

swiss*nuclear*

Fachgruppe Kernenergie der *swiss*electric

Kostenstudie 2016 (KS16)

Mantelbericht

swissnuclear

Fachgruppe Kernenergie der swisselectric

Postfach 1663

CH-4601 Olten

T +41 62 205 20 10

F +41 62 205 20 11

info@swissnuclear.ch

www.swissnuclear.ch

31. Oktober 2016

Zusammenfassung

Das Kernenergiegesetz¹ verpflichtet die Eigentümer von Kernanlagen, einen Stilllegungs- und einen Entsorgungsfonds zu bilden. Diese Fonds müssen bei Ausserbetriebnahme der Kernanlagen über ausreichende finanzielle Mittel verfügen, um die nach diesem Zeitpunkt anfallenden Stilllegungs- und Entsorgungskosten zu decken.

Um dies sicherzustellen, ist eine umfassende Schätzung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten nötig. Auf Basis dieser Schätzung lassen sich die Beiträge bemessen, welche die Eigentümer der Kernanlagen für die Stilllegung und die nukleare Entsorgung zurückstellen sowie in den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds einzahlen müssen. Diese Kostenschätzung hat gemäss der Verordnung² über den Stilllegungs- und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen alle fünf Jahre zu erfolgen. Die Kosten des Nachbetriebs müssen die Eigentümer direkt bezahlen. Dennoch werden auch sie jeweils mit der Aktualisierung der Stilllegungs- und Entsorgungskostenstudien neu geschätzt.

Die letzte Schätzung der Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten erfolgte im Jahr 2011. Sie wurde vom Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat sowie von weiteren Gutachtern geprüft. Die Verwaltungskommission des Stilllegungs- und des Entsorgungsfonds für Kernanlagen, im Folgenden kurz Verwaltungskommission genannt, genehmigte anschliessend die Kostenstudie 2011. Sie bildete die Grundlage für die Bemessung der Rückstellungen und Fondsbeiträge für die Jahre 2012 bis 2016.

Im Jahr 2014 beauftragten die Eigentümer der Schweizer Kernanlagen swissnuclear, die neue Kostenstudie in Zusammenarbeit mit den für die Stilllegung und die Entsorgung in der Schweiz verantwortlichen Organisationen wie gesetzlich vorgeschrieben zu aktualisieren und bis Ende 2016 fertigzustellen. Dabei waren die von der Verwaltungskommission festgelegten Vorgaben für die Erstellung der Kostenstudie zu berücksichtigen. Mit den Berichten [1], [2] und [4] wird diesem Auftrag Rechnung getragen. Auch die Empfehlungen aus der Überprüfung der Kostenstudie 2011 waren für die Erstellung der Kostenstudie 2016 zu berücksichtigen. Die Details hierzu sind den Anhängen A.3, A.4 und A.5 des Mantelberichts zu entnehmen. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat und unabhängige Kostenprüfer im Auftrag der Verwaltungskommission werden die Kostenstudie 2016 wiederum prüfen.

Als Teil der Vorgaben für die Kostenstudie 2016 definierte die Verwaltungskommission erstmals verbindliche Kostenstrukturen zur Darstellung der geschätzten Stilllegungs- und Entsorgungskosten. Darunter sind Kostenstrukturen zu verstehen, die durchgängig in allen Phasen der Kostenplanung und -feststellung angewendet werden können. Verbindliche Kostenstrukturen sollen die Voraussetzungen schaffen, um Kosten transparent zu planen, aussagekräftig zu vergleichen und effektiv zu kontrollieren sowie um den Prozess der Inanspruchnahme von Fondsmitteln effektiv abwickeln zu können.

Die Vorgaben für die Kostenstudie 2016 enthielten zudem Weisungen, wie mit Ungenauigkeiten und Risiken umzugehen ist. Dazu wurde eine Kostengliederung vorgegeben, die bei der Ermittlung und der Darstellung der Kosten berücksichtigt wurde.

Die zwei Begriffe Kostengliederung und Kostenstruktur sind voneinander abzugrenzen:

- Die Kostenstruktur ordnet die Gesamtkosten den einzelnen Aktivitäten und Organisationseinheiten von Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung zu.

¹ Art. 77 Kernenergiegesetz [10].

² Art. 4 Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung [12].

- Die Kostengliederung betrachtet die Kostenschätzung hinsichtlich ihres Risikocharakters. Sie unterscheidet neben den berechneten Ausgangskosten und den Kosten für risikomindernde Massnahmen auch Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Gefahren sowie Kostenabzüge für Chancen und – falls erforderlich – einen zusätzlichen Sicherheitszuschlag.

Als Folge des neuen Vorgehens sind die Ergebnisse der Kostenstudie 2016 mit denen vorangegangener Kostenstudien nur bedingt vergleichbar.

Die Kostenschätzungen basieren gemäss Vorgabe der Verwaltungskommission auf dem gesetzlichen und regulatorischen Rahmen per 1. Januar 2015.

Kostenstudien werden jeweils zum Geldwert des Schätzungsjahres durchgeführt («Overnight» Kosten). Für den direkten Vergleich wurden die in der Kostenstudie 2011 geschätzten Kosten von der Preisbasis 2011 auf die Preisbasis 2016 der Kostenstudie 2016 hochgerechnet. Die verwendete Teuerungsrate von 1.5 Prozent pro Jahr ist in der Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung verankert.

Die nachstehende Tabelle 1 zeigt das Ergebnis der Kostenstudie 2016 für die Teile Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung im Vergleich zur Kostenstudie 2011. Teuerungsbereinigt steigen die Gesamtkosten um rund sieben Prozent.

Tabelle 1: Gesamtkostenschätzung der Kostenstudie 2016 (KS16) und Kostenstudie 2011 (KS11).

Gesamtkosten	KKB	KKM	KKG	KKL	Zwilag	Bund	Total
KS16 PB16							
Entsorgung ¹	4'717	2'155	5'315	5'736	-	1'187	19'176
Entsorgung mit Chance							
Kombilager ¹	4'546	2'066	5'105	5'471	-	1'108	18'362
Nachbetrieb	462	339	434	468	-	-	1'703
Stilllegung	900	564	806	1'015	121	-	3'406
Total	6'079	3'058	6'555	7'219	121	1'187	24'286
KS11 PB16							
Entsorgung	4'330	1'927	5'333	5'244	-	792	17'626
Nachbetrieb	512	344	490	496	-	-	1'841
Stilllegung	872	524	714	991	102	-	3'204
Total	5'713	2'795	6'538	6'731	102	792	22'671
Diff. KS16 KS11							
Entsorgung	388	228	-18	492	-	395	1'551
Nachbetrieb	-50	-4	-57	-28	-	-	-138
Stilllegung	28	39	92	24	19	-	202
Total	366	263	17	488	19	395	1'614
Diff. KS16 KS11 (%)							
Entsorgung	9.0%	11.8%	-0.3%	9.4%	0.0%	49.9%	8.8%
Nachbetrieb	-9.7%	-1.3%	-11.6%	-5.6%	0.0%	0.0%	-7.5%
Stilllegung	3.2%	7.5%	12.9%	2.4%	18.9%	0.0%	6.3%
Total	6.4%	9.4%	0.3%	7.3%	18.9%	49.9%	7.1%

¹ Das Total der Entsorgungskosten der Kostenstudie 2016 enthält einen ausstehenden finanziellen Ausgleich in Höhe von rund -11 Millionen Franken. Dieser Ausgleichssaldo ist noch zwischen den Entsorgungspflichtigen zu verrechnen. Darin enthalten ist auch der Beitrag der ehemaligen Gesellschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg in Höhe von rund 65 Millionen Franken.

In Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt. Preisbasis 2016 (PB16).

Auch neue Erkenntnisse und Erfahrungen aus laufenden nuklearen Rückbauprojekten sowie aus der Entwicklung der Planung der geologischen Tiefenlager flossen in die Kostenschätzung 2016 ein. Die wesentlichen Abweichungen der Kostenstudie 2016 gegenüber den Ergebnissen von 2011 lassen sich wie folgt zusammenfassend erläutern:

Die Entsorgungskosten steigen teuerungsbereinigt um durchschnittlich rund neun Prozent. Dies ist zum Teil auf die Einführung der Kostengliederung zurückzuführen. Die Kostengliederung schliesst Kostenzuschläge für Ungenauigkeiten und Risiken ein, die in den früheren Kostenstudien nicht vollständig berücksichtigt wurden. Ebenfalls kostenerhöhend wirkte sich aus, dass das Basisprojekt für die geologischen Tiefenlager infolge des Partizipationsverfahrens in Etappe 2 des Sachplanverfahrens angepasst wurde. Da nun die geologischen Tiefenlager später in Betrieb gehen werden, als noch zur Zeit der Kostenstudie 2011 geplant, steigen sowohl die Kosten für die Zwischenlagerung wie auch für die Transporte.

Die geschätzten Kosten des Nachbetriebs sind teuerungsbereinigt im Vergleich zur Kostenstudie 2011 um durchschnittlich 7.5 Prozent gesunken. Die Höhe der jährlichen Nachbetriebskosten konnte weitgehend bestätigt werden. Einerseits verkürzt die präzisiertere Planung des Nachbetriebs die Nachbetriebsdauer – von fünf auf vier Jahre für die Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt und auf drei Jahre für das Kernkraftwerk Gösgen. Dadurch sinken die gesamten Nachbetriebskosten. Andererseits wirkt sich die Einführung der Kostengliederung mit der erweiterten Berücksichtigung von Kostenzuschlägen für Ungenauigkeiten und Risiken kostenerhöhend aus. Die Kostenfolgen für den Fall, dass sich die Nachbetriebsdauer gegenüber den Planungsannahmen verkürzt oder verlängert, sind in den Chancen und Gefahren berücksichtigt.

Die geschätzten Stilllegungskosten sind in der Basisvariante – das heisst bis zur Entlassung aus dem Kernenergiegesetz – gegenüber der Kostenstudie 2011 teuerungsbereinigt um durchschnittlich sechs Prozent gestiegen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Kostenstudie 2011 die Kosten des konventionellen Rückbaus bis zu einer Tiefe von -2 Metern enthält. Der Kostenstudie 2016 hingegen liegt als Stilllegungsziel der Abschluss der Stilllegungsarbeiten und die Entlassung der Standorte aus dem Kernenergiegesetz zugrunde. Die Kosten für die Stilllegung inklusive konventionellem Rückbau weist die Kostenstudie 2016 als Variante in dem Teilbericht «Kostenschätzung der Stilllegungskosten» aus. Auch bei der Stilllegung führt die neue Kostengliederung mit der erweiterten Berücksichtigung von Kostenzuschlägen für Ungenauigkeiten und Risiken zu höheren Kosten. Die Beobachtung und Analyse von laufenden Rückbauprojekten im Ausland führte zu dem Erkenntnis, dass der Demontageaufwand und der Aufwand für die projektbegleitenden Massnahmen im Vergleich zu den Annahmen in der Kostenstudie 2011 nach oben korrigiert werden muss. Kostenreduzierend wirken Optimierungen im Ablauf und in der Organisation der Rückbauprojekte.

Die nächste Kostenschätzung ist für 2021 vorgesehen.

Résumé

La loi sur l'énergie nucléaire³ oblige les exploitants de centrales nucléaires à alimenter un fonds pour la désaffectation des installations nucléaires et un fonds pour la gestion des déchets radioactifs. Au moment de la mise hors service des centrales, les avoirs de ces fonds doivent être suffisants pour couvrir les coûts de désaffectation et de gestion apparaissant après cette date.

Pour s'en assurer, une estimation complète des coûts de désaffectation et de gestion est nécessaire. Sur la base de cette estimation, il est alors possible de calculer les contributions que les exploitants des centrales doivent provisionner pour la désaffectation et la gestion des déchets et verser au fonds de désaffectation des installations nucléaires et au fonds de gestion des déchets radioactifs. Cette estimation des coûts doit être effectuée tous les cinq ans selon l'ordonnance⁴ sur le fonds de désaffectation et sur le fonds de gestion pour les installations nucléaires. Les coûts de post-exploitation doivent être payés directement par les exploitants. Néanmoins, ils sont réestimés au moment de l'actualisation des études sur les coûts de désaffectation et de gestion.

La dernière estimation des coûts de post-exploitation, de désaffectation et de gestion a été réalisée en 2011. Elle a été vérifiée par l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire et par d'autres experts. La Commission administrative des fonds de désaffectation et de gestion, ci-après Commission administrative, a ensuite approuvé l'étude de coûts 2011. C'est sur cette base qu'ont été fixées les provisions et les contributions aux fonds pour les années 2012 à 2016.

En 2014, les exploitants des centrales nucléaires suisses ont chargé swissnuclear de l'actualisation de la nouvelle étude de coûts en collaboration avec les organisations responsables de la désaffectation et de la gestion en Suisse, comme le prévoit la loi, et de son achèvement d'ici fin 2016. Il convenait ce faisant d'observer les prescriptions stipulées par la Commission administrative pour l'établissement de l'étude de coûts. Cette demande est prise en considération par le biais des rapports [1], [2] et [4]. Les recommandations issues de la vérification de l'étude de coûts 2011 devaient également être intégrées dans l'établissement de l'étude de coûts 2016. Pour plus de détails à ce sujet, se reporter aux annexes A.3, A.4 et A.5 du rapport récapitulatif. L'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire et des contrôleurs de coûts indépendants vérifieront à nouveau l'étude de coûts 2016 à la demande de la Commission administrative.

Parmi les consignes pour l'étude de coûts 2016, la Commission administrative définissait pour la première fois des structures de coûts contraignantes pour la présentation des coûts estimés de désaffectation et de gestion. Il faut comprendre par ce terme des structures de coûts appliquées en continu dans toutes les phases de la planification et détermination des coûts. Ces structures de coûts contraignantes doivent instaurer les conditions nécessaires pour planifier les coûts de façon transparente, les comparer de manière éloquente et les contrôler en toute efficacité, mais aussi pour pouvoir traiter efficacement le processus d'utilisation des moyens du fonds.

Les prescriptions en vigueur pour l'étude de coûts 2016 comprenaient par ailleurs des directives sur la façon de traiter les imprécisions et les risques. Pour cela, une ventilation des coûts a été prescrite et prise en compte dans la détermination et la présentation des coûts.

Les deux termes de ventilation des coûts et de structure des coûts doivent être différenciés :

- La structure des coûts attribue les coûts totaux aux différentes activités et unités organisationnelles de la post-exploitation, de la désaffectation et de la gestion.

³ Art. 77 de la loi sur l'énergie nucléaire [10].

⁴ Art. 4 de l'Ordonnance sur le fonds de désaffectation et sur le fonds de gestion [12].

- La ventilation des coûts considère l'estimation des coûts du point de vue de son caractère de risque. Elle fait aussi la différence non seulement entre les coûts initiaux calculés et les coûts pour les mesures de réduction du risque, mais aussi entre les suppléments pour les imprécisions des prévisions et les risques, ainsi que les réductions de coûts pour les chances et – si nécessaire – un supplément de sécurité.

Du fait de la nouvelle procédure adoptée, les résultats de l'étude de coûts 2016 ne peuvent guère être comparés avec ceux des précédentes études de coûts.

Les estimations des coûts reposent sur le cadre légal et réglementaire au 1.1.2015.

Les études de coûts sont exécutées à la valeur monétaire de l'année d'estimation (coûts « Overnight »). Pour la comparaison directe, les coûts estimés dans l'étude de coûts 2011 ont été extrapolés de la base de prix 2011 à la base de prix 2016 de l'étude de coûts 2016. Le taux de renchérissement utilisé, de 1,5 % par an, est ancré dans l'Ordonnance sur le fonds de désaffectation et sur le fonds de gestion.

Le Tableau 2 ci-après présente le résultat de l'étude de coûts 2016 pour les parties post-exploitation, désaffectation et gestion, au regard de l'étude de coûts 2011. Une fois le renchérissement déduit, les coûts totaux augmentent de tout juste 7 %.

Tableau 2: Estimation des coûts totaux de l'EC16 et de l'EC11, base de prix 2016 (MCHF).

Coûts totaux	CNB	CNM	CNG	CNL	Zwilag	Confédération	Total
EC16 BP16							
Gestion ¹	4'717	2'155	5'315	5'736	-	1'187	19'176
Gestion avec un dépôt combiné ¹	4'546	2'066	5'105	5'471	-	1'108	18'362
Post-exploitation	462	339	434	468	-	-	1'703
Désaffectation	900	564	806	1'015	121	-	3'406
Total	6'079	3'058	6'555	7'219	121	1'187	24'286
EC11 BP16							
Gestion	4'330	1'927	5'333	5'244	-	792	17'626
Post-exploitation	512	344	490	496	-	-	1'841
Désaffectation	872	524	714	991	102	-	3'204
Total	5'713	2'795	6'538	6'731	102	792	22'671
Diff. EC16 EC11							
Gestion	388	228	-18	492	-	395	1'551
Post-exploitation	-50	-4	-57	-28	-	-	-138
Désaffectation	28	39	92	24	19	-	202
Total	366	263	17	488	19	395	1'614
Diff. EC16 EC11 (%)							
Gestion	9.0%	11.8%	-0.3%	9.4%	0.0%	49.9%	8.8%
Post-exploitation	-9.7%	-1.3%	-11.6%	-5.6%	0.0%	0.0%	-7.5%
Désaffectation	3.2%	7.5%	12.9%	2.4%	18.9%	0.0%	6.3%
Total	6.4%	9.4%	0.3%	7.3%	18.9%	49.9%	7.1%

¹ Le total des coûts de gestion de l'étude de coûts 2016 comprend une compensation financière échue à hauteur d'environ -11 millions de francs. Le total des coûts de gestion comprend aussi 65 millions de francs de la Gesellschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg.

BP16 = base de prix 2016. Centrale nucléaire de Beznau (CNB), centrale nucléaire de Mühleberg (CNM) centrale nucléaire de Gösgen (CNG), centrale nucléaire de Leibstadt (CNL).

Les nouveaux enseignements et expériences tirés des projets de démantèlement nucléaire en cours, tout comme de l'évolution de la planification des dépôts en couches géologiques profondes ont été pris en compte dans l'estimation des coûts 2016. Les principaux écarts de l'étude de coûts 2016 par rapport aux résultats de 2011 peuvent globalement s'expliquer comme suit.

Les coûts de gestion augmentent de tout juste 9 % en moyenne une fois le renchérissement déduit. Ce phénomène s'explique par l'introduction de la ventilation des coûts, incluant des suppléments de coûts pour les imprécisions et les coûts qui n'étaient pas intégralement pris en compte dans les précédentes études de coûts. Autre facteur venant accroître les coûts : le projet de base pour les dépôts en couches géologiques profondes a été adapté à la suite de la procédure de participation à l'étape 2 de la procédure du plan sectoriel. Comme l'on sait à présent que les dépôts en couches géologiques seront mis en service plus tard que ne le planifiait l'étude de coûts 2011, les coûts augmentent tant au niveau du dépôt intermédiaire que des transports.

Les coûts estimés de post-exploitation, une fois le renchérissement déduit, ont baissé en moyenne de 7,5 % par rapport à l'étude de coûts 2011. Le montant des coûts annuels de post-exploitation a pu être confirmé dans une large mesure. D'un côté, la précision de la planification de la post-exploitation raccourcit la durée de post-exploitation – qui passe ainsi de cinq à quatre ans pour les centrales nucléaires de Beznau et Leibstadt et à trois ans pour la centrale de Gösgen. De l'autre, l'introduction de la ventilation des coûts avec la plus forte prise en compte des risques a un effet d'augmentation des coûts. Les coûts de post-exploitation baissent dans leur globalité. Les conséquences financières d'une diminution ou d'une prolongation de la durée de post-exploitation par rapport aux hypothèses de planification sont déjà prises en compte dans les chances et risques.

Dans la variante de base, c'est-à-dire jusqu'à la sortie de la loi sur l'énergie nucléaire, les coûts de désaffectation estimés ont augmenté de 6 % en moyenne par rapport à l'étude de coûts 2011, une fois le renchérissement déduit. Il convient de garder ici à l'esprit que l'étude de coûts 2011 comprend les coûts du démantèlement conventionnel jusqu'à une profondeur de 2 mètres. L'étude de coûts 2016, pour sa part, situe en guise d'objectif de désaffectation l'achèvement des travaux de désaffectation et la sortie de la loi sur l'énergie nucléaire. L'étude de coûts 2016 indique les coûts de désaffectation, démantèlement conventionnel compris, en tant que variante dans l'étude partielle « Estimation des coûts de désaffectation ». Pour la désaffectation également, la nouvelle ventilation des coûts conduit à des coûts supérieurs. L'observation et l'analyse des projets de démantèlement en cours à l'étranger amènent à conclure que les frais de démontage et les dépenses engagées dans les mesures d'accompagnement du projet doivent être corrigés à la hausse par rapport aux hypothèses de l'étude de coûts 2011. En revanche, les optimisations au niveau des processus et de l'organisation des projets de démantèlement ont pour effet de réduire les coûts.

La prochaine étude de coûts est prévue pour le 2021.

Riepilogo

La Legge federale sull'energia nucleare⁵ obbliga i proprietari di impianti nucleari a costituire un Fondo di disattivazione e un Fondo di smaltimento. Questi Fondi devono disporre di mezzi finanziari sufficienti per coprire i costi di disattivazione e di smaltimento che insorgeranno dalla messa fuori servizio degli impianti nucleari in poi.

Per assicurare la fattibilità di questa operazione è necessaria una completa valutazione dei costi di disattivazione e di smaltimento. Sulla base di questa valutazione è possibile quantificare i contributi che i proprietari degli impianti nucleari devono accantonare per la disattivazione e lo smaltimento nucleare e versare nel Fondo di disattivazione e nel Fondo di smaltimento. Questa valutazione dei costi deve avvenire, in conformità a quanto previsto dall'Ordinanza⁶ sul Fondo di disattivazione e sul Fondo di smaltimento per gli impianti nucleari, ogni cinque anni. I costi della fase post-operativa devono essere pagati direttamente dai proprietari. Anche questi costi, però, vengono sempre rivalutati con l'attualizzazione degli studi sui costi di disattivazione e di smaltimento.

