



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI



Stellungnahme zur Kostenstudie 2011 über die Stilllegungs- und Entsorgungskosten der Kernanlagen in der Schweiz



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

ENSI 10/677

Stellungnahme zur Kostenstudie 2011 über die Stilllegungs- und Entsorgungskosten der Kernanlagen in der Schweiz

Brugg, Oktober 2012

Impressum

Stellungnahme zur Kostenstudie 2011 über die Stilllegungs- und Entsorgungskosten der Kernanlagen in der Schweiz

Herausgeber

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Industriestrasse 19
CH-5200 Brugg
Telefon: +41(0)56 460 84 00
Fax: +41(0)56 460 84 99
info@ensi.ch
www.ensi.ch

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
1 Einleitung	5
2 Annahmen und Voraussetzungen	7
2.1 Geltende Rahmenbedingungen	7
2.2 Bestimmung der Kosten	8
3 Umfang der Prüfung	10
3.1 Stilllegungskosten	10
3.2 Entsorgungskosten	10
4 Prüfung der Stilllegungskosten	12
4.1 Plausibilität und Bewertung der Berechnungen in der KS11	12
4.1.1 Anfallende Abfälle	12
4.1.2 Personalaufwand	13
4.1.3 Sachkosten	14
4.1.4 Arbeitsumfänge der Stilllegungstätigkeiten	14
4.1.5 Gesamtkosten	15
4.2 Relevante Änderungen in der KS11 im Vergleich zur KS06	16
5 Prüfung der Entsorgungskosten	17
5.1 Allgemein	17
5.2 Abfallmengengerüst	17
5.3 Transporte, Transport- und Lagerbehälter	18
5.4 ZWIBEZ, ZZL und Nasslager KKG	19
5.4.1 Kosten der Zwischenlagerung im ZWIBEZ	19
5.4.2 Kosten der Abfallbehandlung und -zwischenlagerung im ZZL	19
5.4.3 Kosten der Zwischenlagerung im Nasslager KKG	20
5.5 Verpackungsanlage für hochaktive Abfälle	20
5.6 Tiefenlager	21
5.6.1 Technische Machbarkeit	21
5.6.2 Kostenermittlung	21
6 Umsetzung der Empfehlungen aus der KS06	25
7 Zusammenfassung und Empfehlungen	26
7.1 Zusammenfassung	26
7.1.1 Stilllegungskosten	27
7.1.2 Entsorgungskosten	27
7.2 Empfehlungen	28
8 Résumé et recommandations	30
8.1 Résumé	30
8.1.1 Coûts de désaffectation	31
8.1.2 Coûts de gestion des déchets radioactifs	31
8.2 Recommandations	32

9	Riepilogo e raccomandazioni	35
9.1	Riepilogo	35
9.2	Costi di disattivazione	36
9.3	Costi di smaltimento	36
9.4	Raccomandazioni	37
10	Summary and Recommendations	39
10.1	Summary	39
10.1.1	Decommissioning costs	40
10.1.2	Disposal costs	40
10.2	Recommendations	41
11	Referenzen	43
12	Abkürzungsverzeichnis und Glossar	44

1 Einleitung

Die Eigentümer von Kernanlagen sind gemäss Art. 77 des Kernenergiegesetzes (KEG) [1] verpflichtet, die Kosten für die Stilllegung ihrer Anlage und für die Entsorgung der Abfälle abzuschätzen (Tabellen 1-1 und 1-2) und die Finanzierung sicherzustellen. Die Eigentümer zahlen deshalb jährlich einen Beitrag in den Stilllegungsfonds (besteht seit 1984) und in den Entsorgungsfonds (besteht seit 2000) ein und tätigen während des Betriebs Rückstellungen für die Nachbetriebsphase und die Entsorgungskosten.

Die Höhe der Beiträge zu den Fonds wird aufgrund der Kostenstudien und dem Stand der Fonds festgelegt, die alle fünf Jahre zu aktualisieren sind. Die Kostenstudien werden von swissnuclear, der Fachgruppe Kernenergie von swisselectric, durchgeführt, der die vier Betreibergesellschaften der schweizerischen Kernkraftwerke (Axpo AG, BKW-FMB Energie AG, KKW Gösgen-Däniken AG, KKW Leibstadt AG) angehören sowie die Betreiberin des Zentralen Zwischenlagers (ZZL), die Zwischenlager Würenlingen AG (ZWILAG).

KS11 PB11 [MCHF]	KKB	KKM	KKG	KKL	ZZL	KKW Total
Nachbetriebsphase	475	319	455	460		1'709
Stilllegung	809	487	663	920	95	2'974
Entsorgung	4'124	1'834	5'071	4'940		15'970
Total	5'409	2'640	6'190	6'320	95	20'654

Tabelle 1-1: Gesamtkostenschätzung in Millionen Franken der KS11 auf der Preisbasis 2011 (aus dem Mantelbericht zur KS11 von swissnuclear [2]).

Diff. KS11-KS06 [%]	KKB	KKM	KKG	KKL	ZZL	KKW Total
Nachbetriebsphase	3	28	-5	-5		2
Stilllegung	28	11	10	10	204	17
Entsorgung	8	9	11	10		10
Total	10	11	10	8	204	10

Tabelle 1-2: Veränderungen der teuerungsbereinigten Gesamtkostenschätzung in der KS11 im Vergleich zur KS06 (aus dem Mantelbericht zur KS11 von swissnuclear [2]).

swissnuclear hat die NIS Ingenieurgesellschaft mbH (NIS), ein Tochterunternehmen der deutschen Siempelkamp-Gruppe, mit der Erstellung der Stilllegungskostenstudie 2011 beauftragt. Die ersten Stilllegungsstudien wurden 1980 von den Kernkraftwerksbetreibern ebenfalls bei NIS in Auftrag gegeben. Diese Studien dienten als Grundlage für die vollständig neuen, wesentlich detaillierteren Stilllegungsstudien, die in den Jahren 2001 bis 2002 durch NIS erstellt wurden.

Die damalige HSK hat 2002 die Stilllegungsstudien bezüglich Angaben und Berechnungen als nachvollziehbar beurteilt.

2006 und 2011 hat die NIS ihre Studien im Auftrag von swissnuclear unter Berücksichtigung aktueller Erkenntnisse auf dem Gebiet der Stilllegung von Kernkraftwerken aktualisiert, resp. neu erstellt. Basierend auf den NIS-Studien [3-7] und den Unterlagen der Nagra zu den Entsorgungskosten (die unter anderem Bau, Betrieb und Verschluss von geologischen Tiefenlagern und Transporte radioaktiver Abfälle umfassen) hat die swissnuclear ihre Kostenstudie 2011 (KS11) verfasst, die aus einem Mantelbericht [2], der Schätzung der Kosten für die Nachbetriebsphase [8], der Schätzung der Stilllegungskosten [9] und der Schätzung der Entsorgungskosten [10] besteht. Aus den vorliegenden Kostenstudien geht hervor, dass der Nachbetrieb und die Stilllegung der schweizerischen Kernanlagen sowie die Entsorgung der radioaktiven Abfälle insgesamt rund 20.7 Milliarden Franken kosten werden.

Im November 2011 hat die swissnuclear die Dokumente an die Kommission für den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds übergeben, welche ihrerseits das ENSI mit der technischen Überprüfung der Kostenstudien beauftragte. Bereits die vorhergehenden Kostenstudien hatte das ENSI, respektive die damalige HSK überprüft und der Kommission Empfehlungen für die nächste Kostenüberprüfung vorgelegt [11].

Zur Überprüfung der Kostenstudien hat das ENSI externe Experten beigezogen: So wurde die TÜV NORD EnSys Hannover GmbH & Co. KG vom ENSI beauftragt, Stellungnahmen zu den Kostenstudien zur Stilllegung der Kernanlagen zu verfassen; das Schweizer Ingenieurunternehmen Basler & Hofmann wurde beauftragt, zu den Kostenstudien für den Bau der untertägigen Anlagen der geologischen Tiefenlager Stellung zu nehmen.

2 Annahmen und Voraussetzungen

Die Kapitel 2.1 und 2.2 basieren auf Angaben von swissnuclear im Mantelbericht zur Kostenstudie 2011 [2].

2.1 Geltende Rahmenbedingungen

Radioaktive Abfälle werden in der Schweiz durch die kommerzielle Nutzung der Kernenergie zur Stromproduktion und durch Verwendung radioaktiver Stoffe in Medizin, Industrie, Forschung (MIF) verursacht. Im Kernenergiegesetz ist in Art. 31 Abs. 1 das Verursacherprinzip verankert: „Wer eine Kernanlage betreibt oder stilllegt, ist auf eigene Kosten zur sicheren Entsorgung der aus der Anlage stammenden radioaktiven Abfälle verpflichtet.“ Abfälle, die nicht in Kernkraftwerken anfallen (MIF), müssen gemäss Art. 27 des Strahlenschutzgesetzes (StSG) dem Bund abgeliefert werden. Der Bund erhebt dafür eine Gebühr.

Die für den Bau und Betrieb von Infrastrukturanlagen zur Lagerung radioaktiver Abfälle in der Pflicht stehenden Abfallverursacher sind somit der Bund und die Betreiber der Kernkraftwerke.

Die Entsorgungspflicht ist nach Art. 31 Abs. 2 KEG dann erfüllt, „wenn die Abfälle in ein geologisches Tiefenlager verbracht worden und die finanziellen Mittel für die Beobachtungsphase und den Verschluss sichergestellt sind“ (vgl. Abbildung 2-1, Verschlussverfügung).

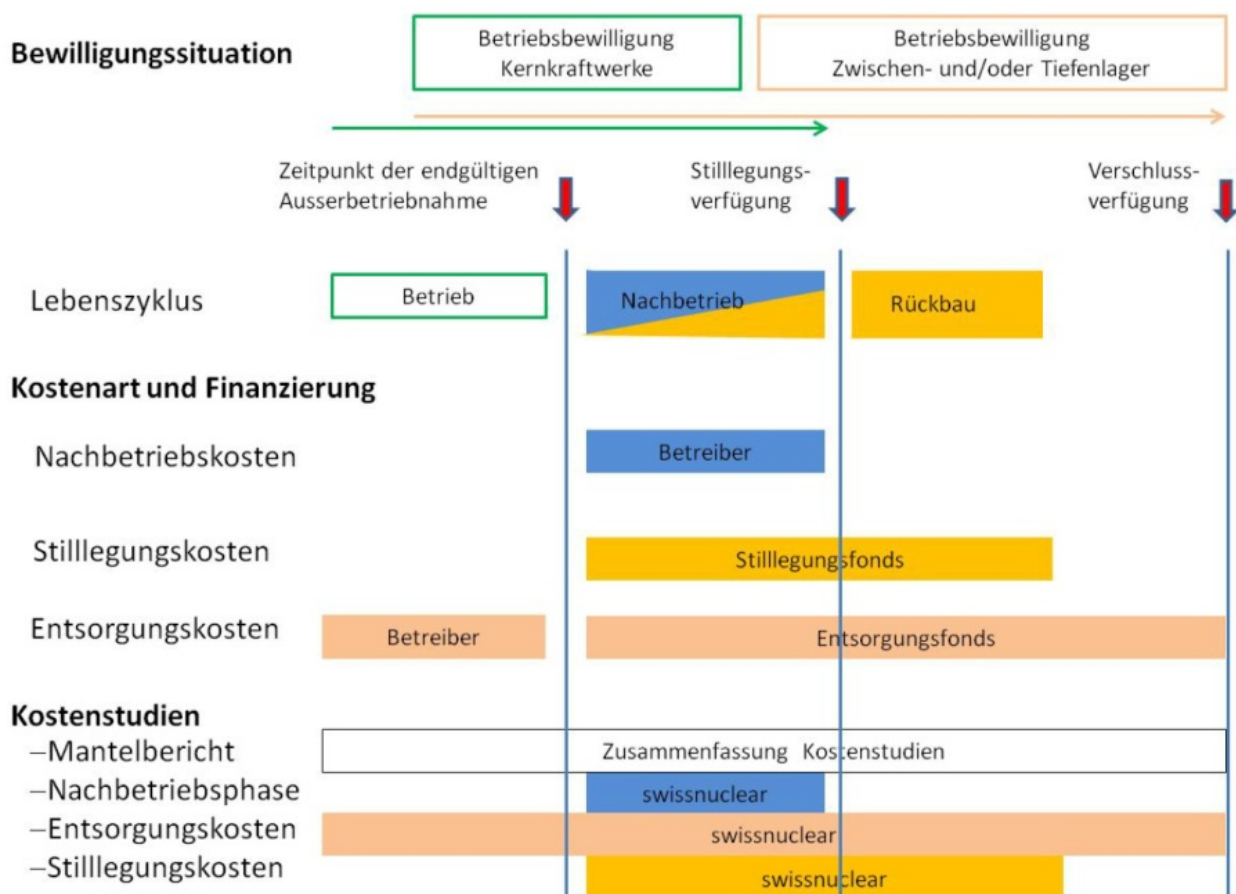


Abbildung 2-1: Übersicht über die Verknüpfung der drei Teilstudien von swissnuclear und des Mantelberichts [2, 8-10], über die Bewilligungssituation und über die Finanzierung der Nachbetriebsphase, der Stilllegung und der Entsorgung (aus dem Mantelbericht zur KS11 von swissnuclear [2]).

Das Kernenergiegesetz verpflichtet in Art. 77 die Betreiber der Kernkraftwerke, Beiträge zu den Stilllegungs- und Entsorgungsfonds zu leisten, der nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke über genügend Mittel verfügen muss, um die Entsorgungs- und Stilllegungskosten nach der Ausserbetriebnahme zu decken.

Aufgabe des Stilllegungsfonds ist es, die Kosten für die Stilllegung und für den Rückbau der Kernanlagen sowie für die Entsorgung der dabei entstehenden Abfälle zu decken.

Aufgabe des Entsorgungsfonds ist es, die Kosten für die Entsorgung der Betriebsabfälle und der abgebrannten Brennelemente nach der definitiven Ausserbetriebnahme eines Kernkraftwerks zu decken. Die während des Betriebs anfallenden Entsorgungskosten werden gemäss Art. 82 KEG und Art. 669 des Obligationenrechts [12] von den Betreibern laufend aus der Betriebsrechnung bzw. aus Rückstellungen bezahlt (vgl. Abbildung 2-1, die eine Übersicht über die Verknüpfung der Teilstudien gibt).

Die Bemessung der Beiträge in die Stilllegungs- und Entsorgungsfonds sowie der Rückstellungen der Betreiber für die nukleare Entsorgung erfolgt auf Basis einer umfassenden Schätzung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten, die gemäss Art. 4 der Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung (SEFV, [13]) alle fünf Jahre erfolgen muss.

Die Entsorgungskosten umfassen alle vergangenen und künftigen Kosten der Planung, des Baus und des Betriebes von Entsorgungsanlagen (ZZL, Behandlungsanlagen, geologische Tiefenlager, Verpackungsanlage, ZWIBEZ und Nasslager KKG), die Anschaffungskosten von Transport- und Lagerbehältern sowie die Kosten der Inanspruchnahme von Dienstleistungen Dritter (Wiederaufarbeitung, Transporte etc.). Die Entsorgungskosten umfassen schliesslich die Stilllegung der Verpackungsanlage und der Oberflächenanlagen sowie den Verschluss der geologischen Tiefenlager. Diese Kostenelemente wurden durch die Nagra, die ZWILAG und die KKW geschätzt.

Die mit dem Nachbetrieb verbundenen Aufwendungen entsprechen weder der Definition von Entsorgungskosten im Sinne von Art. 3 SEFV noch der Definition von Stilllegungskosten nach Art. 2 SEFV. Sie fallen noch unter der Betriebsbewilligung an und sind daher als letzter Teil der Betriebsphase zu betrachten. Der Nachbetrieb wird direkt durch die Betreiber, die entsprechende Rückstellungen zu bilden haben, finanziert.

2.2 Bestimmung der Kosten

Das Realisierungsprogramm für die vorliegenden Kostenstudien orientiert sich am aktuellen Entsorgungsprogramm der Entsorgungspflichtigen 2008. Bei den in der Kostenstudie 2011 (KS11) vorgestellten Kostenschätzungen handelt es sich um sogenannte "best estimates". „Best-estimates“-Kosten sind Aufwendungen, die auf einem detaillierten technisch-wissenschaftlichen Konzept basieren, dem der neuste Wissenstand und ein klarer zeitlicher Ablauf der Ereignisse zugrunde liegen. Die Kosten werden realistisch, jedoch ohne zusätzliche Sicherheitszuschläge nach bestem Expertenwissen zu heutigen Marktpreisen geschätzt. Kostenstudien werden jeweils zum Geldwert des Schätzungsjahres durchgeführt.

