

swiss*nuclear*

Fachgruppe Kernenergie der *swisselectric*

**Kostenstudie 2011 (KS11)
Schätzung der Entsorgungskosten der
Schweizer Kernkraftwerke**

swissnuclear

Fachgruppe Kernenergie der swisselectric

Froburgstrasse 17

Postfach 1663

CH-4601 Olten

T +41 62 205 20 10

F +41 62 205 20 11

info@swissnuclear.ch

www.swissnuclear.ch

13. Oktober 2011

Zusammenfassung

Das Kernenergiegesetz verpflichtet in Art. 77 die Betreiber der Kernkraftwerke, einen Stilllegungs- und Entsorgungsfonds zu bilden, der nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke über genügend Mittel verfügt, um die Entsorgungs- und Stilllegungskosten nach der Ausserbetriebnahme zu decken.

Die Bemessung der Beiträge in den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds sowie der Rückstellungen der Betreiber für die nukleare Entsorgung erfolgt auf Basis einer umfassenden Schätzung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten, die gemäss Art. 4 SEFV alle fünf Jahre erfolgen muss. Mit der Aktualisierung der Stilllegungs- und Entsorgungskostenstudien werden jeweils auch die Kosten für die so genannte Nachbetriebsphase neu geschätzt, welche die Kernkraftwerke direkt bezahlen und für die sie ebenfalls Rückstellungen zu bilden haben.

Die letzte Schätzung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten basiert auf Daten aus dem Jahr 2006. Sie wurde von der damaligen Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK, heute ENSI, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat) geprüft und durch die Kommission des Stilllegungs- und des Entsorgungsfonds genehmigt. Sie bildet die Grundlage für die Rückstellungen und Fondsbeiträge der Entsorgungspflichtigen in den Jahren 2007–2011. Im Rahmen der gesetzlich vorgesehenen periodischen Aktualisierungen wurde swissnuclear Anfang 2010 von der Kommission der Fonds beauftragt, die Kostenschätzungen in Zusammenarbeit mit den für die nukleare Entsorgung in der Schweiz verantwortlichen Organisationen erneut vorzunehmen und bis Ende 2011 fertig zu stellen. Mit dem vorliegenden Bericht wird diesem Auftrag bezüglich der Schätzung der Entsorgungskosten Rechnung getragen. Die Überprüfung der Kostenstudien 2011 erfolgt wiederum durch das ENSI im Auftrag der Kommission der Fonds.

Das Realisierungsprogramm für die vorliegende Kostenstudie orientiert sich am aktuellen Entsorgungsprogramm 2008. Ab 2016 sollen die Kostenstudien und das Entsorgungsprogramm jeweils synchron erstellt werden.

Als Berechnungsgrundlage wird für die Kernkraftwerke eine Betriebsdauer von 50 Jahren angenommen (Art. 8 SEFV). Kann ein Kernkraftwerk länger betrieben werden, passt das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) die Berechnungsgrundlage an.

Die Entsorgungskosten umfassen alle vergangenen und zukünftigen Kosten der Planung, des Baus und des Betriebes von Entsorgungsanlagen (zentrales Zwischenlager, 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, Zwilag und die KKW geschätzt.

Das Ergebnis der Schätzung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke 2011 ist im Vergleich zum Ergebnis der Schätzung von 2006 in der folgenden Tabelle dargestellt.

Für den direkten Vergleich zwischen der KS11 und der KS06 wurden die in der 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 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 der KS11 identisch. Bis 2010 haben die Kernkraftwerkbetreiber 4.8 Mia. CHF für die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente und der radioaktiven Abfälle bezahlt.

Entsorgungskosten	KKB	KKM	KKG	KKL	KKW
KS11 PB11 Gesamtsumme	4'124	1'834	5'071	4'940	15'970
aufgelaufene Kosten bis 2010	1'469	638	1'685	1'008	4'799
zukünftige Kosten ab 2011	2'655	1'197	3'387	3'932	11'171
KS06 PB11 Gesamtsumme	3'813	1'686	4'559	4'505	14'563
aufgelaufene Kosten bis 2010	1'469	638	1'685	1'008	4'799
zukünftige Kosten ab 2011	2'344	1'048	2'875	3'498	9'764
Differenz KS11 KS06 Absolut	311	149	513	435	1'408
Differenz KS11 KS06 %	8%	9%	11%	10%	10% ¹

Entsorgungskostenschätzung der KS11 und KS06, Preisbasis 2011 (MCHF)

Der teuerungsbereinigte Kostenanstieg beträgt rund 10 %. Da sich an der Methodik der Kostenschätzung wenig geändert hat, lassen sich die Unterschiede der Erhebungsjahre 2006 und 2011 durch externe Einflussfaktoren erklären. Der grösste Teil der Kostensteigerung ist auf die geologischen Tiefenlager zurückzuführen. Dabei haben die gesammelten Erfahrungen bei verschiedenen Bauvorhaben im Tunnelbau und bei Bauten von Kernanlagen zu höheren Kostenschätzungen für die geologischen Tiefenlager geführt. Weiter lässt sich festhalten, dass die Kostensteigerung von der KS01 (2001) zur KS06 (2006) eher gering war. Der im Vergleich zu den vorangehenden Studien recht grosse Unterschied zwischen der KS06 und KS11 ist zum Teil auch Resultat der in den letzten Jahren verschärften Anforderungen für nukleare Bauten und nicht als Ausdruck allgemeiner Schätzungenauigkeit zu betrachten.

Die in dieser Studie geschätzten Kostenreihen bilden die Grundlage für die Neuberechnung der werksspezifischen Rückstellungen (inklusive Fondsbeiträge) für die Jahre 2012 bis 2016.

Die nächste reguläre Kostenschätzung ist für das Jahr 2016 vorgesehen.

¹ Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage.....	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Gesetzlicher Rahmen.....	1
1.2.1	Verursacherprinzip	1
1.2.2	Kostenstudien der Entsorgungspflichtigen.....	2
1.2.3	Bereitstellung der finanziellen Mittel.....	2
1.3	Die Nagra	3
1.4	Entsorgungsprogramm	3
1.4.1	Entsorgungspfad.....	3
1.4.2	Radioaktive Abfälle.....	4
1.5	Zeitliche Gliederung der erforderlichen Geldmittel für die Entsorgung.....	6
2	Randbedingungen und Annahmen	7
2.1	Betrieb und Stilllegung der KKW	7
2.2	Zu schätzende Kostenelemente der Entsorgung.....	8
2.2.1	Übersicht	8
2.2.2	Transporte sowie Transport- und Lagerbehälter	8
2.2.3	Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente.....	9
2.2.4	Zwibez.....	9
2.2.5	Nasslager KKG	10
2.2.6	Zentrale Abfallbehandlung und Zwischenlagerung (Zwilag)	10
2.2.7	Geologische Tiefenlager	11
2.2.7.1	Geologisches Tiefenlager SMA	14
2.2.7.2	Geologisches Tiefenlager HAA/LMA	14
2.3	Bau und Betriebszeiten der Entsorgungsanlagen.....	15
2.3.1	KKG Nasslager, Zwibez und Zwilag	15
2.3.2	Geologische Tiefenlager	15
2.3.3	Zeitpunkt der Betriebsaufnahme der geologischen Tiefenlager	17
2.4	Einzulagernde Abfälle und Brennelemente.....	17
2.5	Berücksichtigung der Kosten für die Tiefenlagerung von Stilllegungsabfällen	17
2.6	Basis für die Qualität der Kostenschätzung der Tiefenlagerung.....	18
3	Methodik der Kostenaufteilung	20
3.1	Bundesanteil an den Entsorgungskosten	20
3.2	Kostenaufteilung gemeinsamer Entsorgungsanlagen.....	21
3.3	Bisherige und zukünftige Kosten	23
3.3.1	Bereits erfolgte Aufwendungen	23
3.3.2	Zukünftige Aufwendungen / „Best Estimate“-Kosten	23
4	Resultate der Schätzung der Entsorgungskosten.....	25
4.1	Übersicht	25
4.2	Transport- und Lagerbehälter	27
4.3	Transporte.....	28
4.4	Zentrale Abfallbehandlung und Zwischenlagerung (Zwilag).....	28
4.5	Zwibez.....	28
4.6	KKG-Nasslager	28
4.7	Wiederaufarbeitung.....	29

4.8	Geologische Tiefenlager	29
4.8.1	Vergleich der Gesamtkosten	29
4.8.2	Geologisches Tiefenlager SMA	30
4.8.3	Geologisches Tiefenlager HAA/LMA	31
4.8.4	Verpackungsanlage für Brennelemente und HAA	31
4.8.5	Behandlung der Transport- und Lagerbehälter (TLB-Reinigung)	32
4.8.6	Bundesanteil an den Entsorgungskosten	32
4.9	Aktualisierung der Kostenschätzung 2011	33
A	Anhänge.....	34
A.1	Allgemeine Parameter und spezifische Kostenverteilschlüssel	34
A.1.1	Kostenverteilschlüssel für Zwischenlager und Behandlungsanlagen	34
A.1.2	Kostenverteilschlüssel für die geologischen Tiefenlager (SMA- und HAA/LMA-Lager) und Verpackungsanlage (VA)	35
A.2	Kosten der Transport- & Lagerbehälter (TLB)	37
A.3	Transportkosten	38
A.4	Kosten der zentralen Abfallbehandlung sowie Zwischenlager von BE und radioaktiven Abfällen	41
A.5	Kosten des Zwibez und des KKG Nasslagers	42
A.6	Kosten der Wiederaufarbeitung (WA)	43
A.7	Kosten für die geologische Tiefenlagerung von SMA	44
A.8	Kosten für die geologische Tiefenlagerung von LMA/HAA	46
A.9	Kosten für die Verpackungsanlage BE und HAA	47
A.10	Kosten für die geologische Tiefenlagerung von LMA	49
A.11	Kosten für die TLB-Reinigung	49
A.12	Entsorgungskosten 2006	50
A.13	Vergleich der Entsorgungskosten 2006 und 2011	51
A.13.1	Preisbasis 2011	51
A.13.2	Barwertbetrachtung	52
A.14	Ergänzende Abbildungen	53
A.15	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	59
A.15.1	Abbildungsverzeichnis	59
A.15.2	Tabellenverzeichnis	60
A.16	Literaturverzeichnis	62
A.17	Verwendete Abkürzungen	63

1 Ausgangslage

1.1 Einleitung

Die Kostenstudie 2011 (auch KS11 oder Kostenschätzung 2011 genannt) umfasst drei Teilstudien.

- Schätzung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke (vorliegender Bericht)
- Schätzung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen /2/
- Schätzung der Kosten der Nachbetriebsphase der Schweizer Kernkraftwerke /3/

Diese sind in einem Mantelbericht „Kostenstudie 2011 (KS11)“ /1/ zusammengefasst.

Der vorliegende Bericht der Kostenstudie 2011 ist die Teilstudie „Schätzung der Entsorgungskosten der Schweizer KKW“.

Die Ausgangslage der Entsorgung der radioaktiven Abfälle und die Bereitstellung der finanziellen Mittel werden in Kapitel 1 dargelegt. In Kapitel 2 dieses Berichtes sind die Annahmen und Randbedingungen der zu schätzenden Kostenelemente beschrieben. Die Methodik der Kostenaufteilung gemeinsamer Entsorgungsanlagen zwischen Kernkraftwerkbetreibern und Bund ist in Kapitel 3 definiert. Das Kapitel zeigt auch, wie bereits erfolgte Aufwendungen ermittelt und zukünftige Kosten geschätzt werden. Die Resultate der vorliegenden Kostenschätzung sind in Kapitel 4 erläutert, mit einem Vergleich zur letzten Kostenschätzung aus dem Jahre 2006 (KS06).

1.2 Gesetzlicher Rahmen

Das Kernenergiegesetz /4/, das Strahlenschutzgesetz /7/, die Kernenergieverordnung /5/ und die Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung /6/ regeln die Stilllegung von Kernanlagen und die Entsorgung von radioaktiven Abfällen und deren Finanzierung umfassend.

1.2.1 Verursacherprinzip

Radioaktive Abfälle werden durch die kommerzielle Nutzung der Kernenergie zur Stromproduktion und durch Medizin, Industrie, Forschung (MIF) verursacht. Das Kernenergiegesetz verankert in Art. 31 Abs. 1 das Verursacherprinzip: *„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, die MIF, müssen gemäss Art. 27 StSG dem Bund abgeliefert werden, der die Verantwortung für deren Entsorgung übernimmt. 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.“*

1.2.2 Kostenstudien der Entsorgungspflichtigen

Das Kernenergiegesetz verpflichtet in Art. 77 die Betreiber der Kernkraftwerke, einen Stilllegungs- und Entsorgungsfonds zu bilden, der nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke über genügend Mittel verfügt, um die Entsorgungs- und Stilllegungskosten nach der Ausserbetriebnahme zu decken. Die während des Betriebs anfallenden Kosten werden gemäss KEG Art. 82 und OR Art. 669 von den Betreibern direkt getragen.

Die Bemessung der Beiträge in den Entsorgungsfonds sowie der Rückstellungen der Betreiber für die nukleare Entsorgung erfolgt auf Basis einer umfassenden Schätzung der Entsorgungskosten, die gemäss Art. 4 SEFV alle fünf Jahre erfolgen muss.

Als Berechnungsgrundlage wird für die Kernkraftwerke eine Betriebsdauer von 50 Jahren angenommen (Art. 8 SEFV). Kann ein Kernkraftwerk länger betrieben werden, passt das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) die Berechnungsgrundlage an.

Die letzte Schätzung der Entsorgungskosten basiert auf Daten aus dem Jahr 2006. Sie wurde von der damaligen Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK, heute ENSI, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat) geprüft und durch die Kommission des Stilllegungs- und des Entsorgungsfonds genehmigt. Sie bildet die Grundlage für die Rückstellungen und Fondsbeiträge der Entsorgungspflichtigen in den Jahren 2007–2011. Im Rahmen der gesetzlich vorgesehenen periodischen Aktualisierungen wurde swissnuclear Anfang 2010 von der Kommission der Fonds beauftragt, die Kostenschätzungen in Zusammenarbeit mit den für die nukleare Entsorgung in der Schweiz verantwortlichen Organisationen erneut vorzunehmen und bis Ende 2011 fertig zu stellen. Mit dem vorliegenden Bericht wird diesem Auftrag bezüglich der Schätzung der Entsorgungskosten Rechnung getragen. Die Überprüfung der Kostenstudien 2011 erfolgt wiederum durch das ENSI im Auftrag der Kommission der Fonds.

1.2.3 Bereitstellung der finanziellen Mittel

Das KEG unterscheidet in Art. 77 Abs. 2 zwischen Entsorgungskosten, die während des Betriebes und solchen, die nach Ausserbetriebnahme eines Kernkraftwerkes anfallen.

Die während des Betriebes anfallenden Entsorgungskosten (beispielsweise für Forschung, Transporte, Behälter, Zwischenlagerung und Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente) werden gemäss KEG Art. 82 und OR Art. 669 durch die Entsorgungspflichtigen laufend aus der Betriebsrechnung bzw. Rückstellungen bezahlt.

Die Stilllegungskosten und die nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke anfallenden Kosten für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle werden mit Beiträgen der Betreiber in zwei staatlich kontrollierte Fonds, den Stilllegungsfonds für Kernanlagen und den Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke sichergestellt (vgl. SEFV). 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. Der Fonds besteht seit 1984.

Aufgabe des Entsorgungsfonds ist es, die Kosten für die Entsorgung der Betriebsabfälle und der abgebrannten Brennelemente nach der definitiven Ausserbetriebnahme eines Kernkraftwerks zu decken. Der Entsorgungsfonds wurde im Jahr 2000 gegründet.

Diese durch das Gesetz geforderten und durch den Gesetzgeber kontrollierten Fonds sollen sicherstellen, dass nach der Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke genügend finanzielle Mittel vorhanden sind, um sämtliche noch ausstehenden Entsorgungsaufwendungen zu decken.

1.3 Die Nagra

Die Verursacher von radioaktiven Abfällen in der Schweiz, d.h. der Bund und die Betreiber der Schweizer Kernkraftwerke, haben 1972 die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) gegründet und diese mit der Entsorgungsaufgabe betraut. Die Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung gehen nach der gebührenpflichtigen Abgabe in das Eigentum des Bundes über. Diese Verursacher sind daher nicht entsorgungspflichtig.

1.4 Entsorgungsprogramm

Die entsorgungspflichtigen Abfallverursacher müssen gemäss Art. 32 KEG ein Entsorgungsprogramm erstellen. Dieses wird von den Bundesbehörden geprüft und vom Bundesrat genehmigt. Im Entsorgungsprogramm haben die Entsorgungspflichtigen unter anderem Angaben zu machen über die Menge und Art der radioaktiven Abfälle, die benötigten geologischen Tiefenlager einschliesslich ihres Auslegungskonzepts, die Zuteilung der radioaktiven Abfälle auf die geologischen Tiefenlager, das Realisierungsprogramm zur Erstellung der Lager und die Finanzierung der Entsorgung.

Das Entsorgungsprogramm muss periodisch an die sich ändernden Gegebenheiten angepasst werden. Dessen Einhaltung, inklusive Finanzierung, wird von den Behörden überwacht. Das Realisierungsprogramm für die vorliegende Kostenstudie orientiert sich am aktuellen Entsorgungsprogramm /9/. Ab 2016 sollen die Kostenstudien und das Entsorgungsprogramm jeweils synchron erstellt werden.

1.4.1 Entsorgungspfad

Der Entsorgungspfad beschreibt die für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle durchgeführten Schritte wie folgt.

- Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen/Inventarisierung der Abfälle
- Sammlung der radioaktiven Betriebsabfälle durch die Abfallverursacher
- Konditionierung, d.h. die Überführung der Abfälle in eine Form, die für die geologische Tiefenlagerung geeignet ist, und ihre Verpackung
- Transporte
- Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen
- Zwischenlagerung
 - zentral – im Zwiilag oder
 - am Kraftwerksstandort im Zwibeiz – Zwischenlager des KKB
- Stilllegung der Kernanlagen und Konditionierung / Verpackung der anfallenden Stilllegungsabfälle
- Einlagerung der Abfälle in geologischen Tiefenlagern

Abgebrannte Brennelemente, die nicht für Wiederaufarbeitung vorgesehen sind, werden ohne Vorbehandlung in Transport- und Lagerbehälter (TLB) beladen und im Zwiilag bzw. im Zwibeiz (Zwischenlager des KKB) zwischengelagert, nachdem sie in den Brennelement-Becken der KKW bzw. im KKG-Nasslager genügend abgekühlt sind. Auch die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung werden im Zwiilag bzw. Zwibeiz zwischengelagert. In der zentralen

Abfallbehandlung des Zwiilag werden schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus Schweizer Kernkraftwerken sowie aus Medizin, Industrie und Forschung verarbeitet.

Eine schematische Darstellung des Entsorgungspfades ist in Abbildung 1 dargestellt.

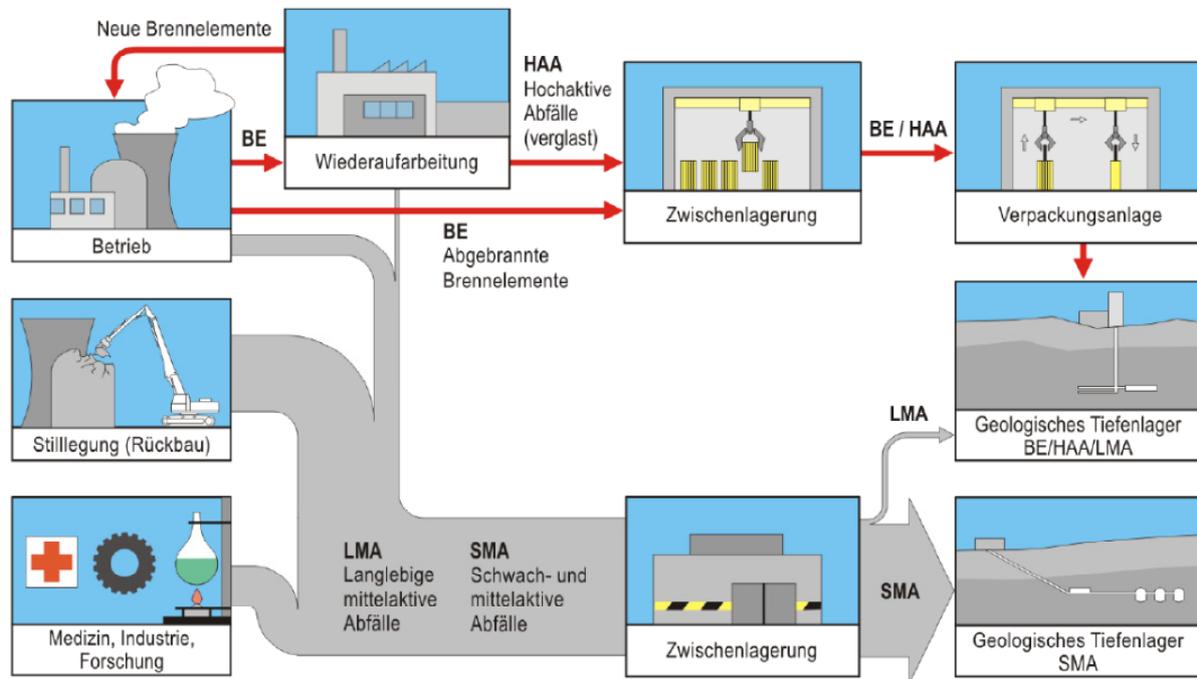


Abbildung 1: Schritte des in der Schweiz beschrittenen Entsorgungspfades für radioaktive Abfälle (Quelle: Nagra)

1.4.2 Radioaktive Abfälle

Herkunft, Art und Menge der in der Schweiz zu entsorgenden radioaktiven Abfälle sind bekannt. Die entstehenden Abfälle werden laufend charakterisiert, inventarisiert und konditioniert. Neben der Datenbank über die vorhandenen Abfälle besteht auch für die erst in Zukunft anfallenden Abfälle ein modellhaftes Inventar. Damit ist eine zuverlässige Basis für die Planung und Realisierung der benötigten Infrastruktur sowie deren Finanzierung vorhanden.

Radioaktive Abfälle werden nach ihrer Herkunft klassifiziert:

- Betriebs- und Stilllegungsabfälle aus Medizin, Industrie, Forschung (MIF)
- Betriebsabfälle (BA) und Reaktorabfälle (RA) der KKW
- Stilllegungsabfälle (SA) der KKW
- Brennelemente (BE)
- Wiederaufarbeitungsabfälle (WA) – hochaktive verglaste Abfälle (HAA) und mittelaktive Abfälle (WA-MA)
- Abfälle aus der Verpackungsanlage die bei der Verpackung von Brennelementen (VABE) und Hochaktivabfällen (VAHA) entstehen

Abbildung 2 zeigt den zeitlichen Anfall der radioaktiven Abfälle (in m³) der bestehenden Kernkraftwerke der Schweiz bei einer Betriebsdauer von 50 Jahren und der MIF-Abfälle für eine Sammelperiode bis 2050 (Verschluss SMA Lager).