L'ultima valutazione dei costi della fase post-operativa, di disattivazione e di smaltimento è stata effettuata nel 2011 ed è stata verificata dall'Ispettorato federale della sicurezza nucleare e da altri periti. La Commissione amministrativa del Fondo di disattivazione e del Fondo di smaltimento per gli impianti nucleari, qui di seguito denominata in breve Commissione amministrativa, ha successivamente approvato lo studio sui costi 2011. Questo studio ha costituito la base per la determinazione degli accantonamenti e dei contributi da versare nei Fondi per gli anni dal 2012 al 2016.

Nel 2014, i proprietari degli impianti nucleari svizzeri hanno incaricato swissnuclear di attualizzare entro la fine del 2016, come prescritto dalla legge, la valutazione dei costi in collaborazione con le organizzazioni responsabili in Svizzera della disattivazione e dello smaltimento. Per l'allestimento di questo studio sono state tenute in considerazione le direttive stabilite dalla Commissione amministrativa. Con i rapporti [1], [2] e [4] si tiene conto di questo mandato. Per l'allestimento dello studio sui costi 2016 andavano tenuti in debito conto anche le raccomandazioni derivate dal riesame dello studio sui costi 2011. I relativi dettagli sono reperibili negli allegati A.3, A.4 e A.5 di questo rapporto. L'Ispettorato federale della sicurezza nucleare e dei controllori indipendenti dei costi riverificheranno, su mandato della Commissione amministrativa, lo studio sui costi 2016.

Per la prima volta la Commissione amministrativa ha definito, come parte delle direttive per lo studio sui costi 2016, delle strutture vincolanti per quanto riguarda l'esposizione dei costi stimati di disattivazione e smaltimento. Queste strutture vincolanti dei costi possono essere utilizzate durante tutte le fasi di pianificazione e di accertamento dei costi. Le strutture vincolanti dei costi devono costituire i presupposti per pianificare i costi in modo trasparente, per confrontarli in modo attendibile, per controllarli effettivamente e per poter svolgere efficacemente il processo di utilizzo dei mezzi dei Fondi.

Le direttive per lo studio sui costi 2016 contenevano inoltre delle istruzioni su come tener conto di eventuali imprecisioni e rischi. A tale scopo è stata definita una classificazione dei costi utilizzata sia per il rilevamento dei costi che per la loro esposizione.

I due termini classificazione dei costi e struttura dei costi vanno separati l'uno dall'altro:

- La struttura dei costi associa i costi complessivi delle singole attività e unità organizzative della fase post-operativa, della disattivazione e dello smaltimento.

⁵ Art. 77 cpv. 1 e 2 della Legge federale sull'energia nucleare [10].

⁶ Art. 4 dell'Ordinanza sul Fondo di disattivazione e sul Fondo di smaltimento per gli impianti nucleari [12].

- La classificazione dei costi valuta la peculiarità di rischio della stima dei costi. Oltre a fare una distinzione tra i costi iniziali calcolati e i costi per misure atte a ridurre il rischio, considera anche le maggiorazioni dei costi per imprecisioni nelle stime e per i pericoli, come pure le diminuzioni dei costi determinate dalle opportunità che si potrebbero presentare e, se necessario, per un ulteriore supplemento di sicurezza.

Come conseguenza delle nuove direttive i risultati dello studio sui costi 2016 sono solo limitatamente comparabili con quelli degli studi precedenti.

Le valutazioni dei costi si basano sul quadro giuridico e normativo al 1.1.2015.

Gli studi sui costi sono sempre effettuati utilizzando il valore monetario dell'anno di valutazione (costi «overnight»). Per consentire di fare un confronto diretto, i costi stimati dello studio sui costi 2011 sono stati aggiornati dall'anno di riferimento dei prezzi 2011 all'anno di riferimento dei prezzi 2016 dello studio sui costi 2016. Il tasso di rincaro utilizzato dell'uno e mezzo per cento all'anno è stabilito nell'Ordinanza sul Fondo di disattivazione e sul Fondo di smaltimento per gli impianti nucleari.

La seguente Tabella 3 mostra il risultato dello studio sui costi 2016 per le sezioni fase post-operativa, disattivazione e smaltimento rispetto allo studio sui costi 2011. Al netto del rincaro i costi complessivi aumentano di circa il 7 %.

Tabella 3: Valutazione dei costi dello SC16 e dello SC11, base di riferimento dei prezzi: 2016 (MCHF).

Costi complessivi	CNB	CNM	CNG	CNL	Zwilag	Confederazione	Totale
SC16 PB16							
Smaltimento ¹	4'717	2'155	5'315	5'736	-	1'187	19'176
Smaltimento considerando il deposito combinato ¹	4'546	2'066	5'105	5'471	-	1'108	18'362
Fase post-operativa	462	339	434	468	-	-	1'703
Disattivazione	900	564	806	1'015	121	-	3'406
Totale	6'079	3'058	6'555	7'219	121	1'187	24'286
SC11 PB16							
Smaltimento	4'330	1'927	5'333	5'244	-	792	17'626
Fase post-operativa	512	344	490	496	-	-	1'841
Disattivazione	872	524	714	991	102	-	3'204
Totale	5'713	2'795	6'538	6'731	102	792	22'671
Diff. SC16 SC11							
Smaltimento	388	228	-18	492	-	395	1'551
Fase post-operativa	-50	-4	-57	-28	-	-	-138
Disattivazione	28	39	92	24	19	-	202
Totale	366	263	17	488	19	395	1'614
Diff. SC16 SC11 (%)							
Smaltimento	9.0%	11.8%	-0.3%	9.4%	0.0%	49.9%	8.8%
Fase post-operativa	-9.7%	-1.3%	-11.6%	-5.6%	0.0%	0.0%	-7.5%
Disattivazione	3.2%	7.5%	12.9%	2.4%	18.9%	0.0%	6.3%
Totale	6.4%	9.4%	0.3%	7.3%	18.9%	49.9%	7.1%

¹ Il totale dei costi di smaltimento include una compensazione finanziaria ancora aperta di circa -11 milioni di franchi. Questa somma deve ancora essere accreditata ai responsabili dello smaltimento. Il totale dei costi di smaltimento include 65 milioni di franchi del Gesellschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg.

PB16 = Base di riferimento dei prezzi: 2016. Centrale nucleare di Beznau (CNB), Centrale nucleare di Mühleberg (CNM), Centrale nucleare di Gösgen (CNG), Centrale nucleare di Leibstadt (CNL).

Nella valutazione dei costi 2016 sono confluite anche le nuove conoscenze ed esperienze derivanti da progetti in corso di smantellamento di impianti nucleari come pure dallo sviluppo della pianificazione dei depositi di scorie in strati geologici profondi. Le differenze più importanti dello studio sui costi 2016 rispetto ai risultati del 2011 si possono sinteticamente spiegare così:

i costi di smaltimento, al netto del rincaro, aumentano mediamente di circa il 9 %. Questo è in parte riconducibile all'introduzione della classificazione dei costi. La classificazione dei costi include i supplementi di costo per eventuali imprecisioni e rischi, elementi questi che nei precedenti studi sui costi non erano stati interamente considerati. Anche l'adeguamento del progetto di base per i depositi delle scorie in strati geologici profondi, intervenuto a seguito della procedura di partecipazione nella Tappa 2 della procedura del piano settoriale, ha comportato un aumento dei costi. Poiché i depositi di scorie in strati geologici profondi entreranno ora in esercizio più tardi di quanto pianificato all'atto della stesura dello studio sui costi 2011, aumentano sia i costi per il deposito intermedio sia i costi dei trasporti.

i costi stimati della fase post-operativa sono, al netto del rincaro, mediamente diminuiti del 7.5 % rispetto a quelli dello studio sui costi 2011. L'entità dei costi annui della fase post-operativa ha potuto essere esaurientemente confermata. Da un lato la pianificazione più precisa della fase post-operativa ha permesso la riduzione della sua durata: da cinque a quattro anni per le centrali nucleari di Beznau e Leibstadt e a tre anni per la centrale nucleare di Gösgen. Diminuiscono così i costi complessivi della fase post-operativa. Dall'altro lato, l'introduzione della classificazione dei costi con una più ampia presa in considerazione delle imprecisioni e dei rischi ha avuto come effetto un aumento dei costi. Le conseguenze sui costi nel caso in cui la durata della fase post-operativa dovesse ridursi o prolungarsi rispetto alle ipotesi formulate nel piano sono prese in considerazione nel contesto delle opportunità e dei pericoli.

i costi di disattivazione stimati nella variante di base, cioè fino a quando il sito non sottostà più alla Legge sull'energia nucleare, sono, al netto del rincaro, aumentati mediamente del 6 % rispetto allo studio sui costi 2011. Va tuttavia considerato che lo studio sui costi 2011 comprende i costi dello smantellamento convenzionale fino ad una profondità di 2 metri. Lo studio sui costi 2016, invece, ha come obiettivo della disattivazione la conclusione dei lavori di disattivazione e l'accertamento che il sito non sottostà più alla Legge sull'energia nucleare. Lo studio sui costi 2016 presenta i costi per la disattivazione, incluso lo smantellamento convenzionale, come variante nello studio parziale «Valutazione dei costi di disattivazione». Anche per la disattivazione, la nuova classificazione dei costi determina costi più elevati. L'osservazione e l'analisi di progetti di smantellamento in corso all'estero hanno portato a concludere che la spesa per lo smontaggio e per le misure d'accompagnamento al progetto devono essere corrette verso l'alto rispetto alle ipotesi fatte per lo studio 2011. Un effetto di riduzione dei costi si ottiene con l'ottimizzazione delle varie fasi dell'iter procedurale e dell'organizzazione dei progetti di smantellamento.

Il prossimo studio sui costi è previsto per il 2021.

Summary

The Nuclear Energy Act⁷ obligates the owners of nuclear installations to form a Decommissioning Fund and a Waste Disposal Fund. If the nuclear installations are decommissioned, these funds must contain sufficient financial resources to cover the cost of decommissioning and waste disposal that are incurred after this point in time.

To ensure this, a comprehensive estimate of the costs of decommissioning and waste disposal is required. Based on this estimate, one can measure the provisions the owners of the nuclear installations must enter in their accounts for decommissioning and nuclear waste disposal as well as the amounts they must pay into the Decommissioning Fund and the Waste Disposal Fund. This cost estimate must be conducted every five years as specified in the Ordinance⁸ on the Decommissioning and Waste Disposal Funds for Nuclear Installations. The owners must pay the costs of post-shutdown operations directly. Nonetheless, these costs are also re-estimated with each update of the studies on the costs of decommissioning and waste disposal.

The last estimate of the costs of post-shutdown operations, decommissioning, and waste disposal was conducted in 2011. It was reviewed by the Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate (ENSI) and other experts. The Administrative Commission for the Decommissioning and Waste Disposal Funds for Nuclear Installations, hereinafter called “Administrative Commission” for short, subsequently approved the Cost Study of 2011. This study served as the basis of assessment for provisions in the accounts and for fund contributions for the years 2012 through 2016.

In 2014, the owners of the Swiss nuclear installations commissioned swissnuclear to update the new cost study as prescribed by law and to complete the study by the end of 2016 in cooperation with the organizations responsible for decommissioning and waste disposal in Switzerland. In that process, the specifications set by the Administrative Commission for the preparation of the cost study were to be taken into account. This task has been carried out with the reports [1], [2] and [4]. The recommendations from the assessment of the Cost Study of 2011 were also supposed to be taken into account for the preparation of the Cost Study of 2016. The associated details can be found in the Annexes A.3, A.4 and A.5 of this Summary Report. The Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate (ENSI) and independent costs assessors will, in turn, audit the Cost Study of 2016 on behalf of the Administrative Commission.

As part of the specifications for the Cost Study of 2016, the Administrative Commission for the first time defined binding cost structures to present the estimated costs for decommissioning and waste disposal. This term refers to cost structures for end-to-end use in all phases of cost planning and cost determination. Binding cost structures are meant to lay the groundwork for planning costs transparently, comparing them meaningfully, and controlling them effectively as well as for enabling the fund resources to be drawn on effectively.

The specifications for the Cost Study of 2016 also contained instructions on how to deal with inaccuracies and risks. To this end, a classification of cost levels was specified and taken into account in the determination and presentation of costs.

The two terms “classification of cost levels” and “cost structure” must be distinguished from each other:

- The cost structure allocates the total costs to the individual activities and organizational units for post-shutdown operations, decommissioning, and waste disposal.

⁷ Art. 77 of the Nuclear Energy Act.[10].

⁸ Art. 4 of the Ordinance on the Decommissioning and Waste Disposal Funds [12].

- The classification of cost levels, for its part, considers the cost estimate from the standpoint of riskiness. It differentiates not only the calculated initial costs and the costs for risk-mitigating actions but also cost surcharges for inaccuracies of the forecast and threats as well as cost deductions for opportunities and if required, an additional safety surcharge.

Owing to the new procedure, the results of the Cost Study of 2016 are only conditionally comparable to the previous cost studies.

The cost estimates are based on the legal and regulatory framework as of 1 January 2015.

Cost studies are conducted at the monetary value in the year of the estimate (“overnight costs”). To enable a direct comparison, the costs estimated in the Cost Study of 2011 were adjusted from the price basis for 2011 to the price basis for 2016 as applied to the Cost Study of 2016. The applied inflation rate of 1.5 % per year is given in the Ordinance on the Decommissioning and Waste Disposal Funds.

The Table 4 below shows the results of the Cost Study of 2016 for the categories post-shutdown operations, decommissioning, and waste disposal compared with the Cost Study of 2011. After being adjusted for inflation, the total costs rise by approximately 7 %.

Table 4: Estimate of total costs for the Cost Study of 2016 CS16 and the Cost Study of 2011 CS11, price basis in 2016 (MCHF).

Total costs	Beznau NPP	Mühleber g NPP	Gösgen NPP	Leibstadt NPP	Zwilag	Confeder- ation	Total
CS16 PB16							
Disposal ¹	4'717	2'155	5'315	5'736	-	1'187	19'176
Disposal with opportunity of combined storage ¹	4'546	2'066	5'105	5'471	-	1'108	18'362
Post-shutdown operations	462	339	434	468	-	-	1'703
Decommissioning	900	564	806	1'015	121	-	3'406
Total	6'079	3'058	6'555	7'219	121	1'187	24'286
CS11 PB16							
Disposal	4'330	1'927	5'333	5'244	-	792	17'626
Post-shutdown operations	512	344	490	496	-	-	1'841
Decommissioning	872	524	714	991	102	-	3'204
Total	5'713	2'795	6'538	6'731	102	792	22'671
Diff. CS16 CS11							
Disposal	388	228	-18	492	-	395	1'551
Post-shutdown operations	-50	-4	-57	-28	-	-	-138
Decommissioning	28	39	92	24	19	-	202
Total	366	263	17	488	19	395	1'614
Diff. CS16 CS11 (%)							
Disposal	9.0%	11.8%	-0.3%	9.4%	0.0%	49.9%	8.8%
Post-shutdown operations	-9.7%	-1.3%	-11.6%	-5.6%	0.0%	0.0%	-7.5%
Decommissioning	3.2%	7.5%	12.9%	2.4%	18.9%	0.0%	6.3%
Total	6.4%	9.4%	0.3%	7.3%	18.9%	49.9%	7.1%

¹ The total of the costs of disposal for the Cost Study of 2016 contains an outstanding adjustment of accounts between the entities obliged to dispose of nuclear waste in the amount of approximately -11 million Swiss Francs. This amount also contains a contribution made by the former Gesellschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg in the amount of 65 million Swiss Francs.

PB16 = Price Basis in 2016

The cost estimate for 2016 also incorporates new knowledge and experiences from the ongoing nuclear dismantling projects and from the development of planning for deep geological repositories. The major deviations of the Cost Study of 2016 from the results in 2011 can be summarized as follows:

After being adjusted for inflation, the waste disposal costs rise at an average of nearly 9 %. This rise can be traced in part to the introduction of the cost breakdown. The cost breakdown includes cost surcharges for inaccuracies and risks that were not fully taken into account in earlier cost studies. Another factor that increased costs was that the base project for the deep geological repositories was adjusted following the participatory process in stage 2 of the sectoral plan process. Since the deep geological repositories will go into operation later than still planned at the time of the Cost Study of 2011, costs will be higher for intermediate storage as well as for transports.

The estimated costs of post-shutdown operations have been adjusted for inflation compared with the Cost Study of 2011 and have decreased by an average of 7.5 %. The level of annual costs for post-shutdown operations was able to be largely confirmed. On the one hand, the planning of post-shutdown operations was rendered more precise, thereby reducing the duration of post-shutdown operations – from five to four years for the Beznau and Leibstadt nuclear power plants and to three years for the Gösgen nuclear power plant. The total costs for post-shutdown operations drop as a result. On the other hand, the introduction of the cost breakdown with its broader consideration of risks had a cost-increasing effect. The opportunities and threats take into account the cost consequences of the post-shutdown operations lasting either shorter or longer than in the planning assumptions.

Following adjustment for inflation, the estimated decommissioning costs in the base version, i.e. up to being removed from regulatory control under the Nuclear Energy Act, rise an average of 6 % compared with the Cost Study of 2011. One must take into account in this context that the Cost Study of 2011 contains the costs of conventional dismantling to a depth of -2 meters. The Cost Study of 2016, however, sets the decommissioning goal as being to complete the decommissioning work and to remove the sites from regulatory control under the Nuclear Energy Act. The Cost Study of 2016 lists the costs for decommissioning including conventional dismantling as a variation in the sub-study “Cost estimate of the decommissioning costs”. The new cost break-down also leads to higher costs for decommissioning in some cases. For instance, the observation and analysis of ongoing dismantling projects abroad resulted in the finding that the costs for dismantling and for measures being conducted alongside the projects have to be corrected upward compared with the assumptions in the Cost Study of 2011. Optimizations in the process and in the organization of the dismantling projects had a cost-reducing effect.

The next cost study is anticipated to be carried out in 2021.

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Überblick	1
1.2	Vergleichbarkeit der Kostenstudie 2016 mit früheren Kostenstudien	1
2	Randbedingungen und Annahmen.....	4
2.1	Verursacherprinzip	4
2.2	Finanzierung der Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten	4
2.2.1	Staatlich kontrollierte Fonds	4
2.2.2	Eigene Vorsorge der Eigentümer	6
2.3	Rückstellungen für Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten	6
2.4	Kostenstudien der Stilllegungs- und Entsorgungspflichtigen	6
2.5	Rechtlicher Rahmen	8
2.6	Fremdwährungswechselkurse	8
2.7	Abgrenzung von Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten.....	8
2.8	Kosten vor Einstellung des Leistungsbetriebs der Kernkraftwerke.....	12
2.9	Betriebsdauer der Kernkraftwerke	12
2.10	Grundlegende Annahmen zum Nachbetrieb und zur Stilllegung der Kernkraftwerke	13
2.11	Grundlegende Annahmen zur Entsorgung	14
2.12	Vorgaben der Verwaltungskommission für die Erstellung der Kostenstudie 2016	15
3	Methodik der Kostenschätzung	18
3.1	Kostenstrukturen	18
3.1.1	Nachbetrieb und Stilllegung	19
3.1.2	Entsorgung	20
3.2	Kostengliederung	22
3.2.1	Vorgaben der Verwaltungskommission für die Kostenstudie 2016.....	22
3.2.2	Umsetzung der Kostengliederung	25
4	Beschreibung der wesentlichen Aktivitäten.....	26
4.1	Aktivitäten im Nachbetrieb	26
4.2	Aktivitäten in der Stilllegung	26
4.3	Aktivitäten in der Entsorgung	27
5	Resultate der Kostenschätzungen	28
5.1	Schätzung der Gesamtkosten.....	28
5.2	Schätzung der Entsorgungskosten	30
5.3	Schätzung der Stilllegungskosten	34
5.3.1	Stilllegungsplan	34
5.3.2	Kostenschätzung	35
5.4	Schätzung der Kosten des Nachbetriebs.....	37
6	Vergleich der Resultate mit internationalen Kostenschätzungen.....	39

A ANHÄNGE.....	41
A.1 Referenzen	41
A.2 Verzeichnis der Abkürzungen.....	42
A.3 Empfehlungen aus der Prüfung der Kostenstudie 2011 durch das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat.....	45
A.4 Kommentare aus der Plausibilisierung der Kostenstudie 2011 – Teil Stilllegung	49
A.5 Kommentare aus der Plausibilisierung der Kostenstudie 2011 – Teil Entsorgung	57

Abbildungen

Abbildung 1: Übersicht über die Verknüpfung der Teilberichte der KS16 und der Finanzierung des Nachbetriebs, der Stilllegung und der Entsorgung.	7
Abbildung 2: Abgrenzung von Leistungsbetrieb, Nachbetrieb und Stilllegung.	10
Abbildung 3: Grafische Darstellung der Kostengliederung.	23

Tabellen

Tabelle 1:	Gesamtkostenschätzung der Kostenstudie 2016 (KS16) und Kostenstudie 2011 (KS11).	IV
Tableau 2:	Estimation des coûts totaux de l'EC16 et de l'EC11, base de prix 2016 (MCHF).	VIII
Tabella 3:	Valutazione dei costi dello SC16 e dello SC11, base di riferimento dei prezzi: 2016 (MCHF).	XII
Table 4:	Estimate of total costs for the Cost Study of 2016 CS16 and the Cost Study of 2011 CS11, price basis in 2016 (MCHF).	XVI
Tabelle 5:	In der Kostenstudie 2016 verwendete Fremdwährungswechselkurse.	8
Tabelle 6:	Kostenzuordnung der abgebrannten Brennelemente.	10
Tabelle 7:	Kostenzuordnung der Betriebsabfälle aus Leistungs- und Nachbetrieb.	11
Tabelle 8:	Kostenzuordnung der Reaktorabfälle aus dem Leistungsbetrieb.	11
Tabelle 9:	Kostenzuordnung der Stilllegungsabfälle.	12
Tabelle 10:	Vorgaben der Verwaltungskommission für die Erstellung der Kostenstudie 2016 – Teil Allgemein.	16
Tabelle 11:	Vorgaben der Verwaltungskommission für die Erstellung der Kostenstudie 2016 – Teil Nachbetrieb und Stilllegung.	17
Tabelle 12:	Vorgaben der Verwaltungskommission für die Erstellung der Kostenstudie 2016 – Teil Entsorgung.	17
Tabelle 13:	Gesamtkostenschätzung Kostenstudie 2016 (KS16) mit Darstellung der Kostengliederung.	28
Tabelle 14:	Gesamtkostenschätzung der Kostenstudie 2016 (KS16) und Kostenstudie 2011 (KS11), Preisbasis 2016.	29
Tabelle 15:	Entsorgungskostenschätzung der Kostenstudie 2016 (KS16) und Kostenstudie 2011 (KS11).	31
Tabelle 16:	Stilllegungskostenschätzung der Kostenstudie 2016 (KS16) und Kostenstudie 2011 (KS11).	35
Tabelle 17:	Dauer des Nachbetriebs der KKW für die Kostenstudie 2016 (KS16) und die Kostenstudie 2011 (KS11).	37
Tabelle 18:	Nachbetriebskostenschätzung der Kostenstudie 2016 (KS16) und Kostenstudie 2011 (KS11).	38
Tabelle 19:	Internationaler Kostenvergleich.	39
Tabelle 20:	Empfehlungen aus Prüfung der Kostenstudie 2011 durch das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat.	45
Tabelle 21:	Kommentare aus der Plausibilisierung der Kostenstudie 2011 – Teil Stilllegung.	49
Tabelle 22:	Kommentare aus der Plausibilisierung der Kostenstudie 2011 – Teil Entsorgung.	57

1 Einleitung

1.1 Überblick

Mit den Kostenstudien kommen die Eigentümer der Schweizer Kernkraftwerke – Beznau (KKB), Mühleberg (KKM), Gösgen (KKG) und Leibstadt (KKL) – ihrer gesetzlichen Verpflichtung zur Schätzung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten nach. Ergänzend hierzu erfolgt auch die Schätzung der Nachbetriebskosten.