Die zu prüfenden Projekte befinden sich jeweils in der Projektphase der „Vorstudien“. In der Praxis werden in dieser Projektphase im Ingenieurwesen in der Regel Kostengenauigkeiten von $\pm 25\text{-}30\%$ vereinbart. Für die nächstdetailliertere Teilphase des „Vorprojekt“ wären dann Kostengenauigkeiten von $\pm 20\%$ einzuhalten.

Für den direkten Vergleich wurden die in der Kostenstudie 06 (KS06) geschätzten Kosten mit der in der SEFV verankerten und im Rückstellungsmodell berücksichtigten Teuerungsrate von 3 % pro Jahr von der Preisbasis 2006 (PB06) auf die Preisbasis 2011 (PB11) der Kostenstudie 2011 hochgerechnet. Die aufgelaufenen Kosten der Entsorgung wurden nicht teuerungsbereinigt. Die effektiv erfolgten Ausgaben in den Jahren 2006 bis 2010 wurden deshalb für die KS06 übernommen. Somit sind die erfolgten Ausgaben bis 2010 im Vergleich zwischen der KS06 und KS11 identisch.

Die Berechnung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten erfolgt exklusive Mehrwertsteuer, da die Werksbetreiber die Vorsteuer auf dem Aufwand für die Stilllegung und die Entsorgung gemäss den geltenden gesetzlichen Bestimmungen auch nach der Aufgabe der Stromproduktion resp. nach der Ausserbetriebnahme der Werke geltend machen können.

3 Umfang der Prüfung

3.1 Stilllegungskosten

Mit der Beurteilung der Kostenstudie zur Stilllegung der Kernanlagen in der Schweiz hat das ENSI die Firma TÜV NORD EnSys beauftragt, da der TÜV NORD schon viel Erfahrung mit Rückbauprojekten sammeln konnte und die von NIS erhobenen Zahlen auch mit Werten aus anderen Projekten vergleichen und bewerten kann. Der TÜV NORD arbeitet in Deutschland als Gutachter für die Aufsichtsbehörden, womit auch die Unabhängigkeit der Expertise sichergestellt ist.

Der TÜV NORD betrachtete jeweils zuerst die technische Machbarkeit der Vorhaben, zog die eigenen Erfahrungen mit ein und schloss darauf auf die zu erwartenden Kosten. Zu jedem der fünf Stilllegungsprojekte hat der TÜV NORD EnSys jeweils eine Stellungnahme verfasst [14-18].

Im Zentrum der Überprüfung der Kostenstudie stand die Überprüfung der technischen Machbarkeit der Stilllegungsprojekte. Basierend auf diesen Überlegungen werden die Stilllegungskosten errechnet und damit auch die Grundlagen für die Beiträge der einzelnen Werke für den Stilllegungsfonds.

Es wurde überprüft,

- ob die technischen Angaben dem aktuellen Stand der Entsorgungstechnik entsprechen,
- ob die daraus abgeleiteten Mengen- und Zeitangaben für die Aufwände angemessen sind,
- ob die ermittelten Volumina an inaktiven Reststoffen und vor allem an radioaktiven Abfällen realistisch ist,
- ob die vorgesehenen Konditionierungsverfahren für die anfallenden radioaktiven Abfälle im Sinne des Entsorgungskonzepts optimiert sind,
- ob die ermittelten Angaben im Einklang mit den aktuellen Erkenntnissen zur technischen Machbarkeit und zu den Kosten aus den laufenden Rückbauvorhaben in Deutschland sind und
- ob die Ergebnisse aus den einzelnen Arbeitspaketen in die Gesamtdarstellungen der Kostenstudie und zum Abfallmengengerüst eingearbeitet worden sind.

Basierend auf den Ergebnissen der TÜV-NORD-Expertise hat das ENSI Empfehlungen für die nächste Aktualisierung der Kostenstudie abgeleitet. Ebenfalls hat das ENSI die wichtigsten Änderungen der KS11 [10] im Vergleich zur vorhergehenden KS06 [19] dokumentiert.

3.2 Entsorgungskosten

Das ENSI hat bei der Überprüfung der Kostenstudie KS11 [10] den Schwerpunkt auf diejenigen Kostenelemente gelegt, die seit der letzten Kostenstudie KS06 [19] umfassend überarbeitet wurden oder die den Hauptteil an den Gesamtkosten ausmachen (vgl. Aufzählung in Kap. 5.1). Dies betrifft insbesondere aktualisierte Referenzprojekte für das SMA- und HAA-Tiefenlager. Für die Überprüfung der Baukosten der beiden Lagertypen hat das ENSI die Basler & Hofmann AG (Zürich) als externen Experten beigezogen, wobei folgende Aspekte überprüft wurden:

- Nachvollziehbarkeit und Vollständigkeit der technischen Angaben zum Bau der Untertageanlagen eines SMA- bzw. HAA-Lagers hinsichtlich Bauvorgängen, Zeitbedarf, Materialbewirtschaftung und Unterhalt,

- Nachvollziehbarkeit und Vollständigkeit der daraus resultierenden Kostenelemente und die Kostenschätzung,
- Konsistenz bezüglich des heutigen Stands der Technik und der bisherigen Erfahrungen.

Die Ergebnisse hat Basler & Hofmann in einem Prüfbericht [20] festgehalten, welcher die Basis für die Beurteilung des ENSI bildete.

Nicht überprüft wurden die Kosten für die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente und für die Nachbetriebsphase der Kernkraftwerke, da diese Kosten direkt von den Betreibern beglichen werden.

4 Prüfung der Stilllegungskosten

Das ENSI stützt sich bei seiner Prüfung der Stilllegungskosten auf die Expertise des TÜV NORD EnSys [14-18], hat aber auch eigene Vergleiche der Kosten vorgenommen. Die bei der Überprüfung der vorgelegten Kostenstudien festgestellten offenen Punkte wurden durch Fachsitzungen und Anfragen bei swissnuclear und Nagra geklärt.

In dieser Stellungnahme formuliert das ENSI 12 Empfehlungen, die bei der Aktualisierung der Kostenstudie 2016 berücksichtigt werden sollen. Die Empfehlungen des ENSI sind *jeweils kursiv gedruckt* und werden in Kapitel 7 nochmals zusammengefasst.

4.1 Plausibilität und Bewertung der Berechnungen in der KS11

4.1.1 Anfallende Abfälle

Die Massenangaben einzelner Komponenten in den Studien wurden mit den Gesamtmassen und den Angaben in Tabellen verglichen. Demnach stimmen die Massenangaben mit den Gesamtmassen überein und sind rechnerisch nachvollziehbar. Einzig die aufgeführten Masseangaben (aktiviert und nicht aktiviert) des KKG konnte das ENSI nur schwer nachvollziehen. Es wurden aber keine signifikanten Abweichungen festgestellt. Tabellen mit Komponentenmassen und Gesamtmassen widersprechen sich nicht und sind auch untereinander konsistent.

Die in den Stilllegungsstudien ermittelten Mengen an inaktiven und an radioaktiven Abfällen sind plausibel. Sie hängen schliesslich aber von der Betriebsweise und dem daraus resultierenden Kontaminationszustand der Anlagen ab. Auch können allfällige Änderungen der Freimesssgrenzen, wie sie derzeit in der Revision der Strahlenschutzverordnung diskutiert werden, Auswirkungen auf die Mengenverteilung der anfallenden Abfälle haben. Durch die periodische Aktualisierung der Kostenstudien können allfällige Änderungen aber berücksichtigt werden.

Massen [Mg]	KKB I & II	KKM	KKG	KKL	ZZL
Freimessbar	191'282	75'649	173'220	385'825	12'204
Radioaktiv	4'302	2'957	2'992	6'479	529

Tabelle 4-1: Massenbilanz der anfallenden Abfälle aus [3-7], aufgeteilt in freimessbar (direkt oder nach Dekontamination) und in radioaktive Abfälle, die einem Tiefenlager zugeführt werden.

Die vorgesehenen Konditionierungsverfahren für die anfallenden radioaktiven Abfälle entsprechen dem Stand der Konditionierungstechnik. Die in den Studien vorgesehenen Abfallprodukte und Abfallbinde können die Anforderungen gemäss der Richtlinie ENSI-B05 erfüllen.

Die Angaben in Bezug auf Rückbau, Behandlung und Entsorgung von inaktiven Reststoffen und radioaktiven Abfällen stehen nicht im Widerspruch zu Erfahrungen aus laufenden Rückbauprojekten in Deutschland.

Das Stilllegungsziel beim Rückbau der KKW ist jeweils die „grüne Wiese“, wobei laut Angaben der Betreiber jene Betonstrukturen im Boden bleiben sollen, die sich tiefer als 2 Meter im Boden befinden. Das Stilllegungsziel des ZZL ist nicht die „grüne Wiese“, sondern Entlassung der Anlage aus der Kernenergiegesetzgebung und die Umnutzung der Lagerhallen für andere Zwecke. Vollständig zurückgebaut wird einzig das Gebäude V mit der Plasma-Anlage.

Empfehlung 4.1: Ein Grossteil der im ZZL anfallenden radioaktiven Abfälle stammt aus der Entsorgung der Lucens-Abfälle (262 Mg). Aus den Studien ist aber nicht ersichtlich, dass für die Lucens-Abfälle, die sich derzeit in sechs nicht endlagerfähigen Behältern befinden, eine Behandlung vorgesehen ist. Laut Mitteilung der ZWILAG sind Lagerung und die zum Teil noch anstehende Konditionierung von Rückständen aus Lucens kostenneutral, da genügend finanzielle Mittel der früheren Eigentümerin vorhanden sind. Das ENSI empfiehlt trotzdem, die Kosten für Umpacken und Konditionieren der Lucens-Abfälle in der nächsten Kostenstudie zu berücksichtigen, resp. separat auszuweisen. Dies gilt auch für den Transport der Lucens-Abfälle zu einem Tiefenlager, der nicht separat aufgeführt ist.

Empfehlung 4.2: Das ENSI empfiehlt bei der nächsten Aktualisierung der Stilllegungsstudie, beim ZZL nicht nur das Freimessen und die Umnutzung der Lagerhallen als Stilllegungsziel zu betrachten, sondern auch den vollständigen Rückbau („grüne Wiese“) des ZZL anzunehmen und die daraus zusätzlich anfallenden Kosten auszuweisen.

Empfehlung 4.3: Konventionelle Schadstoffe wie Asbest oder PCB sind in den Stilllegungsstudien nicht berücksichtigt. Wie der Rückbau der Kernanlage DIORIT am PSI aber zeigte, können asbesthaltige Materialien die Rückbauarbeiten stark beeinträchtigen. Neben den zusätzlich anfallenden Personalkosten (durch die länger dauernden Arbeitspakete) müssten auch die belasteten Abfälle gesondert entsorgt werden, was wiederum zusätzliche Kosten nach sich zöge. Das ENSI empfiehlt deshalb, in der nächsten Aktualisierung der Stilllegungsstudie auch mögliche konventionelle Schadstoffe wie Asbest oder PCB zu berücksichtigen.

Empfehlung 4.4: Gebäudestrukturen unterhalb 2 Meter Tiefe sollen gemäss Planung im Boden bleiben. Auch wenn die Strukturen für Grundwasser durchlässig gemacht werden sollen, empfiehlt das ENSI den Betreibern der Kernanlagen, die möglichen Auswirkungen auf den Grundwasserschutz abzuklären und mit den Behörden zu erörtern. Allfällige Auswirkungen, wie das Entfernen aller Strukturen, sind in der nächsten Aktualisierung der Stilllegungsstudien zu berücksichtigen.

4.1.2 Personalaufwand

Die Betreiber der Kernanlagen haben die Stilllegungsarbeiten in Arbeitspakete aufgeteilt und entsprechend der anfallenden Arbeit den Personalaufwand in Personen-Jahren abgeschätzt (vgl. Tabelle 4-2). Wie die Prüfung zeigte, sind die geplanten Arbeitspakete und die zugehörigen Personalaufwendungen in den Stilllegungsstudien nachvollziehbar ausgewiesen. Dem ENSI fiel einzig auf, dass das KKG in seiner Stilllegungsstudie die Prüfungs- und Beratungskosten sowie die Kosten für EDV und IT nicht direkt ausweist. Gemäss Angaben von swissnuclear sind diese Kosten aber in den Sonstigen Geschäfts- und Verwaltungskosten des KKG berücksichtigt.

	KKB I & II	KKM	KKG	KKL	ZZL
Aufwand in Personen-Jahren	3236	1779	2403	3564	308

Tabelle 4-2: Geschätzter Personalaufwand in Personen-Jahren gemäss [3-7].

Das ENSI und sein Experte TÜV NORD kommen zum Schluss, dass der Rückbau der Kernanlagen grundsätzlich in den geplanten Zeiträumen durchgeführt werden kann. Der von der swissnuclear zugrunde gelegte „best-estimate“-Ansatz geht von der Annahme aus, dass die Ar-

beiten ohne Verzögerungen durchgeführt werden können. Daher liegt der geschätzte Personalaufwand bei den Kernkraftwerken im unteren Bereich des Personalaufwands, den der TÜV NORD aufgrund seiner Erfahrungen aus der praktischen Durchführung anderer Stilllegungsprojekte erwartet (zum ZZL liegen keine verlässlichen Vergleichswerte vor).

Der vorgesehene Personalaufwand setzt deshalb bei den Stilllegungsprojekten eine optimale Vorbereitung und Durchführung voraus. Verzögerungen in einzelnen Arbeitspaketen können zu Verzögerungen bei später vorgesehenen Arbeitspaketen zur Folge haben, wodurch gesetzte „Meilensteine“ später erreicht werden, was wiederum höhere Kosten nach sich ziehen kann. Andererseits ist zu erwarten, dass mit wachsenden Erfahrungen aus Projekten im Ausland weiteres Optimierungspotenzial identifiziert werden kann (z. B. Vorgehen beim Dampferzeugerausbau).

Empfehlung 4.5: *Das ENSI empfiehlt für die nächste Aktualisierung der Stilllegungskosten, bei den Berechnungen des Aufwands auch mögliche unvorhergesehene Verzögerungen zu berücksichtigen, resp. den Personalaufwand aufgrund neuer Erkenntnisse aus Empfehlung 4.3 anzupassen.*

4.1.3 Sachkosten

Von den Gesamtkosten entfällt weniger als die Hälfte auf die Sachkosten (vgl. Tabelle 4-3), die sich während des Rückbaus der Kernanlagen ergeben (Bereitstellung von Lagerflächen, Bau von Hilfsgebäuden/-konstruktionen, technische Gerätschaften, Dekontamination, Abfallbehandlung etc.). Die technischen Angaben in den Stilllegungsstudien entsprechen dem aktuellen Stand der Technik. Die beschriebenen Verfahren und Techniken sind erprobt und haben sich bei anderen Rückbauprojekten bereits bewährt. Die Angaben zu den Sachkosten sind nachvollziehbar und vernünftig und bilden eine solide Grundlage für die Abschätzung der Stilllegungskosten.

4.1.4 Arbeitsumfänge der Stilllegungstätigkeiten

Die Rückbauprojekte sind in verschiedene Arbeitspakete unterteilt, die das Erreichen einzelner „Meilensteine“ zum Ziel haben (wie z. B. die Demontage der Einbauten des Reaktordruckbehälters). Aus dem Umfang der einzelnen Arbeitspakete ergibt sich der Gesamtzeitraum für den Rückbau der Kernanlagen. Für jedes Arbeitspaket erfolgt eine separate Kostenermittlung. Bewertet wurden die Reihenfolge der Arbeitspakete und die jeweils zu erwartende Dauer.

Die Arbeitspakete sind so unterteilt, dass zwischen personalintensiven Paketen, die keine besonderen Anforderungen an die Technik stellen, und Paketen mit besonderen Anforderungen an die Technik unterschieden wird. Separat ausgewiesen als Arbeitspakete werden folgerichtig auch die Vorbereitungsmaßnahmen und der Rückbaubetrieb. Dieses Vorgehen ist nachvollziehbar.

