllt und mit einer wasserundurchlässigen Betonüberdeckung abgeschlossen werden.

Sind alle Boxen gefüllt und geschlossen soll in einem eigenen Verfahren die Überdeckung des gesamten Areals mit einer Tonschicht und Geotextilien sowie abschließend mit einer Erdschicht erfolgen. Für die Abdeckung ist auch ein Drainagesystem zur Abführung von Niederschlagswasser vorgesehen (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 71).

Der endgültige Verschluss des Lagers soll nach Durchführung eines eigenen Genehmigungsverfahrens etwa 2080 erfolgen. Dann ist eine institutionelle Kontrolle für mindestens 300 Jahre vorgesehen (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 72).

Aus der Durchführung von Sicherheitsanalysen ist eine Begrenzung der Gesamtkaktivität und eine Begrenzung der Aktivität pro Abfallcontainer bzw. Volumeneinheit abgeleitet worden (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 68). Diese Aktivitäten stehen in Wechselwirkung mit den für die institutionelle Überwachung nach Verschluss des Endlagers genannten 300 Jahren. Angaben zu einer Nuklidaufschlüsselung der zulässigen Aktivitäten, also zum Beispiel auch dem zulässigen Gehalt an langlebigen Alphastrahlern, sind in den Unterlagen nicht enthalten.

Das Endlager Mochovce ist für eine Kapazität von 7.200 Containern (22.320 m^3) ausgelegt. Die Kapazität wurde für die Stilllegungsabfälle der Reaktors A1 und die Betriebsabfälle der acht anderen Reaktoren als ausreichend ermittelt. Zurzeit wird ein Antrag zur Erweiterung des Lagers für Abrissabfälle aus den slowakischen Kernkraftwerken und für Abfälle aus der sonstigen Anwendung radioaktiver Stoffe vorbereitet.

Im Lager sollen alle schwach- und mittelradioaktiven Stoffe endgelagert werden, die in der Slowakischen Republik anfallen, also auch Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung. Dies wird von den Betreibern des Endlagers weltweit als Novum angesehen (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 29).

Vergleich/Bewertung

In der **Schweiz** ist die Endlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen in einem geologischen Endlager vorgesehen. Ein erstes Verfahren für ein solches Endlager am Standort Wellenberg endete nach acht Jahren mit der Ablehnung durch die Bevölkerung in einer Volksentscheidung. Gegenwärtig wird ein neues Standortsuchverfahren durchgeführt (JOINT CONVENTION CH 2005). Es ist auch noch eine Entscheidung möglich, die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle gemeinsam mit den hochradioaktiven Abfällen, einschließlich der bestrahlten Brennelemente, in einem Endlager zu lagern.

Seit Beginn der Entwicklung von Entsorgungskonzepten wird in **Frankreich** die Oberflächenendlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen mit Halbwertszeiten des Inventars von weniger als 30 Jahren verfolgt. Bereits 1969 wurde das erste Endlager in Manche (Nordfrankreich) in Betrieb genommen. Die Technologie bestand zunächst in einem einfachen Stapeln der Abfälle in einer ausgehobenen und planierten Grube. Nach Feststellung der ersten negativen Umweltauswirkungen wurden die Abfälle besser verpackt und in Betonstrukturen eingelagert. Die Weiterentwicklung dieser Technologie beinhaltete auch die Einrichtung von Drainagesystemen zur Abführung von Niederschlagswässern. Die nach alter Technologie eingelagerten Abfälle wurden zum großen Teil trotz bereits erfolgter Überdeckung geborgen und entsprechend der neuen Technologie erneut eingelagert. Im Jahr 1994 wurden die letzten von insgesamt 530.000 m^3 Abfällen eingelagert. Der Verschluss des Endlagers erfolgte mittels einer Bitumen- und darüber mehrerer Erdschichten. Seit 1997 sind alle Arbeiten abgeschlossen. Die Umweltüberwachung soll 300 Jahre betragen (EU COM 1996). Während des Betriebes des Centre de la Manche wurden im Vorfluter der Anlage die vorgegebenen Grenzwerte überschreitende Tritium-Werte gemessen. Im Jahr 1976 wurde eine Tritiumkontamination im benachbarten Fluss festgestellt. Seitdem wird das Grundwasser in der Nähe der Anlage überwacht. Obwohl 1978/79 der tritiumhaltige Abfall geborgen wurde, breitet sich das Tritium im Boden aus. Die durchschnittliche Belastung lag 2005 bei 6.240 Bq/l , jedoch blieb die Konzentration an einigen Stellen sehr hoch bis maximal 190.000 Bq/l . In die Umgebung wird Radon in laut Betreiber vernachlässigbarem Umfang freigesetzt.

Im Jahr 1992 wurde ein zweites Oberflächenendlager in Aube (Ostfrankreich) in Betrieb genommen. Die einzulagernden festen Abfälle müssen konditioniert und in Metall- oder Betonbehälter verpackt sein. Ein Abfallgebinde besteht ca. aus 15 % Abfall und 85 % Matrixmaterial (ANDRA 2008b). Die Behälter werden in einer während der Einlagerung überdachten Betonzelle gestapelt. Die Betonzelle wurde auf einer Tonschicht errichtet, unter der sich ein Tunnelsystem zur Ableitung von Regenwasser befindet. Die Zwischenräume von Metallbehältern werden mit Zement,

die zwischen Betonbehältern mit Schotter verfüllt. Ist die Betonzelle gefüllt, wird sie mit einem Betondeckel verschlossen und zur Wasserabweisung mit einer Polyurethanfolie überdeckt (ANDRA 1996).

Zur Verhinderung des Zutritts von Wasser bzw. anderer externer Einflüsse auf die Abfälle nach Verschluss des Endlagers werden die verschlossenen Betonzellen mit einer Schicht Ton, einer Bitumenmembran und mehreren Schichten Sand und Erde bedeckt. Aufgrund des Oberflächenniveaus kann das Endlager nicht überflutet werden und es ist gegen Erdbeben, Erdrutsch und starke Unwetter ausgelegt (ANDRA 1996).

Für die Überwachung der Umweltauswirkungen des Endlagers wurden vor Inbetriebnahme umfangreiche Messungen an Grundwasser, Oberflächenwasser, Sediment, Luft, Tieren und Pflanzen zur Bestimmung der Ausgangssituation vorgenommen. Diese Objekte werden während des Betriebes in regelmäßigen Abständen (täglich bis halbjährlich) erneut analysiert.

Schwach- und mittelradioaktive Abfälle mit langlebigem Nuklidinventar sollen in ein eigenes oberflächennahes Endlager (15 m unterhalb der Oberfläche) verbracht werden. Die Konzeptentwicklung hierzu ist im Gange. Die Inbetriebnahme soll 2013 sein (JOINT CONVENTION F 2006).

In **Deutschland** sollen alle schwach- und mittelradioaktiven Abfälle, die eine vernachlässigbare Wärmeentwicklung haben, in einem geologischen Endlager gelagert werden. Dies gilt für Abfälle aus der Atomenergienutzung ebenso wie für alle anderen, bspw. in Medizin, Industrie und Forschung anfallenden Abfälle. Insofern ist die oben genannte Aussage der slowakischen Behörden bezüglich eines weltweiten Novums ihres Vorhabens nicht zutreffend. Weitergehend wurde in Deutschland in den 1970er Jahren und verstärkt wieder ab 1998 die gemeinsame Lagerung aller radioaktiven Abfälle, einschließlich bestrahlter Brennelemente, in einem Endlager diskutiert (GÖK 1998, BfS 2005). Diese Option wurde inzwischen hauptsächlich aus politischen Gründen aufgegeben. Angeführte fachwissenschaftliche Gründe wurden nicht abschließend diskutiert.