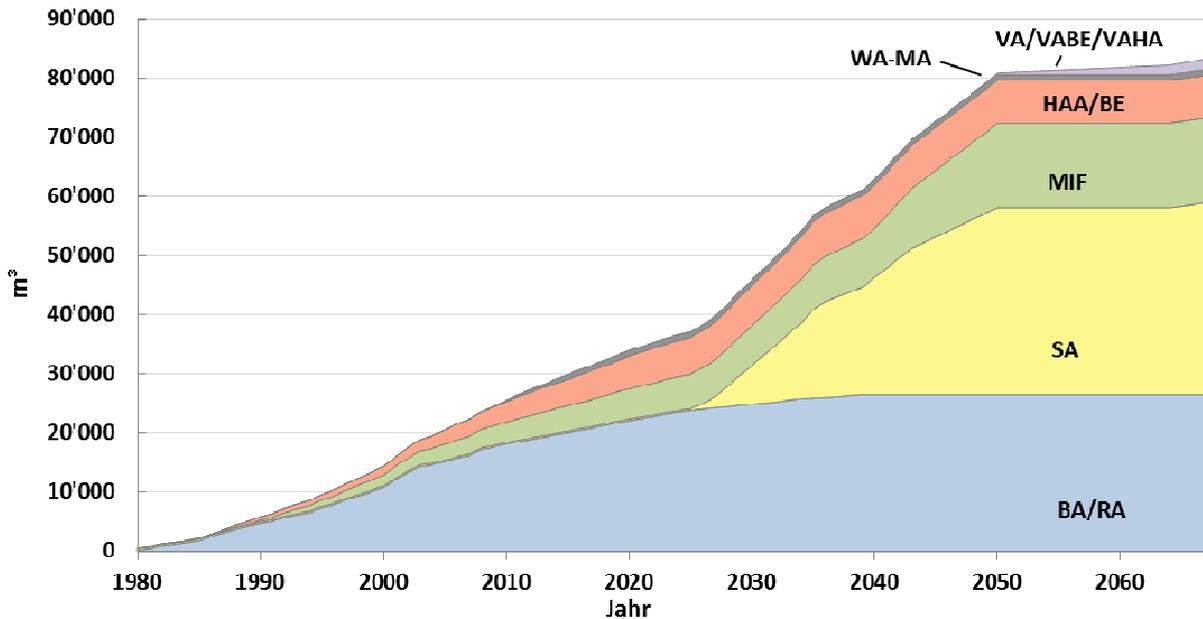


Abbildung 2: Zeitlicher Anfall der radioaktiven Abfälle (in m³) der bestehenden Kernkraftwerke der Schweiz bei einer Betriebsdauer von 50 Jahren und aus dem MIF-Bereich für eine Sammelperiode bis 2050, Volumen der konditionierten, in Endlager-Behälter verpackten Abfälle (Quelle: Nagra)

Zusätzlich zur Herkunft müssen radioaktive Abfälle nach ihrem Gefährdungspotenzial unterschieden werden. Hier wird in absteigender Reihenfolge unterteilt in:

- Hochaktive Abfälle (HAA)
- Langlebige mittelaktive Abfälle (LMA)²
- Schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA)

Das Kernenergiegesetz verankert die Entsorgungspflicht nicht nur über das Verursacherprinzip, sondern gibt in Art. 31 auch konkret vor, dass radioaktive Abfälle in so genannten geologischen Tiefenlagern entsorgt werden müssen.

Der Gesetzgeber lässt jedoch offen, ob sämtliche Abfalltypen (HAA, LMA, SMA) in einem einzigen geologischen Tiefenlager mit höchsten Anforderungen an die Geologie oder in zwei geologischen Tiefenlagern mit entsprechend der Radiotoxizität abgestuften Anforderungen an die Geologie und auf die Art der Abfälle abgestimmten Rahmenbedingungen für die technischen Barrieren entsorgt werden müssen.

Das aktuelle Entsorgungsprogramm sieht zwei geologische Tiefenlager vor. Diese werden als HAA-Lager und SMA-Lager bezeichnet. Gemäss heutigem Kenntnisstand soll die Einlagerung der LMA im HAA-Lager erfolgen /9/.

² z.B. alphanotoxische Abfälle

1.5 Zeitliche Gliederung der erforderlichen Geldmittel für die Entsorgung

Die Geldmittel für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle begannen mit der Gründung der Nagra im Jahre 1972 zu fließen. Die Zeitdauer, über die sich die Zahlungen erstrecken, hängt hauptsächlich von der Betriebsdauer der Kernkraftwerke und von der zeitlichen Ausdehnung des Entsorgungspfades ab.

Abbildung 3 zeigt die angenommenen Betriebszeiten der wichtigsten Anlagen auf dem Entsorgungspfad.

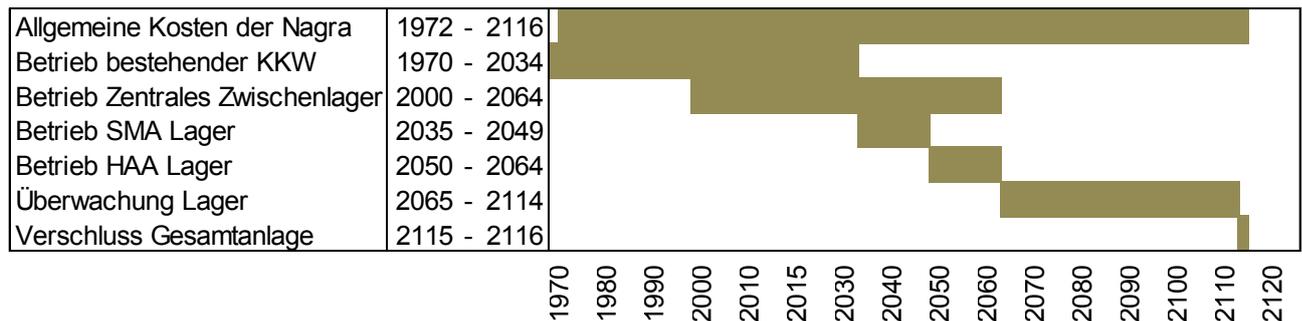


Abbildung 3: Betriebszeiten der wichtigsten Anlagen des Entsorgungspfades bei einer Betriebsdauer der Kernkraftwerke von 50 Jahren (vereinfachte Darstellung)

Die Abbildung zeigt die reinen Betriebszeiten. Die Bau-, Betriebs- und Stilllegungszeiten der KKW und Tiefenlager lassen sich den detaillierten Darstellungen in den Kapiteln 2.1 und 2.3 entnehmen. Die zeitliche Gliederung des Etappenplans der geologischen Tiefenlager ist aus Abbildung 6 ff. ab Seite 54 ersichtlich.

2 Randbedingungen und Annahmen

2.1 Betrieb und Stilllegung der KKW

Das in dieser Kostenschätzung modellierte Stilllegungskonzept setzt einen Zustand der Anlage zu Beginn der Rückbauarbeiten voraus, der sich vom betrieblichen Zustand u.a. dadurch unterscheidet, dass sich keine Brennelemente mehr in der Anlage befinden, und dass alle nicht mehr benötigten Betriebsmedien sowie die Betriebsabfälle von der Anlage entfernt sind. Um diesen Zustand zu erreichen, wird direkt nach der endgültigen Ausserbetriebnahme der Anlage mit der Nachbetriebsphase begonnen. Diese umfasst einerseits diejenigen (betrieblichen) Massnahmen, die für den sicheren Betrieb der noch benötigten Systeme notwendig sind und andererseits auch Massnahmen zur Vorbereitung der Stilllegung. Diese Massnahmen zur Vorbereitung der Stilllegung sind durch die Betriebsbewilligung gemäss Kernenergiegesetz abgedeckt.

Während der Nachbetriebsphase müssen die Brennelemente weiterhin gekühlt, gesichert und in Transport- und Lagerbehälter verpackt werden. Die Nachbetriebsphase endet fünf Jahre nach der endgültigen Ausserbetriebnahme. In dieser Zeit sind sämtliche Brennelemente in ein von der Anlage unabhängiges Lager überführt worden. Die Überführung der Betriebsabfälle in ein zentrales Zwischenlager oder in geologische Tiefenlager erfolgt ebenfalls während der Nachbetriebsphase.

Parallel zur Nachbetriebsphase laufen auch andere Vorbereitungen zum Rückbau. Darunter fallen z.B. das Erstellen der Unterlagen zum Stilllegungsprojekt und das Erwirken der Stilllegungsverfügung. Im Anschluss an die Nachbetriebsphase und nach Anordnung der Stilllegungsverfügung durch das zuständige Departement beginnen die Demontage- und Abbrucharbeiten. 15 bis 20 Jahre nach der endgültigen Ausserbetriebnahme ist ein KKW vollständig stillgelegt und die grüne Wiese wiederhergestellt. Die Anlage wird aus dem Kernenergiegesetz entlassen. Tabelle 1 zeigt die Betriebs- und Stilllegungszeiten der Schweizer KKW und deren Zwischenlager /2/.

Anlage	IBN	ABN	NBP		Stilllegung			
					Freigabe Gebäude	Ende konv. Abriss	Jahre nach ABN bis grüne Wiese	
	von	bis inkl.	von	bis inkl.	von	bis. inkl.	bis. inkl.	
KKB ^{a)}	1970	2020	2021	2025	2021	2035	2037	17
KKM	1972	2022	2023	2027	2023	2036	2037	15
KKG	1979	2029	2030	2034	2030	2043	2046	17
KKL	1984	2034	2035	2039	2035	2050	2054	20
KKG Nasslager	2008	2047	keine		2048		2049	2
Zwibez	2008	2063	keine		2064		2066	3
Zwilag	2000	2064	keine		2065		2069	5

^{a)} Für die jährliche Verteilung der Tiefenlagerkosten wird der Einfachheit halber für beide Blöcke des KKB das Jahr 2020 als "mittleres" Stilllegungsjahr verwendet.

Tabelle 1: Betriebs- und Stilllegungszeiten der Schweizer KKW, Lager an den KKW-Standorten sowie des zentralen Zwischenlagers (Zwilag)

2.2 Zu schätzende Kostenelemente der Entsorgung

2.2.1 Übersicht

Die Entsorgungskosten beinhalten die Kosten aller für die sichere Entsorgung der abgebrannten Brennelemente (BE) und des nuklearen Abfalls aus Kernkraftwerken notwendigen Aktivitäten. Sämtliche zu berücksichtigenden Kostenelemente sind in Tabelle 2 aufgeführt und in diesem Kapitel erläutert.

Kostenelemente	Schätzung durch
Transport- und Lagerbehälter (TLB)	KKW
Transporte	KKW/Nagra
Wiederaufarbeitung abgebrannter BE (WA)	KKW
Zentrale Abfallbehandlung	Zwilag
Zentrale Zwischenlagerung Zwilag	Zwilag
Zwischenlagerung Zwibez	KKB
KKG Nasslager	KKG
Geologische Tiefenlagerung der schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA-Lager)	Nagra
Verpackung Brennelemente und Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung (WA)	Nagra
Geologische Tiefenlagerung der hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle (HAA-Lager)	Nagra

Tabelle 2: Zu schätzende Kostenelemente der Entsorgung

Inbegriffen sind alle vergangenen und zukünftigen Kosten der Planung, des Baus und des Betriebes von Entsorgungsanlagen (zentrales Zwischenlager, 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.). Inbegriffen sind auch die Kosten für die während der Betriebsdauer notwendigen Erneuerungen und/oder periodische Lizenzierungen. Die Entsorgungskosten umfassen schliesslich die Stilllegung der Tiefenlageranlagen und den Verschluss der geologischen Tiefenlager. Eigenleistungen, die vom kraftwerkseigenen Personal während des KKW-Betriebes erbracht werden, werden nicht den Entsorgungskosten sondern den ordentlichen Betriebskosten zugeordnet.

2.2.2 Transporte sowie Transport- und Lagerbehälter

Erfasst werden alle Transporte zwischen KKW, Wiederaufarbeitungsanlagen, einem zentralen Zwischenlager (ZZL) wie Zwilag und den geologischen Tiefenlagern.

Den Transportkosten liegen werkspezifische Schätzungen der anfallenden Mengen an Brennelementen, Wiederaufarbeitungsabfällen, Betriebsabfällen und Reaktorabfällen zugrunde.

Zur Gewährleistung einer einheitlichen Datenerhebung unterstützte die Nagra die Kernkraftwerke bei diesen Schätzungen und erstellte ein auf dieser Basis konsistentes Abfallmengenregister. Weiter wurden die Mengen in Transport-Gebinde umgerechnet (Transportgerüst). Die Kernkraftwerke haben die Anzahl und zeitliche Verteilung der Transporte auf einer „Best Estimate“-Basis geschätzt (siehe Kap. 3.3.2). Die infrastrukturabhängigen Randbedingungen (Betriebsperioden der Entsorgungseinrichtungen, Verarbeitungskapazitäten) wurden berücksichtigt, d.h. die Transporte wurden zeitlich so verteilt, dass möglichst geringe Spitzen auftreten. Schliesslich haben die Kernkraftwerke für die Schätzung der Transportkosten die spezifischen Kosten der Transporte auf einer weitgehend einheitlichen Basis angegeben. Diese basieren auf Erfahrungswerten bereits erfolgter Transporte ins Zwiilag (Transport von Mosaikbehältern, Transport- und Lagerbehältern, Rohabfällen etc.)

Die Investitionskosten der Transport- und Lagerbehälter (TLB) enthalten neben den Kosten für z.B. die Herstellung auch die geschätzten Kosten für die während der Betriebsdauer notwendigen Erneuerungen und/oder periodische Lizenzierungen der TLB.

2.2.3 Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente

Die Entsorgung der Brennelemente erfolgt gemäss Annahme in der vorliegenden Kostenstudie ausschliesslich über den Pfad der direkten geologischen Tiefenlagerung, da die bestehenden Verträge zur Wiederaufarbeitung erfüllt sind und aufgrund des Moratoriums keine neuen Verträge abgeschlossen werden. Ausstehend ist noch ein Teil der Rückführung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung (WAA). Wie in der KS06 wird für die Rückführung aus Sellafield eine vollumfängliche Substitution der SMA/LMA durch HAA angenommen. Durch ein geändertes Verarbeitungsverfahren in La Hague werden die LMA-Abfälle nicht wie ursprünglich geplant in Form von Bitumen, sondern in so genannten CSD-B-Glaskokillen retourniert. Dadurch wird die Anzahl Transporte wesentlich verringert und die Menge einzulagernder Organika erheblich reduziert.

2.2.4 Zwibez

Berücksichtigt werden die Investitionskosten des Zwibez HAA-Lagers und die Kosten für den Betrieb des Zwibez nach Abschluss der Nachbetriebsphase des Kernkraftwerks Beznau. Bis und mit Nachbetriebsphase sind die Betriebskosten aufgrund der örtlichen und organisatorischen Einbindung durch das Kraftwerk abgedeckt.

Bestandteil der Entsorgungskostenstudie ist das Zwibez HAA-Lager, nicht jedoch das Lager für schwachaktive Abfälle (SAA). Dieser Abgrenzung wird in Bezug auf die Investitionskosten Rechnung getragen. Die hier geschätzten Betriebskosten des Zwibez HAA-Lagers umfassen jedoch aufgrund der räumlichen und konzeptionellen Einheit der beiden Lagerteile auch die Betriebskosten des SAA-Lagers. Auf eine zusätzliche Abgrenzung dieser Betriebskosten wird verzichtet.

Ab Beginn der Stilllegung des KKB wird ein autonomer Betrieb des Zwibez angenommen, unter Berücksichtigung möglicher Synergien mit der Axpo AG und dem Zwiilag, d.h. der Bewirtschaftung des Zwibez durch das Zwiilag und die Unterstützung in administrativen Belangen durch die Axpo AG oder das Zwiilag. Konkret bedeutet dies, dass das Zwiilag das Zwibez bis 2063 weiterbetreibt und verwaltet. Das Zwiilag übernimmt damit die Aufgaben Bewachung, Überwachung/Strahlenschutz, Instandhaltung, Behörden und Abgaben, Versicherungen usw. und kommt für deren Kosten auf. Die jährlichen Kosten sind in den berichteten Jahreskosten des Zwiilag enthalten und werden als direkt zuordenbare Jahreskosten zu Lasten des KKB ausgewiesen. Um die Kosten des Zwiilag und des Zwibez zwischen den

Studien 2006 und 2011 vergleichen zu können, wurden im vorliegenden Bericht die Betriebskosten des Zwibez von den Zwiilag-Kosten abgezogen und den Zwibez-Kosten zugeordnet.

2.2.5 Nasslager KKG

Die Bau- und Betriebskosten für das KKG-Nasslager werden separat ausgewiesen. Der Schätzung der Kosten wurde die Annahme zugrunde gelegt, dass auch während der Stilllegung des Kraftwerks der Betrieb des Nasslagers von Einrichtungen und Personal des Stilllegungsbetriebes Nutzen ziehen kann (z.B. Administration, Instandhaltung, Betrieb, Wache, Strahlenschutz, Dekontaminationspersonal). Ein auch in personeller Hinsicht völlig autarker Betrieb wird erst nach erfolgtem Nachweis der Kontaminationsfreiheit und noch ausstehendem konventionellen Abbruch des Kraftwerks angenommen.

2.2.6 Zentrale Abfallbehandlung und Zwischenlagerung (Zwiilag)

Der Kostenschätzung des Zwiilag liegen folgende Annahmen zugrunde.

Projektierungs- und Baukosten

Die Kostenzusammenstellung erfolgt ab dem ersten Jahr, in dem das Projekt Zwiilag erstmals nennenswerte Kosten verursacht hat. Hierfür wird das Jahr der Firmengründung (1990) eingesetzt.

Bis 2004 stand die Projektierung und Realisierung der Bauetappen I und II im Vordergrund. Diese konnten nach der Erlangung der Betriebsbewilligung abgeschlossen werden.

Seit 2002 werden jährlich Ergänzungs- und Ersatzinvestitionen ausgewiesen. Es wird angenommen, dass Ergänzungs- und Ersatzinvestitionen bis zum Zeitpunkt der Stilllegung der Anlage, wenn auch zuletzt nur noch in geringerem Umfang, getätigt werden müssen. Demnach werden Ergänzungs- und Ersatzinvestitionen bis Ende 2064 vorgesehen.

Betriebskosten (Jahreskosten)

Anfang 2000 wurde die Gesamtanlage in Betrieb genommen. Ab diesem Zeitpunkt sind auch die Betriebskosten dargestellt. Diese umfassen die gesamte betriebliche Tätigkeit inklusive Unterhalt der Anlagen, Betriebsmittel, Personalaufwand, Administration/Verwaltung und Finanzierung. Sie werden als so genannte Jahreskosten ausgewiesen.

Als Personalaufwand werden 65.4 Vollzeitstellen für den Betrieb und den Unterhalt des Zwiilag angenommen. Dies entspricht dem aktuellen Soll-Personalbestand. Aufgrund der sich über die Zeit verändernd zu erbringenden Leistungen wird auch der Personalbedarf ausgehend vom aktuellen Soll-Personalbestand entsprechend angepasst. Dies wurde in den Berechnungen entsprechend berücksichtigt.

Die bei der Stilllegung der KKW anfallenden brenn- und schmelzbaren Rohabfälle werden in der Plasma-Anlage des Zwiilag konditioniert. Alle übrigen SA werden nicht im Zwiilag konditioniert, sondern direkt am Standort jedes einzelnen KKW behandelt oder für eine Behandlung in einer anderen Anlage vorbereitet.

Bis 2049 können die Behandlungsanlagen auch für MIF und betriebseigene Zwecke genutzt werden.

Die Stilllegungs- und Rückbaubetriebskosten des Zwiilag werden in der KS11 in der Schätzung der Stilllegungskosten berücksichtigt /2/.

2.2.7 Geologische Tiefenlager

Gemäss Planung der Nagra /9/ umfassen sowohl das HAA-als auch das SMA-Lager ein Hauptlager, ein Pilotlager und Testbereiche, basierend auf dem Konzept des kontrollierten geologischen Langzeitlagers gemäss KEG, KEV und Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle (EKRA). Die Kostenschätzung für die geologischen Tiefenlager basiert auf dem aktuellen Entsorgungsprogramm und nutzt die Ergebnisse der laufenden Arbeiten zur Vertiefung der Konzepte zu beiden Lagern für die Etappe 2 im Sachplanverfahren Geologische Tiefenlager (SGT).

Abbildung 4 auf Seite 12 zeigt eine konzeptionelle Darstellung des SMA-Lages. Das Auslegungskonzept des HAA-Lager ist in Abbildung 5 auf Seite 13 dargestellt.