Der Abbau der Kernanlage ist in den geplanten Arbeitspaketen vollständig erfasst. Die Reihenfolge der einzelnen Arbeitspakete zueinander ist meist nachvollziehbar und logisch. Die zeitliche Abfolge der Arbeitspakete auf dem Detaillierungsgrad des Grobterminplans ist plausibel. Die genaue Abfolge einzelner Arbeitsschritte kann aber nicht immer nachvollzogen werden.

Die Dauer der einzelnen Arbeitspakete kann die resultierenden Gesamtkosten in mehrfacher Weise beeinflussen. So kann der Rückbaufortschritt innerhalb einzelner Arbeitspakete durch den Einsatz von mehr oder weniger Personal beschleunigt oder verlangsamt werden. Damit können im Bedarfsfall Verzögerungen oder unvorhergesehene, zusätzliche Aufgaben kompensiert werden. Der Zeitpunkt, wann „Meilensteine“ erreicht werden, kann Auswirkungen auf die Abwicklung anderer Arbeitspakete haben und auf Dauer und Umfang des parallel erforderlichen Rückbaubetriebs.

Insgesamt gibt es keine Hinweise darauf, dass die Arbeitspakete nicht im vorgesehenen Zeitraum abgewickelt werden können. Allfällige Verzögerungen können, falls erforderlich, durch den höheren Arbeitsfortschritt durch zusätzliches Personal in nachfolgenden Arbeitspaketen wieder kompensiert werden.

4.1.5 Gesamtkosten

Für die Ermittlung der Gesamtkosten verwendete die NIS Ingenieurgesellschaft mbH das Programm STILLKO. In diesem werden die anfallenden Arbeiten erfasst, ein Projektplan erstellt und daraus die Kosten berechnet. Das Programm wird von NIS schon länger eingesetzt und wurde bei sämtlichen Kostenstudien in der Schweiz eingesetzt. STILLKO kommt auch in anderen Ländern zum Einsatz, neben Deutschland, den Niederlanden auch in Belgien.

Die in den Stilllegungsstudien erwarteten Gesamtkosten bestehen zum grössten Teil aus Personalkosten (vgl. Tabelle 4-3). Die Einlagerungskosten der schwachaktiven Abfälle des KKM im ZZL sind unter den Entsorgungskosten aufgeführt.

Kosten [MCHF]	KKB I & II	KKM	KKG	KKL	ZZL
Personalkosten	488	279	390	537	60
Sachkosten	316	204	271	380	35
Gesamtkosten NIS	804	483	661	917	95
Gesamtkosten swissnuclear	809	487	663	920	95

Tabelle 4-3: Anteil von Personal- und Sachkosten an den Gesamtkosten bei der Stilllegung der Schweizer Kernanlagen gemäss den Stilllegungsstudien 2011 von NIS [3-7] und der KS11 von swissnuclear [9]. Die unterschiedlichen Angaben von NIS und swissnuclear kommen gemäss [9] daher, dass die Stilllegungsstudien von NIS begonnen wurden, bevor die Schätzung der Entsorgungskosten der Stilllegungsabfälle im geologischen Tiefenlager SMA vorlag. Zusätzlich wurden in der KS11 die Kosten für die Auslagerung der Stilllegungsabfälle aus ZZL und ZWIBEZ berücksichtigt.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Gesamtkosten für die Stilllegung der Kernanlagen in der Schweiz bei optimaler Planung und Durchführung sowie unter Einbezug von „lessons learned“ eingehalten werden können. Zudem dürften die Rückbaukosten künftig sinken, weil die Erfahrung beim Rückbau von Kernanlagen weltweit ständig wächst. Die jeweils bestimmten Gesamtkosten befinden sich deshalb im Vergleich mit internationalen Stilllegungsprojekten innerhalb der zu erwartenden Bandbreite.

Wie Ungenauigkeiten bei der Abschätzung von Rückbaukosten abgeschätzt werden können, findet sich beispielhaft in einem Bericht der schwedischen Behörde SKI [21]. Dort wurden einer ASME-Unterlage für drei verschiedene Kostenermittlungsverfahren folgende Angaben übernommen:

- Bestimmung der Grössenordnung, ohne detaillierte technische Kenntnisse des Rückbauverfahrens. Die zu erwartende Genauigkeit schwankt zwischen -30 % und +50 %.
- Budgetabschätzung, beruhend auf einer allgemeinen Vorstellung der Methoden und Ausrüstung. Die zu erwartende Genauigkeit schwankt zwischen -15 % und +30 %.

- Endgültige Kostenabschätzung, beruhend auf detaillierten Angaben und ingenieurmässiger Ausführung. Die zu erwartende Genauigkeit schwankt zwischen -5 % und + 15 %.

Aufgrund der Angaben in den vorliegenden Studien ist eine Einordnung in die dritte Kategorie nicht möglich. Es ist aber nicht zu erwarten, dass der in der zweiten Kategorie angesprochene Kostenrahmen von -15 % bis +30 % bei den Kostenstudien zur Stilllegung der Kernanlagen nicht eingehalten werden kann.

Empfehlung 4.6: *Um Unsicherheiten bei der Abschätzung der Stilllegungskosten weiter einzuschränken, empfiehlt das ENSI, Erfahrungen aus abgeschlossenen oder laufenden Rückbauprojekten im Ausland und den dabei verwendeten Rechenprogrammen in die Überarbeitung der Studien einfliessen zu lassen. Damit lassen sich mögliche Abweichungen zwischen den geschätzten und den tatsächlichen Kosten aufzuzeigen. Die Gründe für allfällige Abweichungen sind zu beschreiben und in der nächsten Kostenstudie zu berücksichtigen.*

4.2 Relevante Änderungen in der KS11 im Vergleich zur KS06

Es fällt auf, dass die Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen in der Stilllegungskostenstudie 2011 wesentlich höher ausfallen, als noch in der Stilllegungskostenstudie 2006 ausgewiesen. Die Differenz schwankt zwischen 10 % (KKG und KKL) und 204 % (ZZL). Die Zunahme im Fall des ZZL ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass in der KS11 die Kosten für den Rückbaubetrieb neu den Stilllegungskosten zugerechnet werden. Zuvor wurde der personal- und damit kostenintensive Rückbaubetrieb unter den Entsorgungskosten geführt.

5 Prüfung der Entsorgungskosten

5.1 Allgemein

Im Bericht über die Entsorgungskosten gemäss KS11 [10] sind die Ergebnisse vieler Teiluntersuchungen zusammengefasst. Es werden die folgenden Kostenelemente unterschieden:

- Transport-und Lagerbehälter,
- Transporte,
- Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente,
- Zentrale Abfallbehandlung und Zwischenlagerung bei der ZWILAG (ZZL),
- Zwischenlagerung ZWIBEZ (KKB),
- Nasslager des KKG für abgebrannte Brennelemente,
- geologische Tiefenlagerung der schwach und mittelaktiven Abfälle (SMA-Lager),
- Verpackungsanlage für abgebrannte Brennelemente und Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung,
- Geologische Tiefenlagerung der hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle (HAA-Lager).

Erfasst werden auch Kosten, die nicht aus den Mitteln des Entsorgungsfonds zu begleichen sein werden und vor der Ausserbetriebnahme der Werke anfallen. Diese Kosten sind durch die Betreiber zu bezahlen. Beispiele dazu sind die Kosten der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente, die Baukosten der Zwischenlager (ZZL, ZWIBEZ, Nasslager KKG) und die Kosten des Standortauswahlverfahrens für geologische Tiefenlager.

5.2 Abfallmengengerüst

Als Grundlage für die KS11 wurde ausgehend von MIRAM08 [22] für KS11 ein Abfallmengengerüst (AMG) erstellt, das die Volumina der von den Kernkraftwerken sowie aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF) produzierten Abfälle umfasst. Die Prognose der Mengen und des zeitlichen Anfalls der radioaktiven Abfälle wird in einer Arbeitsunterlage der Nagra beschrieben. Das ENSI hat zum Abfallmengengerüst auch zusätzliche Angaben der Nagra eingeholt.

Die zentralen Randbedingungen und Kenndaten für die Ermittlung der Abfallvolumina sind die Betriebszeiten der KKW bzw. die Dauer der Produktionszeit („Sammelperiode“) für die Bundesabfälle. Für die MIF-Abfälle ist die Annahme einer Inbetrieb- und Ausserbetriebnahme nicht sinnvoll. Stattdessen wird für das AMG davon ausgegangen, dass eine Sammlung und Konditionierung von MIF-Abfällen bis zum Zeitpunkt des letzten Anfalls von KKW-Abfällen erfolgt. Die bis Ende 2010 produzierten AGT-spezifischen Gebindezahlen werden von der Nagra aus der zentralen Datenbewirtschaftung ISRAM extrahiert, die Prognosen für die weitere Produktion in Zusammenarbeit mit den KKW bzw. dem Bund erstellt.

Im Vergleich zur letzten Kostenstudie KS06 besteht für die Schätzung der Abfälle der Plasma-Anlage der ZWILAG eine bessere Grundlage, da inzwischen mehrere Jahre Erfahrungen mit der Produktion von solchen Abfällen vorliegen. Bei den Wiederaufarbeitungsabfällen haben sich die Mengen gegenüber KS06 geändert. Aufgrund der Entwicklung neuer Konditionierungsverfahren für die mittelaktiven Abfälle (CSD-C und CSD-B) hat sich das Volumen dieser Abfallströme verkleinert. Das Volumen der verglasten HAA-Abfälle hat sich dagegen gegenüber KS06 [19] kaum verändert.

Als Stilllegungsabfälle des Bundes werden die Stilllegungsabfälle des PSI-West betrachtet. Für diese wird ein verpacktes Volumen von 4'302 m³ abgeschätzt. Diese Abschätzung wurde aus MIRAM08 [22] übernommen. Zur Abgrenzung von den Stilllegungsabfällen des PSI-West werden die Stilllegungsabfälle des PSI-Ost den Betriebsabfällen des Bundes zugewiesen. Wie bereits bei der KS06 werden die Abfälle des CERN nicht betrachtet. Laut der Nagra war zum Zeitpunkt der KS11 der Zuteilungsschlüssel der Abfälle auf die Länder Schweiz und Frankreich noch nicht festgelegt.

Die Mengen der Stilllegungsabfälle in den Arbeitsunterlagen der Nagra entsprechen nicht ganz der Menge der Stilllegungsabfälle aus den Stilllegungsstudien der KKW [3-6] und des ZZL [7]. Laut der Nagra waren die Arbeiten zum AMG vor den Arbeiten zu den Stilllegungsstudien abgeschlossen. Dort wurden kurz vor Abschluss die Menge der Abfälle leicht korrigiert. In Anbetracht des vernachlässigbaren Effekts aufgrund von leichten Korrekturen verzichtete die Nagra auf eine Neuberechnung.

Das ENSI hat die Angaben zum Abfallmengengerüst stichprobenartig geprüft und auch zusätzliche Erläuterungen bei der Nagra eingeholt. Das ENSI beurteilt die Prognose als zuverlässig und als eine geeignete Grundlage für die KS11.

Empfehlung 5.1: *Das ENSI empfiehlt bei der nächsten Aktualisierung der Kostenstudien, die Schätzung der Art und Menge der Stilllegungsabfälle der Kernanlagen an der Universität Basel, am PSI, an der ETH Lausanne und am CERN zu berücksichtigen, resp. zu aktualisieren.*

5.3 Transporte, Transport- und Lagerbehälter

Als Grundlage für die KS11 ist ein Transport- und Mengengerüst (TAMG) zu erstellen, das sowohl die Mengen als auch die Kosten umfasst. Die Anzahl und die Kosten der benötigten Transporte werden in einer Arbeitsunterlage der Nagra dargelegt. Das ENSI hat zu dem Transportmengengerüst auch zusätzliche Angaben der Nagra eingeholt.

Die Kostenangaben beziehen sich auf den Transport und nicht auf die Vorbereitung des Versands oder die Kosten im Zusammenhang mit dem Empfang der Abfälle am Bestimmungsort. Diese Kostenanteile sind in der Kostenrechnung der Anlagen enthalten. Erfasst werden alle Transporte zwischen Kernkraftwerken, Wiederaufarbeitungsanlagen, dem ZZL und den geologischen Tiefenlagern. Die Transportkosten für konditionierte Stilllegungsabfälle der Kernkraftwerke und des ZZL sind bereits in den Stilllegungsstudien 2011 erfasst und somit nicht im TAMG zu berücksichtigen. Eine Ausnahme sind die Stilllegungsabfälle des KKM, die vor der Möglichkeit einer Anlieferung in das geologische Tiefenlager SMA anfallen. Ihre Transporte vom KKM zur ZWILAG werden somit im TAMG berücksichtigt.

Aufgrund wachsender Erfahrung mit den bisher durchgeführten Transporten von abgebrannten Brennelementen wurde die konservative Annahme in der KS06 durch den Erfahrungswert ersetzt. Daraus folgt eine Kostenabnahme bei den Transporten gegenüber der KS06.

Bei der Berechnung der Anzahl Transporte wird die Transportfähigkeit der Einzelgebinde gemäss dem Europäischen Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR) nicht berücksichtigt, daher wird immer von 40 Fässern pro Transport ausgegangen; Transporte von Fässern mit einer höheren Aktivität in einem Typ B(U)-Behälter werden dabei nicht berücksichtigt. Die Aktivität der meisten Gebinde ist im betrachteten Zeitraum (2035–2050) bereits so weit abgeklungen, dass Transporte mit 50 oder mehr Gebinden möglich sind. Die Kosten pro Transport sind ausreichend konservativ abgeschätzt.

Insgesamt sind die geschätzten Kosten für Transport- und Lagerbehälter (T/L-Behälter) inkl. periodischer Behälterlizenzierungen gegenüber der KS06 unverändert. Die Kosten der T/L-Behälter von KKB, KKM und KKL werden aber tiefer geschätzt, die Kosten der T/L-Behälter des KKG dagegen höher. Voraussichtlich werden jedoch zusätzliche Behälter zu einem höheren Einheitspreis beschafft.

Das ENSI hat die Angaben zum Transportmengengerüst und den Transportkosten stichprobenartig geprüft und auch zusätzliche Erläuterung der Nagra eingeholt. Das ENSI beurteilt die Prognose im übrigen als zuverlässig und als eine geeignete Grundlage für die KS11.

Empfehlung 5.2: *Da die Gebinde erst in einigen Jahrzehnten transportiert werden, empfiehlt das ENSI für die späteren Aktualisierungen der Kostenstudie die Transportfähigkeit der Einzelgebinde gemäss ADR jeweils zu prüfen.*

5.4 ZWIBEZ, ZZL und Nasslager KKG

5.4.1 Kosten der Zwischenlagerung im ZWIBEZ

Die Investitions- und Betriebskosten des Zwischenlagers ZWIBEZ werden in der Aktennotiz der Axpo AG dargelegt. Zuhanden der KS11 werden nur die Kosten des HAA-Lagerteils angegeben, wobei aber die Betriebskosten des SMA-Lagers als kleiner Anteil in den angegebenen Betriebskosten enthalten sind.

Es wird in dieser Stellungnahme angenommen, dass ab Beginn der Stilllegung des KKB ein autonomer Betrieb des ZWIBEZ unter Berücksichtigung möglicher Synergien mit der Axpo AG und der ZWILAG stattfindet (siehe Kap.5.4.2). Zum Sicherstellen des autonomen Betriebs des ZWIBEZ in der Zeit nach dem Rückbau der beiden Blöcke des KKB sind Massnahmen insbesondere im Bereich Sicherung und Stromversorgung erforderlich. Da das Betriebsende des ZWIBEZ nur geringfügig abhängig ist von der Betriebsdauer des KKB, wird das Betriebsende des ZWIBEZ im Jahr 2063 angenommen. Die Auslagerungskosten der T/L-Behälter im ZWIBEZ sind in den ZWILAG-Kosten zu Lasten der Axpo aufgeführt.

Das ENSI hat die Angaben der Axpo auf Plausibilität und Konsistenz geprüft. Nach Beurteilung des ENSI kann die Schätzung als Grundlage für die KS11 verwendet werden.

5.4.2 Kosten der Abfallbehandlung und -zwischenlagerung im ZZL

Die Kosten für die Projektierung, den Bau und den Betrieb des ZZL werden in einer Arbeitsunterlage der ZWILAG dargelegt. Die wichtigsten Veränderungen bzgl. der KS06 sind:

- Die Ersatzinvestitionen werden aufgrund der Erfahrungen nochmals höher abgeschätzt.
- Die Betriebskosten liegen nominal rund 20 Prozent über der Kostenschätzung KS06.
- Die Kosten für den Rückbaubetrieb werden in der KS11 neu in der Stilllegungsstudie berücksichtigt.