Das für die Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle vorgesehene ehemalige Eisenerzbergwerk Konrad befindet sich derzeit in der Umrüstung zum Endlager. Die Errichtungs- und Betriebsgenehmigung wurde von der zuständigen Behörde im Jahr 2002 erteilt. Die Bevölkerung wurde im Rahmen der gesetzlichen Vorschriften im Genehmigungsverfahren angehört. Mitentscheidungsbefugnisse hatte die Bevölkerung nicht. Zur Zeit läuft ein Antrag beim Bundesverfassungsgericht, in dem ein nicht ausreichender Rechtsschutz für AnwohnerInnen während des Genehmigungsverfahrens bemängelt wird. Sollte das Bundesverfassungsgericht nicht im Sinne der Antragstellung urteilen, ist die Inbetriebnahme von Konrad für 2013 vorgesehen.

Bewertung

Das Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle in Mochovce ist ein Oberflächenendlager. Weltweit wird für Abfälle dieser Art sowohl die Oberflächenendlagerung als auch die Endlagerung in tiefen/tiefern geologischen Schichten durchgeführt. Die Tiefenlagerung ist aus Strahlenschutzgründen für die gegenwärtig und zukünftig lebende Bevölkerung zwar zu bevorzugen, aber die Oberflächenendlagerung in Mochovce entspricht den IAEO-Anforderungen (IAEA 1999) und damit dem internationalen Stand der Technik. Grundsätzlich gilt das auch für die Art der Einla-

gerung der radioaktiven Abfälle und das Verschließen des Endlagers sowie die Kontrolle nach Verschluss für ca. 300 Jahre. Eine Prüfung, inwieweit die IAEA-Anforderungen (IAEA 1999) im Einzelnen eingehalten werden, ist auf Grundlage der vorliegenden Informationen nicht möglich und auch nicht Aufgabe dieser Stellungnahme.

Zu kritisieren wäre, wenn sich der Eindruck aus den Unterlagen zur Entsorgungsstrategie bestätigen würde, dass detailliertere Untersuchungen zum Verschluss des Lagers offenbar erst kurz vor dessen Betriebsende durchgeführt werden sollen.

Wie bereits ausgeführt, ist die Oberflächenendlagerung im Vergleich zur Endlagerung in tiefen geologischen Schichten weniger sicherheitsorientiert. Es ist daher verstärkt auf eine Begrenzung des Inventars langlebiger Radionuklide und des Gesamtinventars zu achten (IAEA 1994a). Dies muss insbesondere bei der geplanten Erweiterung in Mochovce beachtet werden.

Der Standort des Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle der Slowakischen Republik in der Nähe eines der größten Abfallproduzenten ist in Bezug auf die Logistik und im Sinne der Vermeidung von Transporten sinnvoll.

6.4 Entsorgung bestrahlten Kernbrennstoffs

6.4.1 Zwischenlagerung

Die Brennelemente sollen nach ihrer Nutzung im Reaktor zunächst für 3-7 Jahre in den Abklingbecken an den Reaktoren gelagert werden. Danach sollen sie bis zum weiteren Umgang in ein externes Zwischenlager überführt werden. Dort ist eine längerfristige Zwischenlagerung vorgesehen.

Am Standort Bohunice ist bereits seit 1987 ein Zwischenlager in Betrieb. Es handelt sich um ein so genanntes Nasslager. Die Brennelemente lagern in Gestellen in einem mit Wasser gefüllten Becken. Die Nachzerfallswärme aus den Brennelementen wird mit aktiven Kühlsystemen abgeführt. Die Zusammensetzung des Wassers und weitere Parameter werden ständig überwacht.

Nach dem ursprünglichen Konzept für den Betrieb dieses Zwischenlagers sollten die Brennelemente darin bis zu zehn Jahren lagern und dann in die UdSSR abtransportiert werden. Die Kapazität des Zwischenlagers betrug 5.040 Brennelemente bzw. 600 MgSM. Nachdem die Abnahme der Brennelemente durch den Nachfolgestaatenbund der UdSSR abgebrochen und die Tschechoslowakei aufgelöst wurde, musste das Konzept geändert werden.

Um die Aufnahme von einer größeren Anzahl von Brennelementen über einen längeren Zeitraum zu ermöglichen, wurde im Jahr 1996 mit einem Umbau des Zwischenlagers begonnen. Die Auslegung gegen Erdbeben wurde verbessert und durch schrittweise Veränderung der Lagergestelle im Becken die Kapazität auf 14.112 Brennelemente bzw. 1.700 MgSM erhöht. Die Brennelemente werden nun wesentlicher dichter zueinander gelagert (Kompaktlagerung). Die genehmigte Betriebszeit wurde auf 50 Jahre bis 2047 verlängert (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 16, 44). Rechtzeitig vor Ablauf der Genehmigung soll geprüft werden, ob das Zwischenlager weiter betrieben werden kann oder ein neues Zwischenlager errichtet werden muss (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap.5.4.1).

Im Zwischenlager in Bohunice sollen alle Brennelemente aus dem Betrieb der Reaktoren V1 und V2 am Standort sowie die bis 2017 anfallenden Brennelemente aus den Reaktoren EMO 1 und 2 in Mochovce langfristig zwischengelagert werden. Das heißt nach der Abklinglagerung werden die Brennelemente aus Mochovce nach Bohunice transportiert. Es sind bereits bestrahlte Brennelemente aus Mochovce im Zwischenlager in Bohunice eingelagert (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 45).

Für das Jahr 2017 ist die Inbetriebnahme eines Zwischenlagers für bestrahlte Brennelemente in Mochovce vorgesehen. Der ursprünglich vorgesehene Inbetriebnahmezeitpunkt wurde damit um zehn Jahre verschoben (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 25). Dieses Zwischenlager soll auf dem Prinzip der trockenen Behälterlagerung beruhen. Die Brennelemente befinden sich in einem Tragkorb in einer Gasatmosphäre im Behälterinneren. Ihre Nachzerfallswärme wird durch die Behälterwand und über die natürliche Konvektion der Luft an der Außenwand abgeleitet. Überwacht wird während der Lagerzeit die Dichtheit des Behälters.

In diesem Zwischenlager sollen die ab 2017 anfallenden Brennelemente aus den Reaktoren EMO 1 und 2 sowie alle Brennelemente aus EMO 3 und 4 zwischengelagert werden. Die vorgelegten Unterlagen zur Entsorgungsstrategie der Slowakischen Republik enthalten keine Kapazitätsangaben für dieses Zwischenlager.

Vergleich

In der **Schweiz** wird für die längerfristige Zwischenlagerung ausschließlich das trockene Behälterkonzept eingesetzt. Betrieben werden das zentrale Behälterzwischenlager in Würenlingen (ZWILAG) und demnächst das Behälterzwischenlager am Reaktorstandort Beznau (JOINT CONVENTION CH 2005). In beiden Zwischenlagern können auch hochradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung Schweizer Brennelemente im Ausland zwischengelagert werden. Ein ebenfalls für die längerfristige Zwischenlagerung von Brennelementen beantragtes Nasslager am Reaktorstandort Gösgen wurde hierfür nicht genehmigt. Im Genehmigungsverfahren wurde festgestellt, dass die trockene Behälterlagerung sicherheitstechnische Vorteile gegenüber der Nasslagerung besitzt (KSA 2003, S.7) und deshalb eine Genehmigung zur Zwischenlagerung nur für die notwendige Abklingzeit erteilt werden kann. Nach Erreichen dieser Zeit müssen die Brennelemente jeweils unmittelbar in das ZWILAG überführt werden.