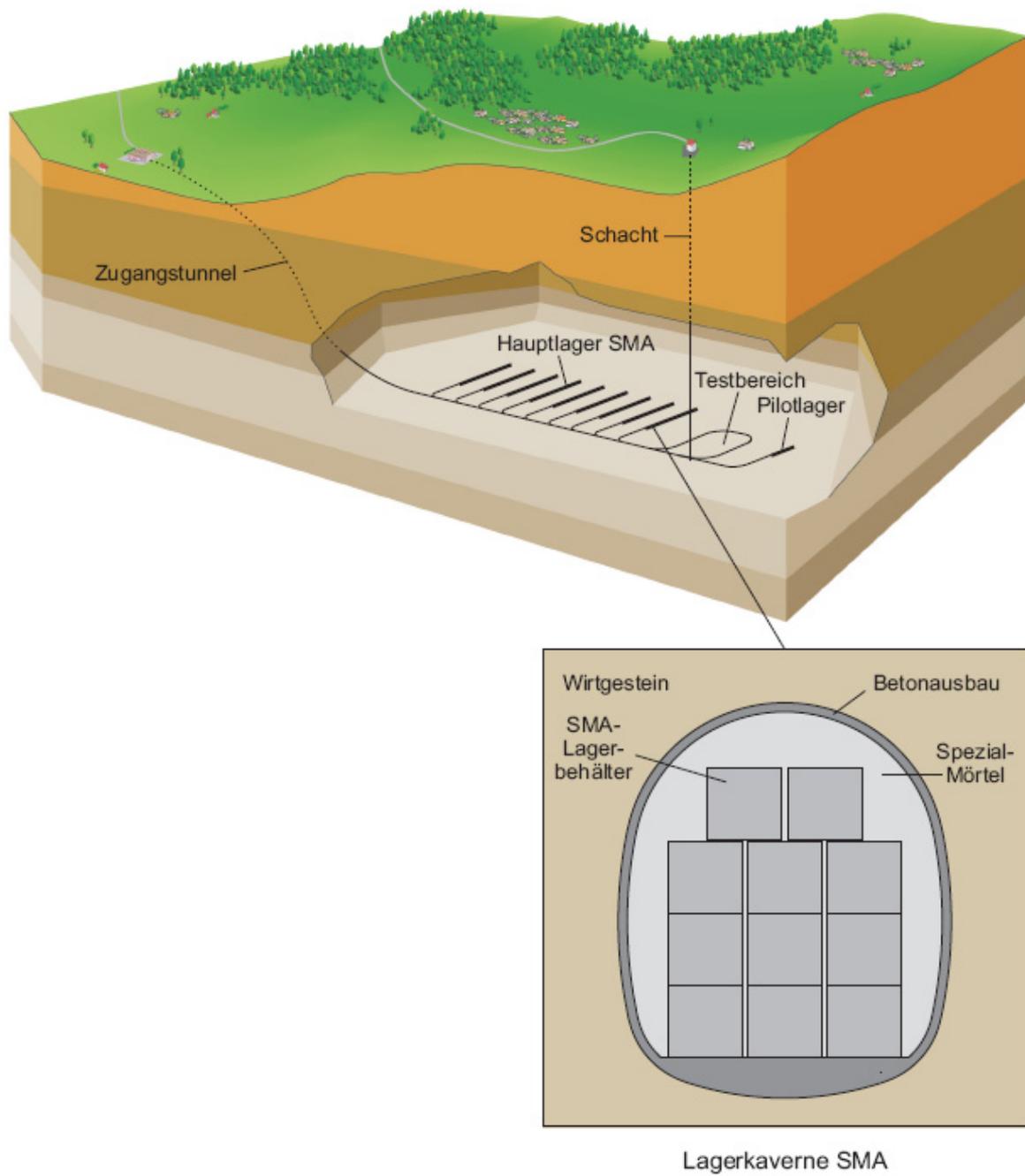


Abbildung 4: Konzeptuelle Darstellung des SMA-Lagers (Quelle: Nagra)

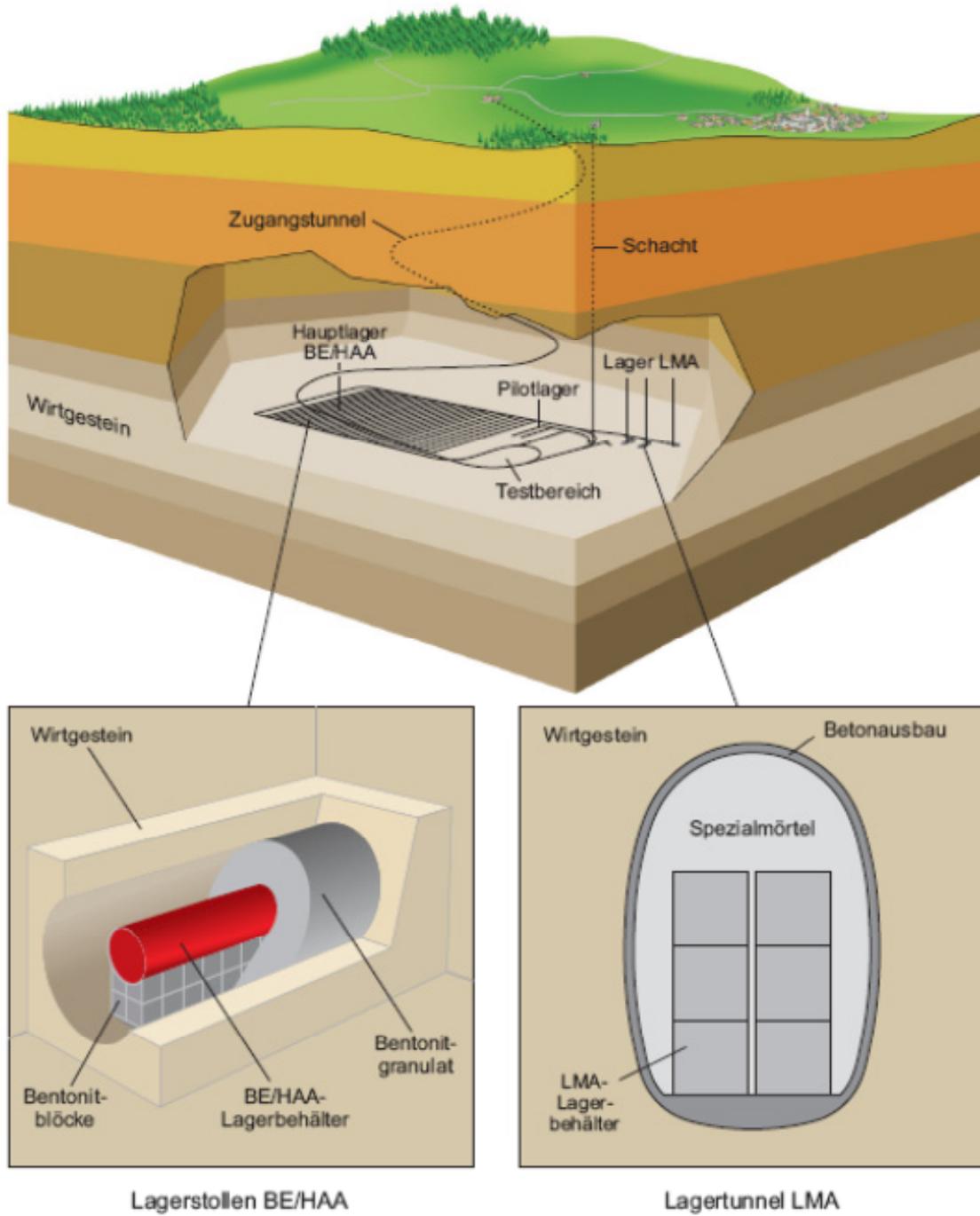


Abbildung 5: Konzeptuelle Darstellung des HAA-Lagers (Quelle: Nagra)

2.2.7.1 Geologisches Tiefenlager SMA

Die Kostenschätzung der Nagra für das SMA-Lager deckt die folgenden Leistungen ab:

- Projektierung des geologischen Tiefenlagers (ab initio bis Inbetriebnahme)
- Bau des geologischen Tiefenlagers
- Betrieb des geologischen Tiefenlagers (inklusive Sach- und Personalmittel für Zusatzverpackung von Abfallgebinden im geologischen Tiefenlager)
- Überwachungsbetrieb des geologischen Tiefenlagers (Phase 1)
- Verschluss des Hauptlagers
- Überwachungsbetrieb des Tiefenlagers (Phase 2)
- Verschluss der Gesamtanlage, inkl. Pilotlager
- Umgebungüberwachung (Langzeit-Monitoring) nach Verschluss der Gesamtanlage
- Abgeltungen bzw. Kompensationen zuhanden Standortgemeinde und -kanton
- Managementorganisation mit Geschäftsstelle
- allgemeine entsorgungsbezogene Kommunikation
- wissenschaftlich-technische Projektbegleitung und Begleitung der Behörden (Bewilligungsverfahren, Aufsicht)
- abfallorientierte Tätigkeiten des Tiefenlagers bzw. des Projektanten
- Unterstützung der Abfallverursacher bei Abfallcharakterisierung und -dokumentation sowie Auswertungen für den Zweck der geologischen Tiefenlager

2.2.7.2 Geologisches Tiefenlager HAA/LMA

Die Kostenschätzung der Nagra für das HAA-Lager deckt die folgenden Leistungen ab:

- Projektierung des geologischen Tiefenlagers (ab initio bis Inbetriebnahme)
- Bau des geologischen Tiefenlagers
- Betrieb des geologischen Tiefenlagers (inklusive Sach- und Personalmittel für Zusatzverpackung von Abfallgebinden im geologischen Tiefenlager)
- Überwachungsbetrieb des geologischen Tiefenlagers (Phase 1)
- Verschluss des Hauptlagers
- Überwachungsbetrieb des Tiefenlagers (Phase 2)
- Verschluss der Gesamtanlage, inkl. Pilotlager
- Umgebungüberwachung (Langzeit-Monitoring) nach Verschluss der Gesamtanlage
- Abgeltungen bzw. Kompensationen zuhanden Standortgemeinde und -kanton
- Managementorganisation mit Geschäftsstelle
- allgemeine entsorgungsbezogene Kommunikation
- wissenschaftlich-technische Projektbegleitung sowie Begleitung der Behörden (Bewilligungsverfahren, Aufsicht)

- abfallorientierte Tätigkeiten des Tiefenlagers bzw. des Projektanten
- Unterstützung der Abfallverursacher bei Abfallcharakterisierung und -dokumentation sowie Auswertungen für den Zweck der geologischen Tiefenlager
- Planung, Bau, Betrieb und Stilllegung einer Brennelement- und HAA-Verpackungsanlage (VA) am Standort des TL-HAA/LMA, in der sowohl abgebrannte Brennelemente als auch verglaste HAA endlagergerecht verpackt werden
- Verpackung der verglasten HAA inklusive Beschaffung Endlagerbehälter
- Verpackung abgebrannter Brennelemente inklusive Beschaffung Endlagerbehälter
- Dekontamination von TLB und Abklinglager (Dauer: kleiner als Beobachtungsphase HAA-Lager)

2.3 Bau und Betriebszeiten der Entsorgungsanlagen

2.3.1 KKG Nasslager, Zwibez und Zwilag

Die Annahmen bzw. der Bau- und Betriebszeiten des KKG-Nasslagers, des Zwibez und des Zwilag gehen von den Bedürfnissen der KKW bei einer für die Kostenschätzung angenommene Betriebsdauer von 50 Jahren aus (vgl. Tabelle 3).

2.3.2 Geologische Tiefenlager

Die KS11 orientiert sich, wie in der SEFV verlangt, am aktuellen Entsorgungsprogramm (EP08). Die im Entsorgungsprogramm definierten Lagerkonzepte berücksichtigen die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben und setzen insbesondere das gesetzlich verankerte Konzept der geologischen Tiefenlager um (Hauptlager, Pilotlager, Testlager; mit einer Beobachtungsphase im Anschluss an die Betriebsphase). Die entsprechende Planungs-, Bau- und Betriebszeiten sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Nach Abschluss der Einlagerung der Abfälle und dem Verschluss aller Lagerkammern werden die Oberflächenanlagen grösstenteils abgebrochen, und es beginnt die Überwachungsphase. Nach 10 Jahren folgt die Verfüllung/Versiegelung der direkten Zugänge zu den Lagerkammern und die Verfüllung/Versiegelung des Zugangstunnels. Nach weiteren 40 Jahren wird die Gesamtanlage stillgelegt und abgebrochen, die verbleibenden Untertagbauten werden verfüllt bzw. versiegelt. Während der ganzen Betriebs- und Beobachtungsphase werden das Pilotlager und die Langzeitexperimente im Felslabor weiter betrieben und die Beobachtungen Untertag und an der Oberfläche fortgeführt.

Nach Abschluss der Stilllegung der Gesamtanlage des geologischen Tiefenlagers wird die Anlage aus der Kernenergiegesetzgebung entlassen. Bei Bedarf kann ein Überwachungsprogramm weitergeführt werden; dazu wird nach Abschluss der Stilllegung ein Fonds geöffnet, in dem Gelder für die weitere Überwachung von der Oberfläche bereitgestellt sind.

Anlage	von	bis inkl.
<u>Zentrale Abfallbehandlung</u>		
Bau	1990	- 2004
Ersatz- und Ergänzungsinvestitionen	2002	- 2049
Betrieb	2000	- 2049
<u>Zentrales Zwischenlager aller Abfallkategorien</u>		
Hoch- und Mittelaktivlager (Hallen H und M) und Heisse Zelle		
Bau	1990	- 2004
Ersatz- und Ergänzungsinvestitionen	2002	- 2064
Betrieb	2000	- 2064
Schwachaktivlager (Halle S)		
Bau	2000	- 2004
Ersatz- und Ergänzungsinvestitionen	2002	- 2064
Ausbau Halle S	2021	- 2024
Betrieb	2005	- 2064
<u>ZwibeZ</u>		
Bau (Ausbaustufe 1)	1995	- 2002
Ersatz- und Ergänzungsinvestitionen (Ausbaustufe 2)	2005	- 2007
Ersatz- und Ergänzungsinvestitionen (Ausbaustufe 3)	2020	- 2020
Ausrüstung für autonomen Betrieb	2030	- 2030
Betrieb	2008	- 2063
Ausbaustufe 1 Nutzung für Dampferzeuger (DE)	2003	- 2007
Ausbaustufe 2 Nutzung für DE und TLB (Lagerbereich I)	2008	- 2021
Ausbaustufe 3 Nutzung für TLB (Lagerbereiche I und II)	2022	- 2063
<u>Nasslager KKG</u>		
Bau	2002	- 2008
Ertüchtigung Lüftung, Wasserreinigung	2009	- 2010
Ausbau Autarkie	2032	- 2032
Betrieb	2008	- 2047
<u>Geologisches Tiefenlager SMA</u>		
Standortwahl	2011	- 2018
Rahmenbewilligung	2019	- 2022
Bau Felslabor	2023	- 2026
Erhebung Daten Untertage (Betrieb Felslabor)	2027	- 2031
Bau Lager	2032	- 2034
Einlagerungsbetrieb	2035	- 2049
Beobachtungsphase inkl. Verschluss Hauptlager	2050	- 2099
Verschluss GA	2100	- 2101
<u>Geologisches Tiefenlager HAA/LMA sowie Verpackungsanlage für Brennelemente und HAA</u>		
Standortwahl	2011	- 2018
Rahmenbewilligung	2019	- 2022
Bau Felslabor	2023	- 2030
Erhebung Daten Untertage (Betrieb Felslabor)	2031	- 2043
Bau Lager, Verpackungsanlage	2044	- 2049
Verpackungs- und Einlagerungsbetrieb	2050	- 2064
Stilllegung der Verpackungsanlage	2065	- 2065
Beobachtungsphase inkl. Verschluss Hauptlager	2065	- 2114
Verschluss GA	2115	- 2116

Tabelle 3: Planungs-, Bau- und Betriebszeiten der Entsorgungsanlagen

2.3.3 Zeitpunkt der Betriebsaufnahme der geologischen Tiefenlager

Gegenüber KS06 und dem Entsorgungsprogramm zeigt sich, dass der Zeitaufwand für die Standortwahl (Sachplan- und Rahmenbewilligungsverfahren) grösser ist, als dies im Jahr 2006 angenommen worden ist. Deshalb kann aus heutiger Sicht der damals vorgesehene Zeitpunkt für Baubeginn und Betriebsaufnahme (2035) für das SMA-Lager kaum erreicht werden. Für die vorliegende Kostenschätzung hat dies einen geringen Einfluss. Wird eine verspätete Bau- und Betriebsaufnahme angenommen, fallen etwas mehr Planungskosten an, es verlängert sich aber auch die zur Verfügung stehende Ansparzeit des Kapitals. Die Zinseffekte überwiegen die Planungskosten deutlich, und die Barwertberechnung als relevante Grösse für die Rückstellungen fällt dadurch konservativ aus. Die Schätzung geht somit unverändert und im Einklang mit dem Entsorgungsprogramm von einer Inbetriebnahme des SMA-Lagers im Jahr 2035 und des HAA-Lagers im Jahr 2050 aus.

Bis dahin können durch die vorhandenen Zwischenlager an den Standorten der KKW und im ZwiLag genügend Zwischenlagerkapazitäten zur Verfügung gestellt werden, um die anfallenden Abfälle sicher zu lagern. Sollte sich die Inbetriebnahme der geologischen Tiefenlager weiter verzögern, könnten die Zwischenlager auch länger betrieben werden.

2.4 Einzulagernde Abfälle und Brennelemente

Nach 50 Jahren Betriebszeit der fünf Schweizer Kernkraftwerke werden rund 3'600 (3'500 in KS06) Tonnen Brennelemente zu entsorgen sein. Davon wurden aufgrund bestehender Verträge rund 1'100 (1'100 in KS06) Tonnen wieder aufgearbeitet.

Die Brennstoffmengen aus 50 Jahren KKW-Betrieb zur direkten geologischen Tiefenlagerung sind in Tonnen Schwermetall aus Tabelle 4 ersichtlich.

	KKB	KKM	KKG	KKL	Summe
Brennelemente ohne Wiederaufarbeitung	489	230	607	1'117	2'443

Tabelle 4: Zu entsorgende Brennelementmengen (Tonnen Schwermetall)

Insgesamt ist ein Volumen von 7'300 (7'300) m³ konditionierten hochaktiven Abfällen und abgebrannten Brennelementen zu entsorgen. Daneben fallen ca. 3'900 (4'300) m³ langlebige mittelaktive Abfälle sowie 72'200 (75'000) m³ schwach- und mittelaktive Abfälle an. Diese summarischen Volumenangaben beziehen sich auf in Endlagerbehälter verpackte Abfälle (inklusive Bundesabfälle für eine Sammelperiode der MIF bis 2050). Diese sind zum Teil erheblich umfangreicher als das zur Verpackung angelieferte Volumen der radioaktiven Abfälle.

2.5 Berücksichtigung der Kosten für die Tiefenlagerung von Stilllegungsabfällen

Stilllegungsabfälle fallen nach Stilllegung und Rückbau der KKW und des zentralen Zwischenlagers an. Die Kosten für die Stilllegung der KKW sowie für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle im Tiefenlager für SMA inklusive Transporte werden separat und unabhängig von der vorliegenden Schätzung bestimmt und durch entsprechende Rückstellungen in den eigenen Stilllegungsfonds abgedeckt. 2011 fand eine vollständige Schätzung der Stilllegungs-

kosten statt /2/, in der werkspezifisch auch Entsorgungskosten der Stilllegungsabfälle im SMA-Lager ausgewiesen wurden. Diese Kosten wurden durch die Nagra wie bis anhin auf Grenzkostenbasis geschätzt. Es wird also angenommen, dass den Stilllegungskosten nur noch die für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle zusätzlich erforderlichen Aufwendungen, wie z.B. für das Auffahren von weiteren Stollen, zusätzliche Betriebskosten etc. zugerechnet werden. Alle anderen Kosten des SMA-Lagers werden den Entsorgungskosten zugeordnet.

2.6 Basis für die Qualität der Kostenschätzung der Tiefenlagerung

Die Nagra arbeitet seit ca. 30 Jahren auf dem Gebiet der geologischen Tiefenlagerung und hat seit Anfang der Achtzigerjahre regelmässig Kostenschätzungen für die geologischen Tiefenlager durchgeführt. Diese Kostenschätzungen wurden mehrere Male von unabhängiger Stelle geprüft und auch mit anderen Kostenschätzungen verglichen.

Die verschiedenen Kostenelemente für die Vorbereitung und Realisierung der geologischen Tiefenlager sind gut bekannt. Für alle Kostenelemente gibt es Erfahrungszahlen, die entweder direkt anwendbar sind oder aber zumindest gute Hinweise auf die zu erwartenden Kosten geben.

Die Tätigkeiten zur Vorbereitung der geologischen Tiefenlager sind von ihrer Natur her ähnlich mit den jetzt laufenden Arbeiten der Nagra³:

- geologische Untersuchungen: geologische Standortcharakterisierung (insbesondere Seismik, Bohrungen), geologische Charakterisierung von Untertagebauten (vergleichbar mit entsprechenden Arbeiten in Felslabors), regionale Überwachung, Untersuchungen in Felslabors etc.
- Erstellung von Sicherheitsberichten* (inkl. Erarbeitung der dazu notwendigen Grundlagen)
- Charakterisierung der radioaktiven Abfälle und Führung des Inventars der radioaktiven Abfälle*
- Vorbereitung der Lagerprojekte (Projektierung)
- Forschung und Entwicklung: Studien*, Laboruntersuchungen, Versuche in Felslabors*, Herstellung von Prototypen und Durchführung von Demonstrationsversuchen (Behälter, Einlagerungsvorgang, Rückholung) etc.
- Führung einer Geschäftsstelle* mit Kommunikationsaufgaben, Management/Administration, Versicherungen etc.

Für die Abschätzung des Umfangs an benötigtem Personal für die Erledigung dieser Aufgaben kann auf die bei der Nagra vorhandenen Erfahrungen (Vergleich mit heutigem Personalbestand und Abschätzung der zeitlichen Entwicklung) abgestützt werden. Die Kosten für Dritteleistungen können für alle oben aufgeführten Aufgaben direkt mit Erfahrungszahlen der Nagra (Offerten, Abrechnungen durchgeführter Projekte) verglichen werden.

Auch bezüglich des Baus der geologischen Tiefenlager kann auf breite Erfahrungen mit vergleichbaren Bauten abgestützt werden. Die Module der Oberflächenanlagen der geologischen

³ Die mit * bezeichneten Aktivitäten laufen auch in den Phasen des Lagerbaus, des Lagerbetriebs und des Lagerverschlusses.

Tiefenlager sind direkt vergleichbar mit bestehenden Bauten. Die Verpackungsanlage für die BE/HAA kann direkt verglichen werden mit der Umladezelle im Zwilag, die Verpackungsanlagen für SMA bzw. LMA sind grob vergleichbar mit Konditionieranlagen z.B. bei Kernkraftwerken. Die Anlagen zur Behandlung von Betriebsabfällen können direkt verglichen werden mit entsprechenden bestehenden Anlagen. Das Elektrogebäude (Ersatzstrom, Schaltanlagen) ist direkt vergleichbar mit solchen Gebäuden für konventionelle Bauten, aber Rückschlüsse können auch aus den Notstromeinrichtungen für Kernanlagen gezogen werden. Für die konventionellen Gebäude (Administrationsgebäude, Besucherzentrum, Garagen, Betriebsfeuerwehr etc.) bestehen viele Beispiele. Für die Schätzung der diesbezüglichen Kosten wird auf Beratungsunternehmen mit Erfahrungen bzgl. entsprechender Bauten und Ausrüstungen abgestützt.

Auch die Module der Untertageanlagen der geologischen Tiefenlager sind direkt vergleichbar mit bestehenden Bauten. Der Zugangstunnel, die Tunnel sowie die Lagerstollen, -tunnels und -kavernen können direkt verglichen werden mit Tunnel und Lüftungskavernen für Verkehrsbauten bzw. mit Stollen und Kavernen für Wasserkraftanlagen. Das gleiche gilt auch für Schächte (Lüftungsschächte für Verkehrsbauten, Schacht Sedrun für Alptransit Gotthard etc.). Zusätzlich bestehen breite Erfahrungen aus dem Bergbau. Für die Schätzung der diesbezüglichen Kosten für die geologischen Tiefenlager wird auf Ingenieurunternehmungen mit Erfahrungen mit entsprechenden Bauwerken abgestützt. Punktuell werden auch Bauunternehmungen für Schätzungen beigezogen. Damit ist sichergestellt, dass die breiten Erfahrungen genutzt werden.

Bei den Betriebskosten für die geologischen Tiefenlager wird unterschieden zwischen Personalkosten, Kosten für Produktionsmaterial (Endlagerbehälter, Verfüllmaterial), Kosten der Betriebsmittel (Energie, Wasser/Abwasser etc.) und Unterhaltskosten. Der notwendige Personalbestand lässt sich vergleichen mit dem Personalbestand für vergleichbare Prozesse (z.B. Umladung von BE, Konditionierung etc.). Die Kosten für Produktionsmaterial lässt sich vergleichen mit Offerten bzw. Abrechnungen für entsprechende Materialien und Bauteile. Auch für die Betriebsmittel gibt es Vergleichswerte. Für den Unterhalt wird von einem Prozentsatz der Investitionskosten ausgegangen. Auch dazu gibt es Erfahrungszahlen.