Die Kostenstudie 2016 (KS16) umfasst vier Teilberichte:

- Schätzung der Entsorgungskosten – geologische Tiefenlagerung [1].
- Schätzung der Entsorgungskosten – Zwischenlagerung, Transporte, Behälter und Wiederaufarbeitung [2].
- Schätzung der Kosten des Nachbetriebs der Schweizer Kernkraftwerke [3].
- Schätzung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen [4].

Der vorliegende Mantelbericht erläutert die Rahmenbedingungen der Kostenstudie, insbesondere die Neuerungen in der Methodik, die sich im Vergleich zur Kostenstudie 2011 (siehe hierzu Referenzen [5], [6], [7] und [8]) infolge der Einführung der neuen Kostenstrukturen sowie der Kostengliederung ergeben haben, und fasst die wichtigsten Resultate der vier Teilberichte zusammen.

Die Annahmen und Rahmenbedingungen für Entsorgung, Nachbetrieb und Stilllegung sind in Kapitel 4 dargestellt. Kapitel 3 erläutert die Methodik der Kostenschätzung in Bezug auf die Kostenstrukturen und Kostengliederung. Die Ergebnisse der Kostenschätzung für die drei Teilbereiche sind in Kapitel 4 und 5 zusammengefasst. Kapitel 6 stellt einen internationalen Vergleich von Kostenschätzungen für Stilllegung und Entsorgung vor.

In der Kostenstudie werden zahlreiche Fachbegriffe verwendet. Diese sind in einem Glossar [9] zusammengefasst.

1.2 Vergleichbarkeit der Kostenstudie 2016 mit früheren Kostenstudien

Als Teil der Vorgaben für die Kostenstudie 2016 definierte die Verwaltungskommission erstmals verbindliche Kostenstrukturen zur Darstellung der geschätzten Stilllegungs- und Entsorgungskosten. Darunter sind Kostenstrukturen zu verstehen, die durchgängig in allen Phasen der Kostenplanung und -feststellung angewendet werden können. Verbindliche Kostenstrukturen sollen die Voraussetzungen schaffen, um Kosten transparent zu planen, aussagekräftig zu vergleichen und effektiv zu kontrollieren sowie um den Prozess der Inanspruchnahme von Fondsmitteln zukünftig effektiv abwickeln zu können.

Die neuen Vorgaben für die Kostenstudie 2016 enthielten zudem Weisungen, wie mit Ungenauigkeiten und Risiken umzugehen ist. Dazu wurde eine Kostengliederung vorgegeben, die bei der Ermittlung und der Darstellung der Kosten berücksichtigt wurde.

Die zwei Begriffe Kostengliederung und Kostenstruktur sind voneinander abzugrenzen:

- Die Kostenstruktur ordnet die Gesamtkosten den einzelnen Aktivitäten und Organisationseinheiten von Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung zu.
- Die Kostengliederung betrachtet die Kostenschätzung hinsichtlich ihres Risikocharakters. Sie unterscheidet neben den berechneten Ausgangskosten und den Kosten für risikomindernde Massnahmen auch Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Gefahren sowie Kostenabzüge für Chancen und – falls erforderlich – einen zusätzlichen Sicherheitszuschlag.

Die Einführung dieser beiden methodischen Neuerungen führte dazu, dass die Ergebnisse der Kostenstudie 2016 nur noch bedingt mit den Ergebnissen der früheren Kostenstudien vergleichbar sind. Da sich insbesondere die Kostenstrukturen für die Stilllegung im Vergleich zu früher deutlich geändert haben, sind die Kostenschätzungen auf den detaillierten Ebenen der Kostenstrukturen der Stilllegung weder mit den Einzel- noch Gesamtergebnissen der früheren Kostenstudien zu vergleichen.

Die früheren Kostenstudien wurden als so genannte «Best Estimate» Schätzungen erstellt. «Best Estimate» Schätzungen enthalten aufgrund der Erfahrung der Kostenschätzer aus laufenden und abgeschlossenen vergleichbaren Projekten bereits inhärente Zuschläge für Ungewissheiten und Risiken. Diese inhärenten Zuschläge werden jedoch in einer «Best Estimate» Schätzung nicht explizit ausgewiesen. Auch sind in einer «Best Estimate» Schätzung nicht vollumfänglich alle Risiken und Ungewissheiten eingepreist.

Durch die Einführung der Kostengliederung hat die Verwaltungskommission der Stilllegungs- und Entsorgungsfonds vorgegeben, dass die Kostenstudie 2016 nicht mehr als «Best Estimate» Schätzungen erstellt werden soll. Im Gegensatz dazu sind Ausgangskosten und Kosten zur Risiko-minderung auszuweisen, die zu Basiskosten zusammengefasst werden. Diese Basiskosten sind gemäss der Definition der Kostengliederung frei von Zuschlägen für Ungenauigkeiten und Risiken. Zur Berücksichtigung dieser Ungenauigkeiten und Risiken sind neu separate Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Gefahren zu ermitteln und explizit auszuweisen. Ebenso sind Kostenabzüge für Chancen zu ermitteln und auszuweisen. Die Aufsummierung der Basiskosten und der Zuschläge beziehungsweise Abzüge für Ungenauigkeiten und Risiken führt zusammen mit den bereits aufgelaufenen Kosten zu den voraussichtlichen Gesamtkosten auf der Basis des aktuellen Planungsstandes. Ein zusätzlicher, über die Zuschläge für Ungenauigkeiten und Risiken hinausgehender Sicherheitszuschlag zur Berücksichtigung des "optimism bias"⁹ ist wegen der konsequent, einheitlich und umfassend erhobenen Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Zuschlägen bzw. Abzügen für Gefahren bzw. Chancen nicht notwendig. Zur ausführlichen Begründung, dieses Vorgehens wird auf die jeweiligen Kapitel der Teilberichte verwiesen, in denen die Umsetzung der Kostengliederung erläutert wird.

Der Betrachtungsumfang der Kostengliederung geht hinsichtlich der Berücksichtigung von Ungenauigkeiten und Risiken über den früheren Betrachtungsumfang einer «Best Estimate» Schätzung hinaus. Ein Beispiel für den erweiterten Betrachtungsumfang ist in der Berücksichtigung einer geplanten Revision der Strahlenschutzverordnung zu sehen. In einer «Best Estimate» Schätzung wird typischerweise von dem aktuellen Regelungsstand/Gesetzesstand ausgegangen. Mit der Einführung der Kostengliederung wird der erwartete Mehrkosteneffekt einer geplanten aber noch nicht in Kraft getretenen Änderung der gesetzlichen Vorgaben abgeschätzt, explizit ausgewiesen und in die Kostenstudie integriert.

Die unterschiedliche Kalkulationsmethodik einer «Best Estimate» Schätzung gegenüber einer Kostenschätzung gemäss Kostengliederung führt dazu, dass weder das Kostenniveau Basiskosten noch das Kostenniveau Gesamtkosten der Kostenstudie 2016 mit einer «Best Estimate» Schätzung vorangegangener Kostenstudien direkt zu vergleichen ist. Das Kostenniveau Basiskosten der Kostenstudie 2016 liegt aufgrund der in einer «Best Estimate» Kostenschätzung implizit enthaltener Zuschläge für Ungenauigkeiten und Risiken unter dem Niveau der Gesamtkosten der Kostenstudie 2011. Aufgrund des erweiterten Betrachtungsumfangs von Ungenauigkeiten und Risiken in der Kostenstudie 2016 liegt das Kostenniveau Gesamtkosten jedoch über dem Niveau der Gesamtkosten der Kostenstudie 2011.

⁹ Zur Unterscheidung des in der SEFV verwendeten Begriffs «Sicherheitszuschlag» (gesamter Zuschlag auf die zukünftigen Basiskosten, vgl. Anhang 1, SEFV) wird hier der Begriff «zusätzlicher Sicherheitszuschlag» verwendet, welcher aufzeigen soll, dass es sich um Zuschläge handelt, welche zusätzlich zu den Zuschlägen für Ungenauigkeiten und Risiken dazu kommen.

Die in den «Best Estimate» Kostenschätzungen früherer Kostenstudien enthaltenen inhärenten Zuschläge für Ungenauigkeiten und Risiken sind unterschiedlich für die einzelnen Bestandteile der Kostenstudie (Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung). Diese liegen in der einer Grössenordnung zwischen 10 Prozent und 20 Prozent der «Best Estimate» Schätzung.

Die wichtigsten inhaltlichen Unterschiede zwischen den Kostenstudien 2011 und 2016 lassen sich wie folgt zusammenfassen. Während in der Kostenstudie 2011 das Stilllegungsziel vollständiger Rückbau bis zu einer Tiefe von zwei Metern zugrunde gelegt wurde, wird in der Kostenstudie 2016 als Stilllegungsziel der Abschluss des nuklearen Rückbaus berücksichtigt. Die zusätzlichen Kosten des konventionellen Rückbaus sind im Teilbericht Stilllegungskosten [4] ausgewiesen. Dies führte zu einer Reduktion der Stilllegungskosten gegenüber der Kostenstudie 2011. Die wichtigste Änderung bei den Nachbetriebskosten, ist in der genaueren Planung der Dauer des Nachbetriebs zu sehen. Die Verkürzung der Nachbetriebsdauer von fünf Jahren auf vier Jahre bei den Kernkraftwerken Beznau und Leibstadt sowie von fünf Jahren auf drei Jahre beim Kernkraftwerk Gösgen führte zu einer Reduktion der Kosten des Nachbetriebs. Bei den Entsorgungskosten wurde das Basisprojekt der geologischen Tiefenlager infolge der Ergebnisse des Sachplanverfahrens kostenerhöhend angepasst. Unter Berücksichtigung der zu erwartenden Änderung der Strahlenschutzverordnung erhöht sich die einzulagernde Abfallmenge. Die Dauer der Zwischenlagerung verlängert sich um zehn Jahre gegenüber den Annahmen in der Kostenstudie 2011. In Summe resultiert ein Anstieg der Entsorgungskosten.

2 Randbedingungen und Annahmen

2.1 Verursacherprinzip

Die kommerzielle Nutzung der Kernenergie zur Stromproduktion und auch radiologische Anwendungen in Medizin, Industrie, Forschung verursachen radioaktive Abfälle. Im Kernenergiegesetz¹⁰ ist das Verursacherprinzip verankert: «*Wer eine Kernanlage betreibt oder stilllegt, ist verpflichtet, die aus der Anlage stammenden radioaktiven Abfälle auf eigene Kosten sicher zu entsorgen.*» Abfälle, die nicht in Kernkraftwerken anfallen (sondern aus Medizin, Industrie und Forschung stammen), müssen dem Bund abgeliefert werden¹¹. Der Abfallverursacher muss für die Kosten der Entsorgung aufkommen.

Die für den Bau und Betrieb von Infrastrukturanlagen zur Lagerung radioaktiver Abfälle in der Pflicht stehenden Abfallverursacher sind somit der Bund, der die radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung gegen eine Gebühr zu übernehmen hat, und die Betreiber der Kernkraftwerke.

Die Entsorgungspflicht ist dann erfüllt¹², wenn «*die Abfälle in ein geologisches Tiefenlager verbracht worden sind und die finanziellen Mittel für die Beobachtungsphase und den allfälligen Verschluss sichergestellt sind.*» (vergleiche Abbildung 1, Verschlussverfugung).

Das Verursacherprinzip und die Entsorgungspflicht gelten uneingeschränkt auch für die während des Nachbetriebs der Kernkraftwerke anfallenden radioaktiven Abfälle.

2.2 Finanzierung der Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten

Die Finanzierung der Stilllegung von Kernanlagen und der Entsorgung der von diesen verursachten radioaktiven Abfälle ist, um dem Verursacherprinzip gerecht zu werden, in der Schweiz weitgehend gesetzlich geregelt – einerseits durch staatlich kontrollierte Fonds, andererseits durch die Verpflichtung der Eigentümer beziehungsweise Betreiber¹³ zu eigener Vorsorge.

2.2.1 Staatlich kontrollierte Fonds

Das Kernenergiegesetz¹⁴ verpflichtet die Eigentümer der Kernanlagen, einen Stilllegungs- und einen Entsorgungsfonds zu bilden sowie an diese Fonds Beiträge zu leisten.

Der Stilllegungsfonds soll die Kosten für die Stilllegung der Kernanlagen sowie für die Entsorgung der dabei entstehenden Abfälle decken. Der Fonds besteht seit 1984.

Der Entsorgungsfonds soll die Kosten für die Entsorgung der radioaktiven Betriebsabfälle und der abgebrannten Brennelemente nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs eines Kernkraftwerks decken. Der Entsorgungsfonds wurde im Jahr 2000 gegründet. Im Kernenergiegesetz¹⁵ wird unterschieden zwischen Entsorgungskosten, die während des Betriebs und solchen, die nach Ausserbetriebnahme eines Kernkraftwerks anfallen. Die während des Betriebs anfallenden Entsorgungskosten werden gemäss Kernenergiegesetz¹⁶ von den Eigentümern direkt aus eigenen Mitteln bezahlt.

¹⁰ Art. 31 Abs. 1 Kernenergiegesetz (KEG) [10].

¹¹ Art. 27 Strahlenschutzgesetz (StSG) [13].

¹² Art. 31 Abs. 2 Bst. a KEG [10].

¹³ Die Eigentümer der Schweizer Kernanlagen betreiben diese selbst. Daher betreffen die Verpflichtungen des Betreibers direkt auch den Eigentümer. In der Kostenstudie 2016 werden die Begriffe «Eigentümer» und «Betreiber» als Synonyme verwendet.

¹⁴ Art. 77 KEG [10].

¹⁵ Art. 77 Abs. 2 KEG [10].

¹⁶ Art. 82 KEG [10].

Die beiden Fonds stellen sicher, dass nach endgültiger Ausserbetriebnahme¹⁷ der Kernkraftwerke genügend finanzielle Mittel vorhanden sind, um sämtliche noch ausstehenden Entsorgungs- und Stilllegungsaufwendungen zu decken. Die Bemessung der in den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds zu leistenden Beiträge sowie der Rückstellungen der Eigentümer für die Entsorgung erfolgt auf Basis einer umfassenden Schätzung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten. Diese Kosten müssen gemäss Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung¹⁸ alle fünf Jahre neu geschätzt werden. Als Berechnungsgrundlage wird für die Kernkraftwerke eine Betriebsdauer von 50 Jahren angenommen¹⁹. Für das Kernkraftwerk Mühleberg wird aufgrund der getroffenen Entscheidung, den Leistungsbetrieb 2019 endgültig einzustellen, von 47 Jahren ausgegangen. Für die Bemessung der Fondsbeiträge wird, unabhängig von der tatsächlichen Laufzeit, für alle Kernkraftwerke einschliesslich des Kernkraftwerks Mühleberg eine Laufzeit von 50 Jahren angenommen²⁰.

Zusätzlich zur Einzahlungspflicht sieht das Kernenergiegesetz eine Nachschusspflicht der Eigentümer vor²¹. Reicht der Anspruch²² eines Beitragspflichtigen an einen der Fonds zur Deckung der Kosten nicht aus, deckt der Beitragspflichtige die verbleibenden Kosten aus eigenen Mitteln²³. Weist der Beitragspflichtige nach, dass seine Mittel nicht ausreichen, deckt der Stilllegungs- beziehungsweise der Entsorgungsfonds die verbleibenden Kosten mit seinen gesamten Mitteln²⁴. Übersteigen die Zahlungen eines Fonds zu Gunsten eines Berechtigten dessen Anspruch²², muss er dem Fonds den Differenzbetrag samt einem marktüblichen Zins zurückbezahlen²⁵. Kann der Berechtigte die Rückerstattung nicht leisten, so müssen die übrigen Beitragspflichtigen und Anspruchsberechtigten des entsprechenden Fonds für den Differenzbetrag aufkommen²⁶. Ist die Deckung des Differenzbetrages für die Nachschusspflichtigen wirtschaftlich nicht tragbar, beschliesst die Bundesversammlung, ob und in welchem Ausmass sich der Bund an den nicht gedeckten Kosten beteiligt²⁷.

Die beiden Fonds stehen unter der Aufsicht des Bundesrats²⁸. Eine von diesem ernannte Verwaltungskommission²⁹ ist das Leitungsorgan der Fonds³⁰. Im Folgenden wird sie kurz als Verwaltungskommission bezeichnet. Sie setzt zur fachlichen Unterstützung zwei Ausschüsse ein, den Anlageausschuss als Steuerungs-, Koordinations- und Überwachungsorgan für die Vermögensbewirtschaftung sowie den Kostenausschuss für die Kostenberechnung und die Auszahlungen. Die Leitungsgremien der Fonds sind mehrheitlich mit Mitgliedern besetzt, die von den Eigentümern der Kernanlagen unabhängig sind³¹.

Mit der Einrichtung des Stilllegungs- und des Entsorgungsfonds besteht zusätzlich zur gesetzlichen Kostentragungspflicht der Eigentümer der Kernanlagen ein Sicherungsinstrument zur Gewährleistung, dass in der Schweiz dem Verursacherprinzip konsequent Rechnung getragen wird.

¹⁷ Unter endgültiger Ausserbetriebnahme eines Kernkraftwerks ist die endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs zu verstehen. Für die Kostenstudie 2016 wird daher die endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs als Startzeitpunkt für die Inanspruchnahme der Mittel aus dem Stilllegungs- und dem Entsorgungsfonds angenommen.

¹⁸ Art. 4 Abs. 1 Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung (SEFV) [12].

¹⁹ Gemäss Art. 4 Abs. 4 bzw. Art. 8 Abs. 4 SEFV [12].

²⁰ Art. 9c Abs. 1 SEFV [12].

²¹ Art. 80 KEG [10].

²² Gemäss Art. 78 Abs. 1 KEG [10] hat jeder Beitragspflichtige gegenüber den Fonds einen Anspruch im Umfang seiner geleisteten Beiträge, einschliesslich des Kapitalertrags und abzüglich des Verwaltungsaufwands.

²³ Art. 79 Abs. 1 KEG [10].

²⁴ Art. 79 Abs. 2 KEG [10].

²⁵ Art. 80 Abs. 1 KEG [10].

²⁶ Art. 80 Abs. 2 KEG [10].

²⁷ Art. 80 Abs. 4 KEG [10].

²⁸ Art. 20 Abs. 2, 29a Abs. 1 SEFV [12].

²⁹ Art. 81 Abs. 2 KEG [10] und Art. 23 SEFV [12].

³⁰ Der Bundesrat hat für den Stilllegungs- und den Entsorgungsfonds die gleiche Verwaltungskommission eingesetzt.

³¹ Art. 21 Abs. 2, Art. 21a Abs. 1 und Art. 22 Abs. 1^{bis} SEFV [12].

Es ist nicht nur sichergestellt, dass die Kosten für den Rückbau der Kernanlagen und sicheren Lagerung der von diesen verursachten radioaktiven Abfälle von den Eigentümern getragen werden, sondern auch, dass die nach der Ausserbetriebnahme der Kernanlagen benötigten finanziellen Mittel tatsächlich verfügbar sind.

2.2.2 Eigene Vorsorge der Eigentümer

Vor der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs anfallende Entsorgungskosten werden durch die Eigentümer direkt bezahlt. Im November 2015 hat die Verwaltungskommission entschieden, dass in Anlehnung an die Vorgehensweise bei den Entsorgungskosten die vor der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs anfallenden Stilllegungskosten, wie zum Beispiel das Erstellen des Stilllegungsprojekts und das Erwirken der Stilllegungsverfügung, ebenfalls direkt durch die Eigentümer zu bezahlen sind.

Die mit dem Nachbetrieb verbundenen Aufwendungen – sie entsprechen weder der Definition von Entsorgungskosten³² noch der von Stilllegungskosten³³ – sind als Teil der Betriebskosten zu betrachten. Auch sie sind, entsprechend dem im Kernenergiegesetz³⁴ verankerten Verursacherprinzip, durch die Eigentümer zu tragen. Der Nachbetrieb wird von den Eigentümern direkt finanziert.