In **Frankreich** wird ein kleiner Teil von nicht zur Wiederaufarbeitung vorgesehenen Brennelementen aus Forschungs- bzw. Prototypreaktoren in einem Trockenlager der CEA zwischengelagert. Die bestrahlten Brennelemente aus den Leichtwasserreaktoren werden nach der kurz- bis mittelfristigen Lagerung am Reaktor im Nasslager der Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague zwischengelagert bis sie wiederaufgearbeitet werden (JOINT CONVENTION F 2006). Die durchschnittliche Verweildauer im Lagerbecken in La Hague beträgt 5 Jahre (BELLANGER et al. 1995). Da in Frankreich alle LWR-Brennelemente wiederaufgearbeitet werden sollen, ist keine längerfristige Zwischenlagerung vorgesehen.

In **Deutschland** wird, mit Ausnahme der Abklinglagerung unmittelbar nach der Entladung aus dem Reaktorkern über einige Monate bzw. wenige Jahre, ausschließlich die trockene Zwischenlagerung eingesetzt. Für Leichtwasserreaktor-Brennelemente sind an jedem Standort von in Betrieb befindlichen Reaktoren und an zwei anderen Standorten Lager für die längerfristige Zwischenlagerung in Betrieb (JOINT CONVENTION D 2007). Die Genehmigung zur Lagerung ist in Deutschland auf 40 Jahre ab Inbetriebnahme des Zwischenlagers beschränkt (BFS 2005).

Bewertung

In der Slowakische Republik wurde die Lagerzeit der Brennelemente in den Reaktorbecken um zwei Jahre auf 3-7 Jahre verlängert. In den UVP-Unterlagen zur Stilllegung von Bohunice V1 wurde noch mit 3-5 Jahren argumentiert (EIA BOHUNICE V1 2006). Der Grund hierfür ist den vorgelegten Unterlagen nicht zu entnehmen. Möglicherweise soll damit zusätzlicher Spielraum für die Inbetriebnahme des Zwischenlagers in Mochovce gewonnen werden.

In Bohunice wird die Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente in einem Nasslager durchgeführt. Dies ist internationaler Stand der Technik. Auch die Erweiterung von Nasslagern war in der Vergangenheit an Standorten mit WWER durchaus üblich (IAEA 2000). Allerdings ist in Bohunice eine langfristige Zwischenlagerung ohne absehbaren Endzeitpunkt vorgesehen. Unter diesen Umständen ist die Nasslagerung nicht mehr als optimaler Stand der Technik anzusehen. Zum Beispiel können Ereignisse oder Unfälle, deren Auftreten bei kurz- oder mittelfristiger Zwischenlagerung eine untergeordnete Rolle spielen, bei langfristiger Lagerung wegen der höheren Wahrscheinlichkeit und auch des steigenden Aktivitätsinventars von Bedeutung sein. Dies gilt hier insbesondere, da das Zwischenlager ursprünglich nicht für lange Lagerzeiten ausgelegt war. Die vorgenommene Nachrüstung kann zwar zu Verbesserungen geführt haben, ist jedoch nicht mit einem Neubau unter Berücksichtigung heutiger Sicherheitsanforderungen zu vergleichen.

Einer der kritischen Aspekte ist die Integrität der Brennstoffhüllen und die Handhabbarkeit der Brennelemente nach einigen Jahrzehnten Lagerdauer im Nasslager. Die Aussage der Repräsentanten der Slowakischen UJD, dass bisher keine Leckagen an Brennelementen im Zwischenlager Bohunice festgestellt wurden (HIRSCH et al. 2006), ist wenig aussagekräftig, da die Lagerdauer der Brennelemente bisher weniger als zehn Jahre beträgt.

Ein zusätzliches Sicherheitsproblem für die kompakte Nasslagerung in Bohunice würde sich ergeben, wenn in diesem Zwischenlager auch Brennelemente mit einem gegenüber dem bisher üblichen erhöhten Abbrand gelagert werden sollen. Die vorgelegte Entsorgungsstrategie enthält hierzu keine Aussage. Brennelemente mit höherem Abbrand entstehen durch die geplante Leistungserhöhung für die Reaktorblöcke 1 und 2 in Mochovce.

Höherer Abbrand bedingt auch höhere Belastung und Deformation der Hüllen, was zu einer verringerten Lebensdauer führt. Diese Faktoren stellen höhere Anforderungen an die Abschirmung und Restwärmeabfuhr in allen Phasen der Brennstoffentsorgung, also auch bei der Zwischenlagerung. Der höhere Abbrand bedeutet auch eine erhöhte Konzentration von Nukliden mit einer höheren Halbwertszeit und insgesamt ändert sich die Brennstoffzusammensetzung. Dies macht neue Berechnungen zu den Folgen eventueller Unfälle mit der Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt erforderlich (Strasky 2008).

Die IAEA-Empfehlungen zur Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente enthalten keine Abwägung zwischen Nass- und Trockenlager (IAEA 1994b). In der gegenwärtigen Aktualisierung dieser Empfehlungen werden aber einige Hinweise gegeben, die für die trockene Zwischenlagerung in Behältern als angemessener und zu realisierender Stand der Technik sprechen. Die Sicherheit bei der Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen soll durch relativ einfache, bevorzugt inhärent sichere passive Systeme über die gesamte Lagerdauer gewährleistet werden (IAEA 2008, 6.4). Die Abfuhr der Nachzerfallswärme sollte durch die Energieerzeugung selbst gesteuert sein (natürliche Konvektion) und für die Funktion von Sicher-

heitssystemen sollte ein Minimum an Überwachung nötig sein (IAEA 2008: 6.5). Die Freisetzung von Radionukliden im Normalbetrieb und bei Störfällen soll möglichst begrenzt sein (IAEA 2008: 6.108). Die Wahrscheinlichkeit für schwere Unfälle und ggf. ihre Auswirkungen sollen so gering wie vernünftig erreichbar sein (IAEA 2008: 6.45). Die durch die Zwischenlagerung anfallenden Abfallmengen sollen möglichst gering sein (IAEA 2008, 6.137). Alle vorstehenden Sicherheitsanforderungen werden bei der trockenen Behälterlagerung besser erfüllt als bei einem Nasslager.

International ist mit zunehmender Zwischenlagerdauerperspektive ein Trend zur trockenen Zwischenlagerung festzustellen. Auch in Ländern, in denen WWER betrieben werden (Russische Föderation, Tschechische Republik, Ukraine), setzt sich das Trockenlagerkonzept zunehmend durch.

Bedeutung für Österreich: Bei der nassen Zwischenlagerung ist der radioaktive Quellterm im Falle von schweren Störfällen oder gezielten Einwirkungen Dritter deutlich höher als bei der trockenen Zwischenlagerung. Daher sind mögliche Auswirkungen auf österreichisches Staatsgebiet potenziell viel größer als bspw. bei entsprechenden Vorkommnissen in Standort-Zwischenlagern in Deutschland. Die Gefahr durch einen terroristischen Angriff auf ein Zwischenlager wird mit Bezug auf die Ereignisse am 11.09.2001 in New York auch von der EU-Kommission betont (EU COM 2002).