Die Verschlusskosten setzen sich zusammen aus den Kosten für den Abbruch der Oberflächenanlagen und Demontage der Ausrüstung Untertage, Kosten für Produktionsmittel (Verfüll- und Versiegelungsmaterial) und Kosten für das Einbringen der Verfüll- und Versiegelungsmaterialien. Für alle Elemente kann auf Vergleichszahlen (Stilllegung von Zwischenlager, Umlade- und Konditionieranlagen), Offerten (Produktionsmittel) oder Erfahrungswerte (Einbringen von Verfüll-/Versiegelungs-material) abgestützt werden.

3 Methodik der Kostenaufteilung

Für die Aufteilung der Kosten der geologischen Tiefenlager zwischen den Abfallverursachern wird ein Kostenverteilungsschlüssel verwendet, der die Struktur der Kosten berücksichtigt. Dabei wird zwischen Fixkosten und variablen Kosten (direkt einem Abfallverursacher zuweisbar) unterschieden. Die variablen Kosten sind vom jeweiligen Verursacher zu tragen.

Die Methodik zur Ermittlung des Bundesanteils an den Fixkosten SMA, LMA und HAA basiert neu auf Volumen- und ITP-Anteilen der Entsorgungspflichtigen. Für die weitere Verteilung der Kosten unter den Kernkraftwerken wurde die bisherige Methodik der Kostenverteilung der geologischen Tiefenlager für SMA und HAA sowie Verpackungsanlage unverändert aus der KS06 übernommen.

Die Methodik der Kostenaufteilung der Zwiilag-Anlagen ist unverändert aus der KS06 übernommen worden.

3.1 Bundesanteil an den Entsorgungskosten

In der KS06 (ebenso wie in der KS01) wurde für den Bund von einem pauschalen Fixkosten-Anteil von 15 % für das SMA-Lager ausgegangen, obwohl der Volumenanteil gemäss dem der KS06 zugrunde gelegten Abfallinventar höher ist.

In der vorliegenden Kostenstudie wurden die zu erwartenden Volumen und Toxizitäten der KKW- und Bundesabfälle durch Experten des PSI und der Nagra komplett neu geschätzt. Zur Verteilung der Kosten zwischen dem Bund und den KKW werden folgende Regeln auf alle drei Lager (SMA, LMA⁴, HAA/BE) angewendet, welche die Transparenz der Kostenverteilung erhöhen und Volumen sowie die radiologischen Eigenschaften der Abfälle ausgewogen berücksichtigen.

Methodik der Kostenaufteilung zwischen Bund und den Kraftwerksbetreiber

1. Es wird zwischen variablen Kosten (direkt einem Abfallverursacher zuweisbar) und Fixkosten unterschieden.
2. Die variablen Kosten sind durch die entsprechenden Verursacher direkt zu tragen.
3. Die Berechnung der Verteilung der Fixkosten auf die verschiedenen Verursacher erfolgt mit einer Formel, in der das arithmetische Mittel aus dem Anteil am Abfallvolumen (im Lager beanspruchter Raum) und dem Anteil am radiologischen Potenzial ihrer Abfälle („Integrated Toxic Potential“ mit Integrationszeit 500 – 100'000 Jahre; kurz: ITP) den Anteil des Verursachers i an den Fixkosten bestimmt:

$$\text{Fixkostenanteil } i = \text{Fixkosten} \cdot (50 \% \cdot \text{Volumenanteil } i + 50 \% \cdot \text{ITP-Anteil } i)$$

Neu wird auch in der KS11 erstmals ein Bundesanteil an den Fixkosten für die langlebigen mittelaktiven Abfälle (LMA) im HAA-Lager ausgewiesen und bei der Kostenverteilung berücksichtigt.

Die Ermittlung auf Basis des Abfallmengengerüsts der KS11 hat für die Fixkosten des LMA-Lagers, einen Bundesanteil von 47.5 % und für die Fixkosten des SMA-Lagers, einen Bundesanteil von 18.2 % ergeben.

⁴ In einem Bereich des HAA-Lagers

Der direkt zuweisbare Bundesanteil an der Lagerung der BE bzw. HAA und der Verpackungsanlage BE-/HAA selber ist immer noch gering (ca. 2 Mio.), weshalb der Bundesanteil an deren Fixkosten weiterhin vernachlässigt wird.

3.2 Kostenaufteilung gemeinsamer Entsorgungsanlagen

Für die Anwendung der Kostenverteilungsschlüssel müssen sowohl Investitions- als auch Betriebskosten in ihre festen und variablen, d.h. einem Anlagennutzer direkt zuteilbare Anteile zerlegt werden. Die festen Anteile werden nach Verteilungsschlüsseln auf alle KKW-Betreiber und den Bund aufgeteilt. Die variablen Anteile werden hingegen nach dem Nutzungsprinzip nur den Nutzern einer Einrichtung im Verhältnis zu ihrer jeweiligen (jährlichen) Inanspruchnahme dieser Einrichtung inklusive der erforderlichen Betriebsmittel direkt zugeordnet und verrechnet.

Für die Aufteilung der Fixkosten der geologischen Tiefenlager wurde in der KS06 (ebenso wie in früheren Kostenstudien) grösstenteils ein MW_{therm} -Schlüssel verwendet. Eine wichtige Ausnahme ist die Verpackungsanlage für Brennelemente, wo ein gewichtsabhängiger (tU) Schlüssel wie in der KS06 wieder zur Anwendung kommt.

Für einige der Zwiilag-Anlagen wird vom festen Anteil der *Betriebskosten* nur ein vorgängig einvernehmlich festgelegter Prozentsatz α nach dem Solidaritätsprinzip als so genannte *Solidaritätsanteil* auf die Kernkraftwerke aufgeteilt. Der verbleibende Rest $(1 - \alpha)$ wird als sog. *Nutzungsanteil* in gleicher Weise wie die variablen Betriebskosten (die sog. *Kampagnenkosten*) nach dem Nutzungsprinzip nur den jeweiligen Nutzern verrechnet. Variable, einem Nutzer direkt zurechenbare *Investitionskosten* fallen beim Zwiilag nicht an. Tabelle 5 gibt einen Überblick über die verschiedenen Kostenverteilungsschlüssel, gegliedert nach gemeinsam genutzten Entsorgungseinrichtungen, und die Aufwandsarten, auf die sie anzuwenden sind.

Verteilung der Kosten der gemeinsam genutzten Entsorgungseinrichtungen						
Zuordnungsprinzip	Entsorgungseinrichtungen					
	SMA, LMA & HAA-Lager Verpackungsanlage HAA		Verpackungsanlage BE		Zwilag-Anlagen	
	Kostenverteilungsschlüssel	Aufwandsarten	Kostenverteilungsschlüssel	Aufwandsarten	Kostenverteilungsschlüssel	Aufwandsarten
Solidaritätsprinzip	Über 50 Betriebsjahre gemittelter MWth-Schlüssel	Feste Investitionskosten Bundesanteil, vgl. Kap 3.1	Zuschlüsselung der Kosten jeweils nach der gesamten, direkt einzulagernden Menge	Feste Investitionskosten	Aktionärsschlüssel (MWth-Schlüssel von 1990) Bei HA-Lager: modifizierter	Feste Investitionskosten inkl. Abteilungen, abzüglich des pauschalen Bundesanteils
		Abgeltungen				Schwermetall eines jeden Kernkraftwerks
Nutzungsprinzip	Direkte Verrechnung der Kosten nur auf die Nutzer einer Einrichtung im Verhält- nis der jeweiligen Inan- spruchnahme, inkl. Be- triebsmittel		Direkte Verrechnung der Kosten nur auf die Nutzer einer Einrichtung im Verhält- nis der jeweiligen Inan- spruchnahme, inkl. Be- triebsmittel	-	Direkte Verrechnung der Kosten nur auf die Nutzer einer Einrichtung im Verhält- nis der jeweiligen Inan- spruchnahme, inkl. Be- triebsmittel	Einvernehmlich festgelegter Anteil $1-\alpha$ der festen Betriebskosten (sog. Nutzungsanteil)
		Variable Investitionskosten		Variable Investitionskosten		-
		Variable Betriebskosten		Variable Betriebskosten		Variable Betriebskosten (sog. Kampagnenkosten)

Tabelle 5: Übersicht der Kostenverteilungsschlüssel

Im Anhang 1 sind die in dieser Kostenschätzung verwendeten Kostenschlüssel und ihre Anwendungsbereiche beschrieben und tabellarisch zusammengestellt.

Der in der Kostenschätzung der Tiefenlager verwendete und seit Inbetriebnahme gemittelte MWth-Verteilschlüssel ist zu unterscheiden vom aktuellen MWth-Verteilschlüssel, der bei der Verrechnung von Kosten der Nagra an die Kernkraftwerke verwendet wird und der die jeweils aktuelle thermische Leistung der KKW zur Basis hat. Spätestens bei Baubeschluss ist die Differenz zwischen den provisorischen und den effektiven Anteilen an den aufgelaufenen Kosten auszugleichen.

3.3 Bisherige und zukünftige Kosten

3.3.1 Bereits erfolgte Aufwendungen

Die vorliegende Kostenschätzung umfasst wie die vorangegangenen die gesamten Entsorgungskosten – sowohl die bereits erfolgten als auch die zukünftigen geschätzten. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung für einen sinnvollen Vergleich der periodischen Kostenschätzungen untereinander.

Die Aufwendungen für die Entsorgung von den Anfängen bis 31.12.2010 wurden gemäss den bereits erfolgten Zahlungen zu ihrem Zeitwert aus der Buchhaltung der einzelnen KKW-Betreiber ermittelt. Dabei wurden sie mit Rücksicht auf formale Gegebenheiten im Rückstellungsrechenmodell bis 31.12.1993 summarisch und von 1994 bis 2010 jährlich erfasst.

Aufgrund der unterschiedlichen Buchhaltungssysteme der Kernkraftwerke ist eine einheitliche Gegenüberstellung der erfolgten Aufwendungen der Kernkraftwerke nicht immer möglich. Z.B. sind Kostenpositionen in den verschiedenen historischen Buchhaltungen nicht genau gleich abgebildet. Diese Tatsache hat aber keinen Einfluss auf die Ermittlung der Gesamtsummen der aufgelaufenen Kosten, erschwert jedoch Vergleiche. In der vorliegenden Studie ist eine weitgehend einheitliche Erhebung und Darstellung der erfolgten Aufwendungen angestrebt worden. Für die bereits erfolgten Aufwendungen des ZwiLag und der Nagra zulasten der KKW (und des Bundes) wurden die Angaben des ZwiLag bzw. der Nagra übernommen, um ein möglichst konsistentes historisches Kostenbild zu erhalten (Aufteilung der Investitions- und Betriebskosten, Fixkostenanteile etc.). Die Fixkosten der SMA- und LMA-Lager werden also mittels dem in den Kapiteln 3.1 und 3.2 beschriebenen aktuellen Kostenschlüssel rückwirkend bis 1972 abgerechnet und ersetzen die provisorischen Schlüssel zur Begleichung der Jahresrechnungen der Nagra. Unterschiede im Schlüssel werden verursacht durch die Änderung der thermischen Reaktorleistung bei den KKW und durch aktualisierte Volumenschätzungen des Bundes.

3.3.2 Zukünftige Aufwendungen / „Best Estimate“-Kosten

Unter zukünftigen Aufwendungen werden alle geschätzten Aufwendungen verstanden, die ab dem Aktualisierungsjahr – hier 2011 – bis zum Verschluss des geologischen Tiefenlagers für HAA/LMA 2116 zu erwarten sind. Ihnen liegen die Planungs- und Projektarbeiten für die Entsorgungsanlagen, Schätzung der Betriebskosten, werkspezifische Angaben über TLB-Investitionen sowie über Transporte und Wiederaufarbeitung zugrunde, alle entsprechend dem Kenntnisstand 2011.

Generell werden die zukünftigen Aufwendungen für jedes Kalenderjahr zu Preisen des Aktualisierungsjahres geschätzt. In der vorliegenden Aktualisierung der Kostenstudie beruhen alle Preise auf Basis des Jahres 2011.

Für Kosten, die in Fremdwährungen anfallen, beispielsweise TLB-Kosten, Wiederaufarbeitung werden die folgenden Wechselkurse verwendet:

- 1 \$ = 1.10 CHF
- 1 € = 1.40 CHF
- 1 £ = 1.80 CHF

Bei den hier vorgestellten Kostenschätzungen handelt es sich um so genannte "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 zu Grunde liegen. Die Kosten werden realistisch, jedoch ohne zusätzliche Sicherheitszuschläge nach bestem Expertenwissen zu heutigen Marktpreisen (Overnight-Kosten) geschätzt.

4 Resultate der Schätzung der Entsorgungskosten

In diesem Kapitel werden die Resultate der Schätzung der Entsorgungskosten 2011 zusammengefasst und erläutert.

4.1 Übersicht

Tabelle 6 zeigt auf, wie sich die Gesamtkosten nach Kostenelementen und Kostenträger zusammensetzen.

KS11 PB11	KKB	KKM	KKG	KKL	KKW	Bund	Total
TLB	127	83	339	296	846	2	848
Transporte	95	59	51	23	227	12	239
ZZL ZWIBEZ, Nasslager KKG	694	300	895	824	2'713	70	2'783
WA	1'034	388	1'028	346	2'795	-	2'795
GT SMA ^{a)}	631	308	809	971	2'718	562	3'280
GT LMA/HAA inkl Verpackung	1'492	674	1'885	2'390	6'441	97	6'538
TLB-Reinigung	50	24	66	91	230	0	231
Gesamt	4'124	1'834	5'071	4'940	15'970	744	16'714
Aufgelaufene Kosten	1'469	638	1'685	1'008	4'799	121	4'920
künftige Kosten	2'655	1'197	3'387	3'932	11'171	623	11'794 ⁵

^{a)} 109 Mio. CHF Grenzkosten der Stilllegungsabfälle bereits abgezogen und den Stilllegungskosten zugeschlagen

Tabelle 6: Gesamtkosten der nuklearen Entsorgung, Kostenelemente- und Träger, Mio. CHF

Die der obigen Tabelle zu Grunde liegenden Kostenschätzungen der einzelnen Entsorgungsschritte sind in den folgenden Anhängen detaillierter zusammengestellt:

A.2	Kosten der Transport & Lagerbehälter (TLB)	Seite 37
A.3	Transportkosten	Seite 38
A.4	Kosten der zentralen Abfallbehandlung sowie Zwischenlager von BE und radioaktiven Abfällen	Seite 41
A.5	Kosten des Zwibez und des KKG Nasslagers	Seite 41
A.6	Kosten der Wiederaufarbeitung (WA)	Seite 43
A.7	Kosten für die geologische Tiefenlagerung von SMA	Seite 44
A.8	Kosten für die geologische Tiefenlagerung von LMA/HAA	Seite 46
A.9	Kosten für die Verpackungsanlage BE und HAA	Seite 47
A.10	Kosten für die geologische Tiefenlagerung von LMA	Seite 49
A.11	Kosten für die TLB-Reinigung	Seite 49

⁵ Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Der besseren Übersicht über die Veränderung der Gesamtkosten dienen folgende Anhänge:

A.12	Entsorgungskosten 2006	Seite 50
A.13	Vergleich der Entsorgungskosten 2006 und 2011, PB11 und Barwert per 31.12.2010	Seite 50
A.14	Ergänzende Abbildungen	Seite 53
	• Vergleich der Entsorgungskosten 2006 und 2011	
	- Kostenelemente	Seite 56
	- Werksspezifische Kosten	Seite 57
	• Jährliche Ausgaben der Entsorgungskosten 1994–2116	Seite 58

Im Folgenden werden die Kostenelemente der Kostenschätzung 2011 mit denen der Kostenschätzung 2006 verglichen. Die Schätzungen werden jeweils zum Geldwert des Schätzungsjahres durchgeführt. Für den direkten Vergleich wurden die in der KS06 geschätzten zukünftigen Kosten (ab 2011) mit der in der SEFV verankerten und im Rückstellungsmodell berücksichtigten Teuerungsrate von 3 % von der Preisbasis 2006 (PB06) auf die Preisbasis 2011 (PB11) hochgerechnet.

In der Periode 2006–2010 wurden in der KS06 die geschätzten Kosten durch die effektiven getätigten nominalen Ausgaben ersetzt.

Bis 2010 haben die Kernkraftwerkbetreiber 4.8 Mia. CHF für die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente und der radioaktiven Abfälle bezahlt. Im späteren Verlauf der Kapitel werden bei den einzelnen Kostenelementen im Vergleich zur KS06 nur noch die zukünftigen Kosten ab 2011 dargestellt.

2007 wurden in der KS06 Gesamtkosten von 13'350 Mio. CHF geschätzt /10/ (vgl. Anhang 12 auf Seite 50). Wenn wie oben beschrieben die aufgelaufenen, nominalen Kosten bis 2010 aus der KS11 auch für die KS06 verwendet werden, ergibt sich ein Gesamtbetrag von 13'221 Mio. CHF. Die Kosten ab 2011 in der KS06 betragen 8'422 Mio. CHF auf PB06. Hochgerechnet auf PB11 entspricht dieser Betrag 9'764 Mio. CHF. Insgesamt ergibt sich somit ein Betrag für die KS06 von 14'563 Mio. CHF für die KKW.

Tabelle 7 weist die entsprechende teuerungsbereinigte Veränderung gegenüber der KS06 aus.

Die Kosten für die geologische Tiefenlagerung von HAA/LMA und Verpackungsanlage sind zwecks Vergleichs mit der KS06 in einer Kostenposition zusammengefasst (vgl. Tabelle 6 und Tabelle 7). In der Tabelle 38 sind die LMA-Kosten gesondert aufgeführt, um den in der KS11 neuen, expliziten LMA-Teil (Gesamt, KKW, Bund) auszuweisen.

Diff KS11 KS06 PB11 Abs	KKB	KKM	KKG	KKL	KKW	Bund	Total
TLB	-23	-11	105	-69	2	-	2
Transporte	-77	-29	-65	-49	-220	10	-210
ZZL ZWIBEZ, Nasslager KKG	55	36	60	68	220	-9	211
WA	60	13	23	-0	96	-	96
GT SMA	98	48	130	153	429	142	571
GT LMA/HAA inkl Verpackung	147	68	193	243	651	90	741
TLB-Reinigung	50	24	66	91	230	0	231
Gesamt	311	149	513	435	1'408	234	1'642
Aufgelaufene Kosten bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
künftige Kosten ab 2011	311	148	512	435	1'407	234	1'641

Diff KS11 KS06 PB11 %	KKB	KKM	KKG	KKL	KKW	Bund	Total
TLB	-15%	-11%	45%	-19%	0%	N/A	0%
Transporte	-45%	-33%	-56%	-69%	-49%	463%	-47%
ZZL ZWIBEZ, Nasslager KKG	9%	14%	7%	9%	9%	-11%	8%
WA	6%	4%	2%	0%	4%	N/A	4%
GT SMA	18%	18%	19%	19%	19%	34%	21%
GT LMA/HAA inkl Verpackung	11%	11%	11%	11%	11%	1402%	13%
TLB-Reinigung	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Gesamt	8%	9%	11%	10%	10%	46%	11%
Aufgelaufene Kosten bis 2010	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
künftige Kosten ab 2011	13%	14%	18%	12%	14%	60%	16% ⁶

Tabelle 7: *Teuerungsberichtigte Veränderung zwischen KS11 und KS06, Mio. CHF und %*

Wie aus Tabelle 7 zu ersehen ist, fällt nur beim Kostenelement Transporte die Schätzung tiefer aus. Die Schätzungen für die Wiederaufarbeitung und die TLB sind in etwa konstant geblieben. Das Kostenelement TLB-Reinigung ist neu. Nach der Entladung der TLB in der Verpackungsanlage werden sie gereinigt. Bei den übrigen Kostenelementen nahmen die Kosten unterschiedlich stark zu. Die Gründe für Kostensteigerungen innerhalb eines Kostenelementes, die über geringere Schwankungen hinausgehen, werden in den folgenden Abschnitten erläutert. Grössere Kraftwerk-spezifische Unterschiede und die Veränderung bei den Bundesabfällen werden dabei auch kommentiert. Dazu dienen die detaillierteren Resultate aus den Anhängen A.2 bis A.14 als Ergänzung.

4.2 Transport- und Lagerbehälter

Insgesamt sind die geschätzten Kosten für Transport- und Lagerbehälter (TLB) inkl. periodischer Behälterlizenzierungen gegenüber 2006 unverändert. Die TLB-Kosten der Kernkraftwerke KKB, KKM und KKL werden tiefer geschätzt. Die TLB-Kosten des KKG dagegen höher. Voraussichtlich werden zusätzliche Behälter zu einem höheren Einheitspreis beschafft.

⁶ Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

4.3 Transporte

Die KS11 enthält, wie schon die KS06 vor fünf Jahren, eine detaillierte Schätzung aller Transportkosten. Es wird eine teuerungsbereinigte Kostenabnahme bei den KKW von ca. 210 Mio. CHF oder rund 47 % gegenüber 2006 geschätzt. Der Grund dafür ist einerseits die Aktualisierung der Schätzung der künftigen Transportkosten der BE basierend auf Erfahrungswerten bisher durchgeführter Transporte von den Kernkraftwerken zum Zwilag. Andererseits wird für die Transporte vom Zwilag zum geologischen Tiefenlager neu angenommen, dass die Kosten pro Transport gleich sind wie die Erfahrungswerte bisher durchgeführter Transporte von den Kernkraftwerken zum Zwilag. Unter der Annahme, dass die heutigen TLB auch für den Transport ins HAA-Lager verwendet werden, gibt es keinen Grund, weshalb der Transport ins geologische Tiefenlager wesentlich teurer sein sollte. Daher wurde die konservative Annahme in der KS06 durch den Erfahrungswert ersetzt.

4.4 Zentrale Abfallbehandlung und Zwischenlagerung (Zwilag)

Die Schätzung der Gesamtkosten für die zentrale Abfallbehandlung und Zwischenlagerung ist gegenüber der Kostenschätzung 2006 um ca. 143 Mio. CHF oder 6 % gestiegen. Die wichtigsten Veränderungen sind:

- Die Ersatz- und Ergänzungsinvestitionen werden aufgrund der bisherigen Erfahrungen real um ca. 169 Mio. CHF höher geschätzt.
- Die geschätzten Betriebskosten liegen real etwas unter den Kosten der KS06 (-26 Mio. CHF).

4.5 Zwibez

Die Schätzung der Zwibez-Kosten zu Lasten der Entsorgung beträgt 200 Mio. CHF. Sie sind somit teuerungsbereinigt 62 Mio. CHF höher ausgefallen als in der KS06. Auf der Investitionsseite sind neu die dritte Ausbaustufe und die Ausrüstung für den autonomen Betrieb berücksichtigt. Die Betriebskosten belaufen sich voraussichtlich auf 4.2 Mio. CHF pro Jahr (KS06 PB11 3.0 Mio. CHF pro Jahr) und werden wie in der KS06 zwischen 2026 und 2063 berücksichtigt. Der Anstieg der Betriebskosten ist vorwiegend darauf zurückzuführen, dass die Instandhaltungskosten höher geschätzt werden.