Wie bereits im Kapitel 5.4.1 erwähnt wird im Anschluss an den Nachbetrieb im KKB ein sogenannter autonomer Betrieb des ZWIBEZ unter Berücksichtigung möglicher Synergien mit dem ZZL angenommen. Konkret bedeutet dies, dass die ZWILAG das ZWIBEZ bis 2063 betreibt und verwaltet.

Vor der Aufnahme von Stilllegungsabfällen aus dem KKM muss die Lagerhalle S noch für die nukleare Nutzung ausgebaut werden. Der Ausbau ist im Zeitraum von 2012 bis 2024 vorgesehen. Für die übrigen Kernkraftwerke wird angenommen, dass die Stilllegungsabfälle des KKB bis

zu deren Überführung ins SMA-Lager im standorteigenen ZWIBEZ gelagert werden, und dass die Stilllegungsabfälle des KKG und des KKL direkt in das SMA-Lager verbracht werden können. Mit dem Ausbau der Lagerhalle S entsteht Bedarf an konventionellem Lagerplatz. Ein solches Lager soll auf dem benachbarten Grundstück geschaffen werden. Der Kauf von Land und von Lagereinrichtungen ist in den Investitionen abgebildet.

Für die Behandlung von Betriebs- und MIF-Abfällen sowie Sekundärabfällen des ZZL stehen die Konditionierungsanlagen und die Plasma-Anlage zur Verfügung. Es wird ferner angenommen, dass brennbare Abfälle während der Stilllegung eines Kernkraftwerks in der Plasma-Anlage konditioniert werden. Die Kosten für die Verarbeitung solcher Abfälle sind in den Stilllegungskosten berücksichtigt.

In einer Arbeitsunterlage der ZWILAG ist die Kostenermittlung nach Abfallgebindetypen für die Einlagerung in den Lagerhallen sowie für die Verarbeitung in der Plasma-Anlage bzw. in der Konditionierungsanlage dargelegt. Der Aufwand für die Auslagerung wird in demselben Umfang wie für die seinerzeitige Einlagerung ins ZZL abgeschätzt. Für den Transport der CSD-C und CSD-B im Tiefenlager wird angenommen, dass die Kokillen wieder in Transportbehälter verpackt werden.

Der Bericht beinhaltet die Kosten für die Bereitstellung der T/L-Behälter zum Versand in die Verpackungsanlage der Tiefenlager. Die Frachtkosten für den Transport bis zum Tiefenlager sind nicht in der Entsorgungskostenstudie der ZWILAG enthalten; sie werden im Transportmengenegerüst ermittelt (siehe Kap.5.3).

Die Betriebsbereitschaft der Heissen Zelle wird solange angenommen, wie auch die Lagerhalle H genutzt wird, damit beispielsweise eine Behälterdichtung ersetzt werden könnte.

Das ENSI hat die Angaben der ZWILAG auf Plausibilität und Konsistenz geprüft. Die Angaben sind mit den Angaben in der Kostenstudie des ZWIBEZ konsistent. Nach Beurteilung des ENSI kann die Schätzung als Grundlage für die KS11 verwendet werden.

5.4.3 Kosten der Zwischenlagerung im Nasslager KKG

Die Betriebskosten für das KKG-Nasslager werden in einer Arbeitsunterlage des KKG dargelegt. Die geschätzten Kosten sind wegen gestiegener Betriebskosten höher ausgefallen als in der KS06.

In dieser Stellungnahme wird bei der Abschätzung der Kosten angenommen, dass auch während der Stilllegung des KKG der Betrieb des Nasslagers von Einrichtungen und Personal des Stilllegungsbetriebs Nutzen ziehen darf. Erst nach Ende der Stilllegungsphase 4 des KKG wurde angenommen, dass das Nasslager einen völlig autarken Betrieb aufrechterhalten muss. Bei einer allfälligen Verzögerung der Stilllegungsphase des KKG würde das Nasslager von längeren Synergieeffekten profitieren und die Kosten dafür würden geringer.

Das ENSI hat die Angaben des KKG auf Plausibilität und Konsistenz geprüft. Die Angaben sind mit den Angaben in der Stilllegungsstudie des KKG konsistent. Nach Beurteilung des ENSI kann die Schätzung als Grundlage für die KS11 verwendet werden.

5.5 Verpackungsanlage für hochaktive Abfälle

Im Rahmen der KS06 stützte sich die Kostenschätzung der Nagra für den Bau und den Betrieb der Verpackungsanlage für die abgebrannten Brennelemente und die verglasten hochaktiven Abfälle am Standort des HAA-Tiefenlagers auf eine Konzeptstudie, die im Jahre 2006 erarbeitet

wurde. Das ENSI hat das Konzept 2007 beurteilt und Empfehlungen im Hinblick auf die nächste Aktualisierung der Entsorgungskosten formuliert [11]. Die Kostenschätzung wurde im Rahmen der KS11 von der Nagra überprüft und weitgehend aktualisiert. Dazu gehört auch die erstmalige Schätzung von Kosten für die Verwertung der ausgedienten Transport- und Lagerbehälter. Die Kostenschätzungen stützen sich auf Erfahrungen der Nagra und berücksichtigen die Konzeptstudie der KS06 sowie aktuelle Erfahrungen aus dem Bau vergleichbarer Anlagen.

Nach Beurteilung des ENSI kann die Schätzung der Nagra als Grundlage für die KS11 verwendet werden.

Empfehlung 5.3: *Das ENSI empfiehlt für die nächste Aktualisierung der Kostenstudie, die Konzeptstudie für den Bau und den Betrieb der Verpackungsanlage zu überprüfen und weiter zu entwickeln.*

5.6 Tiefenlager

5.6.1 Technische Machbarkeit

Ausgangslage für die Kostenschätzung KS11 bilden aktualisierte Referenzprojekte je für ein SMA- und ein HAA-Tiefenlager, welche von der Nagra, gestützt auf das Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen [23] und Arbeiten im Rahmen des Sachplanverfahrens unter Berücksichtigung der gesetzlichen und behördlichen Vorgaben (KEG, KEV, Richtlinie ENSI-G03), auf den aktuellsten Stand der Kenntnisse gebracht wurden. Das Tiefenlager umfasst gemäss Kernenergiegesetzgebung ein Hauptlager, ein Pilotlager und Testbereiche (Felslabor) und wird von Zugangsbauwerken erschlossen.

Die grundsätzliche bautechnische Machbarkeit der beiden Lagertypen wurde vom ENSI unter Beiziehung von externen Experten (Emch + Berger AG Bern, Basler & Hofmann AG Zürich, Ingenieurgeologie ETH Zürich, Kommission Nukleare Entsorgung) bereits im Rahmen früherer Projekte (Projekt Gewähr, SMA-Tiefenlagerprojekt Wellenberg, HAA-Entsorgungsnachweis Projekt Opalinuston Zürcher Weinland) sowie in Etappe 1 des Sachplanverfahrens umfassend überprüft. Die aufgebrachten Kritikpunkte und Empfehlungen der Experten wurden bei der Aktualisierung der Referenzprojekte von der Nagra im Wesentlichen aufgenommen und umgesetzt.

Aufgrund der Prüfergebnisse der Experten kommt das ENSI zum Schluss, dass die technische Machbarkeit grundsätzlich gegeben ist und die Baukonzepte des SMA- und HAA-Tiefenlagers in der dargestellten Auslegung umgesetzt werden können.

5.6.2 Kostenermittlung

Vorgehen der Entsorgungspflichtigen

Grundlage für die Schätzung der Kosten der geologischen Tiefenlagerung bildet das Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen [23]. Das der KS11 zugrunde gelegte Realisierungsprogramm für das SMA- und HAA-Tiefenlager geht von einer Betriebsdauer der Kernkraftwerke von 50 Jahren aus und erstreckt sich von der Vorbereitung des Baus bis zum Verschluss der Lager über einen grossen Zeitraum von mehr als 100 Jahren. Es folgt dabei den Vorgaben der Kernenergiegesetzgebung [1, 24], welche ein schrittweises Vorgehen bei der Realisierung geologischer Tiefenlager vorschreibt (Standortauswahlverfahren, Rahmenbewilligungsverfahren, Bau eines Felslabors, Baubewilligungs- und Betriebsbewilligungsverfahren, Beobachtungsphase und ordnungsgemässer Verschluss auf Anordnung des Bundesrates).

Die von swissnuclear in der Kostenstudie KS11 vorgelegte Kostenschätzung für die beiden Tiefenlagerprojekte SMA- und HAA-Lager stützt sich auf bisherige Kostenschätzungen (KS06) [19], auf die aktualisierten Referenzprojekte sowie auf Erfahrungen mit vergleichbaren Untertagebauten. Die Kostenschätzung basiert auf einer Vielzahl von Grundlagendokumenten, die von der Nagra erarbeitet wurden (Konzepte, Schemata, Berechnungen, Datenzusammenstellungen, Pläne, Berichte, Aktennotizen etc.).

Gegenüber der Kostenschätzung KS06 ergeben sich für Standortwahl, Bau, Betrieb und Verschluss der beiden geologischen Tiefenlager (inkl. Verpackungsanlage) erhebliche Mehrkosten von 21 % (7.5 Milliarden Franken der KS06 gegenüber 9 Milliarden Franken der KS11), die neben der Teuerung vor allem auf das Sachplanverfahren und auf verschärfte Vorgaben für die Auslegung der Tiefenlager zurückzuführen sind. Namentlich sind dies höhere Anforderungen an die konventionelle und radiologische Betriebssicherheit während des Normalbetriebs und bei Störfällen. Die erhöhten Anforderungen führen für die untertägigen Anlagen unter anderem zu Mehrausbruch für zusätzliche Tunnel und Schächte (mehr Redundanz und Diversität der Zugänge). Beim HAA-Lager wurde zudem eine vorsichtiger Einschätzung der geologischen Rahmenbedingungen, z. B. bei den HAA-Lagerstollen (Einsatz verstärkter Stützmittel im Opalinuston) oder beim Zugangstunnel (Massnahmen zur Beherrschung von potenziell stark wasserführenden Schichten), berücksichtigt.

Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat die Kostenschätzungen für die beiden geologischen Tiefenlager für SMA und HAA hinsichtlich Nachvollziehbarkeit, Vollständigkeit und Plausibilität überprüft. Insbesondere wurde geprüft, ob die Kostenansätze marktgerecht sind. Da die Nagra für das SMA- wie für das HAA-Tiefenlager aktualisierte neue Bauprojekte (Stufe Vorstudien) erarbeitet hat, welche sich gegenüber der KS06 bezüglich Lagerauslegung und Zugangsbauwerke (u. a. separater Zugangstunnel zum Pilotlager) deutlich unterscheiden, hat das ENSI für die Prüfung der Baukosten der HAA- und SMA-Lager die Basler & Hofmann AG (B&H) als externen Experten beigezogen. Grundlage für die Überprüfung bildeten einerseits die von swissnuclear publizierten zwei Hauptberichte

- Kostenstudie 2011 (KS11) – Mantelbericht von Oktober 2011 [2] und
- Kostenstudie 2011 (KS11) – Schätzung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke von Oktober 2011 [10].

Die beiden swissnuclear-Berichte stützen sich andererseits auf detaillierte Arbeitsunterlagen und weitere Dokumentationen, die von der Nagra und weiteren Auftragnehmern erarbeitet wurden. Diese bildeten die Basis für die Erfassung aller Kostenelemente in einer Datenbank, mit welcher dann die Zeitreihen der Kostenelemente und schliesslich die Gesamtkosten für die beiden Tiefenlager ermittelt wurden. Diese Unterlagen bildete die Grundlage für die Überprüfung und den Nachvollzug der Kosten durch B&H [20] und das ENSI.

Zusammen mit den Experten von B&H kommt das ENSI nach Prüfung der Kostenstudie KS11 zum Schluss, dass die dokumentierten Gesamtkosten für den Bau der Untertageanlagen der SMA- und HAA-Tiefenlager betreffend Bauvorgängen, Zeitbedarf, Material und Unterhalt nachvollziehbar, vollständig und plausibel sind. Die Kosten wurden von der Nagra fundiert und mit verhältnismässig hohem Detaillierungsgrad ermittelt. Die Grundlagendokumente sind generell gut strukturiert, plausibel und mit wenigen Ausnahmen (Verschlussbauwerke, Vortriebstechnik) vollständig. Die gewählte Vorgehenssystematik mit einer hierarchisch gegliederten Dokumentation beurteilt das ENSI als angemessen und zielführend.

In der Praxis werden in der Projektphase der Vorstudie im Untertagebau in der Regel Kostengenauigkeiten von $\pm 25\text{--}30\%$ vereinbart. Die Bearbeitungstiefe der Prüfung wurde vom ENSI entsprechend der Projektphase (Vorstudie) und der zu erwartenden Kostengenauigkeit mit partieller Themenvertiefung für stufengerecht gehalten.

Die Kosten sind tendenziell vorsichtig geschätzt und beinhalten notwendige Mittel für in dieser Projektphase (Vorstudie) noch nicht erfassbare Positionen. Gestützt auf Erfahrungswerte für vergleichbare Untertagebauwerke und unter Berücksichtigung des Standes der Technik decken sich die Kostenschätzungen von B&H mit denjenigen der Nagra weitgehend (Abweichung von -0.9% für das SMA-Projekt und $+2\%$ für das HAA-Projekt). Diese Abweichungen liegen weit innerhalb der stufengerechten Kostengenauigkeit für diese Projektphase. Die Ausarbeitung der Grundlegendokumente ist bezüglich Stand der Technik der Projektphase entsprechend.

Für geologische Tiefenlager (Unikate) sind spezielle, nicht marktübliche Standards (Bauverfahren, Versiegelungstechniken, Geräte) in künftigen Projektphasen zu präzisieren, respektive zu verifizieren. Verschiedene Optimierungspotenziale (technisch, zeitlich, konzeptionell, wirtschaftlich) können in weiterführenden Projektphasen als Option betrachtet werden. Diese Betrachtungen können jedoch nur unter Berücksichtigung sämtlicher sicherheitsrelevanter Beurteilungskriterien (Bau-, Betriebs- und Langzeitsicherheit) erfolgen.

Bezüglich der Kosten für den Betrieb der SMA- und HAA-Tiefenlager (inkl. Felslabor) sind gegenüber der KS06 zum Teil deutliche Mehrkosten (bis 25%) zu verzeichnen. Diese sind vor allem auf die höheren sicherheitstechnischen Anforderungen, wie sie in der Richtlinie ENSI-G03 vom April 2009 oder in der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen vom Juni 2009 neu spezifiziert wurden, zurückzuführen. Für das ENSI sind die aufgeführten Mehrkosten aus diesen Gründen nachvollziehbar und plausibel.

Als weiteres Kostenelement der KS11 ergeben sich aufgrund des vom Bundesrat am 2. April 2008 verabschiedeten Sachplans geologischer Tiefenlager (SGT) neu auch Kostenschätzungen für das nach sicherheitstechnischen Kriterien ausgelegte schrittweise Standortauswahlverfahren, das insgesamt mehr als zehn Jahre dauern wird. Die laufenden und künftigen Aufwendungen und Kosten dieses Verfahrens werden direkt von den Betreibern getragen und sind nicht Bestandteil des Entsorgungsfonds. Die Aufwendungen für die in Etappe 3 SGT erforderlichen erdwissenschaftlichen Untersuchungen (u. a. Bohrungen) wurden von der Nagra anhand generischer Referenzszenarien im Detail ermittelt, wobei konservative Annahmen getroffen wurden (es wird davon ausgegangen, dass für Etappe 3 maximal drei HAA-Standorte bzw. maximal vier SMA-Standorte zur weiteren Erkundung vorgeschlagen werden). Nach Ansicht des ENSI ist dieses Vorgehen sachplankonform und ergebnisoffen.