Vor diesem Hintergrund kann die Forderung gestellt werden, Bau und Inbetriebnahme des Zwischenlagers in Mochovce zu beschleunigen und seine Kapazität für die Aufnahme aller Brennelemente aus Mochovce und Bohunice zu erweitern. Bisher ist vorgesehen, das Behälterlager in Mochovce erst 2017 und nur für die dann am Standort noch anfallenden Brennelemente in Betrieb zu nehmen (Nationaler Atomfonds 2008a: Kap.5.4.1).

6.4.2 Endlagerung

In dieser Fachstellungnahme wird in Bezug auf die Entsorgung bestrahlter Brennelemente von einer Endlagerung in einer tiefen geologischen Formation (Tiefenlager) ausgegangen. Die Optionen Verbringung der Brennelemente in die Russische Föderation und Wiederaufarbeitung im Ausland werden, obwohl in der Entsorgungsstrategie als möglich genannt, gegenwärtig als unwahrscheinlich angesehen. Davon abgesehen blieben dann die radioaktiven Abfälle, die nicht den Annahmebedingungen des Oberflächenendlagers in Mochovce genügen, für die nach internationalen Standards nur eine Tiefenlagerung infrage kommt.

Bisher werden in Bezug auf Endlagerung der bestrahlten Brennelemente in der Slowakischen Republik zwei Optionen verfolgt: Tiefenlager auf dem eigenen Territorium oder regionales Tiefenlager. Die Entwicklungen zu einem Tiefenlager mit dem Ziel der Vorbereitung einer nationalen oder regionalen Lösung sollen bis 2037 abgeschlossen sein (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 44).

In der Slowakischen Republik wurden zur Endlagerung Projekt- und Machbarkeitsstudien durchgeführt. In einem Rahmenprojekt wurde je ein Konzept für Sedimentgestein und Kristallingestein erstellt, das die übertägigen Anlagen und die untertägigen Strukturen (einschl. Schacht und vertikale oder horizontale Lagermöglichkeiten) betraf. Dies beinhaltete auch Überlegungen zu einem In-situ-Labor. In Bezug auf die einzulagernden Brennelemente und radioaktiven Abfälle wurden endlagerrelevante Eigenschaften und Konditionierung betrachtet sowie ein erstes Behälter- und Versatzkonzept vorgeschlagen (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 75).

Auf Grundlage der Analyse internationaler Arbeiten wurden auf die slowakischen Verhältnisse bezogene dreidimensionale Modelle für Ausbreitungsberechnungen erstellt und Ansätze für die Sicherheitsanalysen entwickelt (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 76).

Darüber hinaus wurde auch mit einem Standortauswahlverfahren begonnen. Auf der Grundlage vorhandener Informationen wurden unter Heranziehung bestimmter Kriterien 15 Standorte ausgewählt. Dabei wurden zwei Gesteinsinformationsarten berücksichtigt, Hartgestein (Granit) und Sedimentgestein (Ton). Nach vertiefter Auswertung der Informationen zu den Standorten wurden für das weitere Verfahren drei Standorte im Granit und zwei im Ton ausgewählt. Die begonnenen untertägigen Untersuchungen wurden im Jahr 2001 vorläufig unterbrochen (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 76,77).

Bei einer Fortführung des Standortsuchverfahrens wird die Notwendigkeit einer „wirklichen Einbindung der Öffentlichkeit“ gesehen (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 78).

Vergleich

In der **Schweiz** wird seit langer Zeit eine intensive Endlagerforschung betrieben. Es existieren ein In-situ-Labor in Kristallingestein (Grimsel) und eines in Tongestein (Mont Terri), in denen Untersuchungen konzeptioneller und geowissenschaftlicher Art durchgeführt werden. Nach Abschluss der Klärung grundsätzlicher Fragen zur Endlagerung im vom Schweizer Bundesrat bestätigten Entsorgungsnachweis und der Entscheidung für Ton als Wirtsgestein erfolgt nun im Rahmen des „Sachplan Tiefenlager“ die Standortauswahl. Der Entsorgungsnachweis beinhaltet auch Arbeiten zur Nachweisentwicklung und zur Nuklidausbreitung in Ton bzw. im Nahfeld in Bezug auf Matrix, Behälter und Versatz (Rückhalteprozesse und Transportmechanismen). Darüber hinaus wurde ein Einlagerungs- und Versatzkonzept erstellt. Ein neues Behälterkonzept ist zurzeit in Arbeit (AGNEB 2007).

Die Standortsuche in der Schweiz wird in drei Etappen erfolgen. In der ersten Etappe werden unter besonderer Berücksichtigung geowissenschaftlicher Kriterien Standortregionen ausgewählt. In Etappe 2 werden innerhalb der vorgeschlagenen Standortgebiete unter raumplanerischen und sozioökonomischen Aspekten zwei Standorte vorgeschlagen. Dazu wird auch intensiv mit den betroffenen Kantonen und Regionen zusammen gearbeitet. Für die ausgewiesenen Standorte sind dann quantitative provisorische Sicherheitsanalysen vorgesehen, deren Ergebnisse mit der qualitativen Bewertung sonstiger sicherheitstechnischer Kriterien und Aspekte zu einer Gesamtbewertung zusammengefasst werden. In Etappe 3 wird dann der Standort für das Endlager ausgewählt. Der Vergleich der beiden Standorte aus Etappe 2 geschieht unter Berücksichtigung und Abwägung aller Aspekte. Dazu gehört auch ein fakultatives Referendum (Volksabstimmung) und schließlich die Genehmigung durch die Bundesversammlung. Vorher wird die Öffentlichkeit während des gesamten Verfahrens ausführlich informiert und angehört. Begleitend finden auch Expertenhearings unter internationaler Beteiligung statt (AGNEB 2007). Steht der Standort fest, werden zunächst ein Test- und ein Pilotendlager eingerichtet. Durch Beobachtung der eingelagerten Abfälle sollen ggf. Erkenntnisse in das weitere Vorgehen einfließen. Die möglichen Maßnahmen bei Gewinnung neuer Erkenntnisse reichen bis zur Rückholung der Abfälle aus dem Endlager.

Im Falle der Ausbreitung von Radionukliden durch die Geosphäre in die Biosphäre darf die Strahlenbelastung von betroffenen Personen aus der Bevölkerung nicht mehr als 0,1 mSv betragen (HSK/KSA 1993).

In **Frankreich** wurden 1996 drei Standorte für In-situ-Labore zur Untersuchung unterschiedlicher Gesteinsformationen für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle ausgewählt. Im Laufe des Jahres 1997 wurden öffentliche Umfragen, Anhörungen und Abstimmungen unter der örtlichen Bevölkerung durchgeführt. Zwei der Standorte (Granit und Ton) wurden danach aus verschiedenen Gründen verworfen. Der ausgewählte Granitstandort scheiterte zunächst am Widerstand in der Bevölkerung, und später wurde von ANDRA festgestellt, dass die notwendigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für einen Granitstandort sehr viel größer als für Ton wären. Damit war die Granitoption praktisch nicht mehr relevant. Nun wird lediglich ein Standort im Ton (Bure) zu einem Untertagelabor entwickelt. Derzeit ist das Labor fast fertig gestellt. Die Lagerung der Abfälle soll für ca. 300 Jahre rückholbar sein (JOINT CONVENTION F 2006).