4.6 KKG-Nasslager

Die geschätzten Kosten des KKG-Nasslagers zu Lasten der Entsorgung belaufen sich auf 157 Mio. CHF. Sie sind wegen gestiegener Betriebskosten teuerungsbereinigt knapp 6 Mio. CHF höher ausgefallen als in der KS06. Neu sind auch die Betriebskosten zwischen 2008 und 2029 als Entsorgungskosten aufgeführt. Die Ergänzungsinvestitionen „Ertüchtigung Lüftung und Wasserreinigung“ sind bereits erfolgt und erscheinen somit nicht in diesem Vergleich, da die aufgelaufenen Kosten der KS11 bis 2010 für die beiden Studien 2011 und 2006 verwendet werden.

4.7 Wiederaufarbeitung

Die WA-Kosten werden 4 % höher geschätzt. Viele der Ausgaben sind vor 2011 getätigt worden. Die Rückführung der Wiederaufarbeitungsabfälle wird bis 2018 abgeschlossen und die Kostenschätzung dafür hat sich real wenig geändert.

4.8 Geologische Tiefenlagerung

4.8.1 Vergleich der Gesamtkosten

Tabelle 8 zeigt den Vergleich der Kosten der geologischen Tiefenlager und Verpackungsanlage auf PB11. In der KS11 sind neu auch die Kosten der TLB-Reinigung berücksichtigt. Die Angaben beinhalten die aufgelaufenen Kosten der KS11 bis 2010. In den Gesamtsummen sind die Kosten der KKW und des Bundes enthalten. Die Grenzkosten der Stilllegungsabfälle sind bereits abgezogen und wurden den Stilllegungskosten zugeschlagen. Für die KS11 sind dies 109 Mio. CHF, für die KS06 waren es 81 Mio. CHF (PB11).

	SMA	HAA/LMA	VA	Total
KS11 PB11	3'280	5'352	1'416	10'049
KS06 PB11	2'709	4'320	1'477	8'506
Diff (Abs)	571	1'032	-60	1'543
Diff (%)	21%	24%	-4%	18%

Tabelle 8: Vergleich der Kosten der geologischen Tiefenlager und Verpackungsanlage, Mio. CHF und %, PB11

Für die geologischen Tiefenlager ergibt sich somit eine teuerungsbereinigte Kostenzunahme von rund 18 %.

Werden die geschätzten Kosten weiter aufgeschlüsselt und auf Basis der verschiedenen Projektphasen ab 2011 verglichen, ergibt sich das folgende Bild (vgl. Tabelle 9)

Projektphase	Geol. Tiefenlager und VA, Kosten ab 2011			
	KS06 PB11	KS11 PB11	Diff (Abs)	Diff (%)
Standortwahl	435'855	783'786	347'932	80%
Bau/Betrieb FL	1'653'518	1'554'749	-98'769	-6%
Bau Lager	1'614'375	2'488'791	874'415	54%
Betrieb Lager	1'906'982	2'105'906	198'924	10%
Beobachtung	1'527'385	1'724'778	197'393	13%
Verschluss	349'881	373'040	23'159	7%
Total	7'487'996	9'031'051	1'543'054	21%

Tabelle 9: Vergleich der Kosten der geologischen Tiefenlager ab 2011, kCHF und %, PB11

Für das Arbeitsgebiet „Erdwissenschaften“ sind in der Phase „Standortwahl“, d.h. Sachplanverfahren bis Einreichung Rahmenbewilligungsgesuch, grosse Mehrkosten zu verzeichnen. Die Mehrkosten sind einerseits auf den Umfang des Sachplanverfahrens, aber auch auf die

stark gestiegenen Marktpreise für Seismik zurückzuführen. Dabei schlagen vor allem die in Etappe 3 neu als notwendig erachteten umfangreichen Feldprogramme zu Buche.

Erhebliche Mehrkosten gegenüber der Schätzung KS06 ergeben sich auch für den Bau und den Betrieb der geologischen Tiefenlager sowie die Beobachtungsphase und den Verschluss der Lager. Die grössten Unterschiede zwischen den zwei Studien rühren daher, dass in der KS11 von verschärften Vorgaben für die Auslegung der geologischen Tiefenlager ausgegangen wird. Namentlich sind dies höhere Anforderungen an die konventionelle und radiologische Betriebssicherheit während des Normalbetriebs, bei Störfällen sowie Massnahmen zur Evakuierung und Rettung. Diese am Konzept vorgenommenen Änderungen widerspiegeln die Entwicklung der letzten Jahre im Tunnelbau, aber auch bei den Nuklearanlagen. Vereinfacht kann gesagt werden, dass man neu davon ausgeht, dass bereits während des Tunnelbaus, also während der konventionellen Phase des Lagers, Anforderungen gestellt werden, die normalerweise nur für nukleare Anlagen gefordert werden. Die geologischen Tiefenlager in der KS11 sind somit nicht nur teurer als die Lager in der KS06, sondern erfüllen auch höhere Anforderungen beim Bau und Betrieb dieser Anlagen.

Die erhöhten Anforderungen führen für die untertägigen Anlagen unter anderem auch zu Mehrausbruch für zusätzliche Tunnels und Schächte (mehr Redundanz und Diversität der Zugänge).

Zudem ergeben sich auch Mehrkosten für den behördlichen Mehraufwand vor allem in der Phase der Standortwahl (Sachplan- und Rahmenbewilligungsverfahren insbesondere als Folge des aufwändigen Partizipationsverfahrens), aber auch in der Betriebsphase der Lager.

Diese Neueinschätzung der zu erwartenden Anforderungen und Auflagen basiert vor allem auf den Erfahrungen beim Zwiilag und dem Nasslager Gösgen. Es gibt aber auch andere Bau-tätigkeiten innerhalb der Kraftwerkareale, die im historischen Vergleich massive Kostensteigerungen in den letzten Jahren aufgezeigt haben.

4.8.2 Geologisches Tiefenlager SMA

Tabelle 10 vergleicht die geschätzten Kosten der verschiedenen Projektphasen des SMA-Lagers ab 2011.

Projektphase	SMA-Lager, Kosten ab 2011			
	KS06 PB11	KS11 PB11	Diff (Abs)	Diff (%)
Standortwahl/RBG	204'798	335'815	131'017	64%
Bau/Betrieb FL	537'514	600'308	62'794	12%
Bau Lager	465'454	576'784	111'330	24%
Betrieb Lager	407'676	480'456	72'781	18%
Beobachtung	552'782	701'285	148'503	27%
Verschluss	99'310	144'100	44'790	45%
Total	2'267'534	2'838'748	571'214	25%

Tabelle 10: Vergleich der Kosten des SMA-Lagers ab 2011, kCHF und %, PB11

Neben den oben erwähnten Ursachen ist im Falle des SMA-Lagers, der zusätzliche Ausbruch zu erwähnen. Er erklärt die Zunahme der Kosten für den Verschluss, wobei dort zusätzlich auch Mehrkosten wegen einer notwendigen Änderung in den Verfüllmaterialien in gewissen Teilen des SMA-Lagers zu Buche schlagen.

4.8.3 Geologisches Tiefenlager HAA/LMA

Tabelle 11 vergleicht die geschätzten Kosten der verschiedenen Projektphasen des HAA/LMA-Lagers ab 2011.

Projektphase	HAA/LMA-Lager, Kosten ab 2011			
	KS06 PB11	KS11 PB11	Diff (Abs)	Diff (%)
Standortwahl/RBG	224'814	439'095	214'281	95%
Bau/Betrieb FL	1'069'211	918'088	-151'123	-14%
Bau Lager	577'979	1'076'947	498'968	86%
Betrieb Lager	707'480	884'085	176'605	25%
Beobachtung	913'734	998'353	84'619	9%
Verschluss	250'571	228'940	-21'631	-9%
Total	3'743'788	4'545'508	801'719	21%

Tabelle 11: Vergleich der Kosten des HAA-Lagers ab 2011, kCHF und %, PB11

Neben den oben erwähnten Ursachen ist im Falle des HAA-Lagers zusätzlich eine vorsichtiger Einschätzung der geologischen Rahmenbedingungen, z.B. bei den Lagerstollen HAA oder beim Zugangstunnel durch potenziell stark wasserführende Schichten, berücksichtigt. Dadurch steigen auch die Betriebs-, Unterhalt- und Erhaltungskosten. Die weiter oben angesprochenen erhöhten Anforderungen führen zu höheren Anlagenkosten für die Empfangsanlage. Es braucht vermehrt eine räumliche und betriebliche Trennung von sicherheitsrelevanten Aktivitäten. Der Betriebsaufwand steigt durch zusätzliches Personal aufgrund der Aufgabentrennung sowie erhöhte Betriebs- und Unterhaltskosten aufgrund der grösseren und komplexeren Anlagen. Zu den Mehrkosten führen auch die herausfordernde Marktsituation für „nukleare“ Bauteile, wo zur Zeit die Preissituation pessimistisch eingeschätzt wird.

4.8.4 Verpackungsanlage für Brennelemente und HAA

Tabelle 12 vergleicht die geschätzten Kosten der verschiedenen Projektphasen der Verpackungsanlage ab 2011.

Projektphase	Verpackungsanlage, Kosten ab 2011			
	KS06 PB11	KS11 PB11	Diff (Abs)	Diff (%)
Standortwahl	6'243	8'876	2'633	42%
Bau/Betrieb FL	46'794	36'354	-10'440	-22%
Bau Lager	570'942	715'060	144'118	25%
Betrieb Lager	791'826	634'141	-157'685	-20%
Beobachtung	60'869	21'807	-39'062	-64%
Verschluss	-	-	-	N/A
Total	1'476'674	1'416'238	-60'436	-4%

Tabelle 12: Vergleich der Kosten der Verpackungsanlage, kCHF und %, PB11

Die Kosten der Verpackungsanlage ab 2011 betragen 1'416 Mio. CHF. Die Kosten haben also teuerungsbereinigt etwas abgenommen, und zwar um 60 Mio. CHF⁷. Der wesentlichste Grund dafür ist, dass im Gegensatz zum Tunnelbau die Teuerung etwas unter dem Modellansatz von 3 % lag.

4.8.5 Behandlung der Transport- und Lagerbehälter (TLB-Reinigung)

Neu wird davon ausgegangen, dass die für die Zwischenlagerung im Zwiilag verwendeten Transport und Lagerbehälter nicht mehr kosteneffizient gereinigt werden können. Das heisst, der Restwert der im Behälter verarbeiteten hochwertigen Metalle ist kleiner als die Reinigungskosten. Für die KS11 wird daher von Kosten von rund 230 Mio. CHF für die Reinigung der Transport- und Lagerbehälter ausgegangen (vgl. Tabelle 13).

Projektphase	TLB-Reinigung
	Kosten ab 2011 KS11 PB11
Standortwahl	-
Bau/Betrieb FL	-
Bau Lager	120'000
Betrieb Lager	107'224
Beobachtung	3'333
Verschluss	-
Total	230'557

Tabelle 13: Kosten der TLB-Reinigung ab 2011, kCHF und %, PB11

Dafür werden zusätzliche Investitionen im Bereich des HAA-Lagers getätigt, um Aufgaben wie Dekontamination oder Abklinglagerung nach der Entladung der Behälter durchführen zu können.

4.8.6 Bundesanteil an den Entsorgungskosten

Die Methodik zur Bestimmung der Bundesanteile wurde im Kapitel 3.1 beschrieben.

Es dominieren zwei Effekte die Mehrkosten, dabei sind die Prozentzahlen mit Vorsicht zu interpretieren, da der Referenzwert aus der KS06 pauschal bestimmt wurde und zum Teil sehr tief liegt (vgl. Tabelle 7).

Der erste Effekt ist die allgemeine Kostensteigerung bei den Tiefenlagern, wie sie bereits für die Kraftwerke beschrieben wurde. Dies führt für den Bund im SMA-Lager zu zusätzlichen Kosten von rund 140 Mio. CHF.

⁷ In der KS06 wurden, zwecks Vergleichs mit der KS01, die festen Investitions- und Betriebskostenanteile VA-HAA, den festen Kosten des HAA-Lagers gutgeschrieben. Des Weiteren wurden die variablen Investitions- und Betriebskosten der HAA-Verpackung den variablen Kosten des HAA-Lagers zugerechnet. Zwecks Vergleichs zwischen der KS06 und der K11 wurden diese Umbuchungen in den KS06-Unterlagen rückgängig gemacht. Die Umbuchungen sind gesamt gesehen kostenneutral.

Der zweite Effekt ist die Berücksichtigung eines Bundesanteils beim LMA-Lager. In der KS06 wurde dieser noch als vernachlässigbar eingeschätzt und nicht ausgewiesen. Bei der Berücksichtigung des durch den Bund aktualisierten Mengengerüsts (Volumen und Toxizität für den Referenzfall) kann der Bundesanteil im LMA-Lager nicht mehr vernachlässigt werden. Der Fixkostenanteil am LMA-Lager beträgt neu 47.5 % oder rund 89 Mio. CHF, und die variablen Kosten betragen rund 7 Mio. CHF.

4.9 Aktualisierung der Kostenschätzung 2011

Damit auch zukünftige Erkenntnisse in die Studien einfließen können, aktualisieren die Kernkraftwerkbetreiber die vorliegenden Kostenschätzungen alle 5 Jahre. Die nächste reguläre Kostenschätzung ist für das Jahr 2016 vorgesehen.

A Anhänge

A.1 Allgemeine Parameter und spezifische Kostenverteilschlüssel

A.1.1 Kostenverteilschlüssel für Zwischenlager und Behandlungsanlagen

Aktionärsschlüssel

Basis der Aufteilung des festen Anteils der Kosten auf die einzelnen KKW ist der so genannten *Aktionärsschlüssel*. Dies ist der vertraglich festgelegte MWth-Schlüssel des Jahres 1990, dem Jahr, in dem der Aktionärsvertrag der Zwiilag Zwischenlager Würenlingen AG abgeschlossen wurde.

Mit Ausnahme des HAA-Lagers wird der Aktionärsschlüssel in unveränderter Form auf den *festen* Anteil aller Hauptkostenstellen angewendet. Bei den Behandlungsanlagen wird vor seiner Anwendung der pauschale Kostenbeitrag des Bundes in Höhe von 30 Mio. CHF abgezogen. Beim HAA-Lager kommt ein *modifizierter Aktionärsschlüssel* (siehe unten) zur Anwendung.

Somit sollen für die Hauptkostenstellen *HAA-, MAA- und SAA-Lager* die festen Betriebskosten zu 100 % nach dem Solidaritätsprinzip verteilt werden.

Modifizierter Aktionärsschlüssel

Zusätzlich zum Zwiilag-Hochaktivlager mit seinen 200 Stellplätzen hat die Axpo am Standort des KKB ein eigenes Hochaktiv-Zwischenlager, das Zwibez, mit 48 Stellplätzen erstellt. Beide Lager werden in wirtschaftlicher Einheit so betrieben, dass das Zwibez allein von Axpo errichtet und benützt wird und diese auch die dabei anfallenden Kosten zu 100 % trägt. Mit ihrem daraus resultierenden geringeren Bedarf von nur 12 Stellplätzen im Zwiilag-Hochaktivlager sinkt vereinbarungsgemäss ihr Anteil an den Kosten der Hauptkostenstelle HAA-Lager und es ergibt sich eine Modifikation des Aktionärsschlüssels.

Aufteilung der Betriebskosten in Solidaritäts- und Nutzungsanteil

Die festen Betriebskosten der *Plasmaanlage* werden zu je 50 % in *Solidaritätsanteil* und *Nutzungsanteil* aufgeteilt.

Einer allfälligen Inanspruchnahme der Plasmaanlage durch den Bund wird *kein* Solidaritätsanteil zugeordnet. Zur Vermeidung eines verzerrten Kostenbildes wird der Nutzungsfaktor des PSI ($\beta=1$) nach Ausserbetriebnahme des letzten KKW ab 2034 (bis 2049) nicht mehr angewendet, sondern analog der Konditionierungsanlage ein Nutzungszuschlag in der Höhe der direkten Kampagnenkosten eingesetzt.

Die Benutzer der Konditionierungsanlage (K) tragen einen Anteil an den nicht zuteilbaren und festen Betriebskosten der Konditionierungsanlage in der Höhe der direkt zuteilbaren Kosten (Kampagnenkosten) pro Jahr. Die um diesen Anteil reduzierten, nicht zuteilbaren und festen Betriebskosten werden nach Solidaritätsschlüssel verteilt.

Solidaritätsanteil der festen Betriebskosten:

- Plasmaanlage: $\alpha = 50 \%$
- Heisse Zelle: $\alpha = 80 \%$
- Konditionierungsanlage: $\alpha = 100 \%$

Kostenanteil des Bundes:

- Investitionen pauschal 30 Mio. CHF für die Abfallbehandlungsanlagen
- Betrieb der Plasmaanlage $\alpha = 0\%$ (nur Nutzungsanteil)

		KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW	Bund (fiktiv)	Total	Anzuwenden auf
Thermische Reaktorleistung 1990¹⁾	MWth	2'260	997	2'900	3'138	9'295	0	9'295	Berechnung des Aktionärsschlüssels und des modifizierten Aktionärsschlüssels
Aktionärs- Schlüssel	ohne²⁾ Bundes- beteiligung	24.3 %	10.7 %	31.2 %	33.8 %	100 %	-		Alle Baukosten und Ersatzinvestitionen des Zwiilag (inkl. Abgeltungen) sowie vereinbarter Anteil an den festen Betriebskosten Ausnahme: HAA-Lager
Modifizierter Aktionärs- schlüssel HAA-Lager	TLB- Stellplatz- verteilung	12	27	77	84	200			Zwiilag allein
	Verteil- schlüssel	6,0 %	13,5 %	38,5 %	42,0 %	100 %			Alle Baukosten und Ersatzinvestitionen (inkl. Abgeltungen) sowie feste Betriebskosten des HAA-Lagers
Verteilsschlüssel Zwibez HAA	TLB- Stellplatz- verteilung	48	0	0	0	48			Zwibez allein
	Verteil- schlüssel	100,0 %	0 %	0 %	0 %	100 %			Alle Kosten Zwibez HAAA

¹⁾ Jahr des Abschlusses des Aktionärsvertrages für das Zwiilag

²⁾ Ein Anteil des Bundes von 30 Mio. CHF an den Kosten der Behandlungsanlagen ist dabei bereits vorweg abgezogen

In der vorliegenden Kostenschätzung wurde die Darstellung des Zwiilag unverändert übernommen, da die Verteilung aller Kosten auf die Partner bereits erfolgt war.

A.1.2 Kostenverteilungsschlüssel für die geologischen Tiefenlager (SMA- und HAA/LMA-Lager) und Verpackungsanlage (VA)

Mittlerer MWth-Schlüssel mit bzw. ohne Bundesbeteiligung

Die Methodik zur Ermittlung des Bundesanteils an den Fixkosten SMA, LMA und HAA basiert neu auf Volumen- und ITP-Anteilen der Entsorgungspflichtigen. Die Ermittlung auf Basis des Abfallmengengerüsts der KS11 hat für die Fixkosten des LMA-Lagers einen Bundesanteil von 47.5 % und für die Fixkosten des SMA-Lagers einen Bundesanteil von 18.2 % ergeben. Für die weitere Verteilung der Kosten unter den Kernkraftwerken wurde die bisherige Methodik der Kostenverteilung der geologischen Tiefenlager für SMA und HAA sowie Verpackungsanlage unverändert aus der KS06 übernommen.

Die Aufteilung des festen Anteils der Kosten erfolgt somit analog mit der Methodik der KS06 mit dem mittleren MWth-Kostenverteilschlüssel. Er wird aus den über 50 Betriebsjahre gemittelten thermischen Leistungen der einzelnen KKW bestimmt, um den in der Betriebszeit vorgenommenen Änderungen der thermischen Leistung der einzelnen KKW Rechnung zu tragen.

Die Verpackung von abgebrannten Brennelementen für die direkte Einlagerung in ein geologisches Tiefenlager soll in einer schweizerischen Verpackungsanlage für Brennelemente (VABE) im Bereich des HAA-Endlagers erfolgen. Die festen Investitions- und Betriebskosten der VABE werden analog mit der Methodik der KS06 auf die KKW-Betreiber im Verhältnis ihrer direkt einzulagernden Mengen Schwermetall aufgeteilt.

Die von der Nagra angegebenen festen Investitions- und Betriebskosten der Verpackungsanlage für Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung (VAHA) werden analog mit der Methodik der KS06 mittels des mittleren MWth-Kostenverteilschlüssels verteilt.

		KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW	Bund	Total	Anzuwenden auf
Mittlere thermische Reaktorleistung	MWth	2'260	1'051	2'965	3'457	9'733	2'165	11'898	
Mittlerer MWth-Kosten-schlüssel	ohne Bundes-beteiligung	23.22 %	10.80 %	30.46 %	35.52 %	100.0 %	-		Feste Investitions- u. Betriebskosten HAA, VAHA Abgeltungen SMA und HAA
	mit Bundes-Beteiligung	18.99 %	8.83 %	24.92 %	29.06 %	81.80 %	18.20 %	100.0 %	Feste Investitions- u. Betriebskosten SMA ohne Abgeltungen
Mittlere thermische Reaktorleistung	MWth	2'260	1'051	2'965	3'457	9'733	8'806	18'539	
Mittlerer MWth-Kosten-Schlüssel	mit Bundes-Beteiligung	12.19 %	5.67 %	15.99 %	18.65 %	52.50%	47.50%	100.0 %	Feste Investitions- u. Betriebskosten LMA ohne Abgeltungen
Direkt endzu-lagernde Brenn-stoffmenge	tSM _{init}	489	230	607	1'117	2'443	0	2'443	
Kostenvertei-lschlüssel	ohne Bundes-beteiligung	20.02 %	9.41 %	24.85 %	45.72 %	100.0 %	0	100.0 %	Feste Investitions- u. Betriebskosten VABE

A.2 Kosten der Transport- & Lagerbehälter (TLB)

KS11	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Kosten BE-Behälter	103.43	68.79	315.89	286.60	774.71	1.90	776.61
bis 2010	22.52	34.46	34.35	63.26	154.59	1.90	156.49
2011 bis ABN	25.14	28.28	179.90	100.77	334.09	-	334.09
nach ABN	55.77	6.05	101.64	122.57	286.03	-	286.03
Kosten WA-Behälter	24.06	14.33	23.10	9.65	71.14	-	71.14
bis 2010	9.82	7.79	7.63	5.83	31.07	-	31.07
2011 bis ABN	14.24	6.53	15.47	3.82	40.07	-	40.07
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
Total Behälterkosten	127.49	83.12	338.99	296.25	845.85	1.90	847.75
bis 2010	32.34	42.26	41.98	69.09	185.66	1.90	187.56
2011 bis ABN	39.38	34.81	195.37	104.59	374.15	-	374.15
nach ABN	55.77	6.05	101.64	122.57	286.03	-	286.03

Tabelle 14: Kosten der TLB, KS11 (PB11)

KS06	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Kosten BE-Behälter	139.42	80.24	218.53	354.46	792.65	1.90	794.55
bis 2010	22.52	34.46	34.35	63.26	154.59	1.90	156.49
2011 bis ABN	34.03	11.47	-	64.69	110.18	-	110.18
nach ABN	82.88	34.31	184.18	226.51	527.88	-	527.88
Kosten WA-Behälter	10.83	13.52	15.48	11.01	50.84	-	50.84
bis 2010	9.82	7.79	7.63	5.83	31.07	-	31.07
2011 bis ABN	1.02	5.72	7.85	5.17	19.77	-	19.77
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
Total Behälterkosten	150.26	93.75	234.01	365.47	843.49	1.90	845.39
bis 2010	32.34	42.26	41.98	69.09	185.66	1.90	187.56
2011 bis ABN	35.04	17.19	7.85	69.86	129.95	-	129.95
nach ABN	82.88	34.31	184.18	226.51	527.88	-	527.88

Tabelle 15: Kosten der TLB, KS06 (PB11)

Diff KS11 KS06 Abs	Veränderung (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Kosten BE-Behälter	-36.00	-11.45	97.36	-67.86	-17.94	-	-17.94
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-8.89	16.81	179.90	36.09	223.91	-	223.91
nach ABN	-27.11	-28.26	-82.54	-103.94	-241.85	-	-241.85
Kosten WA-Behälter	13.23	0.81	7.62	-1.36	20.30	-	20.30
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	13.23	0.81	7.62	-1.36	20.30	-	20.30
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
Total Behälterkosten	-22.77	-10.64	104.98	-69.21	2.36	-	2.36
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	4.34	17.62	187.52	34.73	244.21	-	244.21
nach ABN	-27.11	-28.26	-82.54	-103.94	-241.85	-	-241.85

Tabelle 16: Kosten der TLB, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)

A.3 Transportkosten

KS11	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
BE KKW -> ZZL	-	29.16	1.62	6.25	37.02	-	37.02
bis 2010	-	14.14	-	1.33	15.47	-	15.47
2011 bis ABN	-	8.99	0.93	2.40	12.32	-	12.32
nach ABN	-	6.02	0.69	2.52	9.23	-	9.23
BE KKW -> WA	49.63	16.77	30.45	4.81	101.66	-	101.66
bis 2010	49.63	16.77	30.45	4.81	101.66	-	101.66
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
HAA WA -> ZZL	10.90	3.13	5.04	1.25	20.32	-	20.32
bis 2010	1.84	-	-	-	1.84	-	1.84
2011 bis ABN	9.05	3.13	5.04	1.25	18.47	-	18.47
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
LMA WA -> ZZL	3.11	1.78	7.18	0.90	12.98	-	12.98
bis 2010	0.49	0.13	5.05	-	5.67	-	5.67
2011 bis ABN	2.62	1.65	2.14	0.90	7.31	-	7.31
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
SMA WA -> ZZL	25.67	-	-	-	25.67	-	25.67
bis 2010	25.67	-	-	-	25.67	-	25.67
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
BA & RA KKW->ZZL/SMA	1.65	5.12	0.86	2.39	10.02	11.93	21.94
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	0.19	0.51	0.38	0.42	1.50	11.93	13.43
nach ABN	1.46	4.61	0.48	1.97	8.52	-	8.52
Alle Trp ZZL-> HAA/LMA	3.67	1.75	4.82	6.26	16.50	0.32	16.82
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	3.67	1.75	4.82	6.26	16.50	0.32	16.82
Alle Trp ZZL-> SMA	0.23	1.16	0.60	0.78	2.77	0.09	2.86
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	0.09	0.09
nach ABN	0.23	1.16	0.60	0.78	2.77	-	2.77
Total Transportkosten	94.86	58.87	50.57	22.64	226.93	12.34	239.27
bis 2010	77.64	31.04	35.49	6.14	150.31	-	150.31
2011 bis ABN	11.86	14.29	8.48	4.97	39.61	12.02	51.62
nach ABN	5.36	13.54	6.59	11.53	37.02	0.32	37.34

KKG Kosten Transporte HAA WA-> Zwilag bis 2010 in den WA-Kosten enthalten

Kosten Transporte BA & RA -> Zwilag bis 2010 in den Zwilag-Kosten enthalten

Tabelle 17: Kosten der Transporte, KS11 (PB11)

KS06	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
BE KKW -> ZZL	-	32.92	18.42	5.44	56.78	-	56.78
bis 2010	-	14.14	-	1.33	15.47	-	15.47
2011 bis ABN	-	9.07	-	0.87	9.94	-	9.94
nach ABN	-	9.70	18.42	3.25	31.37	-	31.37
BE KKW -> WA	49.63	16.77	30.45	4.81	101.66	-	101.66
bis 2010	49.63	16.77	30.45	4.81	101.66	-	101.66
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
HAA WA -> ZZL	7.45	2.31	6.37	1.10	17.23	-	17.23
bis 2010	1.84	-	-	-	1.84	-	1.84
2011 bis ABN	5.61	2.31	6.37	1.10	15.38	-	15.38
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
LMA WA -> ZZL	26.89	10.11	14.78	2.94	54.73	-	54.73
bis 2010	0.49	0.13	5.05	-	5.67	-	5.67
2011 bis ABN	26.40	9.98	9.74	2.94	49.06	-	49.06
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
SMA WA -> ZZL	25.67	-	-	-	25.67	-	25.67
bis 2010	25.67	-	-	-	25.67	-	25.67
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
BA & RA KKW->ZZL/SMA	0.96	1.15	0.46	1.63	4.19	0.06	4.25
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	0.03	0.06	0.02	0.03	0.14	0.01	0.16
nach ABN	0.93	1.09	0.44	1.59	4.05	0.05	4.10
Alle Trp ZZL-> HAA/LMA	58.97	23.64	44.49	55.78	182.88	0.36	183.23
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	58.97	23.64	44.49	55.78	182.88	0.36	183.23
Alle Trp ZZL-> SMA	2.31	1.11	0.15	0.40	3.97	1.77	5.74
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	2.31	1.11	0.15	0.40	3.97	1.77	5.74
Total Transportkosten	171.88	88.01	115.11	72.10	447.10	2.19	449.29
bis 2010	77.64	31.04	35.49	6.14	150.31	-	150.31
2011 bis ABN	32.03	21.42	16.13	4.95	74.53	0.01	74.54
nach ABN	62.21	35.54	63.49	61.02	222.26	2.18	224.43

Tabelle 18: Kosten der Transporte, KS06 (PB11)

Diff KS11 KS06 Abs	Veränderung (Mio. CHF)						Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW			
BE KKW -> ZZL	-	-3.76	-16.80	0.80	-19.75	-	-19.75	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	-	-0.08	0.93	1.53	2.38	-	2.38	
nach ABN	-	-3.68	-17.73	-0.73	-22.13	-	-22.13	
BE KKW -> WA	-	-	-	-	-	-	-	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-	
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-	
HAA WA -> ZZL	3.45	0.83	-1.33	0.14	3.09	-	3.09	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	3.45	0.83	-1.33	0.14	3.09	-	3.09	
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-	
LMA WA -> ZZL	-23.78	-8.33	-7.60	-2.04	-41.75	-	-41.75	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	-23.78	-8.33	-7.60	-2.04	-41.75	-	-41.75	
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-	
SMA WA -> ZZL	-	-	-	-	-	-	-	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-	
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-	
BA & RA KKW->ZZL/SMA	0.69	3.97	0.40	0.77	5.83	11.86	17.69	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	0.16	0.45	0.36	0.39	1.36	11.91	13.27	
nach ABN	0.53	3.52	0.04	0.38	4.47	-0.05	4.42	
Alle Trp ZZL-> HAA/LMA	-55.30	-21.89	-39.66	-49.52	-166.38	-0.03	-166.41	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-	
nach ABN	-55.30	-21.89	-39.66	-49.52	-166.38	-0.03	-166.41	
Alle Trp ZZL-> SMA	-2.08	0.05	0.45	0.38	-1.20	-1.68	-2.88	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	0.09	0.09	
nach ABN	-2.08	0.05	0.45	0.38	-1.20	-1.77	-2.97	
Total Transportkosten	-77.02	-29.14	-64.55	-49.46	-220.16	10.15	-210.02	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	-20.17	-7.13	-7.65	0.02	-34.92	12.00	-22.92	
nach ABN	-56.85	-22.01	-56.90	-49.48	-185.24	-1.85	-187.10	

Tabelle 19: Kosten der Transporte, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)

A.4 Kosten der zentralen Abfallbehandlung sowie Zwischenlager von BE und radioaktiven Abfällen

KS11	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Investitionen	210.68	102.03	296.77	321.71	931.20	29.74	960.94
bis 2010	115.25	60.01	174.25	188.98	538.50	29.74	568.24
2011 bis ABN	23.09	12.40	55.13	73.24	163.86	-	163.86
nach ABN	72.34	29.62	67.39	59.49	228.84	-	228.84
Betrieb	283.08	197.65	440.19	502.14	1'423.06	40.55	1'463.61
bis 2010	37.45	31.06	59.41	68.33	196.25	4.89	201.14
2011 bis ABN	50.96	48.72	132.59	190.46	422.72	35.62	458.34
nach ABN	194.67	117.86	248.19	243.36	804.09	0.04	804.13
Total	493.76	299.68	736.96	823.86	2'354.25	70.29	2'424.55
bis 2010	152.70	91.07	233.66	257.31	734.74	34.64	769.38
2011 bis ABN	74.05	61.12	187.72	263.70	586.58	35.62	622.20
nach ABN	267.01	147.49	315.59	302.84	1'032.93	0.04	1'032.97

Tabelle 20: Kosten der zentralen Abfallbehandlung und Zwischenlagerung, KS11 (PB11)

KS06	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Investitionen	169.70	83.99	244.16	264.71	762.55	29.74	792.30
bis 2010	115.25	60.01	174.25	188.98	538.50	29.74	568.24
2011 bis ABN	11.89	5.23	15.26	16.54	48.92	-	48.92
nach ABN	42.56	18.74	54.64	59.20	175.14	-	175.14
Betrieb	330.81	179.29	438.05	491.61	1'439.76	49.57	1'489.33
bis 2010	37.45	31.06	59.41	68.33	196.25	4.89	201.14
2011 bis ABN	50.99	26.46	60.85	69.24	207.54	11.70	219.24
nach ABN	242.37	121.77	317.79	354.04	1'035.97	32.98	1'068.95
Total	500.51	263.27	682.21	756.32	2'202.31	79.32	2'281.63
bis 2010	152.70	91.07	233.66	257.31	734.74	34.64	769.38
2011 bis ABN	62.88	31.69	76.12	85.78	256.46	11.70	268.16
nach ABN	284.93	140.51	372.43	413.24	1'211.11	32.98	1'244.09

Tabelle 21: Kosten der zentralen Abfallbehandlung und Zwischenlagerung, KS06 (PB11)

Diff KS11 KS06 Abs	Veränderung (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Investitionen	40.98	18.04	52.62	57.00	168.64	-	168.64
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	11.20	7.16	39.87	56.71	114.93	-	114.93
nach ABN	29.78	10.88	12.75	0.29	53.71	-	53.71
Betrieb	-47.73	18.36	2.14	10.53	-16.70	-9.02	-25.72
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-0.03	22.27	71.73	121.22	215.19	23.91	239.10
nach ABN	-47.70	-3.91	-69.59	-110.68	-231.89	-32.94	-264.82
Total	-6.75	36.40	54.76	67.53	151.94	-9.02	142.92
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	11.17	29.43	111.60	177.92	330.12	23.91	354.04
nach ABN	-17.92	6.98	-56.84	-110.39	-178.18	-32.94	-211.12

Tabelle 22: *Kosten der zentralen Abfallbehandlung und Zwischenlagerung, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)*

A.5 Kosten des Zwibez und des KKG Nasslagers

KS11	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Investitionen	40.90	-	90.33	-	131.23	-	131.23
davon bis 2010	25.00	-	87.18	-	112.18	-	112.18
davon 2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
davon nach ABN	15.90	-	3.15	-	19.05	-	19.05
Betrieb	159.60	-	67.43	-	227.03	-	227.03
davon bis 2010	-	-	3.77	-	3.77	-	3.77
davon 2011 bis ABN	-	-	23.94	-	23.94	-	23.94
davon nach ABN	159.60	-	39.72	-	199.32	-	199.32
Total	200.50	-	157.76	-	358.26	-	358.26
davon bis 2010	25.00	-	90.95	-	115.95	-	115.95
davon 2011 bis ABN	-	-	23.94	-	23.94	-	23.94
davon nach ABN	175.50	-	42.87	-	218.37	-	218.37

Tabelle 23: *Kosten des Zwibez und des KKG Nasslagers, KS11 (PB11)*

KS06	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Investitionen	26.97	-	90.66	-	117.63	-	117.63
bis 2010	25.00	-	87.18	-	112.18	-	112.18
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	1.97	-	3.48	-	5.45	-	5.45
Betrieb	111.52	-	61.46	-	172.98	-	172.98
bis 2010	-	-	3.77	-	3.77	-	3.77
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	111.52	-	57.69	-	169.21	-	169.21
Total	138.49	-	152.12	-	290.61	-	290.61
bis 2010	25.00	-	90.95	-	115.95	-	115.95
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	113.49	-	61.16	-	174.66	-	174.66

Tabelle 24: *Kosten des Zwibez und des KKG Nasslagers, KS06 (PB11)*

Diff KS11 KS06 Abs	Veränderung (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Investitionen	13.93	-	-0.33	-	13.60	-	13.60
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	13.93	-	-0.33	-	13.60	-	13.60
Betrieb	48.08	-	5.97	-	54.05	-	54.05
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	23.94	-	23.94	-	23.94
nach ABN	48.08	-	-17.97	-	30.11	-	30.11
Total	62.01	-	5.65	-	67.65	-	67.65
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	23.94	-	23.94	-	23.94
nach ABN	62.01	-	-18.29	-	43.71	-	43.71

Tabelle 25: Kosten des Zwibez und des KKG Nasslagers, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)

A.6 Kosten der Wiederaufarbeitung (WA)

KS11	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
La Hague	494.56	294.47	636.71	176.21	1'601.95	-	1'601.95
bis 2010	472.96	282.34	635.43	175.73	1'566.46	-	1'566.46
2011 bis ABN	21.60	12.12	1.28	0.49	35.49	-	35.49
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
Sellafield	539.83	93.16	391.12	169.40	1'193.51	-	1'193.51
bis 2010	491.73	90.27	362.76	168.10	1'112.86	-	1'112.86
2011 bis ABN	48.10	2.89	28.36	1.30	80.65	-	80.65
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
Total WA	1'034.39	387.62	1'027.83	345.61	2'795.46	-	2'795.46
bis 2010	964.69	372.61	998.19	343.83	2'679.32	-	2'679.32
2011 bis ABN	69.70	15.01	29.64	1.78	116.14	-	116.14
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 26: Kosten der Wiederaufarbeitung, KS11 (PB11)

KS06	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
La Hague	472.96	282.34	635.43	175.73	1'566.46	-	1'566.46
bis 2010	472.96	282.34	635.43	175.73	1'566.46	-	1'566.46
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
Sellafield	501.46	92.15	369.74	170.02	1'133.37	-	1'133.37
bis 2010	491.73	90.27	362.76	168.10	1'112.86	-	1'112.86
2011 bis ABN	9.73	1.88	6.98	1.92	20.51	-	20.51
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
Total WA	974.42	374.49	1'005.17	345.75	2'699.83	-	2'699.83
bis 2010	964.69	372.61	998.19	343.83	2'679.32	-	2'679.32
2011 bis ABN	9.73	1.88	6.98	1.92	20.51	-	20.51
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 27: Kosten der Wiederaufarbeitung, KS06 (PB11)

KS11-KS06 Abs	Veränderung (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
La Hague	21.60	12.12	1.28	0.49	35.49	-	35.49
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	21.60	12.12	1.28	0.49	35.49	-	35.49
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
Sellafield	38.37	1.01	21.38	-0.62	60.14	-	60.14
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	38.37	1.01	21.38	-0.62	60.14	-	60.14
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
Total WA	59.97	13.14	22.66	-0.14	95.63	-	95.63
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	59.97	13.14	22.66	-0.14	95.63	-	95.63
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 28: Kosten der Wiederaufarbeitung, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)

A.7 Kosten für die geologische Tiefenlagerung von SMA

KS11	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Feste Kosten (inv/Betr)	539.35	250.82	707.60	825.01	2'322.77	516.36	2'839.13
bis 2010	83.89	39.01	110.06	128.33	361.30	80.37	441.66
2011 bis ABN	56.90	29.66	205.46	393.22	685.24	311.66	996.90
nach ABN	398.56	182.14	392.07	303.46	1'276.23	124.33	1'400.57
Variable Kosten (inv/Betr)	22.47	24.52	10.61	39.91	97.51	45.78	143.28
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	24.87	24.87	43.40	68.27
nach ABN	22.47	24.52	10.61	15.05	72.64	2.37	75.01
Abgeltungen	69.20	32.18	90.78	105.84	298.00	-	298.00
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	15.99	24.15	40.15	-	40.15
nach ABN	69.20	32.18	74.79	81.69	257.85	-	257.85
Total	631.01	307.51	808.99	970.77	2'718.28	562.13	3'280.41
bis 2010	83.89	39.01	110.06	128.33	361.30	80.37	441.66
2011 bis ABN	56.90	29.66	221.46	442.24	750.26	355.06	1'105.32
nach ABN	490.22	238.84	477.47	400.20	1'606.73	126.71	1'733.43

Tabelle 29: Kosten für die geologische Tiefenlagerung von SMA, KS11 (PB11)

Kosten für die geologische Tiefenlagerung von SMA

KS06	Kosten (Mio. CHF)						Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW			
Feste Kosten (inv/Betr)	428.96	199.49	562.77	656.16	1'847.38	342.43	2'189.81	
bis 2010	83.89	39.01	110.06	128.33	361.30	80.37	441.66	
2011 bis ABN	51.00	23.72	66.91	78.02	219.66	38.77	258.43	
nach ABN	294.06	136.75	385.80	449.81	1'266.43	223.29	1'489.72	
Variable Kosten (inv/Betr)	22.83	22.73	10.30	38.13	93.99	77.61	171.60	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-	
nach ABN	22.83	22.73	10.30	38.13	93.99	77.61	171.60	
Abgeltungen	80.75	37.55	105.95	123.53	347.78	-	347.78	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	7.40	3.44	9.71	11.32	31.88	-	31.88	
nach ABN	73.35	34.11	96.23	112.20	315.90	-	315.90	
Total	532.54	259.77	679.02	817.81	2'289.15	420.05	2'709.20	
bis 2010	83.89	39.01	110.06	128.33	361.30	80.37	441.66	
2011 bis ABN	58.41	27.16	76.63	89.34	251.54	38.77	290.31	
nach ABN	390.24	193.60	492.34	600.14	1'676.32	300.91	1'977.23	

Tabelle 30: Kosten für die geologische Tiefenlagerung von SMA, KS06 (PB11)

Diff KS11 KS06 Abs	Veränderung (Mio. CHF)						Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW			
Feste Kosten (inv/Betr)	110.39	51.33	144.82	168.85	475.39	173.92	649.32	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	5.89	5.94	138.55	315.20	465.59	272.88	738.47	
nach ABN	104.49	45.39	6.27	-146.35	9.81	-98.96	-89.15	
Variable Kosten (inv/Betr)	-0.36	1.78	0.31	1.79	3.52	-31.84	-28.32	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	-	-	-	24.87	24.87	43.40	68.27	
nach ABN	-0.36	1.78	0.31	-23.08	-21.35	-75.24	-96.59	
Abgeltungen	-11.56	-5.38	-15.17	-17.68	-49.78	-	-49.78	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	-7.40	-3.44	6.28	12.83	8.27	-	8.27	
nach ABN	-4.16	-1.93	-21.45	-30.51	-58.05	-	-58.05	
Total	98.47	47.74	129.96	152.96	429.13	142.09	571.21	
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-	
2011 bis ABN	-1.51	2.50	144.83	352.90	498.72	316.29	815.01	
nach ABN	99.98	45.24	-14.87	-199.94	-69.59	-174.20	-243.79	

Tabelle 31: Kosten für die geologische Tiefenlagerung von SMA, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)

A.8 Kosten für die geologische Tiefenlagerung von LMA/HAA

KS11	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Feste Kosten (inv/Betr)	972.77	452.38	1'276.22	1'487.99	4'189.35	88.77	4'278.12
bis 2010	132.81	61.76	174.24	203.15	571.95	4.10	576.06
2011 bis ABN	91.01	47.08	268.87	371.55	778.50	69.70	848.21
nach ABN	748.95	343.54	833.11	913.29	2'838.90	14.96	2'853.86
Variable Kosten (inv/Betr)	87.39	32.18	87.83	128.10	335.49	7.45	342.94
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	4.88	4.88
nach ABN	87.39	32.18	87.83	128.10	335.49	2.57	338.06
Abgeltungen	116.22	54.05	152.47	177.77	500.50	-	500.50
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	17.97	24.51	42.48	-	42.48
nach ABN	116.22	54.05	134.50	153.26	458.02	-	458.02
Total	1'176.37	538.60	1'516.51	1'793.86	5'025.35	96.22	5'121.56
bis 2010	132.81	61.76	174.24	203.15	571.95	4.10	576.06
2011 bis ABN	91.01	47.08	286.84	396.05	820.99	74.58	895.57
nach ABN	952.55	429.76	1'055.43	1'194.66	3'632.41	17.53	3'649.94

Tabelle 32: Kosten für die geologische Tiefenlagerung von HAA/LMA, KS11 (PB11)

KS06	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Feste Kosten (inv/Betr)	800.51	372.27	1'050.22	1'224.49	3'447.49	4.10	3'451.59
bis 2010	132.81	61.76	174.24	203.15	571.95	4.10	576.06
2011 bis ABN	72.21	33.58	94.74	110.46	311.00	-	311.00
nach ABN	595.49	276.93	781.24	910.88	2'564.54	-	2'564.54
Variable Kosten (inv/Betr)	72.61	28.27	73.95	110.69	285.53	2.22	287.75
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	72.61	28.27	73.95	110.69	285.53	2.22	287.75
Abgeltungen	134.79	62.68	176.84	206.19	580.51	-	580.51
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	11.31	5.26	14.83	17.29	48.69	-	48.69
nach ABN	123.49	57.43	162.01	188.89	531.82	-	531.82
Total	1'007.91	463.23	1'301.02	1'541.37	4'313.52	6.32	4'319.84
bis 2010	132.81	61.76	174.24	203.15	571.95	4.10	576.06
2011 bis ABN	83.52	38.84	109.57	127.75	359.68	-	359.68
nach ABN	791.58	362.63	1'017.21	1'210.47	3'381.88	2.22	3'384.10

Tabelle 33: Kosten für die geologische Tiefenlagerung von HAA/LMA, KS06 (PB11)

Diff KS11 KS06 Abs	Veränderung (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Feste Kosten (inv/Betr)	172.26	80.11	226.00	263.50	741.87	84.67	826.53
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	18.80	13.49	174.13	261.09	467.51	69.70	537.21
nach ABN	153.46	66.61	51.87	2.41	274.36	14.96	289.32
Variable Kosten (inv/Betr)	14.78	3.90	13.87	17.41	49.97	5.23	55.19
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	4.88	4.88
nach ABN	14.78	3.90	13.87	17.41	49.97	0.35	50.31
Abgeltungen	-18.58	-8.64	-24.37	-28.42	-80.01	-	-80.01
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-11.31	-5.26	3.14	7.21	-6.21	-	-6.21
nach ABN	-7.27	-3.38	-27.51	-35.63	-73.80	-	-73.80
Total	168.47	75.37	215.50	252.49	711.83	89.89	801.72
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	7.49	8.24	177.27	268.30	461.30	74.58	535.88
nach ABN	160.97	67.14	38.23	-15.81	250.52	15.31	265.84