Hinsichtlich der nächsten Aktualisierung der Kostenstudie für das SMA- und HAA-Tiefenlager formuliert das ENSI folgende Empfehlungen:

Empfehlung 5.4: *Das ENSI empfiehlt, in der nächsten Aktualisierung der Kostenstudie die Kostenschätzung für die Verschlussbauwerke anhand einer detaillierteren Dokumentation neu zu überprüfen und mit ähnlichen Tiefenlagerprojekten (Frankreich, Belgien) in Tongesteinsformationen zu vergleichen.*

Empfehlung 5.5: *Das ENSI empfiehlt, in der nächsten Aktualisierung der Kostenstudie hinsichtlich geologischer Tiefenlager standortspezifisch zu überprüfen, ob die statisch wirksame Dicke des Tunnelausbaus (Ausbruchsicherung und Verkleidung) für die gewählte Tiefenlage des Lagers plausibel ist. Zumindest sollten die schwachwandigsten bzw. am höchsten belasteten Querprofile hinsichtlich des statisch erforderlichen Ausbaus überprüft und die daraus resultierenden Kostenfolgen dargelegt werden.*

Empfehlung 5.6: *Im Rahmen der Überprüfung des Entsorgungsprogrammes 2008 hat das ENSI in seiner Stellungnahme den vorgesehenen Zeitbedarf für Bau und Betrieb des Felslabors für das SMA-Lager aus heutiger Sicht als zu optimistisch beurteilt (ENSI 2011). Das ENSI empfiehlt, den Zeitplan für die untertägige Datenerhebung zu überprüfen und zu überarbeiten und die daraus resultierenden Kostenänderungen aufzuzeigen.*

6 Umsetzung der Empfehlungen aus der KS06

Die Empfehlung zur Aufdatierung der Menge der Stilllegungsabfälle des PSI wurde zum Teil umgesetzt. Für die KS11 wurde die Abschätzung der PSI-Stilllegungsabfälle aus MIRAM08 [22] übernommen.

Die Transporte und Kosten werden nicht nur gesamthaft ermittelt, sondern in jahresabhängigen Zeitreihen rückwirkend ab dem Jahr 2006 bis zum Abschluss der Betriebsphase des geologischen Tiefenlagers BE/HAA im Jahr 2064. Die entsprechende Empfehlung aus der Beurteilung der KS06 [11] wurde somit umgesetzt.

Für die KS11 wurden die Transportkosten zur ZWILAG auf einer einheitlichen Basis abgeschätzt. Die entsprechende Empfehlung aus der Beurteilung der KS06 [11] wurde damit umgesetzt. Ferner wurde auch die Planung der Transporte der Mosaikbehälter überprüft und aktualisiert.

Die Stromkosten und die Versicherungskosten des KKG-Nasslagers wurden angepasst. Damit wurde die entsprechende Empfehlung aus der Beurteilung der KS06 [11] umgesetzt.

Die Empfehlungen aus der Beurteilung der Kostenschätzung für den Bau und den Betrieb der Verpackungsanlage für die abgebrannten Brennelemente und die verglasten hochaktiven Abfälle am Standort des Tiefenlagers für HAA wurden in der KS11 für den Bau und Betrieb der Verpackungsanlage weitgehend berücksichtigt.

Grundsätzlich wurden also die Empfehlungen der damaligen HSK aus der Beurteilung der KS06 in der KS11 berücksichtigt und umgesetzt.

7 Zusammenfassung und Empfehlungen

7.1 Zusammenfassung

Die Eigentümer von Kernanlagen sind gemäss dem Kernenergiegesetz verpflichtet, die Kosten für die Stilllegung ihrer Anlage und für die Entsorgung der Abfälle abzuschätzen und die Finanzierung sicherzustellen. Die Eigentümer zahlen deshalb jährlich einen Beitrag in den Stilllegungsfonds (besteht seit 1984) und in den Entsorgungsfonds (besteht seit 2000) ein und tätigen interne Rückstellungen.

Die Höhe der Beiträge zu den Fonds wird aufgrund der Kostenstudien und dem Stand der Fonds festgelegt, die alle fünf Jahre zu aktualisieren sind. Die Kostenstudien werden von swissnuclear, der Fachgruppe Kernenergie von swisselectric, durchgeführt, der die vier Betreibergesellschaften der schweizerischen Kernkraftwerke angehören sowie die Zwischenlager Würenlingen AG (ZWL-AG).

2011 wurden die Kostenstudien von der deutschen NIS Ingenieurgesellschaft mbH im Auftrag von swissnuclear unter Berücksichtigung aktueller Erkenntnisse auf dem Gebiet der Stilllegung von Kernkraftwerken aktualisiert, resp. neu erstellt. Aus den vorliegenden Kostenstudien geht hervor, dass der Nachbetrieb und die Stilllegung der schweizerischen Kernanlagen sowie die Entsorgung der radioaktiven Abfälle insgesamt rund 20.7 Milliarden Franken kosten wird (vgl. Tabelle 7-1).

KS11 PB11 [MCHF]	KKB	KKM	KKG	KKL	ZZL	KKW Total
Entsorgung	4'124	1'834	5'071	4'940		15'970
Nachbetriebsphase	475	319	455	460		1'709
Stilllegung	809	487	663	920	95	2'974
Total	5'409	2'640	6'190	6'320	95	20'654

Tabelle 7-1: Gesamtkostenschätzung in Millionen Franken der KS11 auf der Preisbasis 2011 (aus dem Mantelbericht zur KS11 von swissnuclear [2]).

Teil der Entsorgungskosten von 15,970 Milliarden Franken, sind auch Kosten, die während des Betriebs anfallen und die laufend von den Betreibern bezahlt werden (z. B. für Forschungs- und Vorbereitungsarbeiten, Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente, Erstellung ZZL, Beschaffung von Transport- und Lagerbehältern). Dieser Anteil beläuft sich gemäss den Kostenstudien 2011 bis zum Zeitpunkt der Ausserbetriebnahme der fünf KKW auf rund 7.5 Milliarden Franken. Davon haben die Betreiber bis Ende 2010 rund 4.8 Milliarden Franken bezahlt. Der Rest fällt ab 2011 bis zur Ausserbetriebnahme der Werke an und wird von den Betreibern ebenfalls aus den laufenden Rechnungen beglichen. Dieser Anteil beträgt rund 2.7 Milliarden Franken.

Das ENSI hat den Auftrag, die Studien zu den Stilllegungs- und Entsorgungskosten technisch zu überprüfen und zuhanden der Kommission für den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds eine Stellungnahme zu verfassen. Zur Überprüfung der Kostenstudien hat das ENSI externe Experten beigezogen: So wurde die TÜV NORD EnSys Hannover GmbH & Co. KG vom ENSI beauftragt, Stellungnahmen zu den Kostenstudien zur Stilllegung der Kernanlagen zu verfassen; das Schweizer Ingenieurunternehmen Basler & Hofmann wurde mit der Überprüfung der Kostenstudien für den Bau der untertägigen Anlagen der geologischen Tiefenlager beauftragt.

Das ENSI stellt fest, dass die Kostenstudie 2011 (KS11) von swissnuclear vollständig geliefert und korrekt ausgeführt wurde. Bei den in der KS11 vorgestellten Kostenschätzungen handelt es sich um sogenannte "best estimates". „Best-estimates“-Kosten sind Aufwendungen, die auf einem detaillierten technisch-wissenschaftlichen Konzept basieren, dem der neuste Wissenstand und ein klarer zeitlicher Ablauf der Ereignisse zugrunde liegen. Die Kostenschätzungen sind für den aktuellen Projektstand ausreichend, festgestellte Abweichungen sind für die Ermittlung der einzubezahlenden Fondsbeiträge unerheblich.

7.1.1 Stilllegungskosten

Die vorliegenden Stilllegungsstudien entsprechen dem aktuellen Stand der Rückbautechnik. Der Abbau der Kernanlagen ist in den vorgesehenen einzelnen Arbeitspaketen vollständig erfasst. Die Reihenfolge der Arbeitspakete zueinander ist meist nachvollziehbar und logisch. Die zeitliche Abfolge der Arbeitspakete auf dem Detaillierungsgrad der Grobterminpläne ist plausibel.

Das ENSI und sein Experte TÜV NORD kommen zum Schluss, dass der Rückbau der Kernanlagen grundsätzlich in den geplanten Zeiträumen durchgeführt werden kann. Der von swissnuclear zugrunde gelegte „best-estimate“-Ansatz geht von der Annahme aus, dass die Arbeiten ohne Verzögerungen durchgeführt werden können. Daher liegt der geschätzte Personalaufwand bei den Kernkraftwerken im unteren Bereich des Personalaufwands, den der TÜV NORD aufgrund seiner Erfahrungen aus der praktischen Durchführung anderer Stilllegungsprojekte erwartet (zum ZZL liegen keine verlässlichen Vergleichswerte vor).

Die Gesamtkosten für die Stilllegung der Kernanlagen in der Schweiz können bei optimaler Planung und Durchführung sowie unter Einbezug von „lessons learned“ eingehalten werden. Zudem dürften die Rückbaukosten künftig sinken, weil die Erfahrung beim Rückbau von Kernanlagen weltweit ständig wächst. Die jeweils bestimmten Gesamtkosten befinden sich deshalb im Vergleich mit internationalen Stilllegungsprojekten innerhalb der zu erwartenden Bandbreite.

Es ist zu erwarten, dass die tatsächlichen Kosten für die Stilllegung im industrieüblichen Kostenrahmen von -15% bis +30% gegenüber den Kostenstudien liegen werden. Diese Genauigkeit ist für den derzeitigen Planungsstand ausreichend.

7.1.2 Entsorgungskosten

Zusammen mit den Experten von Basler & Hofmann kommt das ENSI nach Prüfung der Kostenstudie KS11 zum Schluss, dass die dokumentierten Gesamtkosten für den Bau der Untertageanlagen der SMA- und HAA-Tiefenlager betreffend Bauvorgängen, Zeitbedarf, Material und Unterhalt nachvollziehbar, vollständig und plausibel sind. Die Kosten wurden von der Nagra fundiert und mit verhältnismässig hohem Detaillierungsgrad ermittelt. Die Grundlagendokumente sind generell gut strukturiert, plausibel und mit wenigen Ausnahmen (Verschlussbauwerke, Vortriebs-technik) vollständig. Die gewählte Vorgehenssystematik mit einer hierarchisch gegliederten Dokumentation beurteilt das ENSI als angemessen und zielführend.

In der Praxis werden in der Projektphase der Vorstudie im Untertagebau in der Regel Kostengenauigkeiten von $\pm 25\text{-}30\%$ vereinbart. Die Bearbeitungstiefe der Prüfung wurde vom ENSI entsprechend der Projektphase (Vorstudie) und der zu erwartenden Kostengenauigkeit mit partieller Themenvertiefung für stufengerecht gehalten.

Die Kosten sind tendenziell vorsichtig geschätzt und beinhalten notwendige Mittel für in dieser Projektphase (Vorstudie) noch nicht erfassbare Positionen. Gestützt auf Erfahrungswerte für vergleichbare Untertagebauwerke und unter Berücksichtigung des Standes der Technik decken sich

die Kostenschätzungen von Basler & Hofmann mit denjenigen der Nagra weitgehend (Abweichung von -0.9 % für das SMA-Projekt und +2 % für das HAA-Projekt). Diese Abweichungen liegen weit innerhalb der stufengerechten Kostengenauigkeit für diese Projektphase. Die Ausarbeitung der Grundlagendokumente ist bezüglich Stand der Technik der Projektphase entsprechend.

Die Kostenschätzung KS11 für Bau und Betrieb der SMA- und HAA-Tiefenlager beurteilt das ENSI als nach heutigem Wissenstand vollständig und plausibel. Sie berücksichtigt die nach der Kostenschätzung KS06 des Jahres 2006 eingetretenen Änderungen und neuen Entwicklungen (Sachplan Geologische Tiefenlager, Richtlinie ENSI-G03).

Das BFE und das ENSI empfehlen in ihrer Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen [25], die nächste Kostenstudie gemeinsam mit einer Aktualisierung des Entsorgungsprogramms 2016 durchzuführen.

7.2 Empfehlungen

Hinsichtlich der nächsten Aktualisierung der Kostenstudie, die für das Jahr 2016 vorgesehen ist, empfiehlt das ENSI folgende Elemente der Kostenschätzung zu überprüfen:

Empfehlung 4.1: *Ein Grossteil der im ZZL anfallenden radioaktiven Abfälle stammt aus der Entsorgung der Lucens-Abfälle (262 Mg). Aus den Studien ist aber nicht ersichtlich, dass für die Lucens-Abfälle, die sich derzeit in sechs nicht endlagerfähigen Behältern befinden, eine Behandlung vorgesehen ist. Laut Mitteilung der ZWILAG sind Lagerung und die zum Teil noch anstehende Konditionierung von Rückständen aus Lucens kostenneutral, da genügend finanzielle Mittel der früheren Eigentümerin vorhanden sind. Das ENSI empfiehlt trotzdem, die Kosten für Umpacken und Konditionieren der Lucens-Abfälle in der nächsten Kostenstudie zu berücksichtigen, resp. separat auszuweisen. Dies gilt auch für den Transport der Lucens-Abfälle zu einem Tiefenlager, der nicht separat aufgeführt ist.*

Empfehlung 4.2: *Das ENSI empfiehlt bei der nächsten Aktualisierung der Stilllegungsstudie, beim ZZL nicht nur das Freimessen und die Umnutzung der Lagerhallen als Stilllegungsziel zu betrachten, sondern auch den vollständigen Rückbau („grüne Wiese“) des ZZL anzunehmen und die daraus zusätzlich anfallenden Kosten auszuweisen.*

Empfehlung 4.3: *Konventionelle Schadstoffe wie Asbest oder PCB sind in den Stilllegungsstudien nicht berücksichtigt. Wie der Rückbau der Kernanlage DIORIT am PSI aber zeigte, können asbesthaltige Materialien die Rückbauarbeiten stark beeinträchtigen. Neben den zusätzlich anfallenden Personalkosten (durch die länger dauernden Arbeitspakete) müssten auch die belasteten Abfälle gesondert entsorgt werden, was wiederum zusätzliche Kosten nach sich zöge. Das ENSI empfiehlt deshalb, in der nächsten Aktualisierung der Stilllegungsstudie auch mögliche konventionelle Schadstoffe wie Asbest oder PCB zu berücksichtigen.*

Empfehlung 4.4: *Gebäudestrukturen unterhalb 2 Meter Tiefe sollen gemäss Planung im Boden bleiben. Auch wenn die Strukturen für Grundwasser durchlässig gemacht werden sollen, empfiehlt das ENSI den Betreibern der Kernanlagen, die möglichen Auswirkungen auf den Grundwasserschutz abzuklären und mit den Behörden zu erörtern. Allfällige Auswirkungen, wie das Entfernen aller Strukturen, sind in der nächsten Aktualisierung der Stilllegungsstudien zu berücksichtigen.*

Empfehlung 4.5: *Das ENSI empfiehlt für die nächste Aktualisierung der Stilllegungskosten, bei den Berechnungen des Aufwands auch mögliche unvorhergesehene Verzögerungen zu berücksichtigen.*

sichtigen, resp. den Personalaufwand aufgrund neuer Erkenntnisse aus Empfehlung 4.3 anzupassen.

Empfehlung 4.6: Um Unsicherheiten bei der Abschätzung der Stilllegungskosten weiter einzuschränken, empfiehlt das ENSI, Erfahrungen aus abgeschlossenen oder laufenden Rückbauprojekten im Ausland und den dabei verwendeten Rechenprogrammen in die Überarbeitung der Studien einfließen zu lassen. Damit lassen sich mögliche Abweichungen zwischen den geschätzten und den tatsächlichen Kosten aufzuzeigen. Die Gründe für allfällige Abweichungen sind zu beschreiben und in der nächsten Kostenstudie zu berücksichtigen.

Empfehlung 5.1: Das ENSI empfiehlt bei der nächsten Aktualisierung der Kostenstudien, die Schätzung der Art und Menge der Stilllegungsabfälle der Kernanlagen an der Universität Basel, am PSI, an der ETH Lausanne und am CERN zu berücksichtigen, resp. zu aktualisieren.

Empfehlung 5.2: Da die Gebinde erst in einigen Jahrzehnten transportiert werden, empfiehlt das ENSI für die späteren Aktualisierungen der Kostenstudie die Transportfähigkeit der Einzelgebinde gemäss ADR jeweils zu prüfen.

Empfehlung 5.3: Das ENSI empfiehlt für die nächste Aktualisierung der Kostenstudie, die Konzeptstudie für den Bau und den Betrieb der Verpackungsanlage zu überprüfen und weiter zu entwickeln.

Empfehlung 5.4: Das ENSI empfiehlt, in der nächsten Aktualisierung der Kostenstudie die Kostenschätzung für die Verschlussbauwerke anhand einer detaillierteren Dokumentation neu zu überprüfen und mit ähnlichen Tiefenlagerprojekten (Frankreich, Belgien) in Tongesteinsformationen zu vergleichen.