In **Deutschland** gab es eine frühe Festlegung auf Salz als Wirtsgestein für ein Endlager mit Wärme entwickelnden Abfällen. Die Auswahl des Standortes Gorleben erfolgte in Zusammenhang mit der Errichtung eines Nationalen Entsorgungszentrums (Wiederaufarbeitungs-, Konditionierungs-, Zwischenlageranlagen und Endlager) und war deshalb hauptsächlich an oberirdischen Kriterien und so gut wie nicht an geologischen Kriterien orientiert. Neben der geologischen Erkundung des Standortes wurden auch Einlagerungs- Behälter- und Versatzkonzepte für den Standort entwickelt. In-situ-Untersuchungen zur Endlagerung von Wärme entwickelnden Abfällen in Salz wurden im so genannten Versuchsbergwerk Asse durchgeführt. Für schwach- und mittelradioaktive Abfälle wurde später ohne jegliches Auswahlverfahren aus ökonomischen Beweggründen das Eisenerzbergwerk Konrad in das Entsorgungskonzept aufgenommen. In Bezug auf beide Standorte wurden intensive Studien und Entwicklungen zur Sicherheitsnachweismethodik durchgeführt. Das Endlager Konrad wurde 2002 genehmigt und befindet sich seit 2007 in der Errichtung. Im Jahr 1998 wurde von der Bundesregierung der Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AKEnd) eingesetzt. Er entwickelte ein Standortauswahlverfahren und grundsätzliche Anforderungen an eine Endlagerformation. In Deutschland wurden unter Berücksichtigung der Anforderungen als mögliche Wirtsgesteine Ton und Salz (liegend und als Salzstock) ermittelt. Das Standortauswahlverfahren soll in fünf Stufen durchgeführt werden. Ausgehend von grundsätzlichen Eignungsvoraussetzungen von Gebieten, obertägiger Erkundung von Standortregionen und erster untertägiger Erkundung von Standorten sollen mindestens zwei Standorte intensiver untertägig erkundet und verglichen werden. Durch dieses Verfahren soll der bestmögliche Standort festgelegt werden. Für diesen Standort wird dann ein Genehmigungsverfahren durchgeführt, das in der Größenordnung 2030 abgeschlossen sein soll (AKEND 2002).

Bis 1998 zeichnete sich die Vorgehensweise zum Endlager in Deutschland durch sehr mangelhafte Öffentlichkeitsbeteiligung aus: Die Standortauswahl von Gorleben und Konrad fand jeweils **ohne** öffentliche Beteiligung statt. Seit deren Benennung gibt es große Widerstände in der Bevölkerung, die gegen die Standortfestlegung und die potenzielle Standorteignung gerichtet sind. Sollte das Standortsuchverfahren nach AkEnd durchgeführt werden, wird eine umfangreiche Mitwirkung der Öffentlichkeit gegeben sein.

Bewertung

Die bisher in der Slowakischen Republik durchgeführten Arbeiten zur Endlagerung können hier inhaltlich nicht bewertet werden. Dazu liegen zu wenige Informationen vor und es gehört auch nicht zur Aufgabenstellung für diese Fachstellungnahme.

Das Einfrieren des slowakischen Rahmenplans zur Entwicklung eines Endlagers ist kritisch zu sehen, da somit kein eigener Beitrag zur Lösung dieses Problems stattfinden kann. Eine Unterbrechung der Standortsuche wäre allenfalls für eine begrenzte Zeit akzeptierbar. In dieser Haltezeit könnten die Erfahrungen anderer Länder ausgewertet und das Verfahren insgesamt daraufhin überprüft werden, ob es noch dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht, wie er beispielsweise in den Verfahren der Schweiz (Sachplan Tiefenlager) und Deutschlands (AkEnd) zum Tragen kommt. Anschließend kann mit dem verbesserten Verfahren fortgefahren werden bzw. mit einem Rücksprung auf frühere Suchetappen ggf. Fehler in diesen beseitigt werden. Eine zügige Fortführung von nationalen Programmen zur Tiefenlagerung fordert auch die EU-Kommission (EU COM 2002).

Nach den Ausführungen in der Unterlage zur Entsorgungsstrategie sind für die weiteren Untersuchungen fünf Standorte relevant. Nach früheren Aussagen von Slowakischen Repräsentanten gegenüber Österreichischen Vertretern im UVP-Verfahren zur Stilllegung von Bohunice V1 sind Bohrlochuntersuchungen nur an drei Standorten geplant (HIRSCH et al. 2006). Dies scheint ein Widerspruch zu sein.

Nach Stand von Wissenschaft und Technik sind Endlager für bestrahlte Brennelemente in tiefen geologischen Formationen realisierbar. Es wurden große Fortschritte in Bezug auf Durchführung von Sicherheitsanalysen gemacht (IAEA 2006d). Die Tiefenlagerung der gefährlichen Abfälle kann als die sicherheitsmäßig beste Lösung für den Umgang mit den radioaktiven Abfällen angesehen werden. Die Ergebnisse der Sicherheitsanalysen sind dennoch mit Unsicherheiten behaftet. Insbesondere die langfristige Wirksamkeit der technischen und geologischen Barrieren kann nicht mit letzter Sicherheit beurteilt werden, da die notwendigen Zeiträume für Erfahrungen und Experimente viel zu lang sind.

Beim Langzeitsicherheitsnachweis kann es aus prinzipiellen Erwägungen nicht um einen Beweis gehen, sondern nur um einen Indiziennachweis. Das bedeutet, dass alle verfügbaren Beurteilungsfelder (Geologie, Technik usw.) und Indikatoren (Sicherheitsindikatoren u.ä.) im Rahmen eines „Safety Case“ zusammengeführt und beurteilt werden. Dazu gehört auch die Bewertung der verbleibenden Unsicherheiten.

Dabei darf die Sicherheitsanalyse zum Nachweis der Langzeitsicherheit nicht überfrachtet werden, d. h. man darf ihren Ergebnissen nicht mehr zutrauen als sie tatsächlich leisten können. Deshalb dürfen Ergebnisse von Sicherheitsanalysen (meist errechnete Individualdosen) nur den Charakter von Indikatoren zugesprochen werden.

Ein wesentlicher sicherheitsrelevanter Aspekt ist die Standortauswahl. Sie dient sowohl der sicherheitstechnischen Optimierung des Standortes als auch der Erhöhung der Akzeptanz bei AnwohnerInnen. Dabei muss aber gelten: Sicherheit geht vor allen anderen Gesichtspunkten! Bei der Standortauswahl ist es wesentlich, dass der Auswahlprozess nachvollziehbar und transparent sowie frei von Willkür abläuft (schrittweise kriteriengesteuertes Verfahren). Gewicht muss ebenfalls auf die Methodik der Standortauswahl gelegt werden.



Die Standortsuche ist nicht nur ein naturwissenschaftlich-technisches Problem, sondern genauso ein gesellschaftliches Problem. Deshalb ist die Berücksichtigung und Einbindung gesellschaftlicher Wertvorstellungen und Interessen unbedingt notwendig, da es ansonsten – wie für die Vergleichsstaaten oben ausgeführt – zur Aufgabe oder Blockade von Standorten kommt.

Zur zeitlichen Beschränkung des erhöhten Risikos von Stör- bzw. Unfällen bei der übertägigen Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen sollte von Österreich die umgehende Wiederaufnahme der slowakischen Arbeiten zur Endlagerung in tiefen geologischen Formationen unter Einbeziehung des vorstehend beschriebenen Standes von Wissenschaft und Technik gefordert werden.