Tabelle 34: *Kosten für die geologische Tiefenlagerung von HAA/LMA, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)*

A.9 Kosten für die Verpackungsanlage BE und HAA

KS11	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Feste Kosten (inv/Betr)	209.66	98.32	264.20	436.82	1'009.00	-	1'009.00
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	1.55	0.86	3.10	6.13	11.65	-	11.65
nach ABN	208.11	97.46	261.10	430.69	997.35	-	997.35
Variable Kosten (inv/Betr)	106.21	36.99	103.80	159.78	406.79	0.45	407.24
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	106.21	36.99	103.80	159.78	406.79	0.45	407.24
Abgeltungen	-	-	-	-	-	-	-
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
Total	315.87	135.31	368.00	596.60	1'415.79	0.45	1'416.24
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	1.55	0.86	3.10	6.13	11.65	-	11.65
nach ABN	314.32	134.45	364.90	590.47	1'404.14	0.45	1'404.59

Tabelle 35: *Kosten für die Verpackungsanlage BE und HAA, KS11 (PB11)*

KS06	Kosten (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Feste Kosten (inv/Betr)	176.61	84.99	227.88	363.07	852.56	-	852.56
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	1.32	0.64	1.69	3.02	6.66	-	6.66
nach ABN	175.29	84.35	226.20	360.06	845.90	-	845.90
Variable Kosten (inv/Betr)	160.51	58.12	162.67	242.71	624.00	0.11	624.12
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	160.51	58.12	162.67	242.71	624.00	0.11	624.12
Abgeltungen	-	-	-	-	-	-	-
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
Total	337.12	143.11	390.55	605.78	1'476.56	0.11	1'476.67
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	1.32	0.64	1.69	3.02	6.66	-	6.66
nach ABN	335.80	142.47	388.87	602.76	1'469.90	0.11	1'470.01

Tabelle 36: *Kosten für die Verpackungsanlage BE und HAA, KS06 (PB11)*

Differenz KS11 KS06 Abs	Veränderung (Mio. CHF)					Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW		
Feste Kosten (inv/Betr)	33.05	13.33	36.31	73.75	156.44	-	156.44
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	0.24	0.22	1.41	3.12	4.99	-	4.99
nach ABN	32.81	13.11	34.90	70.63	151.46	-	151.46
Variable Kosten (inv/Betr)	-54.30	-21.13	-58.87	-82.93	-217.22	0.34	-216.88
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	-54.30	-21.13	-58.87	-82.93	-217.22	0.34	-216.88
Abgeltungen	-	-	-	-	-	-	-
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-	-	-	-
nach ABN	-	-	-	-	-	-	-
Total	-21.24	-7.80	-22.56	-9.18	-60.78	0.34	-60.44
bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
2011 bis ABN	0.24	0.22	1.41	3.12	4.99	-	4.99
nach ABN	-21.48	-8.02	-23.97	-12.29	-65.76	0.34	-65.42

Tabelle 37: *Kosten für die Verpackungsanlage BE und HAA, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)*

A.10 Kosten für die geologische Tiefenlagerung von LMA

Die Kosten für die geologische Tiefenlagerung von LMA sind in der Tabelle 32 des Anhangs A.8 enthalten. Hier sind die LMA-Kosten gesondert aufgeführt, um den in der KS11 neuen, expliziten LMA-Teil (Gesamt, KKW, Bund) auszuweisen.

KS11	Kosten (Mio. CHF)					Total KKW	Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL				
Feste Kosten (inv/Betr)	22.80	10.60	29.92	34.88		98.21	88.77	186.98
bis 2010	1.05	0.49	1.38	1.61		4.54	4.10	8.64
2011 bis ABN	0.72	0.37	2.13	2.95		6.17	69.70	75.88
nach ABN	21.03	9.74	26.40	30.32		87.50	14.96	102.46
Variable Kosten (inv/Betr)	3.65	1.23	4.30	1.00		10.18	7.12	17.30
bis 2010	-	-	-	-		-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-		-	4.79	4.79
nach ABN	3.65	1.23	4.30	1.00		10.18	2.32	12.50
Abgeltungen	-	-	-	-		-	-	-
bis 2010	-	-	-	-		-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-		-	-	-
nach ABN	-	-	-	-		-	-	-
Total	26.46	11.84	34.21	35.89		108.39	95.89	204.28
bis 2010	1.05	0.49	1.38	1.61		4.54	4.10	8.64
2011 bis ABN	0.72	0.37	2.13	2.95		6.17	74.50	80.67
nach ABN	24.68	10.97	30.70	31.33		97.68	17.29	114.97

Tabelle 38: Kosten für die geologische Tiefenlagerung von LMA, KS11 (PB11)

A.11 Kosten für die TLB-Reinigung

KS11	Kosten (kCHF)					Total KKW	Bund	Total
	KKB	KKM	KKG	KKL				
Feste Kosten (inv/Betr)	30.19	14.04	39.60	46.17		130.00	-	130.00
bis 2010	-	-	-	-		-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-		-	-	-
nach ABN	30.19	14.04	39.60	46.17		130.00	-	130.00
Variable Kosten (inv/Betr)	19.93	9.51	26.27	44.39		100.10	0.45	100.56
bis 2010	-	-	-	-		-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-		-	-	-
nach ABN	19.93	9.51	26.27	44.39		100.10	0.45	100.56
Abgeltungen	-	-	-	-		-	-	-
bis 2010	-	-	-	-		-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-		-	-	-
nach ABN	-	-	-	-		-	-	-
Total	50.12	23.55	65.87	90.56		230.10	0.45	230.56
bis 2010	-	-	-	-		-	-	-
2011 bis ABN	-	-	-	-		-	-	-
nach ABN	50.12	23.55	65.87	90.56		230.10	0.45	230.56

Tabelle 39: Kosten für die TLB-Reinigung, KS11 (PB11)

A.12 Entsorgungskosten 2006

KS06 BP06	KKB	KKM	KKG	KKL	KKW	Bund	Total
TLB	144	92	197	328	760	2	762
Transporte	137	84	103	64	388	2	390
ZZL ZWIBEZ, Nasslager KKG	577	234	748	685	2'245	74	2'319
WA	1'024	365	1'006	345	2'740	-	2'740
GT SMA	476	239	630	657	2'002	333	2'335
GT LMA/HAA inkl Verpackung	1'208	537	1'495	1'975	5'215	2	5'217
Gesamt	3'567	1'551	4'179	4'054	13'350	414	13'764
Aufgelaufene Kosten	1'291	557	1'476	888	4'212	56	4'268
künftige Kosten	2'276	994	2'703	3'166	9'138	357	9'495

70 Mio. CHF Grenzkosten der SA den SMA-Kosten bereits abgezogen und den Stilllegungskosten zugeschlagen

Tabelle 40: Zusammenfassung der Entsorgungskosten KS06, aufgelaufene Kosten bis 2006, Stand 2007 (PB06) (MCHF)

KS06 PB06	KKB	KKM	KKG	KKL	KKW	Bund	Total
TLB	134	87	208	325	753	2	755
Transporte	159	80	104	63	406	2	408
ZZL ZWIBEZ, Nasslager KKG	576	240	764	688	2'267	73	2'340
WA	973	374	1'004	345	2'697	-	2'697
GT SMA	471	229	601	723	2'024	373	2'398
GT LMA/HAA inkl Verpackung	1'178	532	1'483	1'880	5'073	6	5'079
Gesamt	3'491	1'542	4'164	4'024	13'221	456	13'678
Aufgelaufene Kosten bis 2010	1'469	638	1'685	1'008	4'799	121	4'920
künftige Kosten ab 2011	2'022	904	2'480	3'016	8'422	335	8'757

70 Mio. CHF Grenzkosten der SA den SMA-Kosten bereits abgezogen und den Stilllegungskosten zugeschlagen

Tabelle 41: Zusammenfassung der Entsorgungskosten KS06, aufgelaufene Kosten der KS11 bis 2010 (PB06) (MCHF)

A.13 Vergleich der Entsorgungskosten 2006 und 2011

A.13.1 Preisbasis 2011

KS11 PB11	KKB	KKM	KKG	KKL	KKW	Bund	Total
TLB	127	83	339	296	846	2	848
Transporte	95	59	51	23	227	12	239
ZZL ZWIBEZ, Nasslager KKG	694	300	895	824	2'713	70	2'783
WA	1'034	388	1'028	346	2'795	-	2'795
GT SMA ^{a)}	631	308	809	971	2'718	562	3'280
GT LMA/HAA inkl Verpackung	1'492	674	1'885	2'390	6'441	97	6'538
TLB-Reinigung	50	24	66	91	230	0	231
Gesamt	4'124	1'834	5'071	4'940	15'970	744	16'714
Aufgelaufene Kosten	1'469	638	1'685	1'008	4'799	121	4'920
künftige Kosten	2'655	1'197	3'387	3'932	11'171	623	11'794

a) 109 Mio. CHF Grenzkosten der SA bereits abgezogen und den Stilllegungskosten zugeschlagen

Tabelle 42: Zusammenfassung der Entsorgungskosten KS11 (PB11) (MCHF)

KS06 PB11	KKB	KKM	KKG	KKL	KKW	Bund	Total
TLB	150	94	234	365	843	2	845
Transporte	172	88	115	72	447	2	449
ZZL ZWIBEZ, Nasslager KKG	639	263	834	756	2'493	79	2'572
WA	974	374	1'005	346	2'700	-	2'700
GT SMA	533	260	679	818	2'289	420	2'709
GT LMA/HAA inkl Verpackung	1'345	606	1'691	2'148	5'790	6	5'797
TLB-Reinigung	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	3'813	1'686	4'559	4'505	14'563	510	15'072
Aufgelaufene Kosten bis 2010	1'469	638	1'685	1'008	4'799	121	4'920
künftige Kosten ab 2011	2'344	1'048	2'875	3'498	9'764	389	10'153

81 Mio. CHF Grenzkosten der SA bereits abgezogen und den Stilllegungskosten zugeschlagen

Tabelle 43: Zusammenfassung der Entsorgungskosten KS06, aufgelaufene Kosten der KS11 bis 2010 (PB11) (MCHF)

Diff KS11 KS06 PB11 Abs	KKB	KKM	KKG	KKL	KKW	Bund	Total
TLB	-23	-11	105	-69	2	-	2
Transporte	-77	-29	-65	-49	-220	10	-210
ZZL ZWIBEZ, Nasslager KKG	55	36	60	68	220	-9	211
WA	60	13	23	-0	96	-	96
GT SMA	98	48	130	153	429	142	571
GT LMA/HAA inkl Verpackung	147	68	193	243	651	90	741
TLB-Reinigung	50	24	66	91	230	0	231
Gesamt	311	149	513	435	1'408	234	1'642
Aufgelaufene Kosten bis 2010	-	-	-	-	-	-	-
künftige Kosten ab 2011	311	148	512	435	1'407	234	1'641

Diff KS11 KS06 PB11 %	KKB	KKM	KKG	KKL	KKW	Bund	Total
TLB	-15%	-11%	45%	-19%	0%	N/A	0%
Transporte	-45%	-33%	-56%	-69%	-49%	463%	-47%
ZZL ZWIBEZ, Nasslager KKG	9%	14%	7%	9%	9%	-11%	8%
WA	6%	4%	2%	0%	4%	N/A	4%
GT SMA	18%	18%	19%	19%	19%	34%	21%
GT LMA/HAA inkl Verpackung	11%	11%	11%	11%	11%	1402%	13%
TLB-Reinigung	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Gesamt	8%	9%	11%	10%	10%	46%	11%
Aufgelaufene Kosten bis 2010	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
künftige Kosten ab 2011	13%	14%	18%	12%	14%	60%	16%

Scheinbare Subtraktionsfehler sind rundungsbedingt

Tabelle 44: Vergleich der Entsorgungskosten KS06 und KS11 (PB11) (MCHF), (%)

A.13.2 Barwertbetrachtung

Der teuerungsbereinigte Vergleich der zwei Kostenstudien zeigt auf, welche Kostenelemente neu eingeschätzt werden. Weil dieser Vergleich auf „Overnight“-Kosten mit Preisbasis 2011 beruht, bleiben Verschiebungen im zeitlichen Anfall der Kosten unberücksichtigt. Der zeitliche Anfall der Entsorgungskosten ist aber sowohl für die Berechnung des Rückstellungsbedarfs der Betreiber als auch für die Ermittlung der Beiträge an den Entsorgungsfonds von Relevanz. Um die Verschiebungen im zeitlichen Anfall der Kosten zwischen den beiden Kostenstudien aufzuzeigen, ist deshalb der Vergleich der Barwerte der Kostenschätzungen sinnvoll. Für den Vergleich der Gesamtkosten auf Barwertbasis per Ende 2010 werden die in der SEFV verankerte Teuerungsrate von 3 % pro Jahr (für die erwarteten Entsorgungskosten ab 2011) und der Kapitalisierungssatz von 5 % pro Jahr angewendet. Der Vergleich zeigt, dass der Barwert der Entsorgungskosten gemäss KS11 Ende 2010 um 7 % oder 985 Mio. CHF höher liegt als in der KS06 (vgl. Tabelle 45).

	KKB	KKM	KKG	KKL	KKW
KS11 - BARWERT ENDE 2010	4'301	1'878	4'876	3'942	14'996
KS06 - BARWERTE ENDE 2010	4'079	1'772	4'496	3'664	14'010
Diff KS11 KS06 Abs	221	106	380	278	985
Diff KS11 KS06 %	5%	6%	8%	8%	7%

Tabelle 45: Gesamtkosten der nuklearen Entsorgung der Schweizer KKW, Mio. CHF, Barwertvergleich per Ende 2010

Tabelle 46 fasst die Entsorgungskosten (PB11) und ihren Barwert für die bis zur Ausserbetriebnahme bzw. nach der Ausserbetriebnahme zu tätigen Kosten sowie die bisher getätigten Ausgaben zusammen.

	Kosten (Preisbasis 2011)	Barwert (Ende 2010)
Getätigte Ausgaben (Ende 2010)	4'799	--
Ab 2011 bis Ausserbetriebnahme	2'723	2'266
Nach Ausserbetriebnahme	8'448	3'797

Tabelle 46: Gesamtkosten und ihr Barwert

A.14 Ergänzende Abbildungen

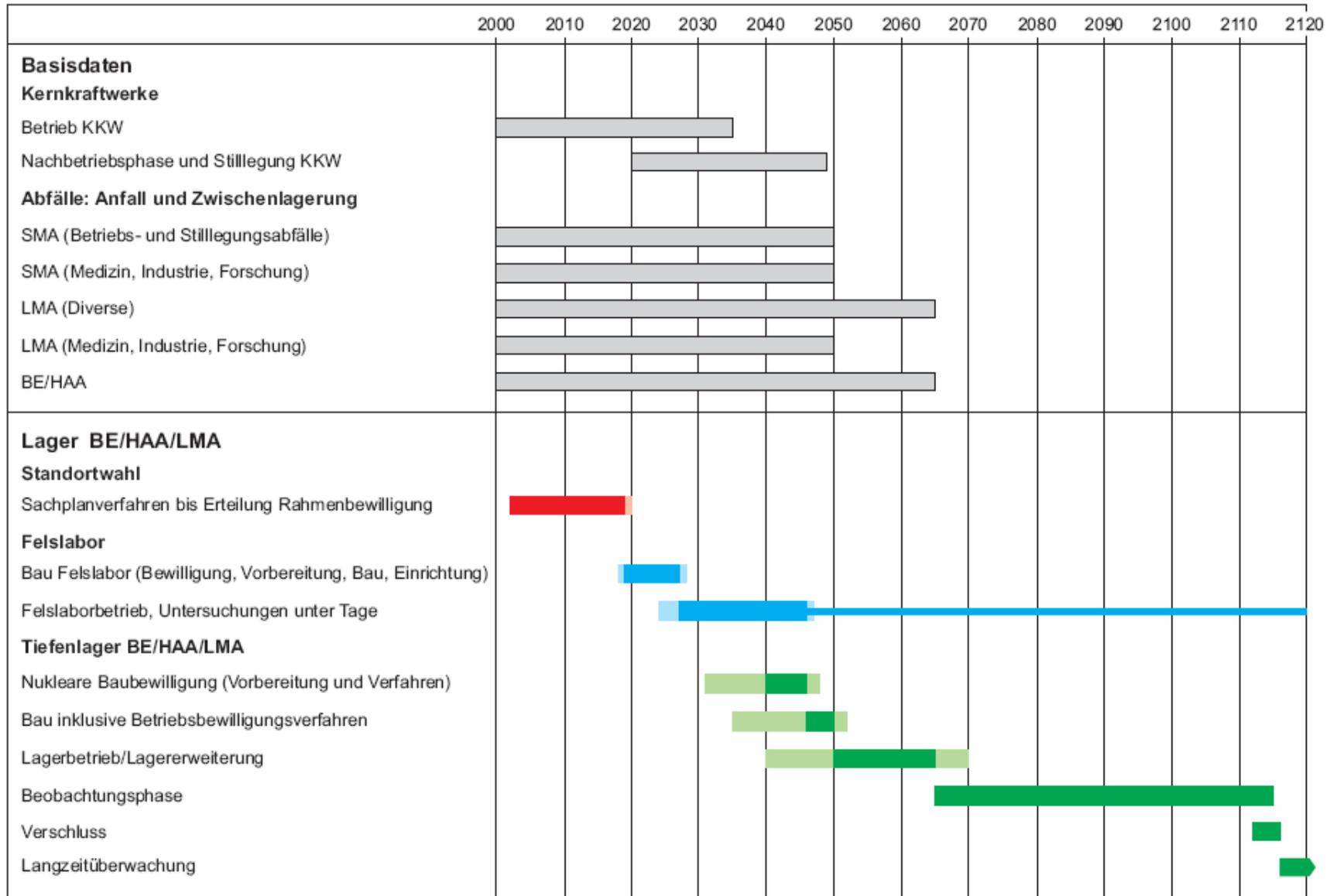


Abbildung 6: Realisierungsplan des SMA-Lagers (Quelle: EP08 der Nagra)