2.3 Rückstellungen für Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten

Die Eigentümer bilden sämtliche aus der Verpflichtung zur Stilllegung der Kernanlagen und der Entsorgung der von diesen verursachten radioaktiven Abfällen künftig entstehenden Aufwendungen in ihren Bilanzen ab. Sie bilden dazu auf Basis der jeweiligen Kostenstudien und gemäss den anzuwendenden Rechnungslegungsvorschriften³⁵ Rückstellungen für den Nachbetrieb, die Stilllegung und die Entsorgung. Im Zusammenhang mit der Prüfung der Jahresrechnung werden die Rückstellungen von einer externen Revisionsstelle testiert³⁵. Während die Festsetzung der Höhe der Fondsbeiträge (auf Antrag der Verwaltungskommission)³⁶ durch das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation erfolgt³⁷, sind die Eigentümer verantwortlich für die Festlegung der Höhe der Rückstellungen. Deren externe Revisionsstellen prüfen, ob die Eigentümer Rückstellungen für Stilllegungs- und Entsorgungskosten vor der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs mindestens in Höhe des von der Verwaltungskommission genehmigten Rückstellungsplans gebildet und zweckgebunden verwendet haben³⁸. Die Eigentümer legen der Verwaltungskommission diesen Prüfbericht vor³⁹.

2.4 Kostenstudien der Stilllegungs- und Entsorgungspflichtigen

Zur Schätzung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten werden umfassende Kostenstudien erstellt beziehungsweise aktualisiert. Mit der Aktualisierung der Stilllegungs- und Entsorgungskostenstudien werden jeweils auch die Kosten für den Nachbetrieb neu geschätzt.

Die letzte Schätzung der Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten erfolgte im Jahr 2011. Sie wurde vom Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat geprüft und hinsichtlich Stilllegungs- und Entsorgungskosten durch die vom Bundesrat eingesetzte Verwaltungskommission genehmigt.

³² Gemäss Art. 3 SEFV [12].

³³ Gemäss Art. 2 SEFV [12].

³⁴ Art. 31 Abs. 1 KEG [10].

³⁵ Art. 960e Obligationenrecht OR [15], IFRS [21] bzw. Swiss GAAP FER [22].

³⁶ Art. 4 Abs. 5 SEFV [12].

³⁷ Art. 23 Bst. c SEFV [12].

³⁸ Art. 82 Abs. 2 Bst. c KEG [10].

³⁹ Vgl. Art. 82 Abs. 3 KEG [10] und Art. 19 Abs. 2 SEFV [12].

Sie bildet die Grundlage für die Rückstellungen und Fondsbeiträge der Stilllegungs- und Entsorgungspflichten in den Jahren 2012 – 2016. Die Eigentümer der Schweizer Kernanlagen beauftragten swissnuclear im Jahr 2014, zusammen mit den für die nukleare Entsorgung in der Schweiz verantwortlichen Organisationen die gesetzlich vorgeschriebene Aktualisierung der Kostenstudie erneut vorzunehmen und bis Ende 2016 fertigzustellen sowie dabei insbesondere die von der Verwaltungskommission festgelegten Vorgaben für die Erstellung der Kostenstudie 2016 zu berücksichtigen. Wie bisher hat swissnuclear gleichzeitig auch die Nachbetriebskosten neu geschätzt. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat und Kostenprüfer im Auftrag der Verwaltungskommission werden wiederum die Kostenstudie 2016 eingehend überprüfen.

Grundlage der Preisschätzungen für die Kostenstudie 2016 sind die erwarteten Kosten⁴⁰ mit der Preisbasis 1. Januar 2016. Die folgende Abbildung 1 gewährt eine Übersicht über die Hauptdokumente der Kostenstudie und die Finanzierung der dort berücksichtigten Kosten.

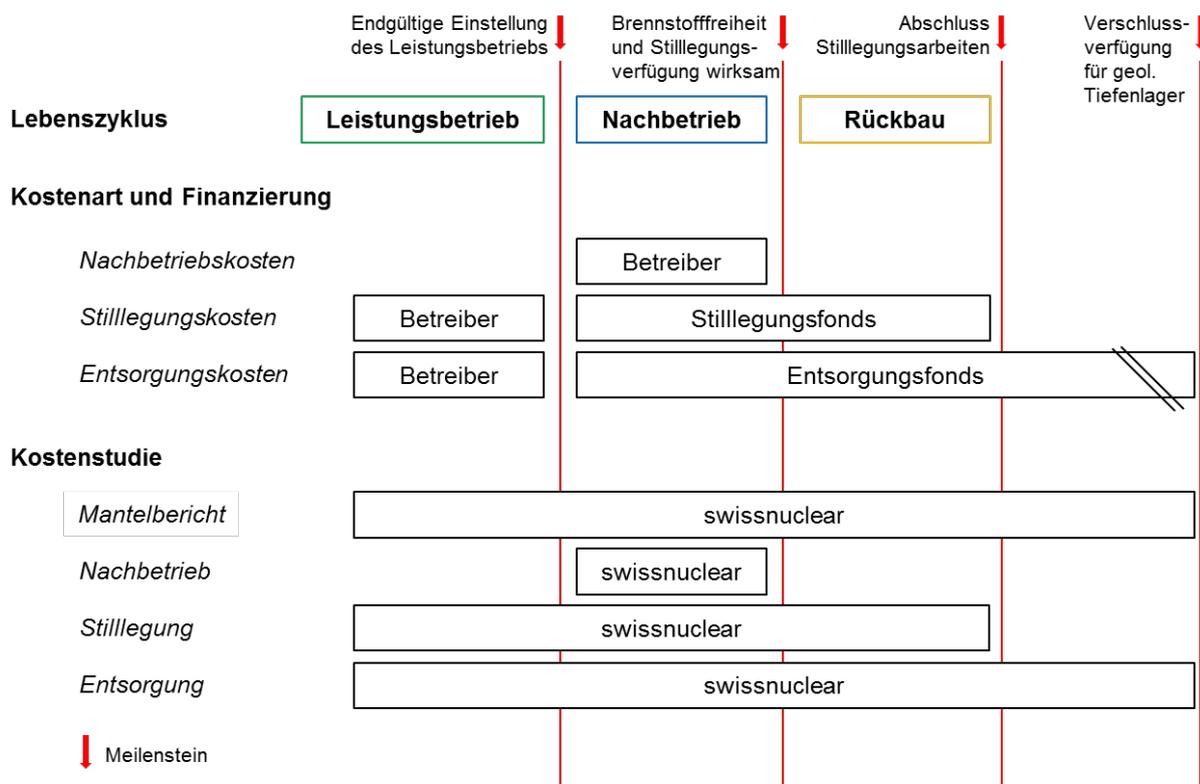


Abbildung 1: Übersicht über die Verknüpfung der Teilberichte der KS16 und der Finanzierung des Nachbetriebs, der Stilllegung und der Entsorgung.

⁴⁰ So genannte «Overnight»-Kosten.

2.5 Rechtlicher Rahmen

Das Kernenergiegesetz (KEG) [10] und das Strahlenschutzgesetz (StSG) [13], die Kernenergieverordnung (KEV) [11] und die Strahlenschutzverordnung (StSV) [14] sowie Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung (SEFV) [12] regeln umfassend die Stilllegung von Kernanlagen und die Entsorgung von radioaktiven Abfällen sowie deren Finanzierung. Neben diesen hier aufgeführten Rechtsquellen bestehen eine grosse Anzahl weiterer rechtlicher und behördlicher Vorgaben für die einzelnen Themengebiete der Kostenstudie. Diese werden in den jeweiligen Teilberichten ausführlich dargestellt.

Die per 1. Januar 2015 rechtsgültigen Gesetze, Verordnungen und Richtlinien sind in der Kostenstudie 2016 berücksichtigt⁴¹.

2.6 Fremdwährungswechselkurse

Zur Berechnung der Kosten, die in Schweizer Franken ausgewiesen werden, kommen die in der nachfolgenden Tabelle 5 aufgeführten Fremdwährungswechselkurse zur Anwendung.

Tabelle 5: *In der Kostenstudie 2016 verwendete Fremdwährungswechselkurse.*

Währung	Wechselkurs
Euro	1.20 CHF
US-Dollar	1.00 CHF
Britisches Pfund	1.50 CHF
Schwedische Kronen	0.13 CHF

Für die Kostenschätzung im Rahmen der Kostenstudie 2016 wurden konservativ abgeschätzte Fremdwährungswechselkurse gewählt, die sich an der erwarteten langfristigen Entwicklung der Kaufkraftparität zwischen der Schweiz und den entsprechenden Währungsräumen orientieren. Diese Fremdwährungskurse wurden bei der Verwaltungskommission beantragt und am 3. Juni 2015 genehmigt.

2.7 Abgrenzung von Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten

Der Übergang vom Betrieb der Anlage zu Stilllegung und Rückbau lässt sich allgemein verdeutlichen anhand von drei Zyklen: Leistungsbetrieb, Nachbetrieb und Rückbau (siehe Abbildung 2).

Die mit dem Nachbetrieb verbundenen Aufwendungen entsprechen weder der Definition von Entsorgungskosten⁴² noch der Definition von Stilllegungskosten⁴³ im Sinne der Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung.

⁴¹ Abweichend von diesem Prinzip sind gemäss den Vorgaben für die Erstellung der KS16 die Kostenfolgen der geplanten Revision der Strahlenschutzverordnung in den Gesamtkosten der KS16 berücksichtigt.

⁴² Art. 3 SEFV [12].

⁴³ Art. 2 SEFV [12].

Für die Kostenstudie 2016 gilt diese Definition der Nachbetriebskosten:

1. Laufende Betriebskosten sind ab der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs zunächst vollständig dem Nachbetrieb zuzuordnen. Gleiches gilt für die Instandhaltungsmassnahmen und wiederkehrenden Prüfungen an den nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs noch benötigten Systemen.
2. Massnahmen, die bis zum Erreichen der Brennstofffreiheit umsetzbar sind und primär dazu dienen, die Sicherheit der Anlage aufrecht zu erhalten beziehungsweise sie sicherheits-fördernd zu vereinfachen, sind grundsätzlich ebenfalls dem Nachbetrieb zuzuordnen.
3. Auch weitere vom Rückbau der Anlage unabhängige Massnahmen sind von den Stilllegungskosten abzugrenzen und dem Nachbetrieb zuzuordnen. Dies betrifft insbesondere die Entsorgung noch auf der Anlage vorhandener Betriebsabfälle und die Verpackung der abgebrannten Brennelemente.
4. Die Zuordnung dieser Kostenpositionen zu den Nachbetriebskosten erfolgt bis zum Erreichen der beiden Meilensteine Brennstofffreiheit und Rechtswirksamkeit der Stilllegungsverfügung.

Die Kosten des Nachbetriebs sind in Kapitel 4.1 näher erläutert und in Kapitel 5.4 quantifiziert.

Unter Stilllegungskosten werden die folgenden Kostenpositionen verstanden:

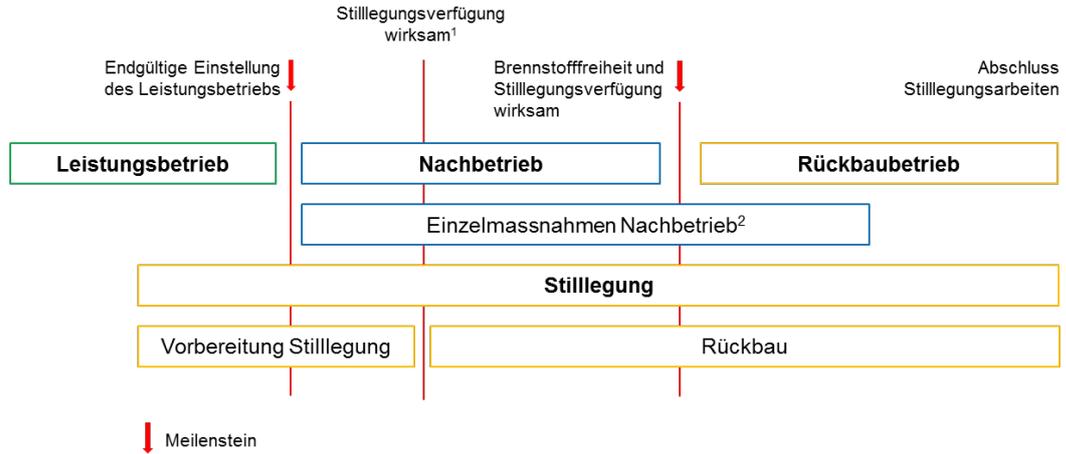
1. Betriebskosten gem. Position 1. des Nachbetriebs nachdem die Meilensteine Rechtswirksamkeit der Stilllegungsverfügung und Erreichen der Brennstofffreiheit der Anlage erreicht worden sind;
2. Massnahmen, die den Rückbau des Kernkraftwerks vorbereiten beziehungsweise der Umsetzung des Rückbaus dienen (zum Beispiel die Erstellung der Gesuchsunterlagen zur Erlangung der Stilllegungsverfügung);
3. Alle weiteren Massnahmen und Tätigkeiten gem. Kapitel 4.2 des Mantelberichts, sofern sie nicht bereits den Positionen 1. und 2. der Stilllegung zuzuordnen sind.

Die Kosten der Stilllegung sind in Kapitel 5.3 quantifiziert.

Exemplarisch ist diese Unterscheidung in der folgenden Abbildung 2 dargestellt.

In der Basisvariante der Kostenschätzung wird der Abschluss der Stilllegungsarbeiten⁴⁴ als Stilllegungsziel zugrunde gelegt. Die Variante inklusive konventionellem Rückbau wird im Bericht zur Stilllegung [4] ebenfalls beschrieben.

⁴⁴ Art. 29 KEG [10].



¹ Die Stilllegungsverfügung kann bereits vor der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs eintreffen, muss jedoch zwingend für die Beendigung des Nachbetriebs vorliegen.

² Insbesondere auch Massnahmen auf dem Werksareal zur Entsorgung von Betriebsabfällen.

Abbildung 2: Abgrenzung von Leistungsbetrieb, Nachbetrieb und Stilllegung.

Tabelle 6 bis Tabelle 9 geben einen Überblick zur Kostenzuordnung der abgebrannten Brennelemente, der Betriebs-, Reaktor- und Stilllegungsabfälle zu den Kosten des Nachbetriebs, der Stilllegung und der Entsorgung.

Tabelle 6: Kostenzuordnung der abgebrannten Brennelemente.

Brennelemente	Nachbetriebskosten	Stilllegungskosten	Entsorgungskosten
Brennelement-Handhabung vor Ort (inkl. Beladen der Behälter)	X		
Behälterkosten			X
Transport zum zentralen Zwischenlager der Zwiilag			X
Umverpacken in den Anlagen der Zwiilag (falls erforderlich)			X
Zwischenlagerung (Zwibez HAA, KKG-Nasslager)			X
Zwischenlagerung (Zwiilag)			X
Transport zum geologischen Tiefenlager HAA			X
Zuteilbare Kosten im geologischen Tiefenlager HAA			X

Tabelle 7: Kostenzuordnung der Betriebsabfälle aus Leistungs- und Nachbetrieb.

Betriebsabfälle aus Leistungs- und Nachbetrieb	Nachbetriebskosten	Stilllegungskosten	Entsorgungskosten
Behälterkosten (primär 200-l-Fässer); für Abfälle aus mehreren Perioden können die Behälterkosten den Entsorgungskosten zugeordnet sein	X		X
Konditionierung von Betriebsabfällen vor Ort	X		
Handhabung vor Ort (inkl. Beladen der Behälter)	X		
Transport zum zentralen Zwischenlager der Zwiilag			X
Interner Transport und Zwischenlagerung im Zwibez SAA			X
Behandlung von Betriebsabfällen in den Anlagen der Zwiilag			X
Umverpacken in den Anlagen der Zwiilag (falls erforderlich)			X
Zwischenlagerung (Zwiilag)			X
Transport zum geologischen Tiefenlager SMA			X
Zuteilbare Kosten im geologischen Tiefenlager SMA			X

Betriebsabfälle, die während des Rückbaus entstehen, gehören zu den Stilllegungskosten.

Tabelle 8: Kostenzuordnung der Reaktorabfälle aus dem Leistungsbetrieb.

Reaktorabfälle aus dem Leistungsbetrieb	Nachbetriebskosten	Stilllegungskosten	Entsorgungskosten
Auf- und Abbau von Zerlegeeinrichtungen	X		
Behälterkosten	X		
Behandlung bzw. Konditionierung der Reaktorabfälle vor Ort	X		
Handhabung vor Ort (inkl. Beladen und interner Transport der Behälter)	X		
Interner Transport und Zwischenlagerung im Zwibez (KKB)			X
Transport zum zentralen Zwischenlager der Zwiilag			X
Umverpacken in den Anlagen der Zwiilag (falls erforderlich)			X
Zwischenlagerung (Zwiilag)			X
Transport zum geologischen Tiefenlager SMA			X
Zuteilbare Kosten im geologischen Tiefenlager SMA			X

Reaktorabfälle, die während des Rückbaus entstehen, gehören zu den Stilllegungskosten.

Tabelle 9: *Kostenzuordnung der Stilllegungsabfälle.*

Stilllegungsabfälle	Nachbetriebskosten	Stilllegungskosten	Entsorgungskosten
Auf- und Abbau von Einrichtungen		X	
Behälterkosten		X	
Handhabung vor Ort (inkl. Beladen und interner Transport der Behälter)		X	
Interner Transport zum Zwibez (KKB)		X	
Transport zum zentralen Zwischenlager der Zwiilag		X	
Umverpacken in den Anlagen der Zwiilag (falls erforderlich)			X
Zwischenlagerung (Zwiilag und Zwibez)			X
Transport zum geologischen Tiefenlager		X	
Zuteilbare Kosten im geologischen Tiefenlager SMA		X	

2.8 Kosten vor Einstellung des Leistungsbetriebs der Kernkraftwerke

Entsorgungskosten, die vor der Einstellung des Leistungsbetriebs entstehen, sind durch die Eigentümer direkt zu zahlen. Die Entsorgungskosten vor Einstellung des Leistungsbetriebs sind in den beiden Berichten zur Entsorgung [1] und [2] ausgewiesen.

Die Verwaltungskommission hat im November 2015 entschieden, dass, in Anlehnung an die Vorgehensweise bei den Entsorgungskosten, auch die Stilllegungskosten vor der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs direkt und laufend durch die Eigentümer zu bezahlen sind. Für diese Kosten werden keine Mittel in den Stilllegungsfonds einbezahlt, sie sind während des Leistungsbetriebs direkt durch die Eigentümer zu zahlen.

Die Stilllegungskosten vor der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs sind in der Kostenstudie 2016 neu transparent und gesondert ausgewiesen. Sie gehören zu den Stilllegungskosten. Die vor der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs anfallenden Stilllegungskosten sind im Bericht zur Stilllegung [4] ausgewiesen.

2.9 Betriebsdauer der Kernkraftwerke

Als Berechnungsgrundlage wird für die Kernkraftwerke Beznau, Gösigen und Leibstadt eine Betriebsdauer von 50 Jahren angenommen⁴⁵. Für das Kernkraftwerk Mühleberg wird entsprechend dem eingereichten Stilllegungsgesuch eine Betriebsdauer von 47 Jahren angesetzt. Kann ein Kernkraftwerk länger als 50 Jahre betrieben werden, passt das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation die Berechnungsgrundlage an⁴⁵. Entsprechend den Vorgaben der Verwaltungskommission werden in der Kostenstudie 2016 erstmals die Stilllegungs-, Nachbetriebs- und Entsorgungskosten für eine Betriebsdauer von 50 Jahren wie auch 60 Jahren für die Kernkraftwerke Beznau, Gösigen und Leibstadt ausgewiesen.

⁴⁵ Gemäss Art. 8 Abs. 4 SEFV [12].

Relevant für die Einzahlungen in den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds sind die Kostenschätzungen basierend auf einer Betriebsdauer von 50 Jahren beziehungsweise 47 Jahren für das Kernkraftwerk Mühleberg⁴⁶. Die Kosten für die 60-jährige Betriebsdauer der Kernkraftwerke Beznau, Gösgen und Leibstadt werden in einer Differenzbetrachtung dargestellt.

2.10 Grundlegende Annahmen zum Nachbetrieb und zur Stilllegung der Kernkraftwerke

Das verwendete Stilllegungsmodell setzt einen Zustand der Anlage zu Beginn der Rückbauarbeiten voraus, der sich vom Zustand der Anlage während des Leistungsbetriebs unter anderem 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 worden sind, beziehungsweise nun definitiv entfernt werden. Direkt nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs beginnt der Nachbetrieb. Abweichend davon sieht das Stilllegungsprojekt für das Kernkraftwerk Mühleberg, das die Grundlage für die Ermittlung der Nachbetriebs- und Stilllegungskosten für das Kraftwerk in der Kostenstudie 2016 darstellt, eine weitgehende Parallelisierung von Nachbetrieb und Rückbau vor.

Während der Dauer des Nachbetriebs werden einerseits diejenigen (betrieblichen) Massnahmen, die für den sicheren Betrieb der noch benötigten Systeme sowie zur Einhaltung der Schutzziele notwendig sind und andererseits erste Massnahmen zur Vorbereitung der Stilllegung durchgeführt⁴⁷. Die Massnahmen während des Nachbetriebs sind gemäss Kernenergiegesetz durch die Betriebsbewilligung sowie nach Erlangen ihrer Rechtskraft durch die Stilllegungsverfügung abgedeckt. Während des Nachbetriebs müssen die Brennelemente weiterhin gekühlt, gesichert und in Transport- und Lagerbehälter verpackt werden. Der Nachbetrieb endet fünf Jahre für das Kernkraftwerk Mühleberg, vier Jahre für die Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt sowie drei Jahre nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs für das Kernkraftwerk Gösgen. In dieser Zeit sind sämtliche Brennelemente in ein von der Anlage unabhängiges Zwischenlager zu überführen⁴⁸. Die Überführung der Betriebsabfälle in ein unabhängiges Zwischenlager, die bereits während des Leistungsbetriebs begonnen haben kann, findet ebenfalls während des Nachbetriebs statt. Sie kann auch noch während des Rückbaus fortgesetzt werden und muss vor dem Abschluss der Stilllegungsarbeiten abgeschlossen sein.