7 ATOMFONDS

Der Plan für die Finanzierung der Entsorgungsstrategie gibt eine Vorschau der jährlichen Einnahmen und Ausgaben bis zum Jahr 2015 aufgeschlüsselt nach verschiedenen Positionen.

Für die darauf folgenden Jahre wird eine summarische Auflistung der Einnahmen des Atomfonds bestehend aus einem Fixbeitrag pro installiertem MWe und einem prozentualen Anteil am Verkaufspreis der elektrischen Energie aufgelistet. Zur Finanzierung der „Altlasten“ soll eine Abgabe des Netzbetreibers herangezogen werden. „Altlasten“ sind die historischen Schulden aus der Zeit vor Einrichtung des Atomfonds mit 1.1.1995, die zur Finanzierung der Kosten für die Dekontamination und den Abbau von A1 benötigt werden, bzw. für den Abbau von Bohunice V1 bzw. V2 und für die Lagerung der abgebrannten BE aus den Jahren bis 1995 fehlen. Die historischen Schulden belaufen sich nach (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 87) auf 71,4 Mrd. Sk (alle Angaben beziehen sich auf das Jahr 2006). Für die nachfolgenden Jahre wird mit einer Inflation von 3 % gerechnet und festgehalten, dass die Rücklagen des Fonds mit zumindest demselben Zinssatz angelegt werden müssen. Zusätzliche Mittel durch Förderung der vorzeitigen Stilllegung des KKW Bohunice V1 verringern die historische Schuld.

Die Kosten für die Stilllegung und den Abbau von Bohunice V1 betragen laut (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 93):

- 2,6 Mrd. Sk für die Betriebsbeendigung (operation termination period) bis 2012,
- und 17,4 Mrd. für den Abbau nach Betriebsbeendigung.

Ab 2012 soll der Fond die Zwischenlagerung des abgebrannten Brennstoffs jährlich 85 Milo. Sk (bezogen auf 2006) bezahlen.

Im Jahr 2015 soll der Fond 39,3 Mrd. Sk (zu Preisen von 2006) akkumuliert haben, was im Vergleich zur historischen Schuld (71,4 Mrd.) relativ gering erscheint. Die vom Atomfond nach 2015 zu finanzierenden Maßnahmen werden sich auf ca. 200 Mrd. Sk belaufen (Nationaler Atomfonds 2008b: S. 99). Davon entfällt die Hälfte auf die Entwicklung des Tiefenlagers.

Obwohl alle Optionen für die Endlagerung offen gehalten werden sollen, wird nicht mit der Option des Transports des abgebrannten Brennstoffs ins Ausland mit anschließendem Rücktransport der Produkte aus der Wiederaufbereitung gerechnet, da ja auch der Einsatz von MOX in WWER 440 Reaktoren in der Slowakischen Republik nicht zugelassen ist (Nationaler Atomfond 2008b: S. 45).

Für die Option Rücktransport des abgebrannten Brennstoffs in die Russische Föderation (RF) ohne Rückführung der Produkte aus der Wiederaufbereitung gibt es bisher kein genaues Schema. Der Preis für diese Lösung ist nicht bekannt. Laut Entsorgungsstrategie deuteten die Präsentationen der russischen Firmen an, dass der Export in die RF wesentlich teurer sein würde als die Entwicklung des Tiefenlagers in der Slowakischen Republik selbst. (Nationaler Atomfond 2008b: S. 46)

In der Entsorgungsstrategie werden für die Finanzierung die erwarteten Kosten der billigsten Option „Entwicklung des nationalen Endlagers für hochaktiven Müll“ gerechnet.

Bewertung

Die Endlagerung aller radioaktiven Abfälle innerhalb der Slowakischen Republik ist aus Gründen des Umweltschutzes und der Ethik zweifellos die wünschenswerte Option.

Obwohl noch keine endgültige Entscheidung für diese Option gefallen ist, ist doch die Bildung der Rücklagen auf Basis dieser Option eine Vorentscheidung über die zur Verfügung stehenden Mittel, da es sich dabei auch um die bei weitem billigste Variante handelt. Das bestätigt der SAPIER Bericht von 2004 durch den folgenden Vergleich, in dem der abgebrannte Brennstoff von den sechs bis 2006 in Betrieb befindlichen Reaktoren zugrunde gelegt ist (SAPIER 2004):

1. „Offener Brennstoffkreislauf“ mit Zwischenlagerung im Nasslager und anschließend im slowakischen Endlager für hochaktiven Müll (EUR 1,7 Milliarden)
2. Export des abgebrannten Brennstoffs in ein Endlager außerhalb der Slowakischen Republik (EUR 3,1 Milliarden)
3. Wiederaufbereitung und Rücktransport der Produkte aus der WAA (EUR 6 Milliarden)²

Die bisher im Atomfond gebildeten Rücklagen bleiben weit hinter dem zurück, was an Entsorgungskosten bis heute hätte angespart werden müssen, um die Entsorgung der bisher angefallenen radioaktiven Abfälle und Anteile an der Dekommissionierung zu decken (Wuppertal-Institut 2007). Bis zum Jahr 2004 wurden gerade mal 6 % der nötigen Mittel erwirtschaftet.

Zu erwartende Kosten für Dekommissionierung und Entsorgung der RAA:

- A1: 378 Mill. EUR
- V1: 1884 Mill. EUR
- V2: 1620 Mill. EUR
- EMO 1/2: 1620 Mill. EUR

Einnahmen auf dem Konto zur Dekommissionierung der KKW in Bohunice (Stand vom 1.12.2006):

- A1: 0 €
- V1: 216 Mil. €
- V2: 180 Mil. €

Einnahmen auf dem Konto zur Dekommissionierung der KKW in Mochovce:

- EMO: 61 Mil. €

Auf den meisten anderen Konten wurden bis Juli 2006 noch keine Einnahmen verzeichnet. Die Gesamtbilanz des Fonds wies am 1.12.2006 438 Millionen EUR aus. Neben den Einnahmen aus der verkauften elektrischen Energie der KKW erhält der Fond auch einige Mittel aus PHARE-Projekten und staatliche Zuwendungen.

In der zitierten Studie des Wuppertal-Instituts findet sich eine Abschätzung der Einnahmen und Ausgaben des Atomfonds bis zum Jahr 2030:

² Zum Preisniveau von 2000

Tabelle 1: Ausgaben des Fonds: 2004 – 2130.

Ausgaben	Milliarden Euro
Dekommissionierung kerntechnischer Anlagen	1,672
Endlagerung der BE	2,082
Verarbeitung & Lagerung RAA	0,135
Andere Kosten	0,035
TOTAL	3,926

Tabelle 2: Einnahmen des Fonds: 2004 – 2130³.

Einnahmen	Milliarden Euro
Bilanzergebnis 2004	0,295
EBO V1	0,085
EBO V2	0,422
EMO 1/2	0,728
TOTAL	1,529

Als Resultat ist festzuhalten, dass die Entsorgungsstrategie erheblich mehr Mittel benötigen wird, als unter den jetzigen Umständen zurückgelegt werden. Wobei außerdem noch zu beachten ist, dass für die Dekommissionierung von nuklearen Forschungsanlagen keine Rückstellungen gebildet werden und dass für unvorhergesehene Schwierigkeiten nicht vorgesorgt wird.