Empfehlung 5.5: Das ENSI empfiehlt, in der nächsten Aktualisierung der Kostenstudie hinsichtlich geologischer Tiefenlager standortspezifisch zu überprüfen, ob die statisch wirksame Dicke des Tunnelausbaus (Ausbruchsicherung und Verkleidung) für die gewählte Tiefenlage des Lagers plausibel ist. Zumindest sollten die schwachwandigsten bzw. am höchsten belasteten Querprofile hinsichtlich des statisch erforderlichen Ausbaus überprüft und die daraus resultierenden Kostenfolgen dargelegt werden.

Empfehlung 5.6: Im Rahmen der Überprüfung des Entsorgungsprogrammes 2008 hat das ENSI in seiner Stellungnahme den vorgesehenen Zeitbedarf für Bau und Betrieb des Felslabors für das SMA-Lager aus heutiger Sicht als zu optimistisch beurteilt (ENSI 2011). Das ENSI empfiehlt, den Zeitplan für die untertägige Datenerhebung zu überprüfen und zu überarbeiten und die daraus resultierenden Kostenänderungen aufzuzeigen.

8 Résumé et recommandations

8.1 Résumé

Selon la loi sur l'énergie nucléaire, les propriétaires d'installations nucléaires sont obligés d'estimer les coûts pour la désaffectation de leurs installations et de la gestion des déchets radioactifs. Ils doivent également en assurer le financement. Les propriétaires paient donc annuellement une contribution aux fonds de désaffectation (existant depuis 1984) et de gestion des déchets radioactifs (existant depuis 2000). Ils constituent également des provisions internes.

Le montant des contributions pour les fonds est fixé sur la base des études de coûts et de l'état des fonds. Une actualisation est prévue tous les cinq ans. Les études de coûts sont réalisées par « swissnuclear », le groupe spécialisé dans l'énergie nucléaire de « swisselectric ». Les quatre sociétés exploitantes des centrales nucléaires suisses y appartiennent ainsi que le dépôt intermédiaire « Zwischenlager Würenlingen AG (ZWILAG) ».

En 2011, les études de coûts ont été actualisées, respectivement renouvelées, en tenant compte des connaissances actuelles du domaine de la désaffectation de centrales nucléaires. La société allemande « NIS Ingenieurgesellschaft mbH » a pris en charge ces travaux sur mandat de « swissnuclear ». Il ressort des études de coûts disponibles que la phase post-exploitation, la désaffectation des installations nucléaires helvétiques et la gestion des déchets radioactifs coûteront au total 20,7 milliards de francs environ (tableau 7-1).

Etude de coûts 2011	KKB	KKM	KKG	KKL	ZZL	Total des centrales nucléaires
Base de prix 2011 [MCHF]						
Gestion des déchets	4124	1834	5071	4940		15 970
Phase post-exploitation	475	319	455	460		1709
Désaffectation	809	487	663	920	95	2974
Total	5409	2640	6190	6320	95	20 654

Tableau 7-1: Estimation des coûts totale de l'étude de coûts 2011 sur la base de prix de 2011 en millions de francs (tirée du rapport récapitulatif pour l'étude de coûts 2011 de « swissnuclear » [2]).

Les coûts de gestion des déchets radioactifs s'élèvent à 15,970 milliards de francs. Une partie de ceux-ci sont des coûts produits durant l'exploitation. Ils sont payés directement par les exploitants (par exemple pour des travaux de recherche et de préparation, le retraitement d'assemblages combustibles usés, la mise en place du dépôt intermédiaire central, l'acquisition d'emballages de transport et de stockage). D'après les études de coûts 2011, cette part s'élève à environ 7,5 milliards de francs jusqu'à la mise hors service des cinq centrales nucléaires. A la fin 2010, les exploitants en ont déjà payé 4,8 milliards de francs. La différence des coûts s'élève à 2,7 milliards de francs. Elle sera produite entre 2011 et la mise hors service des installations. Les opérateurs s'acquitteront directement du reste.

L'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) a le mandat de vérifier techniquement les études relatives aux coûts de désaffectation et de gestion des déchets. Elle est chargée de rédiger une prise de position à l'attention de la Commission du fonds de désaffectation et du fonds de gestion. Pour examiner les études de coûts, l'IFSN a engagé des experts externes. La société « TÜV NORD EnSys Hannover GmbH » a été mandatée par l'IFSN en vue de rédiger des prises de position sur les études de coûts relatives à la désaffectation des installations nucléaires. L'entreprise suisse « Ingenieurunternehmen Basler & Hofmann » a été quant à elle chargée de vérifier les études de coûts pour la construction des installations souterraines des dépôts en couches géologiques profondes.

L'IFSN constate que l'étude de coûts 2011 de « swissnuclear » a été délivrée de façon complète. L'IFSN juge également que l'étude de coûts a été réalisée correctement. Les estimations de coûts présentées s'apparentent à des « best estimates ». Des coûts « best estimates » sont des dépenses se basant sur un concept technico-scientifique détaillé. Ce dernier se fonde sur l'état des connaissances le plus récent et sur un déroulement temporel des événements clair. Les estimations de coûts sont suffisantes pour l'état actuel du projet. Les divergences constatées ne sont pas significatives pour la détermination des contributions à payer dans les fonds.

8.1.1 Coûts de désaffectation

Les études de coûts disponibles correspondent à l'état actuel de la technique de démantèlement. Le démontage d'installations nucléaires est répertorié de manière complète dans les paquets de travaux particuliers. La séquence des paquets de travaux est le plus souvent retraceable et logique. La suite temporelle des paquets de travaux au degré de détail de calendriers grossiers est plausible.

L'IFSN et son expert « TÜV NORD » arrivent à la conclusion que le démantèlement des installations nucléaires peut en principe être réalisé dans les périodes planifiées. L'approche des « best estimates », employée comme base par « swissnuclear », part de l'hypothèse que les travaux peuvent être exécutés sans retard. En conséquence, les dépenses estimées en personnel des centrales nucléaires se situent dans la bande inférieure des frais attendus par « TÜV NORD » en raison de ses expériences de la réalisation concrète d'autres projets de désaffectation. Pour le dépôt intermédiaire central, aucune valeur de comparaison fiable n'est disponible.

Les coûts globaux pour la désaffectation des installations nucléaires en Suisse peuvent être respectés en cas de planification et d'exécution optimales et en incluant des enseignements tirés. En outre, les coûts de démantèlement devraient à l'avenir baisser vu que l'expérience en matière de démontage d'installations nucléaires est en constante croissance au niveau mondial. Les coûts totaux déterminés à chaque fois se trouvent ainsi dans la fourchette attendue en comparaison à des projets de désaffectation internationaux.

Il est probable que les coûts effectifs pour la désaffectation se situent dans la fourchette habituelle de l'industrie avec des marges allant de -15% à +30% vis-à-vis des études de coûts. Cette précision est suffisante pour l'état actuel de la planification.

8.1.2 Coûts de gestion des déchets radioactifs

L'IFSN et les experts de « Basler & Hofmann » ont examiné l'étude de coûts 2011. Ils arrivent à la conclusion que les coûts totaux documentés pour la construction des installations souterraines des dépôts en couches géologiques profondes pour déchets faiblement et moyennement radioactifs (DFMR) et pour déchets hautement radioactifs (DHR) sont retraceables, complets et

plausibles. Ces coûts concernent les procédés de construction, le temps nécessaire, le matériel et la maintenance. Ils ont été établis par la Nagra et déterminés à un degré de détail relativement élevé. Les documents de base sont généralement bien structurés, plausibles et, à peu d'exceptions près (ouvrages de scellement, technique de creusement), complets. L'IFSN estime que la systématique du procédé choisie avec une documentation ordonnée hiérarchiquement est adaptée et efficace.

En pratique, une exactitude de coûts de $\pm 25-30\%$ est admise pour la phase de projet de l'étude préalable dans la construction souterraine. La profondeur du traitement de l'examen est jugée par l'IFSN conforme à la phase de projet (étude préalable) et à l'exactitude des coûts attendue avec un approfondissement de thèmes partiel.

Les coûts sont tendanciellement estimés de manière prudente. Ils contiennent les moyens nécessaires pour les positions pas encore saisissables durant cette phase de projet (étude préalable). En se basant sur des valeurs d'expérience pour des ouvrages souterrains comparables et en tenant compte de l'état de la technique, les estimations de coûts de « Basler & Hofmann » couvrent dans une large mesure celles de la Nagra (écart de $-0,9\%$ pour le projet DFMR et de 2% pour le projet DHR). Ces différences se trouvent clairement dans la fourchette d'exactitude des coûts conforme à cette phase de projet. L'élaboration des documents de base correspond à la phase de projet selon l'état de la technique.

L'IFSN juge l'estimation de coûts 2011 pour la construction des dépôts DFMR et DHR complète et plausible selon l'état actuel des connaissances. Cette estimation tient compte des modifications survenues après l'estimation des coûts de 2006 ainsi que de nouveaux développements (Plan sectoriel « Dépôts en couches géologiques profondes », directive ENSI-G03).

L'OFEN et l'IFSN recommandent dans leur prise de position pour le programme de gestion des déchets radioactifs de 2008 [25] de réaliser la prochaine étude de coûts avec une actualisation du programme de gestion des déchets radioactifs en 2016.

8.2 Recommandations

En vue de la prochaine actualisation de l'étude de coûts prévue en 2016, l'IFSN recommande d'examiner les éléments suivants de l'estimation des coûts.

Recommandation 4.1: *Une partie importante des déchets radioactifs résultants du dépôt intermédiaire central provient de la gestion des déchets de Lucens (262 Mg). Il ne ressort pas clairement des études qu'un traitement est prévu pour ces déchets. Les déchets de Lucens se trouvent pour l'instant dans six emballages non adaptés au stockage final. Selon une communication de ZWILAG, le stockage et le conditionnement de résidus de Lucens, devant encore en partie être effectué, ne signifient pas une augmentation des coûts vu que suffisamment de moyens financiers de l'ancien propriétaire sont disponibles. L'IFSN recommande toutefois de tenir compte, respectivement de faire état séparément, des coûts de réemballage et de conditionnement des déchets de Lucens dans la prochaine étude de coûts. Cette recommandation s'applique aussi au transport des déchets de Lucens vers un dépôt en profondeur qui n'est pas représenté séparément.*

Recommandation 4.2: *Pour le dépôt intermédiaire central, l'IFSN recommande de ne pas seulement considérer le mesurage de libération et la réaffectation des halles du dépôt comme objectifs de désaffectation. Le démantèlement complet (jusqu'à la prairie verte) du dépôt intermédiaire central est à postuler. Les coûts correspondants doivent être également identifiés.*

Recommandation 4.3: Des produits toxiques conventionnels comme l'amiante ou le PCB ne sont pas pris en compte dans les études de désaffectation. Comme le démantèlement de l'installation nucléaire DIORIT à l'Institut Paul Scherrer l'a montré, des matériaux contenant de l'amiante peuvent compliquer fortement des travaux de démantèlement. En plus des frais de personnel en résultant (par les paquets de travaux plus longs), les déchets affectés doivent être gérés séparément. En conséquence, des coûts supplémentaires sont générés. L'IFSN recommande donc de tenir compte lors de la prochaine actualisation de l'étude de désaffectation de matières toxiques conventionnelles comme l'amiante ou le PCB.

Recommandation 4.4: Des structures de bâtiment en-dessous de deux mètres de profondeur doivent rester dans le sol selon la planification. Même si les structures doivent être rendues perméables pour l'eau souterraine, l'IFSN recommande aux exploitants des installations nucléaires d'analyser les effets possibles sur la protection des eaux et de faire le point avec les autorités. D'éventuelles conséquences comme l'éloignement de toutes les structures sont à prendre en compte lors de la prochaine actualisation des études de désaffectation.

Recommandation 4.5: L'IFSN recommande de tenir compte de retards imprévus pour les calculs des coûts lors de la prochaine actualisation des coûts de désaffectation. Il s'agit respectivement d'adapter les frais de personnel sur la base des nouvelles connaissances issues de la recommandation 4.3.

Recommandation 4.6: En vue de limiter encore les incertitudes lors de l'estimation des coûts de désaffectation, l'IFSN recommande d'intégrer des expériences de projets de démantèlement terminés ou en cours à l'étranger dans le remaniement des études. Les programmes de calculs employés lors de ces travaux sont également à prendre en compte. Des écarts possibles entre les coûts estimés et effectifs peuvent ainsi être mis en valeur. Les raisons d'éventuels écarts sont à décrire et à prendre en compte lors des prochaines études de coûts.

Recommandation 5.1: L'IFSN recommande de considérer, respectivement d'actualiser, l'appréciation du type et de la quantité des déchets de la désaffectation des installations nucléaires à l'Université de Bâle, à l'Institut Paul Scherrer, à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne et au CERN lors de la prochaine actualisation des études de coûts.

Recommandation 5.2: Vu que les emballages ne seront transportés que dans quelques décennies, l'IFSN recommande d'examiner à chaque fois pour les actualisations futures de l'étude de coûts la capacité de transport des emballages spécifiques selon l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR).

Recommandation 5.3: Pour la prochaine actualisation de l'étude de coûts, l'IFSN recommande d'examiner et de développer l'étude de concept pour la construction et l'exploitation de l'installation de conditionnement.

Recommandation 5.4: Lors de la prochaine actualisation de l'étude de coûts, l'IFSN recommande de vérifier à nouveau l'estimation de coûts pour les ouvrages de scellement à l'aide d'une documentation plus détaillée. Cette estimation est à comparer avec des projets de dépôts en profondeur similaires (France, Belgique) dans des formations de roches argileuses.

Recommandation 5.5: Lors de la prochaine actualisation de l'étude de coûts, l'IFSN recommande pour les dépôts en couches géologiques profondes de vérifier spécifiquement à chaque site si l'épaisseur statiquement utile du soutènement du tunnel (sécurisation de l'excavation et parement) pour la profondeur choisie du dépôt est plausible. Les sections transversales ayant les parois les plus fines, respectivement soumises aux charges les plus importantes, devraient être

vérifiées en vue du soutènement nécessaire pour la statique. Les coûts correspondants sont à représenter.

Recommandation 5.6: *Dans le cadre de l'examen du programme de gestion des déchets radioactifs 2008, l'IFSN a estimé dans sa prise de position que la période prévue pour la construction et l'exploitation du laboratoire souterrain pour le dépôt DFMR est du point de vue actuel trop optimiste (ENSI 2011). L'IFSN recommande de vérifier et de retravailler le calendrier pour le prélèvement de données souterraines. Les coûts correspondants sont à représenter.*

9 Riepilogo e raccomandazioni

9.1 Riepilogo

In conformità alla legge sull'energia nucleare, i proprietari di centrali nucleari sono tenuti a effettuare una valutazione dei costi per la disattivazione delle centrali nucleari e per lo smaltimento delle scorie radioattive e a garantirne il finanziamento. Per tale motivo i proprietari versano un contributo annuale al Fondo di disattivazione (istituito nel 1984) e al Fondo di smaltimento (istituito nel 2000) e realizzano un piano di accantonamento interno.

L'importo dei contributi ai fondi viene stabilito in base allo studio sui costi e allo stato dei fondi, che vengono aggiornati ogni cinque anni. Gli studi sui costi vengono condotti da "swissnuclear", il gruppo di esperti di energia nucleare dell'associazione "swisselectric", alla quale appartengono anche le quattro società che gestiscono gli impianti nucleari svizzeri e il deposito intermedio di Würenlingen AG (ZWILAG).

Nel 2011 gli studi sui costi sono stati aggiornati e rielaborati dalla società tedesca NIS Ingenieurgesellschaft mbH su incarico di "swissnuclear" tenendo conto delle nuove conoscenze nel settore della disattivazione degli impianti nucleari. Dagli ultimi studi sui costi risulta che i costi inerenti alla fase successiva all'esercizio degli impianti nucleari svizzeri e alla loro disattivazione, nonché allo smaltimento delle scorie radioattive ammontano complessivamente a circa 20.7 miliardi di franchi (cfr. tabella 7-1).