Bereits vorgängig sowie parallel zum Nachbetrieb beginnen auch erste Stilllegungsarbeiten, wie das Erstellen der Unterlagen zum Stilllegungsprojekt und das Erwirken der Stilllegungsverfügung, sowie Vorbereitungen für den Rückbau. Der Nachbetrieb ist abgeschlossen, wenn sowohl die Brennstofffreiheit als auch die Rechtswirksamkeit der Stilllegungsverfügung eingetreten sind. An den Nachbetrieb schliesst sich der Rückbau der Kernanlage an. Während des Rückbaus wird das gesamte radioaktive Material aus der Anlage entfernt und konditioniert⁴⁹, um es entweder einer Zwischenlagerung oder direkt der geologischen Tiefenlagerung zuzuführen. Bauwerke, die weder kontaminierte noch aktivierte Bauteile enthalten, werden abgerissen oder können ohne durch die Kernenergiegesetzgebung bedingte Einschränkungen am Standort verbleiben. Wenn gemäss Kernenergiegesetz *«die Stilllegungsarbeiten ordnungsgemäss abgeschlossen sind, stellt das Departement fest, dass die Anlage keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt und somit nicht mehr der Kernenergiegesetzgebung untersteht»*⁵⁰.

Daran schliesst sich gegebenenfalls der konventionelle Rückbau der verbleibenden Anlagenteile an. Nach Abschluss der konventionellen Rückbauarbeiten ist der Zustand für eine anderweitige Nachnutzung des Standorts wieder hergestellt worden. Die Kosten für den konventionellen Rückbau sind im Bericht zu den Stilllegungskosten [4] ausgewiesen.

⁴⁶ Gemäss Art. 4 Abs. 3 SEFV [12].

⁴⁷ Auf die Abgrenzung von Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten hinsichtlich der Kostenzuordnung zu den unterschiedlichen Finanzierungsformen wird vorgelagert in diesem Kapitel Bezug genommen.

⁴⁸ Brennelemente, die nie in den Kern eingesetzt wurden, werden in der Regel an den Hersteller zwecks Recycling der Wertstoffe zurückgegeben.

⁴⁹ Konditionierung bezeichnet die Gesamtheit der Operationen, mit welchen radioaktive Abfälle für die Zwischenlagerung oder für die Lagerung in einem geologischen Tiefenlager vorbereitet werden; insbesondere die mechanische Verkleinerung, die Dekontamination, die Verpressung, die Verbrennung, die Einbettung in Abfallmatrizen und die Verpackung.

⁵⁰ Art. 29 KEG [10].

2.11 Grundlegende Annahmen zur Entsorgung

Unter den Themenbereich der Entsorgung fallen die Themenbereiche Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle, Transporte, Transport- und Lagerbehälter für abgebrannte Brennelemente und hochaktive Abfälle, die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente und die geologische Tiefenlagerung⁵¹. Die entsorgungspflichtigen Abfallverursacher müssen gemäss Kernenergiegesetz ein Entsorgungsprogramm erstellen⁵². 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 Dauer und die benötigte Kapazität der zentralen und dezentralen Zwischenlagerung, 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 ist in der Regel alle fünf Jahre zu aktualisieren.

Die Kostenstudie und das Entsorgungsprogramm werden im Jahr 2016 inhaltlich koordiniert und im gleichen Zeitraum beim Bund eingereicht. Dies gewährleistet eine widerspruchsfreie Darstellung. Das Entsorgungsprogramm bildet den gegenwärtigen Stand der Planung zur geologischen Tiefenlagerung ab. Es berücksichtigt Handlungsoptionen für das Konzept der geologischen Tiefenlagerung in ergebnisoffener Form, ohne Vorentscheide zu Standorten oder technischen Auslegungen zu treffen.

Demgegenüber geht die Kostenstudie für die geologische Tiefenlagerung von einem modellhaften, aber konkreten Basisprojekt aus. Es berücksichtigt die Vorgaben für die Kostenstudie 2016 zu den Modellstandorten⁵³ und der Methodik der Kostenermittlung und weist einen Detaillierungsgrad auf, der die Nachvollziehbarkeit der Kostenermittlung unter Berücksichtigung von Chancen und Gefahren ermöglicht. Im Rahmen der Chancen und Gefahren werden auch alternative Varianten zum Basisprojekt betrachtet. Als Lagervariante wird zudem ein Kombilager als gemeinsamer Lagerstandort für ein SMA und HAA Lager betrachtet. Die Kostenstudie trifft zur Ermittlung der Kosten für die geologische Tiefenlagerung modellhafte Annahmen, die mit dem Entsorgungsprogramm vereinbar sind, aber keine vorzeitigen Festlegungen zu späteren Entscheidungen auf dem Wege zu einem geologischen Tiefenlager bedeuten.

Die Kostenstudie berücksichtigt die im Sachplan festgelegten Verfahrensschritte und Kriterien für das Standortauswahlverfahren. Dabei wird ein aktualisierter Zeitplan verwendet.

Die Auswahl der Standorte für die Vorbereitung der Rahmenbewilligungsgesuche für die geologischen Tiefenlager wird etwa 2022 erfolgen. Dann ist bekannt, wo voraussichtlich das oder die Tiefenlager gebaut werden sollen. Der abschliessende Standortentscheid und die Rahmenbewilligung des Bundesrats werden für 2029 erwartet. Der Entscheid des Bundesrats zur Rahmenbewilligung muss vom Parlament genehmigt werden und unterliegt dem fakultativen Referendum (circa 2031).

⁵¹ Die Entsorgungskosten werden in der Kostenstudie 2016 in zwei getrennten Berichten [1] und [2] erläutert.

⁵² Art. 32 KEG [10].

⁵³ Es sind dies das Standortgebiet Zürich Nordost (kurz: ZNO) für das HAA-Lager und das Standortgebiet Jura Ost (kurz: JO) für das SMA-Lager.

Das Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle geht voraussichtlich 2050 und jenes für hochaktive Abfälle 2060 in Betrieb. Die Betriebsbereitschaft für den Einlagerungsbetrieb beträgt beim Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA Lager) sowie beim Lager für hochaktive Abfälle (HAA Lager) jeweils 15 Jahre. Die Dauer der effektiven Einlagerung von Abfallgebinden in die geologischen Tiefenlager kann kürzer sein als die Betriebsbereitschaft und wird in der Basisvariante mit Kraftwerkslaufzeiten von 47 (Kernkraftwerk Mühleberg) beziehungsweise 50 Jahren (übrige Kernkraftwerke) mit 14 Jahren für das SMA Lager und 12 Jahren für das HAA Lager angenommen.

Sind alle Abfälle eingelagert und alle Lagerkammern verschlossen, werden die Oberflächenanlagen grösstenteils zurückgebaut, und es beginnt die Überwachungsphase. Nach zehn Jahren werden die direkten Zugänge zu den Lagerkammern sowie die des Zugangstunnels zum HAA-Lager verfüllt und versiegelt.

Nach weiteren 40 Jahren werden die verbliebenen Oberflächenanlagen stillgelegt und zurückgebaut. Die verbleibenden Untertagbauten werden verfüllt beziehungsweise versiegelt (vgl. Abbildung 1, Verschlussverfügung).

2.12 Vorgaben der Verwaltungskommission für die Erstellung der Kostenstudie 2016

Die Verwaltungskommission machte für die Erstellung der Kostenstudie die folgenden Vorgaben, die an unterschiedlichen Stellen im Mantelbericht und den weiteren Teilberichten der Kostenstudie 2016 adressiert werden und hier nochmal zusammengefasst sind.

Tabelle 10: *Vorgaben der Verwaltungskommission für die Erstellung der Kostenstudie 2016 – Teil Allgemein.*

Parameter	Vorgabe
Zu berücksichtigende Gesetze und Verordnungen	Die per 1. Januar 2015 rechtsgültigen Gesetze, Verordnungen und Richtlinien sind zu berücksichtigen. Absehbare Revisionen sind als Gefahren und Chancen zu berücksichtigen und auszuweisen.
Preisbasis	Preisbasis 01. Januar 2016
Wechselkurse (Euro-Franken und Dollar-Franken)⁵⁴	Es sind die von der Eidgenössischen Finanzverwaltung (EFV) festgelegten Wechselkurse zu verwenden. Stichtag 01.01.2016.
Kostengliederung, Kostenschätzmethodik	Für die KS16 ist die Kostengliederung KS16 gem. Kapitel 3.1 zu verwenden. Anhang 1 enthält auch Vorgaben zum Vorgehen bei der Ermittlung der Kosten. Die verschiedenen Kostenniveaus gem. Anhang 1 (Ausgangskosten, Basiskosten, Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Gefahren, Kostenabzüge für Chancen, Sicherheitszuschlag) sind transparent darzustellen.
Kalkulatorische Betriebsdauer der KKW	KKM: 47 Jahre KKB, KKG und KKL: Es sind sowohl die Kosten für 50 Jahre Betrieb als auch für 60 Jahre Betrieb zu berechnen und zu überprüfen.
Rechtsmittelverfahren	Es sollen in den Basiskosten keine kostentreibenden Verzögerungen berücksichtigt werden. Diese sind als Projektrisiken zu quantifizieren und aufzuführen.
Kostenstrukturen	Die von den Betreibern erarbeiteten und von der Kommission auf Antrag des Kostenausschusses festgelegten Kostenstrukturen sind für die KS16 zwingend zu verwenden. Zusätzlich sind die Stilllegungskosten der KS16 auch nach der ISDC Systematik darzustellen.
Empfehlungen	Die 12 Empfehlungen des ENSI aus der Überprüfung der KS11 sind im Rahmen der KS 16 zu berücksichtigen. Die Empfehlungen aus der Plausibilisierungsstudie KS16 Phase 1 sind zu berücksichtigen: Bericht ADL/E.On - Kap. 8, Bericht Galson/PT&C – Kap. 7.

⁵⁴ Diese Angaben wurden von der Verwaltungskommission mit Brief vom 24. Juni 2015 präzisiert. Für die Kostenermittlung werden, wo notwendig, verwendet: USD/CHF = 1.00; EUR/CHF = 1.20; GBP/CHF = 1.50; SEK/CHF = 0.13

Tabelle 11: *Vorgaben der Verwaltungskommission für die Erstellung der Kostenstudie 2016 – Teil Nachbetrieb und Stilllegung.*

Parameter	Vorgabe
Nachbetrieb (Abgrenzung Betrieb/Stilllegung)	<p>Die Betriebskosten von ABN bis Brennelementfreiheit sind von den Stilllegungskosten getrennt auszuweisen. Bei diesen Kosten handelt es sich um die Nachbetriebskosten, die nicht aus den Fonds finanziert werden.</p> <p>Die Betriebskosten nach Brennelementfreiheit (Rückbaubetrieb) gehören zur Stilllegung. Ebenfalls gehören die Vorbereitungskosten zur Stilllegung (Planung, Erstellung Stilllegungsverfügung, vorbereitende Arbeiten in der Anlage etc.) zu den Stilllegungskosten, auch wenn sie vor der Rechtskraft der Stilllegungsverfügung anfallen.</p> <p>Da es nicht möglich ist, jede Nachbetriebsmassnahme und Rückbaumassnahme zeitlich zuzuordnen, können Rückbaumassnahmen während der Nachbetriebsphase sowie Nachbetriebsmassnahmen während des Rückbaus stattfinden.</p> <p>Die entsprechenden Kosten sind jeweils der zugehörigen Phase zu zuweisen.</p>
Stilllegungsvariante	Sofortiger Rückbau
Stilllegungsziel	<p>Folgende Stilllegungsziele sind kostenmässig abzubilden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vollständiger Rückbau inkl. Entfernung sämtlicher Fundamente („Grüne Wiese“). Die Einsparungen, falls die Fundamente und Betonkonstruktion nur bis -2m ab OK Terrain zurückgebaut werden, sind als Chancen auszuweisen. • Entlassung aus der Kernenergie Gesetzgebung („Braune Wiese“).
Stilllegungsplanung	<p>Für die KS16 sind die Stilllegungsplanungen aus der KS11, soweit erforderlich, zu aktualisieren.</p> <p>Für das KKM sind die aktuellen Erkenntnisse aus der Erarbeitung des Stilllegungsprojektes als Grundlage für die KS16 zu verwenden.</p>

Tabelle 12: *Vorgaben der Verwaltungskommission für die Erstellung der Kostenstudie 2016 – Teil Entsorgung.*

Parameter	Vorgabe
Standorte geologischer Tiefenlager	Getrennte Standorte für SMA- und HAA-Lager, identische Modellstandorte wie in KS11.
Inbetriebnahme SMA- und HAA-Lager	SMA Lager 2050 HAA Lager 2060
Zwischenlagerkapazitäten	Bestehende Kapazitäten
Abklinglager für radioaktive Stoffe	Abklinglagerung wird im Projektrisiko „neue StSV“ berücksichtigt und ausgewiesen.

3 Methodik der Kostenschätzung

Die Kostenstudie 2016 weist im Vergleich zu den vorherigen Kostenstudien zwei wesentliche Neuerungen auf. Die Verwaltungskommission hat für die Kostenstudie 2016 neue Kostenstrukturen vorgegeben und verlangt, die Kostenschätzungen in Form einer Kostengliederung darzustellen. Diese beiden Neuerungen werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

3.1 Kostenstrukturen

In Abstimmung mit der Verwaltungskommission entwickelte eine von swissnuclear eingesetzte Arbeitsgruppe einheitliche, vergleichbare und abwicklungsorientierte Kostenstrukturen. Im Fokus standen angesichts des konkreten Stilllegungsprojekts⁵⁵ für das Kernkraftwerk Mühleberg vor allem die Kostenstrukturen für Nachbetrieb und Stilllegung. Um die Kontinuität in den Kostenschätzungen sicherzustellen, wurden die Kostenstrukturen indessen auch für den Bereich Entsorgung analysiert, wobei der Umfang der Anpassungen dort geringer ausgefallen ist.

Zunächst identifizierte die Arbeitsgruppe die generellen Anforderungen an die Kostenstrukturen von komplexen Infrastrukturprojekten sowie die spezifischen Anforderungen für die Schweizer Kernanlagen. Diese Anforderungen wurden anschliessend an den Strukturen der Kostenstudie 2011 gespiegelt und daraus der Anpassungsbedarf für die Kostenstrukturen abgeleitet. Für die Bereiche, in denen Anpassungsbedarf identifiziert wurde, erarbeitete die Arbeitsgruppe konkrete Vorschläge für die Kostenstrukturen.

Die Anwendung von verbindlichen Kostenstrukturen hatte zum Ziel, die Voraussetzungen für eine transparente, vergleichbare und in der Projektabwicklung effiziente Kostenerfassung und -darstellung zu schaffen. Damit soll insbesondere sichergestellt werden, dass keine materiellen Abweichungen im Ausweis der Kosten zwischen Kostenplanung und Projektabwicklung entstehen, das heisst, dass die Kostenschätzungen und der effektive Kostenanfall im Zeitverlauf vergleichbar sind. Weiter sollen die Kostenstrukturen eine internationale Vergleichbarkeit der Projekte erlauben.

Dies kann entweder über die Anwendung internationaler Empfehlungen wie zum Beispiel der «*International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations*»⁵⁶ erfolgen oder über die Darstellung der Projekte nach international gängiger Praxis mit entsprechenden Kostenstrukturen.

Die Arbeitsgruppe untersuchte die Anwendbarkeit der ISDC und ist dabei zum Schluss gekommen, dass die in den ISDC definierten Kostenstrukturen international nicht verbreitet angewendet werden. Angesichts der von der Verwaltungskommission und den Eigentümern der Kernanlagen angestrebten praktikablen und abwicklungsgerechten Kostenstrukturen weisen die ISDC Defizite auf. Deshalb wird für die Kostenstrukturen der Kostenstudie 2016 die ISDC nur in Form einer Überleitung der Kostenschätzung dargestellt. Diese Überleitung ist Bestandteil der Kostenstudie für die Stilllegung [4].

Weiterhin dienen die Kostenstrukturen dazu, die der Stilllegung und Entsorgung zuordenbaren Aktivitäten und Leistungen von den übrigen Aktivitäten der Eigentümer (zum Beispiel Nachbetrieb oder weitere betriebliche Rückstellungen) abzugrenzen.

Die Verwaltungskommission genehmigte im November 2014 auf Empfehlung des Kostenausschusses die von der Arbeitsgruppe ausgearbeiteten Kostenstrukturen.

⁵⁵ BKW hat am 18. Dezember 2015 beim Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation das Stilllegungsgesuch für das Kernkraftwerk Mühleberg eingereicht.

⁵⁶ OECD 2012; NEA No. 7088; Nuclear Energy Agency; Organisation for Economic Cooperation and Development; ISBN 978-92-64-99173-6 [18].

3.1.1 Nachbetrieb und Stilllegung

Die Verwaltungskommission legte in ihrem Auftrag für die Erarbeitung von verbindlichen Kostenstrukturen einen besonderen Fokus auf die Stilllegungskosten. Dies ist vor allem auf die bevorstehende Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg zurückzuführen. In diesem Zusammenhang werden zeitnah Abwicklungsmodalitäten zwischen dem Stilllegungsfonds und der Betreiberin BKW zu definieren sein. Diese sollen, soweit möglich, für alle Schweizer Kernanlagen gleichermaßen anwendbar sein.

Die Grundlage für die Definition der Abwicklungsmodalitäten zwischen Fonds und Eigentümern sind Kostenstrukturen, die durchgängig von der Kostenschätzung bis zum Abschluss der Stilllegung angewendet werden. Dadurch bieten die Kostenstrukturen unter anderem Gewähr für ein effektives Controlling der Kosten in der Projektdurchführung sowie Kostentransparenz. Letztere ist für die Verrechnung von Kosten zwischen Fonds und Eigentümern von besonderer Relevanz, weil die Geschäftsstelle des Stilllegungsfonds die Rechnungen auf formelle Richtigkeit zu prüfen und die termingerechte Zahlung durch die Fonds zu veranlassen hat⁵⁷. Um die Verrechenbarkeit sicher zu stellen, müssen die Eigentümer ihre Auszahlungsansprüche gegenüber dem Fonds so strukturieren und dokumentieren, dass sie von der Geschäftsstelle anhand der aktuellen Kostenschätzung (Kostenberechnung beziehungsweise Kostenvoranschlag) nachprüfbar sind.

Die Kostenstrukturen sind derart gestaltet, dass sowohl Eigenleistungen der Eigentümer wie auch fremdvergebene Leistungen über Auftragsvergabe, Rechnungsstellung und Kontierung eindeutig und transparent den abzurechnenden Tätigkeiten und Gewerken zugeordnet werden können.

Um die Anforderung der allgemeinen Anwendbarkeit sowie der Vergleichbarkeit unter den Schweizer Kernkraftwerken zu erfüllen, wurden die Kostenstrukturen vereinheitlicht. Insofern sind die obersten Gliederungsebenen der Kostenstrukturen für alle Kernkraftwerke gleich definiert worden. Auf den tieferen Gliederungsebenen sind indessen unterschiedliche Strukturen erforderlich, um projektspezifischen Anforderungen sowie technologischen Unterschieden zwischen den Anlagen Rechnung zu tragen.

Die Schätzungen der Kosten für Nachbetrieb und Stilllegung im Rahmen der Kostenstudie 2016 basieren auf Schätzungen der Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH für jedes Kernkraftwerk sowie für die Stilllegung des zentralen Zwischenlagers der Zwiilag.

Die Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH arbeitet seit mehr als 35 Jahren auf dem Gebiet des Nachbetriebs und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen, inklusive der Ermittlung der Kosten für die Stilllegung und den Abbau von Anlagen des Brennstoffkreislaufs. Die Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH unterstützte die Arbeitsgruppe Kostenstrukturen bei der Gestaltung der neuen Kostenstrukturen für Nachbetrieb und Stilllegung.

Die Ermittlung der geschätzten Kosten erfolgte dabei für alle Kernanlagen nach einheitlichen Kriterien. Werkspezifische Faktoren, die Auswirkungen auf die Stilllegungs- und Rückbauprojekte haben, wurden von der Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH ebenfalls berücksichtigt. Das Ergebnis ist eine für alle Kernkraftwerke nahezu identische Kostenstruktur auf den Gliederungsebenen 1 bis 3. Während die Anforderung der Einheitlichkeit auch bei früheren Kostenstudien weitgehend erfüllt war, waren dort die auf dem Cora/Calcom Rechenmodell⁵⁸ der Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH basierenden Kostenstrukturen speziell auf die Kostenermittlung in einem frühen Planungsstadium ausgerichtet. Sie eigneten sich deshalb nur bedingt für die konkrete Abwicklung der Stilllegung einer Kernanlage.

⁵⁷ Art. 14 Abs. 2 KEV [11].

⁵⁸ Cora/Calcom ist ein Programmsystem der Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH für die Planung von Stilllegungsprojekten, Ermittlung von Kosten, Personalaufwand und Strahlenbelastung sowie der Komponentenerfassung mit integrierter Abfallentsorgungsplanung bei kerntechnischen Anlagen.

Auf der Gliederungsebene 1 der Kostenstrukturen wird zwischen Nachbetrieb und Stilllegung unterschieden, um die anfallenden Kosten eindeutig den unterschiedlichen Finanzierungsquellen – eigene Mittel zur Zahlung der Nachbetriebskosten und Stilllegungsfonds für die Verrechnung der Stilllegungskosten – zuordnen zu können. Wesentliche Änderung in diesem Zusammenhang ist die detaillierte Darstellung des Anlagenpersonals. Während in der Kostenstudie 2011 die Personalkosten als eigener Kostenblock dargestellt wurden, sind in der Kostenstudie 2016 die Personalkosten entsprechend der Zuordnung des Personals zu den Organisationseinheiten beziehungsweise den damit zusammenhängenden Aktivitäten dargestellt. Auf Gliederungsebene 2 wird bei den Betriebskosten zwischen den grossen Organisationseinheiten und Sachkostenkategorien unterschieden, bei den projektbezogenen Stilllegungskosten sind die Projekte hinsichtlich der radioaktiven Belastung der zurückzubauenden Komponenten (aktiviert, kontaminiert, nicht kontaminiert) unterschieden. Auf der dritten Gliederungsebene erfolgt eine weitere Detaillierung.

Die neuen Kostenstrukturen für die Stilllegung sind in Referenz [4], für den Nachbetrieb in Referenz [3] dargestellt.