³ Unter der Voraussetzung, dass 11% des Strompreises der KKW in den Fond eingezahlt werden und einer Inflationsrate von 2,84%.

8 FRAGEN

Klassifizierung radioaktiver Abfälle

Gibt es quantitative Grenzen zur Unterscheidung schwach- und mittelaktiver, bzw. mittel- und hochaktiver Abfälle in der slowakischen Gesetzgebung?

Grundsätzliches Vorgehen beim Umgang mit radioaktiven Abfällen

Für welche Stoffe soll die Methode „verdünnen und verteilen“ eingesetzt werden, und wo fallen diese Stoffe an?

Entscheidung zum endgültigen Verbleib der abgebrannten Brennelemente

Ist inzwischen bzw. wann wird in der Slowakischen Republik ein genauerer Zeitplan zur Entscheidung über den endgültigen Verbleib der bestrahlten Brennelemente festgelegt?

Wurden die Untersuchungen zur Standortwahl für das Endlager tatsächlich unterbrochen? Wenn ja, wann sollen sie fortgesetzt werden?

In welchem Verhältnis steht diese Entscheidung zur Gründung der Agentur für die Entsorgung der nuklearen Abfälle, die bis 2012 erfolgen muss?

Entsorgung nicht oder geringfügig radioaktiver Abfälle

Wie sind die Ausführungen zur Optimierung im Zusammenhang mit der Freigabe radioaktiver Stoffe/Abfälle zu verstehen?

Welche Vorgangsweise und welche Lösungen werden vorgeschlagen?

Für welche Materialien ist ein Recycling vorgesehen?

Integriertes Zwischenlager

Soll das Integrierte Zwischenlager in Bohunice errichtet werden?

Wie ist der Stand der Genehmigung?

Wann soll es in Betrieb gehen?

Welche Abfallarten sollen dort gelagert werden?

Wie lange sollen welche Abfälle dort aufbewahrt werden?

Konditionierung

Wo ist die Endlagerung bituminierter Abfälle vorgesehen?

Wie soll langfristig der Zustand der bituminierten Abfälle in den Faserbetoncontainern überwacht werden?

Endlager schwach- und mittelaktiver radioaktiver Müll

Welche Untersuchungen sind bisher in Bezug auf Wechselwirkung zwischen Konditionierung und Verpackung der eingelagerten Abfälle und mögliche Verschlussmaßnahmen durchgeführt worden?

Auf Grundlage welcher quantitativen Schutzziele wurde das zulässige Gesamtinventar sowie das zulässige Inventar von langlebigen Radionukliden des Endlagers Mochovce festgelegt?

Wieweit werden die zulässigen Inventare durch den bisher genehmigten Umfang voraussichtlich ausgeschöpft?

Welche Ergebnisse hat das bisherige Monitoring in der Umgebung des Endlagers gebracht?

Zwischenlager für abgebrannten Brennstoff

Warum wurde die Abklingzeit in den Reaktorlagerbecken von 3-5 (Angabe im UVP-Verfahren zur Stilllegung von Bohunice V1) auf 3-7 Jahre erhöht?

Welche Maßnahmen (Auslegung, Überwachung usw.) wurden im Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Bohunice durchgeführt, um die Betriebszeit des Lagers bzw. die Lagerdauer der Brennelemente verlängern zu können?

Welche Untersuchungen wurden zum möglichen Zustand der Brennelemente nach langer Lagerzeit in Bohunice durchgeführt?

Welche Maßnahmen wurden im Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Bohunice durchgeführt, um die Kapazität zu erhöhen?

Gegen welche Lasten sind das Zwischenlagergebäude in Bohunice und die Sicherheitssysteme bei Einwirkungen von außen ausgelegt?

Gegen welche Lasten ist das Zwischenlager in Mochovce gegen Einwirkungen von außen ausgelegt, und welche Anforderungen soll das Zwischenlagergebäude dabei erfüllen?

Welche Kapazität soll das Zwischenlager in Mochovce haben?

Welche Auswirkungen hat die Leistungserhöhung der Reaktoren auf das geplante Zwischenlager in Mochovce?

Endlager für abgebrannten Brennstoff

Welcher Stand der Vorbereitung für ein Endlager soll in der Slowakischen Republik bis 2037 erreicht sein und welche Schritte der Entwicklung sollen bis dahin wann erfolgen?

Wie ist zu erklären, dass noch fünf Standorte in der Auswahl sind, aber nur an drei Standorten Bohrlochuntersuchungen durchgeführt werden sollen?

Wie soll die Öffentlichkeit in die Entwicklung des Endlagers eingebunden werden?



Kostenabschätzung und Mittel im Atomfond

Welche Maßnahmen sind vorgesehen, um die Einnahmen des Atomfonds an die zu erwartenden Kosten anzupassen?

Wie können unerwartete Schwierigkeiten in der Entsorgungsstrategie finanziert werden?

Stehen Mittel zur Entsorgung von Forschungseinrichtungen (Reaktoren, Labors) zur Verfügung?

Wird es Mittel für die Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Standortsuche für ein Endlager geben?

9 GLOSSAR

BE	Brennelemente
BTC.....	Bohunice Treatment Center
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique, Frankreich
EMO	KKW Mochovce
EU	Europäische Union
HLW	High Level Waste, hochradioaktiver Müll
IAEO, IAEA	Internationale Atomenergieorganisation
ILW	Intermediate Level Waste, mittelradioaktiver Müll
LLW	Low Level Waste, schwachradioaktiver Müll
LWR.....	Leichtwasserreaktor
MgSM.....	Megagramm Schwermetall
MOX-Brennelemente	Mischoxid-Brennelemente
RAA.....	Radioaktiver Müll
SR	Slowakische Republik

10 LITERATUR

- AGNEB (2007): Arbeitsgruppe des Bundes für die Nukleare Entsorgung: Jahresbericht 2006. Mai 2007.
- AKEND (2002): Committee on a Site Selection Procedure for Repository Sites: Site Selection Procedures for Repository Sites – Recommendations of AkEnd. Final Report. December 2002.
- Alvarez, R. et al (2003): Reducing the Hazards from Stored Power-Reactor Fuel in the United States. Science & Global Security, Vol. 11, No. 1 (2003), S. 1-60
- ANDRA (1996): National radioactive waste management agency: Centre de L'Aube-Disposal facility.
- ANDRA (2008a): National radioactive waste management agency: The VLLW disposal facility. www.andra.fr.
- ANDRA (2008b): National radioactive waste management agency: The Aube waste disposal facility. www.andra.fr.
- BELLANGER, A.; CHEVALIER, P. & SAVEROT, P. (1995): Spent Fuel Storage Experience at La Hague. Proc. Int. Symp. on Safety and Engineering Aspects of Spent Fuel Storage. IAEA-SM-335/12, Vienna, 10-14 October 1994.
- BFS (2005): Dezentrale Zwischenlager, Bausteine zur Entsorgung radioaktiver Abfälle. Bundesamt für Strahlenschutz.
- BMU (1994): Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bundesanzeiger Nr. 19 vom 28.01.1994, S. 725.
- CNE (2007): Rapport d'Evaluation No. 1. Commission Nationale D'Evaluation, Juni 2007.
- DSK (1993): Bericht zum geplanten Zentralen Zwischenlager für radioaktive Abfälle (ZZL) in Würenlingen. Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen, DSK-Bericht Nr. 93/1, März 1993.
- EIA BOHUNICE V1 (2006): Jadrová vyrad'ovacia spoločnosť: Environmental Impact Assessment Report of V1 NPP Decommissioning.
- Ec (2007): SEC 2007, 1654 Commission Staff Working Document „EU DECOMMISSIONING FUNDING DATA“ Document accompanying the COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL. Second Report on the use of financial resources earmarked for the decommissioning of nuclear installations, spent fuel and radioactive waste (COM(2007) 794 final). Commission of the European Communities, Brussels, 12.12.2007.
- Eu Com (1996): Antwort von F. Bjerregaard auf die schriftliche Anfrage P-5/96 von U. v. Blotnitz (MEP). Europäische Kommission, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. C 161/33 vom 05.06.1996.
- Eu Com (1999): Empfehlung für ein Klassifizierungssystem für feste radioaktive Abfälle. Europäische Kommission, 1999/669/EG EURATOM, 15. September 1999.
- Eu Com (2002): Nukleare Sicherheit im Rahmen der Europäischen Union. Europäische Kommission, Mitteilung an den Rat und das Europäische Parlament, KOM(2002)605 endgültig, vom 06.11.2002.