SC11 [MCHF]	BP11	CNB	CNM	CNG	CNL	DIC	Totale CN
Smaltimento	4'124	1'834	5'071	4'940			15'970
Fase post-esercizio	475	319	455	460			1'709
Disattivazione	809	487	663	920	95		2'974
Totale	5'409	2'640	6'190	6'320	95		20'654

Tabella 7-1: Stima dei costi totali in milioni di franchi secondo lo SC11 sulla base dei prezzi nel 2011 (dal rapporto riassuntivo sullo SC11 di "swissnuclear" [2]).

Una parte dei costi di smaltimento, pari a 15'970 milioni di franchi, sono anche costi che insorgono durante l'esercizio e vengono pagati dagli esercenti via via che si verificano (p.es. costi per attività di ricerca e di preparazione, ritrattamento di elementi di combustibile esausti, allestimento del deposito intermedio centralizzato, acquisto di contenitori di trasporto e di stoccaggio). Fino al momento della messa fuori esercizio delle cinque centrali nucleari svizzere, questa quota ammonta secondo gli studi sui costi 2011 a circa 7,5 miliardi di franchi. La quota pagata dagli esercenti sino a fine 2010 è pari a circa 4,8 miliardi di franchi. La parte restante, pari a circa 2,7 miliardi di franchi, graverà sugli esercenti dal 2011 fino alla messa fuori servizio delle centrali e sarà coperta con gli introiti delle fatture correnti.

L'IFSN ha il compito di verificare sotto il profilo tecnico gli studi sui costi di disattivazione e di smaltimento e di redigere un parere da destinare alla Commissione per il Fondo di disattivazione e per il Fondo di smaltimento. Per la verifica degli studi sui costi, l'IFSN ha convocato esperti esterni: a tal fine l'IFSN ha affidato alla TÜV NORD EnSys Hannover GmbH & Co. KG la re-

dazione di un parere sugli studi sui costi della disattivazione degli impianti nucleari; allo studio di ingegneria svizzero Basler & Hofmann è stata invece affidata la verifica degli studi sui costi per la costruzione di impianti sotterranei dei depositi in strati geologici profondi.

L'IFSN ha appurato che lo studio sui costi del 2011 (SC11) presentato da "swissnuclear" è completo ed è stato eseguito in maniera corretta. Per quanto riguarda le stime dei costi presentate nello SC11 sono stati utilizzati i cosiddetti "best estimates": si tratta di costi basati su un modello dettagliato ed elaborato su criteri tecnico-scientifici, fondato sulle nuove conoscenze e su un chiaro ordine cronologico degli eventi. Le stime dei costi sono sufficienti per lo stato attuale del progetto, le divergenze constatate sono irrilevanti per la determinazione dei contributi da versare ai fondi.

9.2 Costi di disattivazione

Gli studi sulla disattivazione oggi disponibili sono conformi all'attuale stato della tecnica della demolizione. Lo smantellamento degli impianti nucleari è stato registrato in maniera completa nei singoli pacchetti di lavoro previsti. La successione dei pacchetti di lavoro è stata stabilita in maniera trasparente e logica. L'ordine cronologico dei pacchetti di lavoro è plausibile con il grado di precisione dei piani temporali approssimativi.

L'IFSN e gli esperti di TÜV NORD sono giunti alla conclusione che la demolizione degli impianti nucleari può in linea di massima essere effettuata entro i tempi programmati. L'approccio del "best estimate" impiegato da "swissnuclear" parte dall'assunto che non si verifichino ritardi per quanto concerne i lavori. Per tale motivo il costo del personale stimato per le centrali nucleari è minore rispetto al costo del personale che TÜV NORD prevede sulla base delle sue esperienze di svolgimento pratico di altri progetti di disattivazione (per il deposito intermedio centralizzato non sono disponibili valori comparativi attendibili).

I costi complessivi per la disattivazione degli impianti nucleari in Svizzera possono essere rispettati con una pianificazione e un'esecuzione ottimali nonché integrando le "lessons learned". Inoltre in futuro i costi di demolizione dovrebbero diminuire poiché l'esperienza nella demolizione di impianti nucleari è in continua crescita a livello globale. In confronto a progetti di disattivazione internazionali, i costi complessivi stimati si trovano quindi all'interno di un range attendibile.

Si prevede che i costi effettivi per la disattivazione nel quadro dei costi comunemente applicati nel settore industriale saranno compresi tra il -15% e il +30% rispetto a quelli previsti negli studi sui costi. Tale stima è sufficientemente esatta per lo stato attuale della pianificazione.

9.3 Costi di smaltimento

In seguito alla verifica dello studio sui costi SC11, l'IFSN, con la collaborazione degli esperti di Basler & Hofmann, è giunto alla conclusione che i costi complessivi documentati per la costruzione degli impianti sotterranei dei depositi in strati geologici profondi per SDM e SAA relativi a processi costruttivi, tempistica, materiale e manutenzione sono trasparenti, completi e plausibili. I costi sono stati assicurati dalla Nagra e determinati con un grado di precisione relativamente elevato. In linea generale i documenti interpretativi sono ben strutturati, plausibili e completi tranne poche eccezioni (strutture di chiusura, tecnica di scavo delle gallerie). L'IFSN valuta adeguata ed efficace la sistematica di processo scelta con una documentazione suddivisa in maniera gerarchica.

Nella prassi, nella fase di progetto del pre-studio negli scavi sotterranei viene di norma concordato un preventivo dei costi del $\pm 25-30\%$. L'IFSN ha ritenuto adeguata alla fase la profondità di analisi della verifica per la fase di progetto (pre-studio) e per il preventivo dei costi previsti con parziale approfondimento.

I costi sono stati valutati tendenzialmente con cautela e comprendono tutti i fondi necessari per tutte le voci non ancora determinabili nella fase di progetto (pre-studio). Sulla base dei valori empirici per opere sotterranee analoghe e in considerazione dello stato della tecnica, le valutazioni dei costi di Basler & Hofmann collimano con quelle della Nagra (divergenze del $-0,9\%$ per il progetto SDM e del $+2\%$ per il progetto SAA). Tali divergenze rientrano nel preventivo dei costi adeguato al livello di fase di progetto. L'elaborazione dei documenti interpretativi è conforme allo stato della tecnica per la fase di progetto.

Sulla base delle attuali conoscenze tecniche l'IFSN valuta la stima dei costi SC11 per la costruzione e l'esercizio dei depositi in strati geologici profondi per SDM e SAA completa e plausibile. Essa tiene conto delle modifiche approvate successivamente alla presentazione della stima dei costi SC06 nel 2006 e dei nuovi sviluppi (Piano settoriale dei depositi in strati geologici profondi, direttiva IFSN-G03).

L'UFE e l'IFSN, nel loro parere sul programma di gestione delle scorie 2008 da parte dei responsabili dello smaltimento [25], raccomandano di effettuare il prossimo studio sui costi in concomitanza con un aggiornamento del programma di gestione delle scorie 2016.

9.4 Raccomandazioni

Per quanto riguarda il prossimo aggiornamento dello studio sui costi, previsto nel 2016, l'IFSN raccomanda di verificare i seguenti elementi della stima dei costi.

Raccomandazione 4.1: *La maggior parte delle scorie radioattive presenti nel deposito intermedio centralizzato sono prodotte dallo smaltimento delle scorie dell'impianto di Lucens (262 Mg). Dagli studi non risulta tuttavia che sia previsto alcun trattamento per le scorie di Lucens, che si trovano attualmente in sei contenitori non idonei a essere stoccati nel deposito finale. Secondo una comunicazione dello ZWILAG, l'immagazzinamento e il condizionamento dei residui provenienti da Lucens - quest'ultimo in parte ancora da effettuarsi - non hanno alcuna incidenza sui costi poiché sono ancora disponibili sufficienti fondi del precedente proprietario. L'IFSN raccomanda tuttavia di tenere in considerazione i costi per il trasferimento delle scorie di Lucens in nuovi contenitori e per il loro condizionamento nel prossimo studio sui costi o in alternativa di appurarli separatamente. Ciò vale anche per il trasporto delle scorie di Lucens ad un deposito in strati geologici profondi, che non è stato riportato separatamente.*

Raccomandazione 4.2: *Per il prossimo aggiornamento dello studio sulla disattivazione, l'IFSN raccomanda, come obiettivo di disattivazione per il deposito intermedio centralizzato, di prendere in considerazione non solo la decontaminazione e la conversione delle sale del deposito, ma di prevedere anche la demolizione completa ("prato verde") del deposito intermedio centralizzato e di accertare i costi aggiuntivi che ne derivano.*

Raccomandazione 4.3: *Le sostanze nocive convenzionali come l'asbesto o i PCB non vengono presi in considerazione dagli studi sulla disattivazione. Come tuttavia è stato dimostrato in seguito alla demolizione del reattore DIORIT all'Istituto Paul Scherrer (IPS), i materiali contenenti asbesto possono pregiudicare i lavori di demolizione. Oltre ai maggiori costi del personale (dovuti a una maggiore durata dei pacchetti di lavoro), i rifiuti contaminati dovrebbero essere sottoposti a uno smaltimento speciale, che comporterebbe ulteriori maggiori spese. L'IFSN raccomanda*

quindi di prendere in considerazione nel prossimo studio sulla disattivazione anche le possibili sostanze nocive convenzionali come l'asbesto o i PCB.

Raccomandazione 4.4: Le strutture del fabbricato al di sotto dei due metri di profondità dovrebbero rimanere nel terreno in conformità al piano. Anche nel caso in cui le strutture per le acque sotterranee dovessero essere rese non stagne, l'IFSN raccomanda agli esercenti delle centrali nucleari di chiarire le possibili ripercussioni sulla protezione delle acque sotterranee e di discuterle con le autorità. Eventuali ripercussioni, come la rimozione di tutte le strutture, devono essere tenute in considerazione nel prossimo aggiornamento dello studio sulla disattivazione.

Raccomandazione 4.5: Per il prossimo aggiornamento dei costi di disattivazione, l'IFSN raccomanda di prendere in considerazione nei calcoli delle spese anche possibili ritardi imprevisti e di adeguare il costo del personale sulla base delle nuove conoscenze cui si fa riferimento nella raccomandazione 4.3.

Raccomandazione 4.6: Per limitare ulteriormente le incertezze nella stima dei costi di disattivazione, l'IFSN raccomanda di considerare nell'elaborazione dello studio anche i dati derivanti dalle esperienze dei progetti di demolizione conclusi o ancora in corso all'estero e i programmi di calcolo utilizzati. In tal modo sarà possibile evidenziare le eventuali discrepanze tra i costi stimati e i costi effettivi. I motivi delle eventuali discrepanze devono essere descritti e tenuti in considerazione nello studio sui costi successivo.

Raccomandazione 5.1: Nel prossimo aggiornamento dello studio sui costi, l'IFSN raccomanda di tenere in considerazione, risp. di aggiornare, la stima del tipo e della quantità dei rifiuti della disattivazione degli impianti nucleari effettuata dall'Università di Basilea, dall'IPS, dalla Scuola politecnica federale di Losanna e dal CERN.

Raccomandazione 5.2: Poiché i fusti verranno trasportati solo tra alcuni decenni, l'IFSN raccomanda di verificare nel prossimo aggiornamento dello studio sui costi l'idoneità al trasporto dei singoli fusti in conformità all'ADR.

Raccomandazione 5.3: Nel prossimo aggiornamento dello studio sui costi, l'IFSN raccomanda di verificare e approfondire ulteriormente lo studio di sviluppo per la costruzione e l'esercizio dell'impianto di imballaggio.

Raccomandazione 5.4: Nel prossimo aggiornamento dello studio sui costi, l'IFSN raccomanda di verificare nuovamente la stima dei costi per una struttura di chiusura sulla base di una documentazione dettagliata e di confrontarla con simili progetti di depositi in strati geologici profondi (Francia, Belgio) in formazioni di roccia contenente argilla.

Raccomandazione 5.5: Nel prossimo aggiornamento dello studio sui costi relativo a depositi in strati geologici profondi, l'IFSN raccomanda di effettuare verifiche specifiche per ogni singolo sito al fine di appurare che lo spessore staticamente efficace della ristrutturazione del tunnel (opere di sostegno e rivestimento) sia plausibile per il livello di profondità scelto per il deposito. È necessario quanto meno esaminare le sezioni trasversali con pareti di minore spessore o con maggiore carico per verificare la necessaria ristrutturazione statica ed esporre le conseguenze sui costi derivanti da tale intervento.

Raccomandazione 5.6: Nell'ambito della verifica del programma di gestione delle scorie 2008, l'IFSN nel suo parere ha valutato la tempistica prevista per la costruzione e l'esercizio del laboratorio sotterraneo per il deposito di SDM troppo ottimistica per lo stato attuale delle cose (IFSN 2011). L'IFSN raccomanda di verificare e rivedere la pianificazione temporale per il rilevamento di dati sotterranei e di esporre le derivanti variazioni di costo.

10 Summary and Recommendations

10.1 Summary

According to the Nuclear Energy Act NEA (Kernenergiegesetz KEG), owners of nuclear plants are obliged to estimate the costs for decommissioning their plants and for disposing of the waste; they are also obliged to ensure the relevant financing. For this reason, the owners pay an annual contribution into the decommissioning fund (which has been in place since 1984) and the disposal fund (in place since 2000), and they also set up internal reserves for this purpose.

The level of contributions to these funds is stipulated on the basis of cost studies and the status of the funds, which must be updated every five years. The cost studies are carried out by swissnuclear, the group within swisselectric which is specialised in nuclear energy; its members include the four operating companies of Switzerland's nuclear power plants and the Zwischenlager Würenlingen AG (ZWILAG/ZZL, Interim Storage Facility Würenlingen).

Updates or new cost studies for decommissioning were prepared in 2011 by NIS Ingenieurgesellschaft mbH of Germany on behalf of swissnuclear; these studies took account of the latest knowledge available regarding the decommissioning of nuclear power plants. The studies, which are now available, indicate that the post-operational phase and decommissioning of Switzerland's nuclear plants, and the disposal of radioactive waste, will cost a total of CHF 20.7 billion (cf. Table 7-1).

CS11 [MCHF]	PB11	KKB	KKM	KKG	KKL	ZZL	NPP Total
Disposal		4'124	1'834	5'071	4'940		15'970
Post-operational phase		475	319	455	460		1'709
Decommissioning		809	487	663	920	95	2'974
Total		5'409	2'640	6'190	6'320	95	20'654

Table 7-1: Overall cost estimate (in millions of Swiss francs) as per CS11 (2011 Cost Study) on the 2011 price basis (PB) (from the accompanying report on the CS11 by swissnuclear [2]).

Some of the disposal costs (totalling CHF 15,970 million) comprise costs that will be incurred during operation, to be paid by the operators on an ongoing basis (e.g. costs of research and preparatory work, reprocessing of spent fuel assemblies, setting up the ZZL and procuring transport and storage containers). According to the 2011 cost studies, this portion amounts to about CHF 7.5 billion up to the point when the five nuclear power plants will be taken out of service. By the end of 2010, the operators had paid about CHF 4.8 billion of this sum. The remainder will be incurred starting in 2011 until the plants are taken out of service, and it will also be paid by the operators on the basis of ongoing invoices. This portion totals some CHF 2.7 billion.

ENSI is mandated to carry out technical reviews of the studies on decommissioning and disposal costs, and to draw up a statement for the Administrative Boards of the Decommissioning Fund and the Disposal Fund. ENSI has called on external experts in order to review the cost studies: TÜV NORD EnSys Hannover GmbH & Co. KG was commissioned by ENSI to draw up statements on the cost studies for the decommissioning of the nuclear plants; Basler & Hofmann, the

Swiss engineering company, was assigned to review the cost studies for the construction of the underground facilities for the deep geological repositories.

ENSI assesses that the 2011 cost study (CS11) was delivered in complete form by swissnuclear, and that it was carried out correctly. The cost estimates presented in the CS11 are what is known as "best estimates". "Best estimate" costs are expenses based on a detailed technical and scientific concept, in accordance with the latest knowledge available and a clear time progression of events. The cost estimates are adequate for the current status of the project; such divergences as were found are insignificant for the purposes of determining the contributions that should be paid into the funds.

10.1.1 Decommissioning costs

The decommissioning studies that are now available are compliant with the latest developments in dismantling/disassembly technology. The planned individual work packages fully cover the dismantling of the nuclear plants. The sequence of the work packages in relation to each other is generally clear and logical. The time sequence for the work packages at the level of detail shown in the approximate schedules is plausible.