3.1.2 Entsorgung

Die Kostenstrukturen für die Entsorgung umfassen die Kosten der Zwischenlagerung, der Transporte und Behälter, die Kosten für die Projektierung und den Bau, Betrieb und Verschluss der geologischen Tiefenlager sowie die Kosten der Wiederaufarbeitung. Die Entsorgungskosten werden durch verschiedene Organisationen erhoben und bei swissnuclear zusammengeführt:

- Die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle erstellt die Kostenschätzung für die Projektierung, den Bau, Betrieb, Verschluss und Überwachung der geologischen Tiefenlager (inkl. Verpackungsanlagen). Daneben erstellt die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle das Transport- und Abfallmengengerüst⁵⁹ (TAMG), das für die Schätzung weiterer Bestandteile der Entsorgungskosten massgebend ist.
- Die Zwiag Zwischenlager Würenlingen AG erstellt die Kostenschätzung für die Investitions- und Betriebskosten des zentralen Zwischenlagers in Würenlingen sowie für den Betrieb des Zwischenlagers Beznau am Standort des Kernkraftwerks Beznau nach dem Ende des Nachbetriebs des Kernkraftwerks Beznau bis zum Beginn des Rückbaus des Zwischenlagers Beznau. Die Schätzung der variablen Betriebskosten des zentralen Zwischenlagers (sog. Kampagnenkosten) basiert auf dem Transport- und Abfallmengengerüst. Das Kernkraftwerk Gösgen schätzt die Kosten für das Nasslager des Kernkraftwerks Gösgen.
- Die Eigentümer ermitteln die erwarteten Kosten für die Transporte von den Werken beziehungsweise aus der Wiederaufarbeitung in die Zwischenlager und von den Zwischenlagern in die geologischen Tiefenlager sowie die Kosten für die Beschaffung der Transport- und Lagerbehälter für abgebrannte Brennelemente und hochaktive Abfälle. Die Ermittlung der erwarteten Kosten basiert auf dem Transport- und Abfallmengengerüst (Anzahl Behälter pro Behältertyp, resultierendes Volumen) und den Annahmen der Eigentümer (spezifische Kosten pro Behältertyp, Transportkosten).
- Die Eigentümer schätzen die Kosten für die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente. Wegen des Moratoriums⁶⁰ werden aus heutiger Sicht keine neuen Verträge für die Wiederaufarbeitung abgeschlossen. Die in der Kostenstudie 2016 berücksichtigten erwarteten zukünftigen Kosten für die Wiederaufarbeitung resultieren deshalb ausschliesslich aus der Abwicklung der bestehenden Verträge. Die Rückführung der verbleibenden Abfälle aus der Wiederaufarbeitung ist inklusive der Erfüllung der vertraglichen Verpflichtungen daraus bis 2018 abgeschlossen.

Der mit Abstand grösste Anteil an den Entsorgungskosten entfällt auf die geologischen Tiefenlager. Es handelt sich um langjährige Infrastrukturprojekte mit einem Volumen von mehreren Milliarden Franken. Ihre Komplexität ergibt sich aus einer Vielzahl von technologischen, sicherheitstechnischen, baulichen, rechtlichen und politischen Anforderungen und Einflussfaktoren.

⁵⁹ Im Transport- und Abfallmengengerüst werden die Behälter für radioaktive Abfälle und die Transporte zum zentralen und den dezentralen Zwischenlagern zusammengefasst.

⁶⁰ Mit Moratorium ist ein zeitlich befristetes Verbot zur Ausfuhr von abgebrannten Brennelementen zur Wiederaufarbeitung gemeint.

Angesichts der Grösse und Komplexität der Projekte, der Risiken sowie der durch die Abfallverursacher sicherzustellenden Finanzierung kommt der Qualität, Vollständigkeit, Transparenz und Stetigkeit der Kostenplanung eine grosse Bedeutung zu.

Um diese Anforderungen sicherzustellen, hat die Verwaltungskommission auch für die Kostenschätzung der geologischen Tiefenlager verbindliche Kostenstrukturen vorgegeben.

Für die geologischen Tiefenlager bilden die Vorhaben «SMA-Lager» und «HAA-Lager» in der Kostenstruktur die oberste Ebene. Ein «Kombilager» mit beiden Lagertypen an einem Standort wird ebenfalls als Lagervariante zum Basisvorhaben mit zwei Einzellagern berücksichtigt. Die weiteren Gliederungsebenen umfassen die erforderlichen Hauptaktivitäten (Ebene 2), Objektgruppen (Ebene 3) und Objekte (Ebene 4).

Die drei obersten Gliederungsebenen sind fixiert und wurden bereits in den bisherigen Kostenstudien konsistent verwendet. Die Objektliste auf der vierten Gliederungsebene wurde im Rahmen der Kostenstudie 2016 angepasst und wo notwendig aktualisiert. Diese Kostenstrukturen orientieren sich an allgemein verwendeten Grundsätzen für die Kostenplanung von Bauprojekten, beispielsweise dem Baukostenplan Tiefbau. Das Ziel solcher Normen besteht darin, eine kontinuierliche und phasengerechte Anwendung der gleichen Kostenstrukturen von der strategischen Planung bis zur Inbetriebnahme der Bauwerke zu ermöglichen. Dadurch wird die Kostentransparenz erhöht und der Überblick über die Kostenentwicklung und ihre Ursachen verbessert. Weiter lässt sich mit den allgemein anwendbaren Normen die Vollständigkeit der Kostenschätzungen sicherstellen.

Die Kostenstrukturen der übrigen Bestandteile der Entsorgungskosten (Zwischenlagerung, Transporte, Transport- und Lagerbehälter, Wiederaufarbeitung) weisen gegenüber den Kostenstrukturen für die geologische Tiefenlagerung eine deutlich geringere Komplexität auf:

- Für das zentrale Zwischenlager wurden mehr als die Hälfte der erwarteten Gesamtinvestitionen bereits getätigt. Das restliche angenommene Investitionsvolumen betrifft Ersatz- und Ergänzungsinvestitionen sowie die Fertigstellung der Bauetappe II (Ausbau des Lagers für schwach- und mittelaktive Abfälle für den nuklearen Betrieb). Die Betriebskosten des zentralen Zwischenlagers inklusive der Kampagnenkosten für Behandlung und Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen und Brennelementen wurden in eine vereinfachte Aufwandsstruktur überführt.
- Die Kosten für die Transporte und die Beschaffung der Transport- und Lagerbehälter für abgebrannte Brennelemente und hochaktive Abfälle leiten sich aus dem Transport- und Abfallmengengerüst sowie den Kostenfaktoren ab. Die Kosten ergeben sich grundsätzlich aus der Menge der Behälter (Anzahl Behälter pro Behältertyp) multipliziert mit den jeweiligen Kostenansätzen. Für die Abrechnung der Leistungen mit dem Entsorgungsfonds ist sicherzustellen, dass in den Kostenstudien alle relevanten Informationen (Anzahl der Behälter pro Behältertyp, Zeitpunkt der Beschaffung des Behälters beziehungsweise des Transports des Behälters, Kostenansatz pro Behälter beziehungsweise Transport des Behälters) enthalten sind und nachgewiesen werden können.

Die Kostenstrukturen für die einzelnen Komponenten der Entsorgungskosten sind in den Referenzberichten [1] und [2] dargestellt.

3.2 Kostengliederung

Die zweite wesentliche Änderung in der Kostenstudie 2016 gegenüber den bisherigen Kostenstudien ist die Darstellung der geschätzten Kosten in Form einer Kostengliederung. Die Kostengliederung liefert im Vergleich zu den in Kapitel 3.1 dargestellten Kostenstrukturen eine andere Sichtweise auf die Kostenschätzung. Während die Kostenstrukturen die Kosten thematisch den Entstehungsquellen zuordnen, trägt die Kostengliederung der Unsicherheit von Schätzungen der zu erwartenden Kosten während der Projektdurchführung Rechnung. Dies ist grundsätzlich neu im Vergleich zu den bisherigen Kostenstudien.

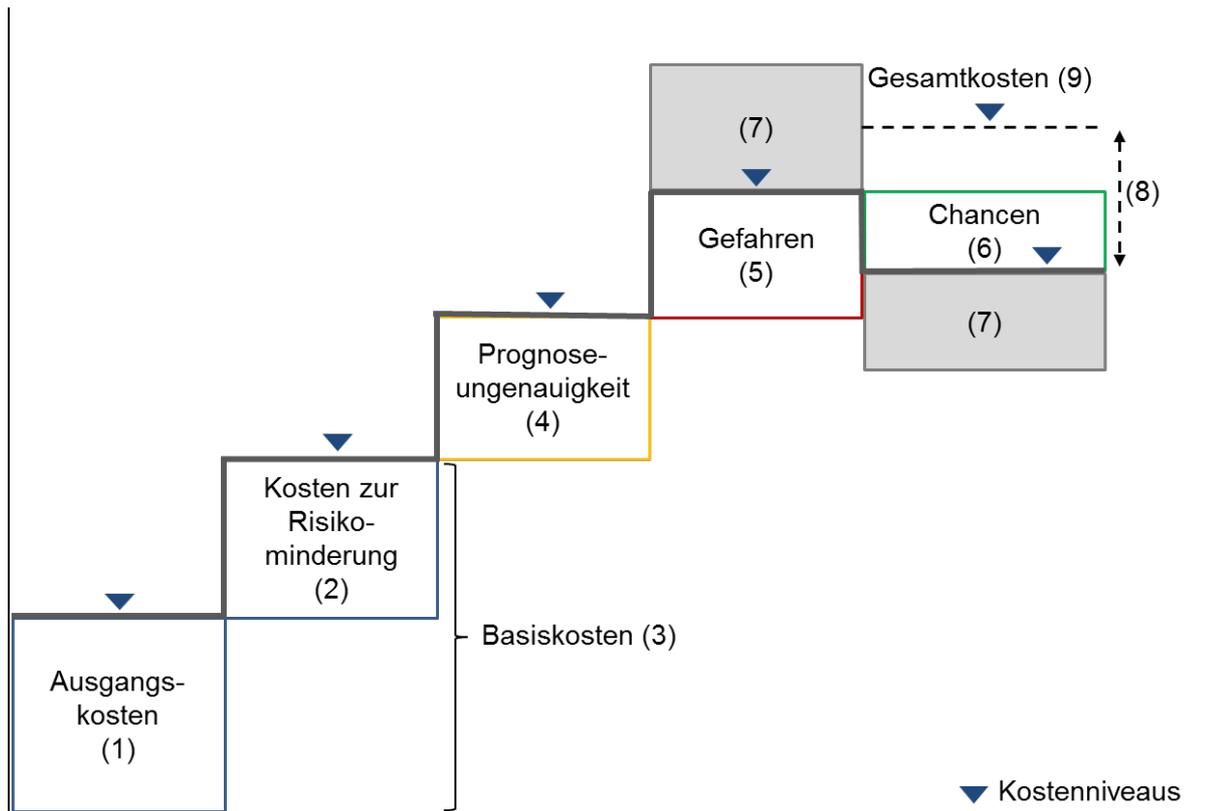
Durch die Kostengliederung werden also die unterschiedlichen Arten von Unsicherheiten in einem Projekt (zum Beispiel Ungewissheiten bei Massen, Preisen oder Dauern) ebenso wie externe Änderungen des Projektumfelds (zum Beispiel aufgrund sich ändernder rechtlicher Vorgaben) umfassend identifiziert und transparent ausgewiesen.

Bis zur Kostenstudie 2011 wurden die Kostenstudien auf Basis der besten Schätzungen von Experten erstellt.⁶¹ Diese Methode berücksichtigte auch implizite Risikovorsorge, wies die entsprechenden Beträge jedoch nicht getrennt aus. Zudem wurden sich auf das externe Projektumfeld beziehende Risikopositionen in den bisherigen Kostenschätzungen in einem geringeren Umfang als in der Kostenstudie 2016 berücksichtigt. Dies ist damit zu begründen, dass die Kostenstudien in der Schweiz alle fünf Jahre aktualisiert werden. Änderungen der gesetzlichen, technischen oder finanziellen Rahmenbedingungen werden zum jeweiligen Zeitpunkt der Kostenschätzung auf den aktuellen Stand gebracht. Für die Kostenstudie 2016 wurden in Ergänzung zum bisherigen Vorgehen mögliche Änderungen dieser Rahmenbedingungen in Bezug auf ihre allfälligen finanziellen Konsequenzen analysiert und als Zuschläge in der Kalkulation berücksichtigt. Die Kostenschätzung der Kostenstudie 2016 hat demzufolge ein noch höheres Sicherheitsniveau in Bezug auf die Abdeckung von kostenerhöhenden Risiken.

3.2.1 Vorgaben der Verwaltungskommission für die Kostenstudie 2016

Die von der Verwaltungskommission vorgegebene Kostengliederung basiert auf den Empfehlungen aus der Plausibilisierung der Kostenstudie 2011 für den Bereich Entsorgung. Die bisherigen Kostenschätzungen waren Punktschätzungen für die einzelnen Bereiche Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung. Die mit der Durchführung der Plausibilisierung der Entsorgungskosten in der Kostenstudie 2011 beauftragten auf dem Gebiet der nuklearen Entsorgung und auf Projektmanagement spezialisierten Beratungsunternehmen schlugen vor, die Kostenschätzungen differenzierter darzustellen. Konkret bedeutet dies, dass neben den zu erwartenden Projektkosten auch die enthaltenen Zuschläge für projekthäufige Unsicherheit transparent darzustellen sind. Die Verwaltungskommission entwickelte den im Plausibilisierungsbericht zu den Entsorgungskosten der Kostenstudie 2011 enthaltenen Entwurf weiter und gab für die Kostenstudie 2016 die in Abbildung 3 dargestellte Kostengliederung vor.

⁶¹ Dieses Vorgehen wird als «Best Estimate» bezeichnet.



- (7) Kostenfolgen nicht berücksichtigter Chancen und Gefahren
- (8) Sicherheitszuschlag

Abbildung 3: Grafische Darstellung der Kostengliederung.

Die einzelnen Kostenelemente, welche in den Kostenstudien abzubilden sind, wurden von der Verwaltungskommission wie folgt definiert:

Ausgangskosten (1)

In den Ausgangskosten sind ausnahmslos sämtliche Kosten enthalten, die für die Planung, Genehmigung, Durchführung und den Abschluss der vorgesehenen Stilllegungs- und Entsorgungsprojekte inkl. Nachbetrieb vorhersehbar sind. Dazu gehören auch die Kosten für das allgemeine Management, die Projektierung, die Bewilligungsverfahren, sämtliche Gebühren und Abgaben, die Öffentlichkeitsarbeit, den Landerwerb, alle Vorarbeiten usw. Die Ausgangskosten können auf der Grundlage von geschätzten Mengen (Material, Maschinen und Geräte, Arbeitsstunden usw.), aktuellen Richtpreisen (Einheitspreise oder Pauschalen) und Erfahrungswerten oder in Prozenten zu relevanten Bezugskosten ermittelt werden.

Bei den Ausgangskosten handelt es sich um die wahrscheinlichen Kosten; sie enthalten keine Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten, Risiken und Ungewissheiten.

Kosten zur Risikominderung (2)

Die Kosten bereits ausgeführter oder geplanter Massnahmen zur Risikominderung werden analog wie die Ausgangskosten – ohne jegliche Zuschläge – ermittelt. Solche risikomindernde Massnahmen können Gefahren eindämmen oder Chancen unterstützen.

Basiskosten (3)

Ausgangskosten (1) + Kosten zur Risikominderung (2) (ohne jegliche Zuschläge).

Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten (4)

Alle Kostenschätzungen, insbesondere in den frühen Phasen eines Projekts, sind mit Ungenauigkeiten verbunden. Dies betrifft den Leistungsumfang (scope) sowie die angenommenen Mengen und Preise. Da bei der Kostenstudie 2016 nicht mit Vertrauensintervallen gearbeitet wird, müssen diese Ungenauigkeiten mit Zuschlägen berücksichtigt werden. Diese Zuschläge werden «Bottom-up» für jedes Element des Projektstrukturplans in Prozent der Ausgangskosten beziehungsweise der Kosten für die risikomindernden Massnahmen ermittelt. Diese Zuschläge sind spezifisch für jede Kostenposition zu beziffern, in Abhängigkeit von der jeweils vorhandenen Schätzgenauigkeit; sie sind in der Regel jedoch kleiner als die theoretische Genauigkeitsspanne. Diese Einzelwerte werden einzeln ausgewiesen und begründet und auf das Niveau der Gesamtkosten aggregiert.

Zuschläge für Preissteigerungen und für Veränderungen bei externen Faktoren (zum Beispiel regulatorisches Umfeld, Inflation) sind hier nicht enthalten.

Kostenzuschläge für Gefahren (5)

Kostenzuschläge infolge der Berücksichtigung von absehbaren Gefahrenpotenzialen, zum Beispiel

- Abweichungen, die im Rahmen der Projektabwicklung eintreten können und die nicht bereits als Prognoseungenauigkeit berücksichtigt sind.
- Wesentliche Änderung des Leistungsbeschreibs oder des Realisierungsprogrammes infolge veränderter politischer oder regulatorischer Rahmenbedingungen oder infolge von Rechtsmittelverfahren.
- Neue Technologien.

Die Kostenzuschläge für Gefahren werden «Top-down» auf der Basis einer quantitativen Risikoanalyse ermittelt. Dazu muss für jede relevante Gefahr deren Eintrittswahrscheinlichkeit und Kostenfolge aufgrund von Expertenwissen abgeschätzt werden. Als Kostenzuschlag wird der entsprechende Erwartungswert (Risikowert) in die Gesamtkosten eingerechnet.

Kostenabzüge für Chancen (6)

Kostenreduktionen infolge der Berücksichtigung von absehbaren Chancenpotenzialen, zum Beispiel

- Neue Technologien.
- Alternative Konzepte.

Kostenabzüge für Chancen sind analog wie die Kostenzuschläge für Gefahren zu ermitteln, darzulegen und bei den Gesamtkosten zu berücksichtigen.

Kostenfolgen von nicht berücksichtigten Gefahren/Chancen (7)

Aussergewöhnliche Ereignisse (Gefahren und Chancen) mit sehr niedriger, meist unbekannter Eintrittshäufigkeit und sehr grossen Auswirkungen (so genannte High Impact/Low Frequency oder Black Swan-Ereignisse) werden in den Gesamtkosten nicht berücksichtigt, jedoch identifiziert, separat erfasst und mit grob geschätzten, absoluten Kosten beziffert.

Sicherheitszuschlag (8)

Projektverantwortliche zeigen in der Regel eine systematische Tendenz («optimism bias»), entscheidende Schlüsselgrössen eines Projekts mit zu grossem Optimismus zu prognostizieren, d.h. Kosten und Zeitdauern zu unterschätzen und erwarteten Nutzen zu überschätzen. Diesem Umstand soll mit einem «Top-down» Sicherheitszuschlag Rechnung getragen werden, der separat auszuweisen und zu begründen ist.

Gesamtkosten (9)

Summe aus Basiskosten und den weiteren Elementen der Kostengliederung.

3.2.2 Umsetzung der Kostengliederung

Die Kostengliederung wurde auf sämtliche Bereiche der Kostenstudie angewendet. Die Herangehensweisen für die drei Teilbereiche Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung sind vergleichbar und erfüllen die im Kapitel 3.2.1 dargestellten Vorgaben für die Kostenstudie 2016. Zudem wurden bei dem hier vorgestellten Konzept zur Umsetzung der Kostengliederung auch die Empfehlungen internationaler Fachorganisationen berücksichtigt, die sich mit der Frage von Unsicherheiten der Planung sowie externen Risikofaktoren bei Kostenstudien im nuklearen Umfeld beschäftigen⁶². Die in der relevanten Literatur beschriebenen Best Practice-Methoden zur Risikoanalyse sehen sowohl Massnahmen der quantitativen wie auch der qualitativen Risikoanalyse vor. Beide Verfahren fanden Eingang in die Umsetzung der Kostengliederung.

Ziel bei der Umsetzung der Kostengliederung war das Ausarbeiten einer dem Planungsstand der jeweiligen Teilbereiche der Kostenschätzung angemessenen Methodik zur systematischen Erfassung von Faktoren, die zu Abweichungen von Plankosten im Zeitablauf führen und die Vorgaben und die Randbedingungen abbildet. Dabei ist die quantitative und qualitative Risikoanalyse, deren Anwendung in den Teilberichten für Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung beschrieben wird, von besonderer Bedeutung. Eine der wichtigsten Anforderungen an die Methodik ist die zuverlässige Ermittlung der Gesamtkosten mit stufengerechter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten und Risiken. Mit einer deterministischen Aufrechnung allein können die Auswirkungen der Ungenauigkeiten für geplante Leistungen nicht in angemessener Weise abgebildet werden. In Ergänzung zu den Vorgaben der Verwaltungskommission werden deshalb orientierende Rechnungen mit probabilistischen Methoden durchgeführt. Diese Methoden berücksichtigen auch die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Eingangsgrössen. Im vorliegenden Fall sind die Kostenelemente die Eingangsgrössen.

Bestandteil der Methodik ist auch die regelmässige Überprüfung der Kostenschätzungen, der Vergleich ihrer Ergebnisse mit laufenden oder abgeschlossenen ähnlichen Projekten im In- und Ausland und die Anpassungen der Kostenschätzungen entsprechend dem jeweiligen Kenntnis- und Planungsstand. In der Schweiz geschieht dies im Rahmen der fünfjährigen Aktualisierung der Kostenstudien.

⁶² Z.B. OECD NEA: Costs Of Decommissioning Nuclear Power Plants [19].

4 Beschreibung der wesentlichen Aktivitäten

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Massnahmen des Nachbetriebs, der Stilllegung und der Entsorgung zusammengefasst, für Details wird auf die relevanten Kapitel der Detailberichte verwiesen.

4.1 Aktivitäten im Nachbetrieb

Für die Schweizer Kernkraftwerke wurde auf Basis der in Referenz [3] genannten Randbedingungen und Annahmen ein Konzept für die Abwicklung des Nachbetriebs erarbeitet. Es berücksichtigt die praktischen Erfahrungen von bereits laufenden Stilllegungsprojekten (zum Beispiel Stade und Obrigheim in Deutschland) und die gesetzlichen und regulatorischen Anforderungen in der Schweiz.