- EU RL (1996): Richtlinie zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlung. Rat der Europäischen Union, 96/29/EURATOM, 13. Mai 1996.
- GNS (2007): GNS – Das Magazin der GNS Gruppe. Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Ausgabe 1, Mai 2007.
- GÖK (1998): Analyse der Entsorgungssituation in der Bundesrepublik Deutschland und Ableitung von Handlungsoptionen unter der Prämisse des Ausstiegs aus der Atomenergie. Erstellt im Auftrag der Heinrich Böll Stiftung von Kreusch, J., Neumann, W. & Appel, D., Gruppe Ökologie e.V., Hannover.
- GÖK/IFEU (2002): Studie zur Gewährleistung von Schutzziele der Strahlenschutzverordnung durch die Freigaberegulierung für gering radioaktive Reststoffe in der Bundesrepublik Deutschland. Gruppe Ökologie e.V. und Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, im Auftrag von BUND e.V., Hannover, Mai 2002.
- HIRSCH, H., NEUMANN, W. & WENISCH, A. (2006): Expert Statement on Bohunice V1 Decommissioning Environmental Impact Assessment. Report to the Austrian Government, Vienna.
- HSK/KSA (1993): Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen und Eidgenössische Kommission für die Sicherheit der Kernanlagen: Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle - Richtlinie für schweizerische Kernanlagen. HSK-R-21/d, November 1993.
- IAEA (1988): International Atomic Energy Agency: Principles for the Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control. Safety Series No. 89, Vienna.
- IAEA (1994a): International Atomic Energy Agency: Siting of Near Surface Disposal Facilities. Safety Series No. 11-G-3.1, Vienna.
- IAEA (1994b): International Atomic Energy Agency: Design of Spent Fuel Storage Facilities. Safety Series No. 116, Vienna.
- IAEA (1994c): International Atomic Energy Agency: Classification of Radioactive Waste. Safety Series No. 111-G-1.1, Vienna.
- IAEA (1995): International Atomic Energy Agency: The Principles of Radioactive Waste Management. Safety Series No. 111-F, Vienna.
- IAEA (1999): International Atomic Energy Agency: Near Surface Disposal of Radioactive Waste. Safety Requirements No. WS-R-1, Vienna.
- IAEA (2000b): International Atomic Energy Agency: Predisposal Management of Radioactive Waste, Including Decommissioning. Safety Requirements No. WS-R-2, Vienna.
- IAEA (2000): International Atomic Energy Agency: The decommissioning of WWER type nuclear power plants – Final report of an IAEA Regional Technical Co-operation Project. IAEA-TECDOC-1133, Vienna, January 2000.
- IAEA (2005): International Atomic Energy Agency: Selection of decommissioning strategies: Issues and factors. IAEA-TECDOC-1478, Vienna, November 2005.
- IAEA (2006): International Atomic Energy Agency: Improvements of radioactive waste management at WWER nuclear power plants. IAEA-TECDOC-1492, Vienna, April 2006.
- IAEA (2006a): International Atomic Energy Agency: Fundamental Safety Principles. Safety Fundamentals No. SF- 1, Vienna.

- IAEA (2006b): International Atomic Energy Agency: Storage of Radioactive Waste. Safety Guide No. WS-G-6.1, Vienna, November 2006.
- IAEA (2006d): International Atomic Energy Agency: Geological Disposal of Radioactive Waste. Safety Requirements No. WS-R-4, Vienna.
- IAEA (2008): International Atomic Energy Agency: Storage of Spent Fuel. Draft Safety Guide DS371, Vienna, 11.02.2008.
- JOINT CONVENTION CH (2005): Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Second National Report of Switzerland in Accordance with Article 32 of the Convention, September 2005-
- JOINT CONVENTION D (2007): Übereinkommen über nukleare Sicherheit. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland für die Vierte Überprüfungstagung im April 2008, Oktober 2007.
- JOINT CONVENTION F (2005): Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. Second National Report of Implementation by France on its obligations under the Convention, September 2005.
- JOINT CONVENTION F (2006): Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. France's answers to questions and comments received from other Contracting Parties on its second report for the JC, Mai 2006.
- KSA (2003): Stellungnahme zum Gesuch der Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG um Bewilligung für den Bau und Betrieb eines zusätzlichen Nasslagers. Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen, KSA 17/297, August 2003.
- MUF-RP (2004): Genehmigung nach § 7 Abs. 3 des Atomgesetzes für die Stilllegung und die Abbauphase 1a des Kernkraftwerkes Mülheim-Kärlich. Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, 16. Juli 2004.
- NATIONALER ATOMFONDS (2008a): Nukleare Entsorgungsstrategie (Back-End). UVP-Bericht zur nuklearen Entsorgungsstrategie.
- NATIONALER ATOMFONDS (2008b): Entsorgungsstrategie der Kernenergienutzung (Back-End).
- NF CH (2007): Nuklearforum Schweiz: Informationsreise nach Frankreich. 10.-11. Mai 2007.
- NMU (2005): Genehmigungsbescheid für das Kernkraftwerk Stade (KKS). Stilllegung und Abbau (Stilllegung, Abbau Phase 1, Lager für radioaktive Abfälle). Niedersächsisches Umweltministerium, 07.09.2005.
- RSK (2003): Sicherheitsanforderungen an die längerfristige Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle. Reaktor-Sicherheitskommission des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Empfehlung vom 05.12.2002 mit Neuformulierung vom 16.10.2003.
- SAPIERR (2004): Inventory of Radioactive Wastes Deliverable (D-N°:1). FP6 Contract Number: F16W-CT-2003-509071, 30-09-2004.
- STRASKY, D. (2008): Auswirkung einer erhöhten Ausnutzung von Nuklearbrennstoff bei den WWER-440/213 Reaktoren im KKW Mochovce. Im Auftrag von GLOBAL 2000 (Friends of the Earth Austria), Borovany, Februar 2008.

SUP-RICHTLINIE (2001): Richtlinie 2001/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Juni 2001 über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme.

WUPPERTAL- INSTITUT (2007): Comparison among different decommissioning funds methodologies for nuclear installations. Country Report Slovak Republic. On behalf of the European Commission Directorate-General Energy and Transport, H2 Service Contract TREN/05/NUCL/S07.55436, Final Report, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.

ZWILAG (2008): ZWILAG-Anlage. Zwischenlager Würenlingen AG. www.zwilag.ch.



umweltbundesamt^u

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at