ENSI and its expert, TÜV NORD, conclude that the nuclear plants can (in principle) be dismantled in the planned periods. The "best estimate" approach applied by swissnuclear assumes that the work can be carried out without delays. For this reason, the estimated expenditure on human resources for the nuclear power plants is in the lower range of the human resource expenditure that TÜV NORD expects on the basis of its experience of carrying out other decommissioning projects in practice (no reliable comparative figures are available for the ZZL).

The total costs of decommissioning the nuclear plants in Switzerland can be kept, provided that planning is optimised and that lessons already learned are incorporated. Moreover, the costs of dismantling should reduce in the future because there is a constantly growing experience in dismantling nuclear plants throughout the world. The total costs determined in each case are therefore within the bandwidths to be expected, as compared with international decommissioning projects.

It is anticipated that the actual decommissioning costs will be within the usual industrial cost range of -15% to +30% as compared to the cost studies. This level of accuracy is adequate for the current status of planning.

10.1.2 Disposal costs

Together with the experts of Basler & Hofmann, and after reviewing the CS11 cost study, ENSI concludes that the documented total costs for the construction of the underground facilities for the deep L+ILW and HLW repositories are clear, complete and plausible in respect of construction procedures, time requirements, materials and maintenance. The costs were determined by Nagra on a thorough basis and with a relatively high level of detail. The basic documents are generally well structured, plausible and complete (with a few exceptions, such as sealing structures and tunnel driving technology). ENSI assesses the systematic procedure that was selected, with hierarchically structured documentation, as adequate and fit for purpose.

In practice, cost accuracy rates of $\pm 25\text{-}30\%$ are agreed in the preliminary study phase of projects for underground construction work. The processing level of the investigation was assessed by ENSI as appropriate, in keeping with the phase of the project (preliminary study) and the anticipated cost accuracy, with more in-depth examination of certain aspects.

The cost estimates tend to be conservative, and they include the resources required for positions that cannot yet be determined in this phase of the project (preliminary study). On the basis of empirical figures for comparable underground construction work, and taking account of the state of the art, the cost estimates by Basler & Hofmann largely correspond to those drawn up by Nagra (divergence of -0.9% for the L+ILW project and +2% for the HLW project). These divergences are well within the cost accuracy levels that are appropriate for this phase of the project. As regards the state of the art, the basic documentation has been compiled in an appropriate manner for this phase of the project.

ENSI assesses the CS11 cost estimate for the construction and operation of the L+ILW and HLW deep repositories as complete and plausible, on the basis of knowledge available at present. It takes account of changes and new developments that have occurred since the CS06 cost estimate dating from 2006 (Sectoral Plan for Deep Geological Repositories, directive ENSI-G03).

In their statement on the 2008 disposal programme, the Swiss Federal Office of Energy (SFOE) and ENSI recommend that the parties with disposal obligations [25] should carry out the next cost study together with an update of the 2016 disposal programme.

10.2 Recommendations

With a view to the next update of the cost study, scheduled for 2016, ENSI recommends that the following cost estimating elements should be reviewed:

Recommendation 4.1: *A large amount of the radioactive waste in the ZZL originates from the disposal of Lucens waste (262 Mg). However, the studies do not show that provision is made for treatment of the Lucens waste, which is currently stored in six containers that are unsuitable for final disposal. According to information released by Zwischenlager Würenlingen AG, the storage of residues from Lucens is cost-neutral because sufficient financial resources from the former owner are available, and the same is true of the conditioning work, some of which is still outstanding. ENSI nevertheless recommends that the costs of repacking and conditioning the Lucens waste should be taken into account or reported separately in the next cost study. This also applies to the transport of the Lucens waste to a deep repository, which is not reported separately.*

Recommendation 4.2: *When the decommissioning study is next updated, ENSI recommends that the decommissioning objective for the ZZL should not only include the clearance by measurement of the storage halls and their re-utilisation, but should also assume complete dismantling of the ZZL (to "green field" status), with reporting of the resultant additional costs.*

Recommendation 4.3: *The decommissioning studies do not take account of conventional contaminants such as asbestos and PCBs. But as was shown when the DIORIT experimental nuclear plant was dismantled at the Paul Scherrer Institute (PSI), materials containing asbestos can severely impede the dismantling work. As well as the additional personnel costs that are incurred (because the work packages take longer), the contaminated waste will also require separate disposal, thereby entailing further additional costs. ENSI therefore recommends that the next update of the decommissioning study should also take account of potential conventional contaminants such as asbestos or PCBs.*

Recommendation 4.4: *According to the plans, building structures below a depth of two meters should remain in the ground. Even if the groundwater structures are to be rendered permeable, ENSI advises the operators of nuclear plants to clarify the possible impact on groundwater pro-*

tection and to discuss this aspect with the authorities. Any effects, and the removal of all structures, should be considered in the next update of the decommissioning studies.

Recommendation 4.5: When the costs of decommissioning are next updated, ENSI recommends that potential unforeseen delays should also be taken into account in the calculations of expenditure, or that the personnel expenditure should be adapted on the basis of new knowledge acquired as a result of recommendation 4.3.

Recommendation 4.6: In order to further minimise uncertainties regarding the estimate of decommissioning costs, ENSI recommends that experience from completed or ongoing dismantling projects abroad, and from the computing programmes used in such projects, should be incorporated into the revision of the studies. This will make it possible to indicate potential divergences between the estimated and actual costs. The reasons for any such divergences should be described and taken into account in the next cost study.

Recommendation 5.1: When the cost studies are next updated, ENSI recommends that the estimates of the type and quantity of decommissioning waste from the nuclear plants by the University of Basel, the PSI, the Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, and CERN should be taken into account or updated.

Recommendation 5.2: As several decades will pass before the containers are transported, ENSI recommends that the ability to transport the individual containers should be examined according to the Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road in each case when subsequent updates to the cost study are carried out.

Recommendation 5.3: When the cost study is next updated, ENSI recommends that the concept study for the construction and operation of the packaging plant should undergo review and further development.

Recommendation 5.4: When the cost study is next updated, ENSI recommends that the cost estimate for the sealing structures of the repositories should be reviewed again on the basis of detailed documentation, and that it should be compared with similar deep repository projects (in France and Belgium) in argillaceous rock formations.

Recommendation 5.5: When the cost study is next updated, ENSI recommends that, with regard to deep geological repositories, a location-specific review should be carried out to determine whether the statically effective thickness of the tunnel lining (excavation support and lining) is plausible for the selected repository depth. As a minimum requirement, those transverse profiles with the weakest walls or subject to the highest loads should be examined to determine the lining needed to meet the static requirements, and the resultant cost consequences should be set out.

Recommendation 5.6: In its statement in connection with the review of the 2008 disposal programme, ENSI assessed that the time envisaged for the construction and operation of the rock laboratory for the L+ILW repository appears to be too optimistic (ENSI 2011). ENSI recommends that the schedule for the collection of data underground should be reviewed and revised, and that the resultant cost changes should be indicated.

11 Referenzen

- [1] KEG: Kernenergiegesetz vom 21. März 2003, SR 732.1.
- [2] swissnuclear: Kostenstudie 2011 (KS11), Mantelbericht (2011).
- [3] NIS: Stilllegungsstudie für das KKW Mühleberg (Preisbasis: 01.01.2011) (2011).
- [4] NIS: Stilllegungsstudie für das KKW Beznau (Preisbasis: 01.01.2011) (2011).
- [5] NIS: Stilllegungsstudie für das KKW Gösgen (Preisbasis: 01.01.2011) (2011).
- [6] NIS: Stilllegungsstudie für das KKW Leibstadt (Preisbasis: 01.01.2011) (2011).
- [7] NIS: Stilllegungsstudie für das Zentrale Zwischenlager Würenlingen -Zwilag- (Preisbasis: 01.01.2011) (2011).
- [8] swissnuclear: Kostenstudie 2011 (KS11), Schätzung der Kosten der Nachbetriebsphase der Schweizer Kernkraftwerke (2011).
- [9] swissnuclear: Kostenstudie 2011 (KS11), Schätzung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen (2011).
- [10] swissnuclear, Kostenstudie 2011 (KS11), Schätzung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke. 2011.
- [11] HSK: Beurteilung der Kostenstudie KS06 der Stilllegungs- und Entsorgungskosten (2007).
- [12] OR: Bundesgesetz vom 30. März 1911 betreffend die Ergänzung des Schweizerischen Zivilgesetzbuches (Fünfter Teil: Obligationenrecht), SR 220.
- [13] SEFV: Verordnung vom 7. Dezember 2007 über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen (Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung), SR 732.17.
- [14] TÜV NORD EnSys Hannover: Stellungnahme für die technische Überprüfung der Kostenstudie zur Stilllegung des Zentralen Zwischenlagers Würenlingen (ZZL) in der Schweiz (Stand 2011) (2012).
- [15] TÜV NORD EnSys Hannover: Stellungnahme für die technische Überprüfung der Kostenstudie zur Stilllegung der Kernanlage Beznau in der Schweiz (Stand 2011) (2012).
- [16] TÜV NORD EnSys Hannover: Stellungnahme für die technische Überprüfung der Kostenstudie zur Stilllegung der Kernanlage Leibstadt in der Schweiz (Stand 2011) (2012).
- [17] TÜV NORD EnSys Hannover: Stellungnahme für die technische Überprüfung der Kostenstudie zur Stilllegung der Kernanlage Mühleberg in der Schweiz (Stand 2011) (2012).
- [18] TÜV NORD EnSys Hannover: Stellungnahme für die technische Überprüfung der Kostenstudie zur Stilllegung der Kernanlage Gösgen in der Schweiz (Stand 2011) (2012).
- [19] swissnuclear: Kostenstudie 2006 (KS06) – Aktualisierung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke (2006).
- [20] Basel & Hofmann: Prüfbericht zur Kostenstudie KS11: Extended Summary – Überprüfung der Kosten für den Bau der Untertageanlagen der SMA- und HAA-Tiefenlager zuhanden des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorates ENSI (2012).
- [21] Rolf Sjöblom: An Applied Study of the Storage for Old Intermediate Level Waste at the Studsvik Site (2004).
- [22] Nagra: Modellhaftes Inventar für radioaktive Materialien MIRAM 08 (2008).
- [23] Nagra: Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen (2008).
- [24] KEV: Kernenergieverordnung vom 10 Dezember 2004, SR 732.11.
- [25] ENSI: Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen (2008).

12 Abkürzungsverzeichnis und Glossar

ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route (Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse)
ASME	American Society of Mechanical Engineers. Amerikanische Ingenieurgesellschaft, die sich unter anderem auch mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle beschäftigt und hierzu international anerkannte Rechenmodelle und Normen veröffentlicht.
Axpo	Axpo Holding AG. Energiedienstleistungskonzern mit Sitz in Baden. Betreibt unter anderem das KKW Beznau.
BE	Brennelement. Liefert in Kernkraftwerken die Energie. Ein Brennelement besteht aus Brennstäben, die wiederum mehrere hundert Uran-Pellets enthalten. Abgebrannte Brennelemente können ohne vorgängige Behandlung in ein geologisches Tiefenlager für hochaktive Abfälle verbracht werden.
BFE	Bundesamt für Energie. Verfahrensleitende Behörde bei Stilllegungs- und Entsorgungsprojekten.
B&H	Basler & Hofmann. Vom ENSI beauftragte externe Experten zur Überprüfung der Entsorgungskosten.
BKW	BKW-FMB Energie AG. Berner Energiedienstleistungsgruppe, die unter anderem das KKW Mühleberg betreibt.
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire. Internationale Organisation für Kernforschung bei Genf (auf schweizerischem und französischem Boden) mit diversen grösseren Beschleunigeranlagen, bei deren Betrieb radioaktive Abfälle anfallen.
CSD-B	Kokillen mit verglasten Spülwässern aus der Wiederaufarbeitung. Zählen zu den hochaktiven Abfällen.
CSD-C	Gebinde mit verpressten Hüllrohrstücken und Strukturteilen aus der Wiederaufarbeitung. Zählen zu den hochaktiven Abfällen.
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat. Unabhängige Aufsichtsbehörde des Bundes über die Kernanlagen in der Schweiz.
HAA	Hochaktive Abfälle. Darunter fallen nach Art. 51 KEV abgebrannte Brennelemente und verglaste Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen. Diese Abfälle strahlen stark und haben lange Halbwertszeiten (mehrere Tausend Jahre). HAA haben eine grosse Wärmeentwicklung durch den radioaktiven Zerfall.
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen. Vorgängerorganisation des ENSI.
IAEA	International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergie-Organisation) mit Sitz in Wien.
ISRAM	Informationssystem für radioaktive Materialien. Datenbank der existierenden radioaktiven Abfälle in der Schweiz.

KEG	Kernenergiegesetz der Schweiz vom 21. März 2003. In Kraft seit dem 1. Februar 2005. Das Gesetz regelt die friedliche Nutzung der Kernenergie und den Umgang mit radioaktiven Abfällen in der Schweiz.
KEV	Kernenergieverordnung vom 10. November 2004. In Kraft seit dem 1. Februar 2005, basiert auf dem KEG.
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KS	Kostenstudie. Die Betreiber von Kernanlagen in der Schweiz sind gemäss Art. 77 KEG verpflichtet, die Kosten für die Stilllegung ihrer Anlagen und die Entsorgung der radioaktiven Abfälle abzuschätzen und deren Finanzierung sicherzustellen. In den Kostenstudien, die alle fünf Jahre aktualisiert werden, werden diese Kosten dargestellt.
KKW	Kernkraftwerk
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MIRAM	Modellhaftes Inventar für radioaktive Materialien
Mg	Mega-Gramm
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle. Wurde 1977 von den Betreibern der Kernkraftwerke und der Eidgenossenschaft gegründet mit dem Auftrag, Lösungen für die sichere Entsorgung radioaktiver Abfälle zu finden.
NIS	NIS Ingenieurgesellschaft mbH mit Sitz in Deutschland. Erstellte im Auftrag von swissnuclear die Stilllegungsstudien der Schweizer Kernanlagen.
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit)
OECD/NEA	OECD Nuclear Energy Agency. Halb-autonome Atomenergie-Organisation innerhalb der OECD.
PSI	Paul Scherrer Institut. Forschungsinstitut des ETH-Bereichs mit rund 1500 Angestellten in den Aargauer Gemeinden Villigen und Würenlingen. Das PSI betreibt mehrere Einrichtungen, die der Kernenergiegesetzgebung unterstehen (u.a. das Bundeszwischenlager) und sammelt die in der Schweiz anfallenden MIF-Abfälle.
RL	Richtlinie. In Richtlinien konkretisiert das ENSI Vorgaben aus KEG und KEV.
SEFV	Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung
SGT	Sachplan geologische Tiefenlager. Regelt die Standortsuche für ein geologisches Tiefenlager in der Schweiz.
SMA	Schwach- und mittelaktive Abfälle. Diese Abfälle strahlen weniger stark als HAA und enthalten vorwiegend kurzlebige radioaktive Stoffe. Zu den SMA zählen auch die MIF-Abfälle sowie die Abfälle aus dem Betrieb und späteren Abbruch der Kernanlagen.

swissnuclear	Fachgruppe Kernenergie der swisselectric. Setzt sich aus Vertretern der schweizerischen Stromverbundunternehmen Alpiq, Axpo AG, BKW, CKW und EGL zusammen. swissnuclear koordiniert die Kostenstudien.
TAMG	Transport- und Mengengerüst
T/L-Behälter	Transport- und Lagerbehälter. Darin werden hochaktive Abfälle (abgebrannte BE, Kokillen) transportiert und so lange darin aufbewahrt, bis sie in ein geologisches Tiefenlager verbracht werden können.
TÜV	Technischer Überprüfungsverein in Deutschland. Vom ENSI wurde der TÜV NORD EnSys Hannover als externer Experte mit der technischen Überprüfung der Stilllegungsstudien beauftragt.
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation. Bewilligungsbehörde für Kernanlagen in der Schweiz. Legt die Schweizer Energiepolitik fest.
ZZL	Zentrales Zwischenlager in Würenlingen. Hierhin werden die T/L-Behälter mit hochaktiven Abfällen aus den Schweizer Kernanlagen verbracht und so lange aufbewahrt, bis ein geologisches Tiefenlager zur Verfügung steht.
ZWIBEZ	Zwischenlager für radioaktive Abfälle des Kernkraftwerks Beznau
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG. Betreiberin des ZZL.

ENSI 10/677

ENSI, CH-5200 Brugg, Industriestrasse 19, Telefon +41 (0)56 460 84 00, e-mail: info@ensi.ch, www.ensi.ch