Neben der Auslagerung der Brennelemente⁶³ und den betrieblichen Aufgaben zur Instandhaltung der Systeme für die Kühlung der Brennelemente beinhalten die Massnahmen im Nachbetrieb folgende Schwerpunkte:

- Entsorgung der aus dem Leistungsbetrieb noch vorhandenen Betriebsabfälle.
- Entsorgung der während des Nachbetriebs entstehenden Betriebsabfälle.
- Entsorgung der Reaktorabfälle (diese können bereits während des Leistungsbetriebs angefallen sein oder im Nachbetrieb anfallen).
- Ausserbetriebnahme nicht mehr benötigter Systeme.

4.2 Aktivitäten in der Stilllegung

Die Stilllegungsstudien der Schweizer Kernanlagen entsprechen dem in der Kernenergiegesetzgebung geforderten Stilllegungsplan. Der Stilllegungsplan berücksichtigt Erfahrungen aus laufenden und abgeschlossenen Stilllegungsprojekten und basiert auf den in Referenz [4] aufgeführten Annahmen und Rahmenbedingungen sowie den gesetzlichen und regulatorischen Anforderungen in der Schweiz.

Neben der Erstellung und Einreichung der Gesuchsunterlagen für die Stilllegung einer Kernanlage und der Gesamtprojektleitung umfassen die Massnahmen der Stilllegung folgende Schwerpunkte:

- Vorbereitungsmaßnahmen und Umbaumaassnahmen wie
 - Ausserbetriebnahme nicht mehr benötigter Systeme,
 - Dekontamination von Systemen und Kreisläufen,
 - Systemtechnische Anpassungen und Einrichtung von Ersatzsystemen;
- Demontage von Komponenten und Einrichtungen;
- Dekontamination der Gebäude und Einrichtungen der kontrollierten Zone;
- Freimessung und Auszonung der Gebäude der kontrollierten Zone;
- Behandlung und Verpackung der Stilllegungsabfälle;
- Behandlung und Verpackung der während den Rückbauarbeiten anfallenden Betriebsabfälle und Sekundärmassen;
- Ordnungsgemässer Betrieb (inkl. aller Wartungs- und Instandhaltungsmassnahmen) der noch benötigten Systeme und allgemeiner Anlagebetrieb (sog. Rückbaubetrieb);
- Am Standort des Kernkraftwerks Beznau wird nach Verbringung sämtlicher dort eingelagerter Materialien auch das Zwischenlager Beznau zurückgebaut;
- Am Standort des Kernkraftwerks Gösgen wird nach Verbringung sämtlicher abgebrannter Brennelemente in das zentrale Zwischenlager der Zwiilag auch das Nasslager des Kernkraftwerks Gösgen zurückgebaut.

⁶³ Inklusiv nicht eingesetzter Brennelemente, einzelner Brennstäbe und beschädigter Brennelemente.

4.3 Aktivitäten in der Entsorgung

Die Aktivitäten in der Entsorgung werden umfassend in den Referenzen [1] und [2] beschrieben. Dort wird auch auf die Annahmen und Rahmenbedingungen sowie die gesetzlichen und regulatorischen Vorgaben in der Schweiz Bezug genommen. Die Massnahmen der Entsorgung umfassen insbesondere die folgenden Aktivitäten:

- Erhebung, Klassifizierung und Inventarisierung der in der Schweiz anfallenden radioaktiven Materialien aus den Kernanlagen sowie aus der Nutzung radioaktiver Materialien in Medizin, Industrie und Forschung.
- Planung, Bau, Betrieb und Verschluss der geologischen Tiefenlager.
- Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente (Zentrales Zwischenlager Würenlingen, Zwischenlager Beznau, Nasslager des Kernkraftwerks Gösgen).
- Rückführung radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente.
- Beschaffung der Transport- und Lagerbehälter für abgebrannte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sowie Behälter zur Zwischenlagerung von Betriebsabfällen.
- Transporte radioaktiver Abfälle.

5 Resultate der Kostenschätzungen

5.1 Schätzung der Gesamtkosten

Die Kostenstudie 2016 weist die nachfolgend dargestellten Gesamtkosten für Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung aus.

Tabelle 13: Gesamtkostenschätzung Kostenstudie 2016 (KS16) mit Darstellung der Kostengliederung.

Gesamtkosten	Entsorgung		Stilllegung		Nachbetrieb		Total
KS16 PB16							
Aufgelaufene Kosten bis 2015	5'590		19		0		5'608
Zukünftige Kosten ab 2016							
Ausgangskosten	10'197	2'622	1'406				14'225
Kosten zur Risikominderung	370	67	22				460
Basiskosten	10'567	2'689	1'428				14'685
Prognoseungenauigkeit	17.8%	1'877	11.2%	301	1.8%	26	15.0% 2'204
Gefahren	13.0%	1'373	18.2%	491	19.0%	271	14.5% 2'135
Chancen	-2.2%	-230	-3.5%	-94	-1.6%	-23	-2.4% -346
Sicherheitszuschlag	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zuschlag auf zukünftige Basiskosten</i>	28.6%	3'020	26.0%	698	19.2%	275	27.2% 3'993
Gesamtkosten KS16 PB16	19'176		3'406		1'703		24'286
Berücksichtigung Kombilager als Chance	-815		0		0		-815
Gesamtkosten bei Berücksichtigung des Kombilagers als Chance (50% gewichtet)	18'362		3'406		1'703		23'471
Gesamtkosten KS11 PB16	17'626		3'204		1'841		22'671
Differenz KS16 / KS11	1'551		202		-138		1'614
Differenz KS16 / KS11 in %	8.8%		6.3%		-7.5%		7.1%

Das Total der Entsorgungskosten der Kostenstudie 2016 enthält einen ausstehenden finanziellen Ausgleich in Höhe von rund -11 Millionen Franken sowie einen Beitrag der ehemaligen Gesellschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg in Höhe von rund 65 Millionen Franken. Dieser Ausgleichssaldo ist noch zwischen den Entsorgungspflichtigen zu verrechnen.

In Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt. Preisbasis 2016 (PB16).

Teuerungsbereinigt steigen die Gesamtkosten um rund sieben Prozent. Als Teuerungsrate wurde die in der Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung festgelegte jährliche Teuerungsrate von 1.5 Prozent zugrunde gelegt. Ein für alle Bereiche der Kostenstudie relevanter Einflussfaktor auf die Entwicklung der Gesamtkosten ist die Einführung der Kostengliederung, die Kostenzuschläge für Ungenauigkeiten und Risiken einschliesst, die nicht im gleichen Umfang in den Kostenschätzungen früherer Kostenstudien berücksichtigt worden sind. Der Gesamtzuschlag auf die ermittelten Basiskosten aus der Kostengliederung beträgt rund 27 Prozent.

Tabelle zeigt die Veränderung der Kosten des Nachbetriebs, der Stilllegung und der Entsorgung für die Schweizer Kernkraftwerke, die Zwiilag und für den Bund.

Tabelle 14: Gesamtkostenschätzung der Kostenstudie 2016 (KS16) und Kostenstudie 2011 (KS11), Preisbasis 2016.

Gesamtkosten	KKB	KKM	KKG	KKL	Zwilag	Bund	Total
KS16 PB16							
Entsorgung ¹	4'717	2'155	5'315	5'736	-	1'187	19'176
Entsorgung mit Chance Kombilager ¹	4'546	2'066	5'105	5'471	-	1'108	18'362
Nachbetrieb	462	339	434	468	-	-	1'703
Stilllegung	900	564	806	1'015	121	-	3'406
Total	6'079	3'058	6'555	7'219	121	1'187	24'286
KS11 PB16							
Entsorgung	4'330	1'927	5'333	5'244	-	792	17'626
Nachbetrieb	512	344	490	496	-	-	1'841
Stilllegung	872	524	714	991	102	-	3'204
Total	5'713	2'795	6'538	6'731	102	792	22'671
Diff. KS16 KS11							
Entsorgung	388	228	-18	492	-	395	1'551
Nachbetrieb	-50	-4	-57	-28	-	-	-138
Stilllegung	28	39	92	24	19	-	202
Total	366	263	17	488	19	395	1'614
Diff. KS16 KS11 (%)							
Entsorgung	9.0%	11.8%	-0.3%	9.4%	0.0%	49.9%	8.8%
Nachbetrieb	-9.7%	-1.3%	-11.6%	-5.6%	0.0%	0.0%	-7.5%
Stilllegung	3.2%	7.5%	12.9%	2.4%	18.9%	0.0%	6.3%
Total	6.4%	9.4%	0.3%	7.3%	18.9%	49.9%	7.1%

Das Total der Entsorgungskosten der Kostenstudie 2016 enthält einen ausstehenden finanziellen Ausgleich in Höhe von rund -11 Millionen Franken sowie einen Beitrag der ehemaligen Gesellschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg in Höhe von rund 65 Millionen Franken. Dieser Ausgleichssaldo ist noch zwischen den Entsorgungspflichtigen zu verrechnen.

In Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt. Preisbasis 2016 (PB16).

Die teuerungsbereinigte Veränderung der Gesamtkosten fällt zwischen den einzelnen Kernkraftwerken unterschiedlich aus.

Während für die Kernkraftwerke Beznau, Mühleberg und Leibstadt die Entsorgungskosten zwischen rund neun bis zwölf Prozent steigen, ist beim Kernkraftwerk Gösgen nur eine Kostensenkung um rund 0.3 Prozent zu verzeichnen, die auf den früheren Rückbau des Nasslagers am Kraftwerksstandort und das neue Konzept für Transport- und Lagerbehälter zurückzuführen ist.

Bei allen Kernkraftwerken, ist infolge der teilweise geänderten Dauer des Nachbetriebs für alle Werke eine Reduktion der Nachbetriebskosten zu verzeichnen. Beim Kernkraftwerk Mühleberg beträgt die Nachbetriebsdauer wie in der Kostenstudie 2011 weiter fünf Jahre. Aufgrund von im Rahmen der Nachbetriebsplanung aufgetretenen Optimierungen sind auch beim Kernkraftwerk Mühleberg die Nachbetriebskosten leicht gesunken.

Die Steigerung der Stilllegungskosten beträgt zwischen 2.4 Prozent und 12.9 Prozent. Die vergleichsweise hohe Steigerung der Stilllegungskosten beim Kernkraftwerk Gösigen ist durch die Erhöhung der jährlichen Betriebskosten zu begründen. Die Kostensteigerung bei den anderen Werken ist auf Anpassungen in der Kalkulation aufgrund neuer Erkenntnisse und Erfahrungen in laufenden Rückbauprojekten zurückzuführen. Die Kostensteigerung bei der Zwiilag resultiert aus der Erhöhung der Betriebskosten während der Stilllegung.

Die Kostenerhöhung beim Bund ist auf eine erhebliche Erhöhung der Fixkosten beim SMA-Lager und einer gleichzeitigen Erhöhung des Bundesanteils an den Fixkosten des SMA-Lagers sowie auf eine Erhöhung der variablen Kosten zurückzuführen.

5.2 Schätzung der Entsorgungskosten

Die Entsorgungskosten umfassen alle vergangenen und zukünftigen Kosten der Planung, des Baus und des Betriebes von Entsorgungsanlagen (zentrales Zwischenlager, Behandlungsanlagen, geologische Tiefenlager, Verpackungsanlage, Zwischenlager Beznau und Nasslager des Kernkraftwerks Gösigen), die Anschaffungskosten von Transport- und Lagerbehältern sowie die Kosten der Inanspruchnahme von Dienstleistungen Dritter (Wiederaufarbeitung, Transporte und weitere Dienstleistungen). Die Entsorgungskosten umfassen schliesslich die Stilllegung der Verpackungsanlage und der Oberflächenanlagen sowie den Verschluss der geologischen Tiefenlager. Diese Kostenelemente wurden durch die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra), Zwiilag Zwischenlager Würenlingen AG und die Kernkraftwerke geschätzt.

Das Ergebnis der Schätzung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke 2016 ist im Vergleich zum Ergebnis der Schätzung von 2011 in der Tabelle 15 dargestellt. Dabei wurde die Kostenschätzung 2011 wie eingangs erwähnt an die Preisbasis 2016 angepasst. Bis 2015 haben die Kernkraftwerksbetreiber rund 5.6 Milliarden Franken für die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente und der radioaktiven Abfälle bezahlt.

In Tabelle 15 sind die Gesamtkosten der Entsorgung ausgewiesen. Mit der Einführung der Kostengliederung ist es auch möglich Varianten in Form von Gefahren und Chancen darzustellen. Die Variante, in der die Realisierung eines Kombilagers anstelle von zwei Einzellagern als Chance mit einem Gewicht von 50 Prozent berücksichtigt wird, ist separat ausgewiesen.

Tabelle 15: Entsorgungskostenschätzung der Kostenstudie 2016 (KS16) und Kostenstudie 2011 (KS11). Die Kosten der geologischen Tiefenlagerung beinhalten nicht die anteiligen Kosten der geologischen Tiefenlagerung der Stilllegungsabfälle in Höhe von 128 MCHF (Basiskosten) (KS11 118 MCHF). Diese Kosten sind den Stilllegungskosten zugeordnet.

Entsorgungskosten	KKB	KKM	KKG	KKL	Bund	Ausstehend er finanzieller Ausgleich	Total
KS16 PB16							
Zahlungen der Entsorgungspflichtigen	1'674	718	1'864	1'205	75	54	5'590
Aufgelaufene Kosten bis 2015 ¹	1'651	706	1'835	1'168	165	65	5'590
Ausstehender finanzieller Ausgleich	-22	-12	-29	-38	90	11	0
Zukünftige Kosten ab 2016							
Ausgangskosten	2'311	1'077	2'592	3'418	797		10'197
Kosten zur Risikominderung	77	42	93	120	39		370
Basiskosten	2'389	1'119	2'685	3'539	836		10'567
Prognoseungenauigkeiten	17.1% 408	18.0% 201	17.7% 476	17.6% 624	20.2% 169	17.8%	1'877
Gefahren	13.0% 310	13.5% 151	13.7% 369	13.2% 469	8.8% 74	13.0%	1'373
Chancen	-1.7% -41	-1.9% -22	-1.9% -50	-1.8% -62	-6.6% -56	-2.2%	-230
Sicherheitszuschlag	-	-	-	-	-	-	-
Zuschlag auf zukünftige Basiskosten	28.4% 677	29.5% 330	29.6% 795	29.1% 1'030	22.3% 187	28.6%	3'020
Gesamtkosten KS16 PB16	4'717	2'155	5'315	5'736	1'187	65	19'176
Berücksichtigung des Kombilagers als Chance Gewichtung 50 %	-172	-89	-210	-265	-79		-815
Gesamtkosten bei Berücksichtigung des Kombilagers als Chance (50% gewichtet)	4'546	2'066	5'105	5'471	1'108	65	18'362
KS11 PB16							
Aufgelaufene Kosten bis 2010	1'469	638	1'685	1'008	121		4'920
Kosten ab 2011 PB16	2'861	1'289	3'649	4'236	671		12'705
Gesamtkosten KS11 PB16	4'330	1'927	5'333	5'244	792		17'626
Differenz KS16 KS11 (Abs.)	388	228	-18	492	395		1'551
Differenz KS16 KS11 (%)	9.0%	11.8%	-0.3%	9.4%	49.9%		8.8%

¹ Die aufgelaufenen Kosten des Bundes sind gemäss dem provisorischen Kostenschlüssel zwischen Bund und Kernkraftwerken dargestellt und übersteigen die effektiven Zahlungen des Bundes für die geologischen Tiefenlager, die rund 37 Millionen Franken betragen. Die ebenfalls dargestellten effektiven Zahlungen der Kernkraftwerke beinhalten die Vorfinanzierung eines Teils der aufgelaufenen Kosten des Bundes durch die Kernkraftwerke. Diese Vorfinanzierung wird zusammen mit noch ausstehenden Verrechnungen der Kernkraftwerke untereinander und der ebenfalls noch ausstehenden Verrechnung des Beitrags der ehemaligen Gesellschaft für nukleare Entsorgung Wellenberg in Höhe von rund 65 Millionen Franken zu den Gesamtkosten der geologischen Tiefenlagerung als Saldo «Ausstehender finanzieller Ausgleich» in der Kostenstudie 2016 ausgewiesen.

Der Saldo des ausstehenden finanziellen Ausgleichs beträgt rund -11 Millionen Franken. Die Gesamtsumme der Kosten der geologischen Tiefenlagerung entspricht den kumulierten Kosten der Nagra zum 31. Dezember 2015 in Höhe von 1,296 Millionen Franken.

In Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt. Preisbasis 2016 (PB16).

Die Entsorgungskosten der Kostenstudie 2016 steigen teuerungsbereinigt um rund neun Prozent gegenüber der Kostenstudie 2011. Ein Auslöser der Erhöhung der Entsorgungskosten ist die Einführung der Kostengliederung. Der Zuschlag auf die Basiskosten beträgt für die Kostenstudie 2016 knapp 29 Prozent auf die ermittelten Basiskosten. Dabei beträgt der Zuschlag auf die Basiskosten der geologischen Tiefenlagerung rund 33 Prozent und für die übrigen Bestandteile der Entsorgungskosten rund 13 Prozent. Der Kostenzuschlag bei der geologischen Tiefenlagerung fällt im Vergleich zu den übrigen Entsorgungskosten aufgrund der mit der geologischen Tiefenlagerung verbundenen grösseren Unsicherheiten höher aus. Die übrigen Entsorgungskosten betreffen seit langem durch die Entsorgungspflichtigen durchgeführte Tätigkeiten, weite Teile der Kostenelemente sind vertraglich langfristig abgesichert.

Die wichtigsten Änderungen gegenüber der Kostenstudie 2011 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die KS11 stützte sich gemäss Vorgabe in der Kernenergieverordnung auf das damals aktuellste Entsorgungsprogramm 2008 ab. Das Entsorgungsprogramm 2008 seinerseits stützte sich auf die Kostenstudie 2006 ab⁶⁴. Der Realisierungsplan für die KS11 berücksichtigte deshalb die erwartete Dauer des Sachplanverfahrens nicht.
- Der Zeitpunkt der Inbetriebnahme des HAA-Lagers verschob sich unter Berücksichtigung der in der Zwischenzeit von den Behörden vorgenommenen Terminanpassungen gegenüber den Annahmen für die KS11 um 10 Jahre und für das SMA-Lager um 15 Jahre nach hinten. Dies führte mit entsprechend längeren Phasen der Lagervorbereitung auch zu höheren Kosten.
- Die im Rahmen des Sachplans in Zusammenarbeit mit den Regionen und Kantonen vorgenommene Bestimmung der Standortareale führte für das SMA-Lager gegenüber den Annahmen für die KS11 zu einer grossen Verschiebung (vom Grossraum Bahnhof Effingen zum Grossraum PSI-Zwilag mit entsprechend längerem Zugangstunnel).
- Auch für das HAA-Lager kam es zu einer kleinen Verschiebung mit erhöhten Anforderungen bezüglich Geländegestaltung mit den entsprechenden Mehrkosten.
- Weiter ergaben die teilweise deutlichen Änderungen in den Einheitskosten für die einzelnen Kostenelemente erhebliche Mehrkosten aber teilweise auch Minderkosten. Die Mehrkosten betreffen den Untertagbau und die Verfüllung und Versiegelung.
- Schliesslich resultierten auch die Vorgaben der Verwaltungskommission zur Kostengliederung mit der breiten Erfassung von Ungenauigkeiten und insbesondere von Gefahren und Chancen in Kostenänderungen.
- Die Abgeltungen werden nicht in den Basiskosten, sondern als Gefahr aufgeführt, um zu berücksichtigen, dass es für die Abgeltungen keine gesetzliche Grundlage gibt und die diesbezüglichen Verhandlungen noch nicht begonnen haben – mit Verzicht auf feste Zahlen soll eine präjudizierende Wirkung auf die zukünftigen Verhandlungen vermieden werden.
- Mit der neuen Kostengliederung ist es auch möglich, die Lagervariante des Kombilagers als Chance zu berücksichtigen. Diese Chance wurde mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 50 Prozent bewertet und ist separat ausgewiesen.
- Die Verschiebung der Inbetriebnahme der Tiefenlager um zehn Jahre für das Lager für hochaktive Abfälle beziehungsweise 15 Jahre für das Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle gegenüber den Planungsannahmen der Kostenstudie 2011 führt über eine längere Zwischenlagerungsdauer zu einer Kostenerhöhung sowohl bei den Kosten der Zwilag wie auch beim Zwischenlager Beznau.
- Da das Nasslager des Kernkraftwerks Gösgen neu zusammen mit dem Kraftwerk zurückgebaut wird, verkürzt sich die Betriebsdauer gegenüber der Planungsannahme der Kostenstudie 2011 und führt zu einer Kostenreduktion.
- Da das Zwischenlager Beznau nach Abschluss des Nachbetriebs des Kernkraftwerks Beznau durch die Zwilag verwaltet und betrieben wird, sind die Kosten des Zwischenlagers Beznau neu ab Ende Nachbetriebs des Kernkraftwerks Beznau in den Kosten der Zwilag ausgewiesen.

⁶⁴ Bei der Erstellung der KS11 war die zeitliche Abstimmung zwischen Entsorgungsprogramm und Kostenstudie wegen der behördlichen Vorgaben zu den Abgabeterminen nicht möglich

- Die Kostenpositionen Transport- und Lagerbehälter für abgebrannte Brennelemente weist gegenüber der Kostenstudie 2011 eine Kostenerhöhung aus, da teilweise neue Behälterkonzepte in die Planung aufgenommen wurden. Für das Kernkraftwerk Gösgen führte eine Änderung des Behälterkonzepts hingegen zu einer Kostenreduktion.
- Die Transportkosten erhöhen sich, da aufgrund der Verschiebung der Inbetriebnahmezeitpunkte der geologischen Tiefenlager keine direkte Ablieferung von Abfällen bei den geologischen Tiefenlagern möglich ist und die Kosten der Haftpflichtversicherung für Nukleartransporte gestiegen sind.
- Bei den Kosten der Restabwicklung der Rückholung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung wird gegenüber der Einschätzung in der Kostenstudie 2011 eine Reduktion erzielt.
- Weitere Einflussfaktoren sind die geplante Revision der Strahlenschutzverordnung, die als Gefahr in der Kostengliederung ausgewiesen wurde sowie eine Anpassung der Kernenergiehaftpflichtverordnung, die ebenfalls als Gefahr in der Kostengliederung ausgewiesen wurde.