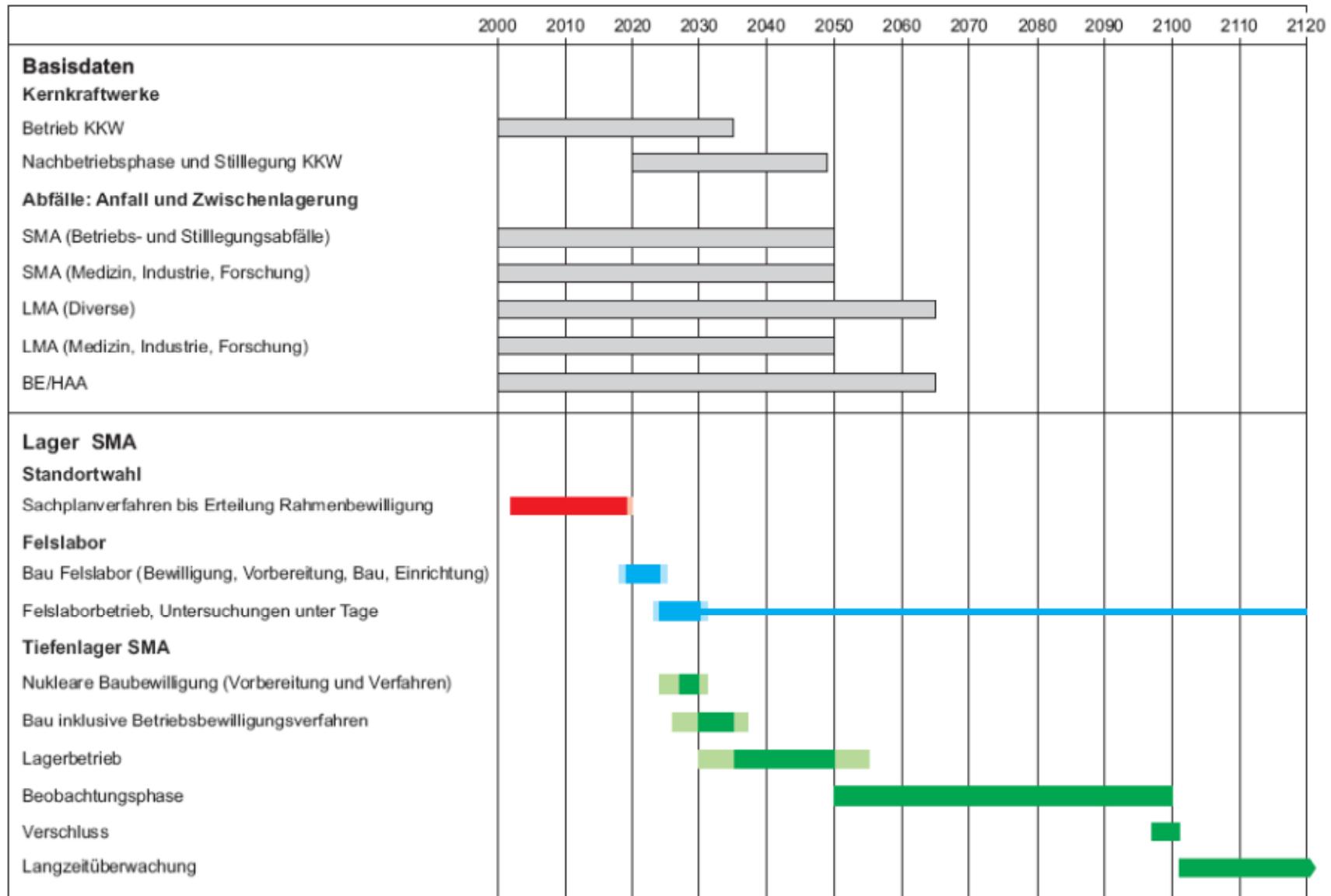
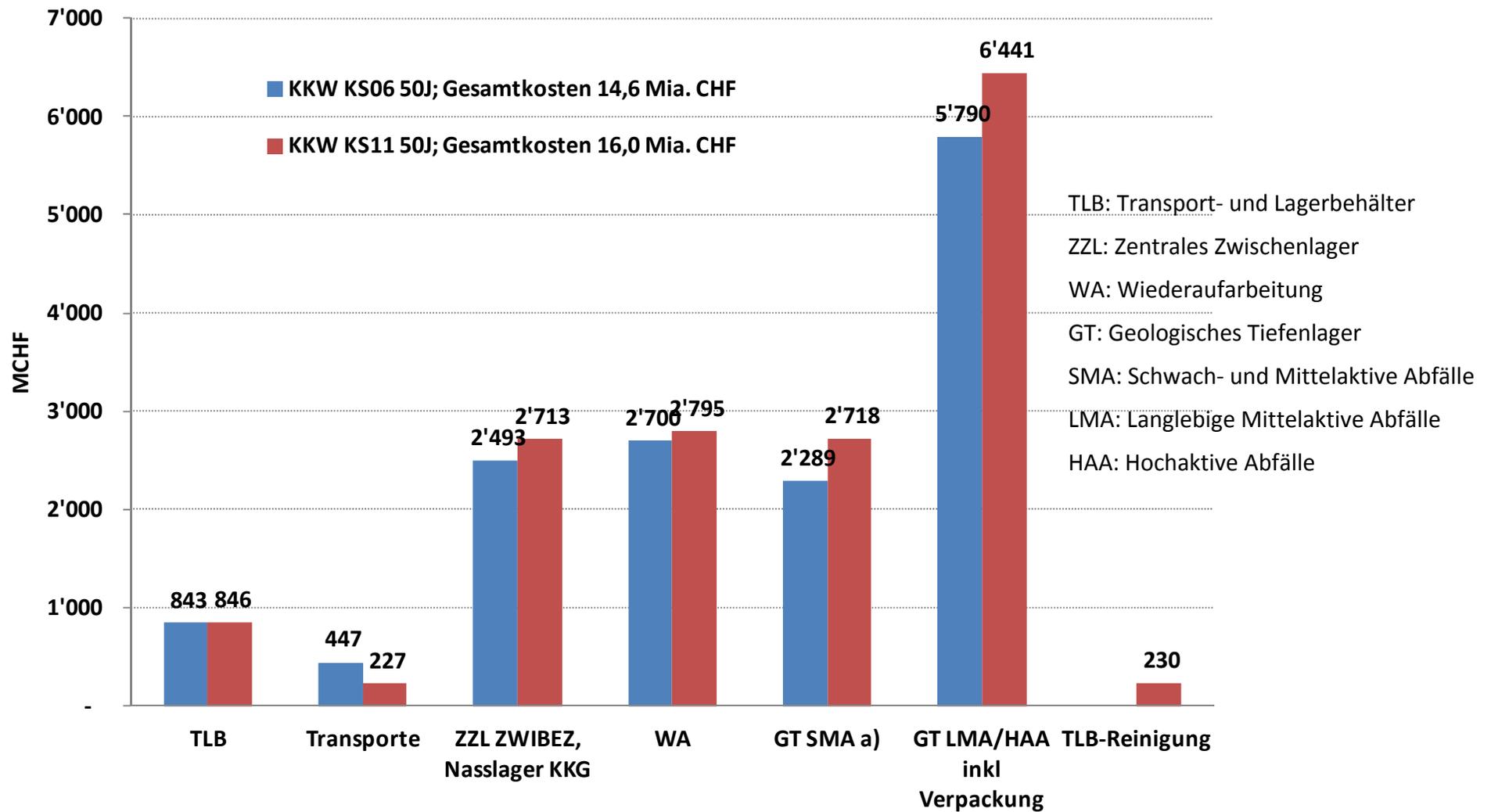
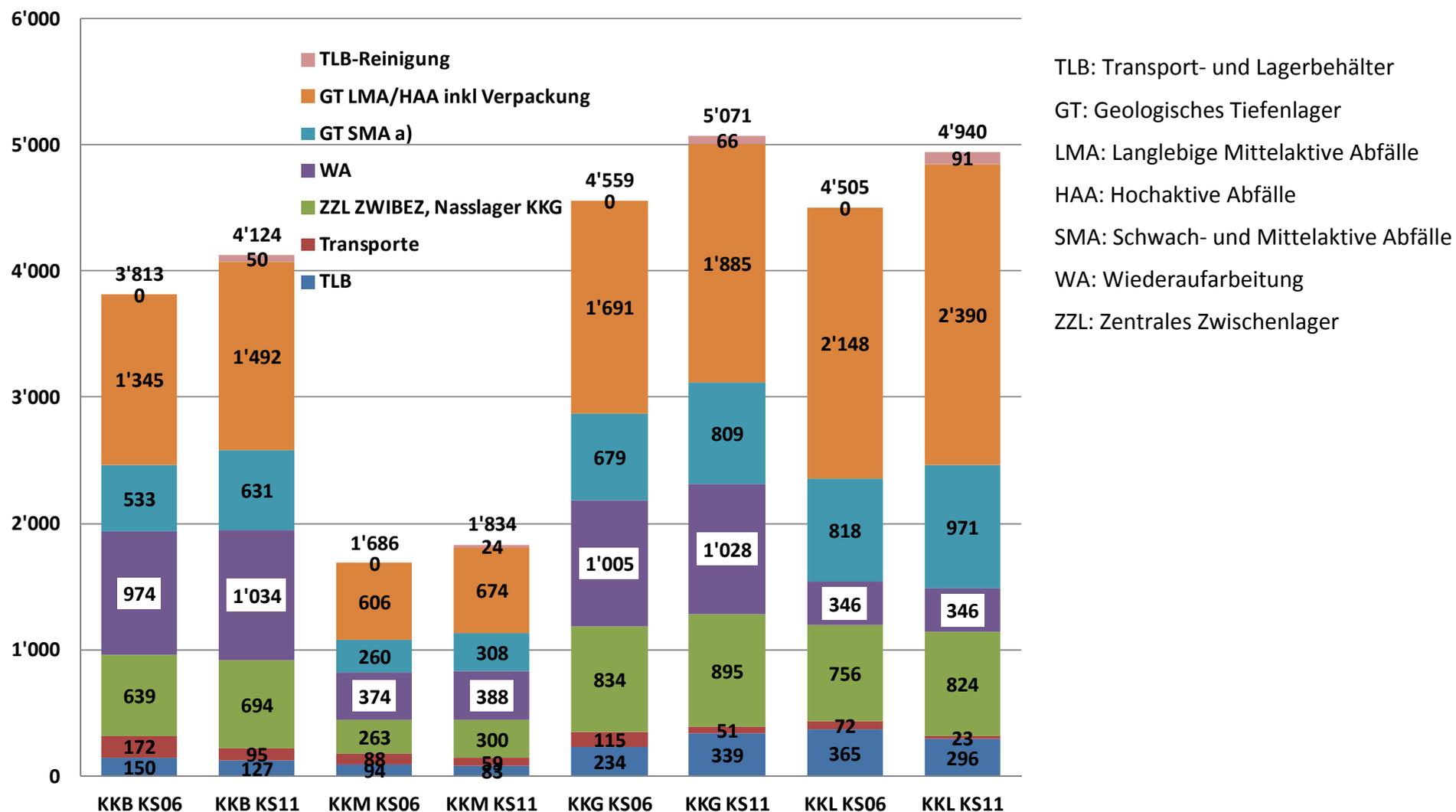


Abbildung 7: Realisierungsplan des HAA-Lagers (Quelle: EP08 der Nagra)



a) 109 Mio. CHF (KS11 PB11) bzw. 81 Mio. CHF (KS06 PB11) Grenzkosten der Stilllegungsabfälle bereits abgezogen und den Stilllegungskosten zugeschlagen

Abbildung 8: Vergleich der Entsorgungskosten 2006 und 2011, PB11, Kostenelemente (Mio. CHF)



a) 109 Mio. CHF (KS11 PB11) bzw. 81 Mio. CHF (KS06 PB11) Grenzkosten der Stilllegungsabfälle bereits abgezogen und den Stilllegungskosten zugeschlagen

Abbildung 9: Vergleich der Entsorgungskosten 2006 und 2011, PB11, Kostenelemente und werkspezifische Kosten (Mio. CHF)

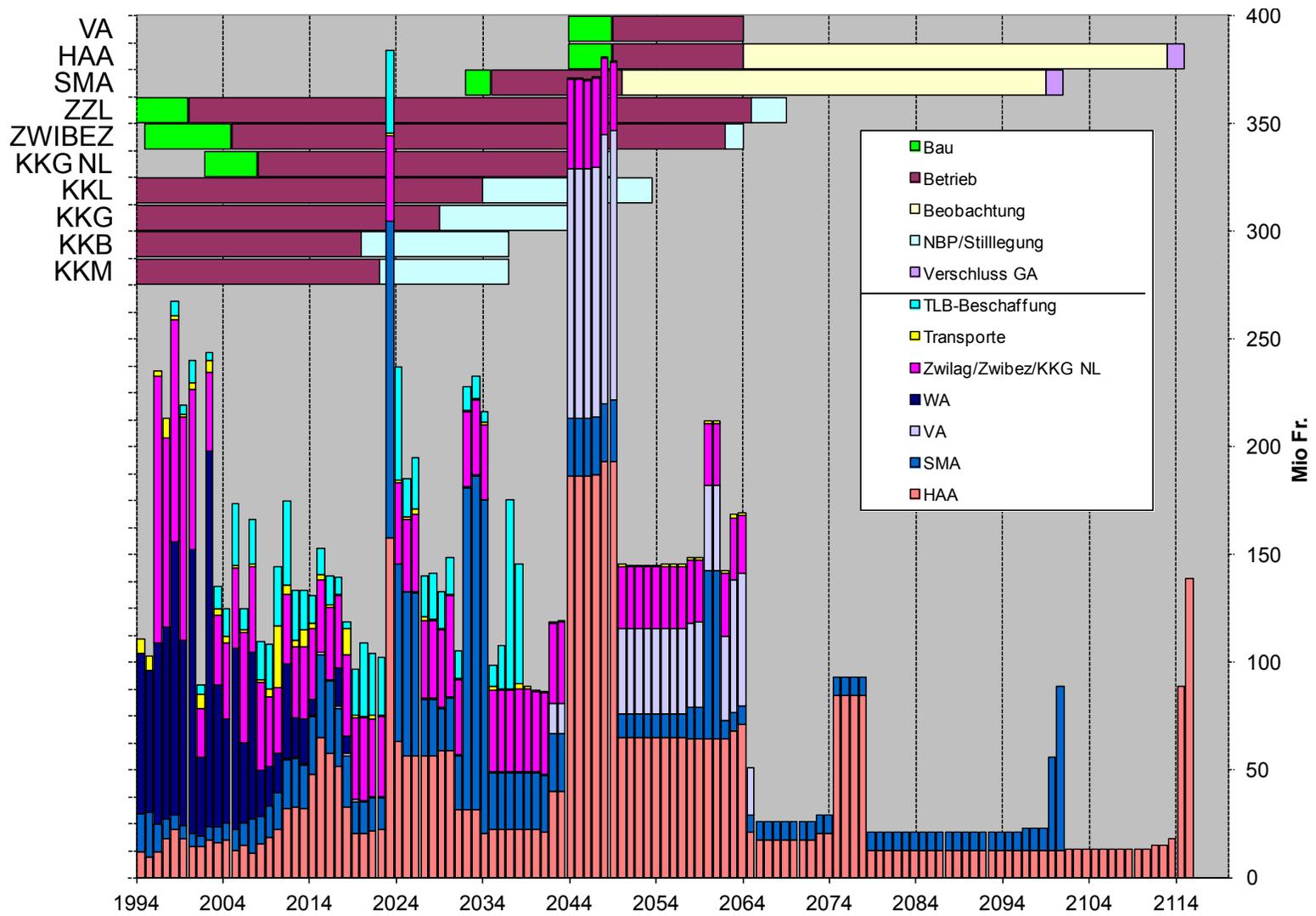


Abbildung 10: Jährliche Ausgaben der Entsorgungskosten 1994 bis 2116, Mio. CHF

A.15 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

A.15.1 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Schritte des in der Schweiz beschrifteten Entsorgungspfades für radioaktive Abfälle (Quelle: Nagra).....</i>	<i>4</i>
<i>Abbildung 2: Zeitlicher Anfall der radioaktiven Abfälle (in m³) der bestehenden Kernkraftwerke der Schweiz bei einer Betriebsdauer von 50 Jahren und aus dem MIF-Bereich für eine Sammelperiode bis 2050, Volumen der konditionierten, in Endlager-Behälter verpackten Abfälle (Quelle: Nagra).....</i>	<i>5</i>
<i>Abbildung 3: Betriebszeiten der wichtigsten Anlagen des Entsorgungspfades bei einer Betriebsdauer der Kernkraftwerke von 50 Jahren (vereinfachte Darstellung).....</i>	<i>6</i>
<i>Abbildung 4: Konzeptuelle Darstellung des SMA-Lagers (Quelle: Nagra).....</i>	<i>12</i>
<i>Abbildung 5: Konzeptuelle Darstellung des HAA-Lagers (Quelle: Nagra).....</i>	<i>13</i>
<i>Abbildung 6: Realisierungsplan des SMA-Lagers (Quelle: EP08 der Nagra)</i>	<i>54</i>
<i>Abbildung 7: Realisierungsplan des HAA-Lagers (Quelle: EP08 der Nagra)</i>	<i>55</i>
<i>Abbildung 8: Vergleich der Entsorgungskosten 2006 und 2011, PB11, Kostenelemente (Mio. CHF).....</i>	<i>56</i>
<i>Abbildung 9: Vergleich der Entsorgungskosten 2006 und 2011, PB11, Kostenelemente und werkspezifische Kosten (Mio. CHF)</i>	<i>57</i>
<i>Abbildung 10: Jährliche Ausgaben der Entsorgungskosten 1994 bis 2116, Mio. CHF</i>	<i>58</i>

A.15.2 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1:</i>	<i>Betriebs- und Stilllegungszeiten der Schweizer KKW, Lager an den KKW-Standorten sowie des zentralen Zwischenlagers (Zwilag)</i>	<i>7</i>
<i>Tabelle 2:</i>	<i>Zu schätzende Kostenelemente der Entsorgung</i>	<i>8</i>
<i>Tabelle 3:</i>	<i>Planungs-, Bau- und Betriebszeiten der Entsorgungsanlagen.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabelle 4:</i>	<i>Zu entsorgende Brennelementmengen (Tonnen Schwermetall)</i>	<i>17</i>
<i>Tabelle 5:</i>	<i>Übersicht der Kostenverteilschlüssel</i>	<i>22</i>
<i>Tabelle 6:</i>	<i>Gesamtkosten der nuklearen Entsorgung, Kostenelemente- und Träger, Mio. CHF.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabelle 7:</i>	<i>Teuerungsbereinigte Veränderung zwischen KS11 und KS06, Mio. CHF und %</i>	<i>27</i>
<i>Tabelle 8:</i>	<i>Vergleich der Kosten der geologischen Tiefenlager und Verpackungsanlage, Mio. CHF und %, PB11.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabelle 9:</i>	<i>Vergleich der Kosten der geologischen Tiefenlager ab 2011, kCHF und %, PB11</i>	<i>29</i>
<i>Tabelle 10:</i>	<i>Vergleich der Kosten des SMA-Lagers ab 2011, kCHF und %, PB11.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabelle 11:</i>	<i>Vergleich der Kosten des HAA-Lagers ab 2011, kCHF und %, PB11.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabelle 12:</i>	<i>Vergleich der Kosten der Verpackungsanlage, kCHF und %, PB11</i>	<i>31</i>
<i>Tabelle 13:</i>	<i>Kosten der TLB-Reinigung ab 2011, kCHF und %, PB11</i>	<i>32</i>
<i>Tabelle 14:</i>	<i>Kosten der TLB, KS11 (PB11).....</i>	<i>37</i>
<i>Tabelle 15:</i>	<i>Kosten der TLB, KS06 (PB11).....</i>	<i>37</i>
<i>Tabelle 16:</i>	<i>Kosten der TLB, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)</i>	<i>37</i>
<i>Tabelle 17:</i>	<i>Kosten der Transporte, KS11 (PB11).....</i>	<i>38</i>
<i>Tabelle 18:</i>	<i>Kosten der Transporte, KS06 (PB11).....</i>	<i>39</i>
<i>Tabelle 19:</i>	<i>Kosten der Transporte, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11).....</i>	<i>40</i>
<i>Tabelle 20:</i>	<i>Kosten der zentralen Abfallbehandlung und Zwischenlagerung, KS11 (PB11).....</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 21:</i>	<i>Kosten der zentralen Abfallbehandlung und Zwischenlagerung, KS06 (PB11).....</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 22:</i>	<i>Kosten der zentralen Abfallbehandlung und Zwischenlagerung, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11).....</i>	<i>42</i>
<i>Tabelle 23:</i>	<i>Kosten des Zwibez und des KKG Nasslagers, KS11 (PB11).....</i>	<i>42</i>
<i>Tabelle 24:</i>	<i>Kosten des Zwibez und des KKG Nasslagers, KS06 (PB11).....</i>	<i>42</i>
<i>Tabelle 25:</i>	<i>Kosten des Zwibez und des KKG Nasslagers, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)</i>	<i>43</i>
<i>Tabelle 26:</i>	<i>Kosten der Wiederaufarbeitung, KS11 (PB11)</i>	<i>43</i>
<i>Tabelle 27:</i>	<i>Kosten der Wiederaufarbeitung, KS06 (PB11)</i>	<i>43</i>
<i>Tabelle 28:</i>	<i>Kosten der Wiederaufarbeitung, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)</i>	<i>44</i>

<i>Tabelle 29:</i>	<i>Kosten für die geologische Tiefenlagerung von SMA, KS11 (PB11)</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 30:</i>	<i>Kosten für die geologische Tiefenlagerung von SMA, KS06 (PB11)</i>	<i>45</i>
<i>Tabelle 31:</i>	<i>Kosten für die geologische Tiefenlagerung von SMA, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)</i>	<i>45</i>
<i>Tabelle 32:</i>	<i>Kosten für die geologische Tiefenlagerung von HAA/LMA, KS11 (PB11)</i>	<i>46</i>
<i>Tabelle 33:</i>	<i>Kosten für die geologische Tiefenlagerung von HAA/LMA, KS06 (PB11)</i>	<i>46</i>
<i>Tabelle 34:</i>	<i>Kosten für die geologische Tiefenlagerung von HAA/LMA, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)</i>	<i>47</i>
<i>Tabelle 35:</i>	<i>Kosten für die Verpackungsanlage BE und HAA, KS11 (PB11)</i>	<i>47</i>
<i>Tabelle 36:</i>	<i>Kosten für die Verpackungsanlage BE und HAA, KS06 (PB11)</i>	<i>48</i>
<i>Tabelle 37:</i>	<i>Kosten für die Verpackungsanlage BE und HAA, KS11 und KS06 im Vergleich (PB11)</i>	<i>48</i>
<i>Tabelle 38:</i>	<i>Kosten für die geologische Tiefenlagerung von LMA, KS11 (PB11)</i>	<i>49</i>
<i>Tabelle 39:</i>	<i>Kosten für die TLB-Reinigung, KS11 (PB11)</i>	<i>49</i>
<i>Tabelle 40:</i>	<i>Zusammenfassung der Entsorgungskosten KS06, aufgelaufene Kosten bis 2006, Stand 2007 (PB06) (MCHF)</i>	<i>50</i>
<i>Tabelle 41:</i>	<i>Zusammenfassung der Entsorgungskosten KS06, aufgelaufene Kosten der KS11 bis 2010 (PB06) (MCHF)</i>	<i>50</i>
<i>Tabelle 42:</i>	<i>Zusammenfassung der Entsorgungskosten KS11 (PB11) (MCHF)</i>	<i>51</i>
<i>Tabelle 43:</i>	<i>Zusammenfassung der Entsorgungskosten KS06, aufgelaufene Kosten der KS11 bis 2010 (PB11) (MCHF)</i>	<i>51</i>
<i>Tabelle 44:</i>	<i>Vergleich der Entsorgungskosten KS06 und KS11 (PB11) (MCHF), (%)</i>	<i>52</i>
<i>Tabelle 45:</i>	<i>Gesamtkosten der nuklearen Entsorgung der Schweizer KKW, Mio. CHF, Barwertvergleich per Ende 2010</i>	<i>52</i>
<i>Tabelle 46:</i>	<i>Gesamtkosten und ihr Barwert</i>	<i>53</i>

A.16 Literaturverzeichnis

- /1/ Kostenstudie 2011 (KS11) - Mantelbericht, swissnuclear Bericht, 13. Oktober 2011, Olten, Schweiz.
- /2/ Kostenstudie 2011 (KS11), Schätzung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen, swissnuclear Bericht, 13. Oktober 2011, Olten, Schweiz.
- /3/ Kostenstudie 2011 (KS11), Schätzung der Kosten der Nachbetriebsphase der Schweizer Kernkraftwerke, swissnuclear Bericht, 13. Oktober 2011, Olten, Schweiz.
- /4/ Kernenergiegesetz vom 21. März 2003 (KEG)
SR 732.1
Stand 01. Januar 2009
- /5/ Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (KEV)
SR 732.11
Stand 01. Januar 2009
- /6/ Verordnung vom 7. Dezember 2007 über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen (Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung, SEFV)
SR 732.17
Stand 01. Februar 2008
- /7/ Strahlenschutzgesetz (StSG) vom 22. März 1991
SR 814.50
Stand 01. Januar 2007
- /8/ Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 1994
SR 814.501
Stand 01. Januar 2011
- /9/ Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen, Nagra Technischer Bericht NTB 08-01. Nagra, Wettingen, Schweiz.
- /10/ Kostenstudie 2006 (KS06), Aktualisierung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke, swissnuclear Bericht BET/06/002 Rev. 2 , Olten, Schweiz.

A.17 Verwendete Abkürzungen

ABN	Ausserbetriebnahme
ATA	alphatoxische Abfälle
BA	Betriebsabfälle der KKW
BE	abgebrannte Brennelemente
BFE	Bundesamt für Energie
BrK	Brennstoffkommission
CHF	Schweizer Franken
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EP08	Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen
EKRA	Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle
FL	Felslabor
GT	Geologisches Tiefenlager
HAA	hochaktive Abfälle
HAA-Lager	Geologisches Tiefenlager für hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
IBN	Inbetriebnahme
kCHF	Tausend Schweizer Franken
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk
KS06	Kostenstudie 2006
KS11	Kostenstudie 2011
kWh	Kilowattstunde
LMA	langlebige mittelaktive Abfälle
MCHF	Millionen Schweizer Franken (Mio. CHF)
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MWh	Megawatt-Stunden (10^6 Watt-Stunden)
MW _{th}	Megawatt thermisch (thermische Reaktorleistung)
MW _{therm}	Megawatt thermisch (thermische Reaktorleistung)
NAGRA	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NBP	Nachbetriebsphase
NIS	NIS Ingenieurgesellschaft mbH
NL	Nasslager
p.a.	per annum (= pro Jahr)
PB06	Preisbasis 01.01.2006
PB11	Preisbasis 01.01.2011
PSI	Paul Scherrer Institut
RA	austauschbare Kernkomponenten der KKW (Reaktorabfälle)
SA	Stilllegungsabfälle der KKW
SAA	Schwachaktive Abfälle
SEFV	Verordnung über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen
SGT	Konzept Sachplan geologische Tiefenlager
SM	Schwermetall (= Uran und/oder Plutonium)
SMA	schwach- und mittelaktive Abfälle

SMA-Lager	Geologisches Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle
StSG	Strahlenschutzgesetz
tSM	Tonnen Schwermetall (= Tonnen Uran und Plutonium)
tU	Tonnen Uran
TL	Tiefenlager
TLB	Transport- und Lagerbehälter
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VA	Verpackungsanlage für BE und HAA
VABE	Verpackungsanlage für BE
VAHA	Verpackungsanlage für HAA
WA	Wiederaufarbeitung
WAA	Wiederaufarbeitungsabfälle
ZWIBEZ	Zwischenlager Beznau (HAA, SAA)
ZWILAG	Zwilag Zwischenlager Würenlingen AG
ZZL	Zentrales Zwischenlager