Die geringe Kostenreduktion für das Kernkraftwerk Gösgen im Vergleich zur Kostensteigerung bei den übrigen Kernkraftwerken ist mit einer Reduktion der Kosten für Transport- und Lagerbehälter für abgebrannte Brennelemente und hochaktive Abfälle zu begründen. Weiterhin wird das Nasslager für abgebrannte Brennelemente am Kraftwerksstandort entgegen der Annahme in der Kostenstudie 2011 zusammen mit dem Kernkraftwerk zurückgebaut, was zu einer Reduktion der Betriebskosten führt. Weitere Kostenveränderungen gegenüber der Kostenstudie 2011 sind auf die Einführung eines neuen Kostenschlüssels für die Verrechnung der Kosten der geologischen Tiefenlager zwischen den Kernkraftwerken.

Die Kostenerhöhung beim Bund ist auf eine erhebliche Erhöhung der Fixkosten beim SMA-Lager und einer gleichzeitigen Erhöhung des Bundesanteils an den Fixkosten des SMA-Lagers sowie auf eine Erhöhung der variablen Kosten zurückzuführen.

Die Ermittlung des Bundesanteils an den Fixkosten für das SMA- und das HAA-Lager basiert wie bei der Kostenstudie 2011 auf einem Kostenschlüssel, welcher das Volumen und die Radiotoxizität der Abfälle der Entsorgungspflichtigen gleichgewichtig berücksichtigt. Für die Festlegung des Bundesanteils an den Fixkosten werden die gleichen Annahmen verwendet wie in der Kostenstudie 2011 unter Berücksichtigung des aktualisierten Inventars der radioaktiven Abfälle. Aufgrund einer Erhöhung der Radiotoxizität der durch den Bund abzuliefernden Abfälle steigt der Anteil des Bundes an den Fixkosten des SMA Lagers von ungefähr 18 Prozent in der Kostenstudie 2011 auf ungefähr 24 Prozent in der Kostenstudie 2016.

Im Vergleich zu den KKW kann der Bund nicht davon profitieren, dass die Kostenerhöhung beim HAA-Lagerviel viel moderater ist bzw. bei Einrechnung des Kombilagers sogar eine minimale Kostenabnahme zustande kommt.

Die in der Kostenstudie 2016 enthaltenen Entsorgungskosten des Bundes umfassen den Anteil an den Kosten der geologischen Tiefenlagerung, den Anteil an den Kosten der Verbrennungsanlage der Zwiilag, die Transportkosten der Abfälle aus dem Bundeszwischenlager zu den Oberflächenanlagen der geologischen Tiefenlager und die Kosten eines Behälters für hochaktive Abfälle. Alle weiteren Entsorgungskosten des Bundes sind in dieser Kostenstudie nicht berücksichtigt.

5.3 Schätzung der Stilllegungskosten

5.3.1 Stilllegungsplan

Der Ablauf der Stilllegung der Schweizer Kernkraftwerke ist detailliert im Teilbericht Schätzung der Stilllegungskosten [4] und zusammenfassend in Kapitel 4 des Mantelberichts beschrieben, der auf für jede Anlage individuell erstellten Stilllegungsstudien basiert. Diese entsprechen dem in der Kernenergieverordnung⁶⁵ geforderten Stilllegungsplan. Der Stilllegungsplan wurde mit der Kostenstudie 2016 überprüft und wo erforderlich aktualisiert.

Der Stilllegungsplan ist gemäss Kernenergieverordnung durch die Eigentümer der Kernanlagen alle zehn Jahre zu überprüfen und nachzuführen⁶⁶. Die letzte Aktualisierung des Stilllegungsplans durch die Eigentümer der Kernanlagen hat 2011 stattgefunden. Eine Änderung des Stilllegungsplans ist erforderlich, wenn:

- wesentliche Änderungen an einer Kernanlage vorgenommen wurden;
- wesentliche Anforderungen an die Stilllegung oder an die Beobachtungsphase und den Verschluss geändert wurden;
- dies wesentliche Entwicklungen der Technik verlangen⁶⁷.

Für die Kernkraftwerke sowie das zentrale Zwischenlager treffen diese Tatbestände nicht zu. Bauliche Veränderungen, soweit sie zwischen 2011 und 2015 vollendet wurden, sind in der Kostenstudie 2016 berücksichtigt. Die Anforderungen an die Stilllegung oder an die Beobachtungsphase und den Verschluss der geologischen Tiefenlager wurden in diesem Zeitraum nicht wesentlich geändert. Für den Rückbau der Kernanlagen sowie für den Bau der geologischen Tiefenlager kommen gemäss der zugrundeliegenden technischen Planung erprobte und bewährte Techniken zum Einsatz. Auf die Anwendung von nicht erprobten Technologien wird verzichtet.

Für das Kernkraftwerk Mühleberg wurde der Stilllegungsplan zu einem Stilllegungsprojekt weiterentwickelt, das als Bestandteil des Gesuchs zum Erlangen einer Stilllegungsverfügung der zuständigen Behörde eingereicht wurde. Die umfassende Aktualisierung der Stilllegungspläne für die übrigen Kernanlagen unter Berücksichtigung der Anforderungen der Ensi Richtlinie G17 [16] wird wie geplant 2021 erfolgen.

⁶⁵ Art. 42 KEV [11].

⁶⁶ Art. 42 Abs. 1 KEV [11].

⁶⁷ Art. 42 Abs. 2 KEV [11].

5.3.2 Kostenschätzung

Die letzte Überarbeitung der Kostenschätzung der Stilllegung fand 2011 statt. Um die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen aus den in Deutschland laufenden Stilllegungsprojekten sowie die aktuellen Verhältnisse in der Schweiz in der Stilllegungsstudie zu berücksichtigen, beauftragte swissnuclear 2014 das Unternehmen Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH, für die Schweizer Kernkraftwerke und die Anlagen der ZwiLag neue Stilllegungskostenstudien zu erstellen.

Die geschätzten Stilllegungskosten gemäss Studie 2016 sind in der Tabelle 16 im Vergleich zur Studie von 2011 aufgeführt.

Tabelle 16: Stilllegungskostenschätzung der Kostenstudie 2016 (KS16) und Kostenstudie 2011 (KS11).

Stilllegungskosten	KKB		KKM		KKG		KKL		ZWLAG		Total	
KS16 PB16												
Aufgelaufene Kosten bis 2015	-		19		-		-		-		19	
Zukünftige Kosten ab 2016												
Ausgangskosten	681		423		620		804		94		2'622	
Kosten zur Risikominderung	19		13		14		18		3		67	
Basiskosten	701		436		635		822		96		2'689	
Prognoseungenauigkeit	12.8%	90	8.3%	36	11.1%	70	11.4%	94	11.5%	11	11.2%	301
Gefahren	18.0%	126	17.9%	78	18.5%	118	18.1%	149	21.4%	21	18.2%	491
Chancen	-2.4%	-17	-1.0%	-5	-2.6%	-16	-6.0%	-49	-6.9%	-7	-3.5%	-94
Sicherheitszuschlag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zuschlag auf zukünftige Basiskosten</i>	28.4%	199	25.1%	109	27.0%	172	23.5%	193	26.0%	25	26.0%	698
Gesamtkosten KS16 PB16	900		564		806		1'015		121		3'406	
KS11 PB16	872		524		714		991		102		3'204	
Differenz (Abs.)	28		39		92		24		19		202	
Differenz (%)	3.2%		7.5%		12.9%		2.4%		18.9%		6.3%	

In Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt. Preisbasis 2016 (PB16).

Die Stilllegungskosten der Kostenstudie 2016 steigen teuerungsbereinigt um rund sechs Prozent gegenüber der Kostenstudie 2011. Ein Auslöser der Erhöhung der Stilllegungskosten ist die Einführung der Kostengliederung. Der Zuschlag auf die zukünftigen Basiskosten beträgt für die Kostenstudie 2016 26 Prozent auf die ermittelten Basiskosten.

Die wichtigsten Änderungen gegenüber der Kostenstudie 2011 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Erkenntnisse aus laufenden Rückbauprojekten im Ausland wirken sich teilweise kostenerhöhend aus. Dies betrifft insbesondere in Vergleichsprojekten beobachtete Mehraufwände beim Restausbau von Einrichtungen in der kontrollierten Zone sowie bei projektbegleitenden Massnahmen wie zum Beispiel Gerüstbau und begleitender Strahlenschutz in den nuklearen Rückbaugewerken.
- Die geplante Revision der Strahlenschutzverordnung und die Berücksichtigung der Abklinglagerung, hat über einen erhöhten Dekontaminations- und Verpackungsaufwand sowie über einen Anstieg des Anteils der Stilllegungsabfälle und die Kosten der Errichtung und des Betriebs der Abklinglager zu Mehrkosten in Form eines Gefahrenzuschlags geführt.
- Auch hat die Analyse der Fremdpersonalkostensätze auf Basis aktueller Beauftragungen zu einer Kostenanpassung geführt.
- Das Verpackungskonzept für Stilllegungsabfälle hat sich gegenüber der Kostenstudie 2011 geändert. Die Anpassung erfolgte entsprechend einer Empfehlung des Ensi. Es wird zum gegenwärtigen Zeitpunkt davon ausgegangen, dass das Verpackungskonzept Bestand für die Zukunft hat.
- Kostenreduzierend wirken sich neue Erkenntnisse aus laufenden Rückbauprojekten im Ausland bei der Zusammensetzung von Arbeitsteams in den Rückbaugewerken sowie zum Teil reduzierte Rückbaubetriebskosten aus.
- Auch die Berücksichtigung von Chancen, hier insbesondere die Chance der Überlappung von Nachbetriebs- und Stilllegungsaktivitäten hat bei den Kernkraftwerken Beznau, Gösgen und Leibstadt Kostenreduktion zur Folge. Beim Kernkraftwerk Mühleberg ist dies bereits aufgrund des vorliegenden Stilllegungsprojekts in den Basiskosten berücksichtigt.
- Eine weitere Veränderung gegenüber den Resultaten der Kostenstudie 2011 ist durch die Änderung des in der Basisvariante betrachteten Stilllegungsziels zu begründen. In der Kostenstudie 2011 waren die Kosten des konventionellen Rückbaus bis zu einer Tiefe von zwei Metern unter der Oberfläche enthalten. In der Basisvariante der Kostenstudie 2016 wird das Stilllegungsziel Abschluss der Stilllegungsarbeiten und Entlassung der Standorte aus dem Kernenergiesetz zugrunde gelegt. Das bedeutet, dass sämtliche nuklearen Stilllegungsarbeiten abgeschlossen sind und vom Standort keine radiologische Gefährdung mehr ausgeht. Die am Standort verbleibenden Gebäude und Einrichtungen können einer anderweitigen Verwendung zugeführt werden. Zusätzlich zu der hier beschriebenen Basisvariante werden die Stilllegungskosten inklusive der Kosten des konventionellen Rückbaus als Variante im Bericht Kostenschätzung der Stilllegungskosten [4] ausgewiesen.

Die vergleichsweise starke Erhöhung der Stilllegungskosten des Kernkraftwerks Gösgen ist darauf zurückzuführen, dass sich aufgrund des kurzen Nachbetriebs die Rückbaubetriebskosten zu Beginn der des Rückbaus noch auf einem höheren Niveau befinden. Bei den Stilllegungskosten der Anlagen der Zwiilag führen hauptsächlich die Einführung der Kostengliederung sowie neue Erkenntnisse aus Vergleichsprojekten zu einer Kostenerhöhung.

5.4 Schätzung der Kosten des Nachbetriebs

Die letzte Schätzung der Kosten des Nachbetriebs erfolgte 2011. Swissnuclear beauftragte 2014 das Unternehmen Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH, für die Schweizer Kernkraftwerke die Kosten des Nachbetriebs neu zu schätzen.

Das wesentliche Charakteristikum des Nachbetriebs besteht darin, dass sich die Brennelemente noch in der Anlage befinden. Das heisst: Sämtliche notwendigen Massnahmen zur Aufrechterhaltung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes (inklusive der Umgebungsüberwachung) sowie zum Betrieb der Infrastruktur sind weiterzuführen. Die abgebrannten Brennelemente werden gekühlt, gesichert und in Transport- und Lagerbehälter verpackt.

In der Kostenstudie 2011 wurde in einer konservativen Abschätzung ein fünfjähriger Nachbetrieb für alle Kernkraftwerke unterstellt. Für die Kostenstudie 2016 wurde die Dauer des Nachbetriebs neu analysiert. Der Nachbetrieb eines Kernkraftwerks beginnt mit der endgültigen Ausserbetriebnahme und endet, wenn die beiden Voraussetzungen Kernbrennstofffreiheit und Vorliegen einer rechtskräftigen Stilllegungsverfügung erfüllt sind. Für die Kostenstudie 2016 wird von den in der nachfolgenden Tabelle 17 aufgeführten Dauern für den Nachbetrieb ausgegangen.

Tabelle 17: Dauer des Nachbetriebs der KKW für die Kostenstudie 2016 (KS16) und die Kostenstudie 2011 (KS11).

Nachbetriebsdauer	KKB	KKM	KKG	KKL
KS16	4 Jahre	5 Jahre	3 Jahre	4 Jahre
KS11	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre

Basierend auf Untersuchungen zur Behälterverfügbarkeit und Durchführbarkeit von Entladungskampagnen der Brennelementlagerbecken wird für die Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt von einem vierjährigen Nachbetrieb ausgegangen. Das Kernkraftwerk Beznau profitiert dabei von seinem Zwischenlager am Standort. Das Kernkraftwerk Gösgen, das am Kraftwerksstandort über ein Nasslager verfügt, plant einen dreijährigen Nachbetrieb. Für das Kernkraftwerk Mühleberg wird aufgrund von Erwägungen zur Logistik der Brennelementtransporte zum zentralen Zwischenlager weiterhin von einem fünfjährigen Nachbetrieb ausgegangen.

Nachdem die abgebrannten Brennelemente im Brennelementlagerbecken ausreichend abgekühlt sind, werden sie in das zentrale Zwischenlager Würenlingen oder in ein Lager am Standort des Kernkraftwerks, das von der Anlage unabhängig ist, gebracht (das Nasslager für das Kernkraftwerk Gösgen, das Zwischenlager Beznau für das Kernkraftwerk Beznau).

Es wird davon ausgegangen, dass die Stilllegungsverfügung zwischen dem Zeitpunkt der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs – gegebenenfalls auch schon während des Leistungsbetriebs – und dem Erreichen der Brennstofffreiheit rechtsgültig vorliegt.

In der Kostengliederung werden Abweichungen von diesen Annahmen als Chancen und Gefahren berücksichtigt. Ereignisse, die zu einer Verlängerung des Nachbetriebs führen, wirken sich über einen entsprechenden Gefahrezuschlag kostenerhöhend aus. Ereignisse, die zu einer Verkürzung des Nachbetriebs führen, wirken sich über einen entsprechenden Chancenabschlag kostenreduzierend aus. Beide Voraussetzungen, Stilllegungsverfügung und Brennstofffreiheit, wurden in diese Überlegungen einbezogen.

Die geschätzten Kosten des Nachbetriebs sind in Tabelle 18 im Vergleich mit der im Jahre 2011 durchgeführten Schätzung aufgeführt.

Tabelle 18: Nachbetriebskostenschätzung der Kostenstudie 2016 (KS16) und Kostenstudie 2011 (KS11).

Nachbetriebskosten	KKB		KKM		KKG		KKL		Total	
KS16 PB16										
Aufgelaufene Kosten bis 2015	-		-		-		-		-	
Zukünftige Kosten ab 2016										
Ausgangskosten	385		295		344		383		1'406	
Kosten zur Risikominderung	6		7		4		6		22	
Basiskosten	390		302		348		388		1'428	
Prognoseungenauigkeit	1.9% 7		1.4% 4		1.9% 7		2.0% 8		1.8% 26	
Gefahren	18.3% 71		13.6% 41		23.1% 80		20.3% 79		19.0% 271	
Chancen	-1.7% -7		-2.4% -7		-0.5% -2		-1.8% -7		-1.6% -23	
Sicherheitszuschlag	-		-		-		-		-	
<i>Zuschlag auf zukünftige Basiskosten</i>	18.5% 72		12.6% 38		24.5% 85		20.5% 79		19.2% 275	
Gesamtkosten KS16 PB16	462		339		434		468		1'703	
KS11 PB16	512		344		490		496		1'841	
Differenz (Abs.)	-50		-4		-57		-28		-138	
Differenz (%)	-9.7%		-1.3%		-11.6%		-5.6%		-7.5%	

In Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt. Preisbasis 2016 (PB16).

Die Nachbetriebskosten der Kostenstudie 2016 sinken teuerungsbereinigt um 7.5 Prozent gegenüber der Kostenstudie 2011. Ein Auslöser für die Erhöhung der Nachbetriebskosten ist die Einführung der Kostengliederung. Der Zuschlag auf die Basiskosten beträgt für die Kostenstudie 2016 rund 19 Prozent auf die ermittelten Basiskosten. Ausschlaggebend für die insgesamt zu verzeichnende Reduktion der Nachbetriebskosten ist eine Präzisierung der Planung des Nachbetriebs für alle Kraftwerke.

Die Verkürzung der Nachbetriebsdauer von fünf Jahren auf vier Jahre für die Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt und auf drei Jahre für das Kernkraftwerk Gösgen führte zu einer Reduktion der gesamten Nachbetriebskosten. Die Kostenfolgen einer allfälligen Verkürzung beziehungsweise Verlängerung der Nachbetriebsdauer sind in den Chancen und Gefahren berücksichtigt.

Beim Kernkraftwerk Gösgen erhöhen sich die jährlichen Nachbetriebskosten, was hauptsächlich mit dem in den letzten Jahren erfolgten Personalaufbau im Kraftwerk zu begründen ist. Insofern fällt die Reduktion der Gesamtkosten des Nachbetriebs trotz einer Reduktion der für die Ermittlung der Basiskosten angenommenen Dauer des Nachbetriebs um zwei Jahre vergleichsweise geringer aus. Für das Kernkraftwerk Mühleberg ergeben sich aus erst im Rahmen der Vorbereitung der Ausserbetriebnahme erkannten Anlageanpassungen (beispielsweise Autarkie des Brennelementlagerbeckens) Möglichkeiten zur Vereinfachung der Anlage und deren Betriebs. Dies führt auch im Kernkraftwerk Mühleberg, trotz der unverändert fünf Jahre betragenden Nachbetriebsdauer, zu niedrigeren Gesamtkosten des Nachbetriebs.

6 Vergleich der Resultate mit internationalen Kostenschätzungen

Die Kosten der Stilllegung von Kernkraftwerken werden regelmässig auf internationaler Ebene untersucht. Verschiedene Organisationen haben in den letzten Jahren Kostenvergleiche publiziert, darunter OECD NEA⁶⁸, die Europäische Kommission⁶⁹, und das Deutsche Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Letzteres legte im Oktober 2015 ein Gutachten zur Überprüfung der Kernenergieückstellungen vor.⁷⁰

Tabelle 19 fasst die Ergebnisse verschiedener Studien aus der Schweiz, Deutschland, Frankreich, Schweden und Spanien zusammen. Die Kosten für die Schweiz wurden durch diese Kostenstudie 2016 ermittelt und enthalten die Kosten des Nachbetriebs und der Stilllegung inklusive der Kosten des konventionellen Rückbaus auf dem Kostenniveau Gesamtkosten der Kostengliederung. Für die übrigen Länder wurde in der Tabelle jeweils das Studienjahr und das Stilllegungsziel angegeben. Die Kostenschätzungen der übrigen Länder wurden mit einer Inflationsrate von 1.5 Prozent pro Jahr auf die Preisbasis 2016 hochgerechnet und in Schweizer Franken konvertiert. Als Wechselkurs wurden die von der Verwaltungskommission vorgegebenen Fremdwährungswechselkurse zum Schweizer Franken verwendet.

Tabelle 19: Internationaler Kostenvergleich.

Land	CH	CH	CH	CH	D	F	F	S	S	E	E
Jahr der Studie	2016	2016	2016	2016	2014	2013	2013	2013	2013	2003	2006
Anlage	Beznau I & II	Gösgen	Leibstadt	Mühleberg	EVU	Dampierre-Referenz	Extrapolation	Forsmark	Ringhals 2-4	Generic	Generic
Technologie	DWR	DWR	SWR	SWR	Gemischt	DWR	DWR	SWR	DWR	DWR	SWR
Betrachtete kommerzielle Reaktoren	2	1	1	1	23	4	58	3	3	1	1
Durchschnittskapazität in MW	365	1'010	1'220	373	1'033	900	1'091	752	956	1'066	1'092
Stilllegungsziel	Vollständiger Rückbau	Vollständiger Rückbau	Vollständiger Rückbau	Vollständiger Rückbau	Standort-abhängig	Vollständiger Rückbau bis -1m	Vollständiger Rückbau bis -1 m	Vollständiger Rückbau bis -1 m	Industrielle Nachnutzung	Vollständiger Rückbau	Vollständiger Rückbau
Gesamtdauer ab EELB inkl. Nachbetrieb	16 Jahre	14 Jahre	19 Jahre	15 Jahre	15-20 Jahre	15 Jahre	15 Jahre	7 Jahre	5 Jahre	7 Jahre	7 Jahre
Gesamtkosten in Mio. CHF Preisbasis 2016	1'410	1'293	1'553	928	24'378	1'341	23'301	814	657	461	448
Gesamtkosten pro Reaktor in Mio. CHF Preisbasis 2016	705	1'293	1'553	928	1'060	335	402	271	219	461	448

Quellen: Schweiz: Kostenstudie 2016, Kosten des Nachbetriebs und Kosten der Stilllegung inklusive konventioneller Rückbau, Deutschland: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Gutachterliche Stellungnahme zur Bewertung der Rückstellung im Kernenergiebereich; Grant Thornton, Oktober 2015, S. 52, Frankreich: Synthèse du RAPPORT – Audit sur les modalités d'évaluation des charges brutes permettant le calcul des provisions de déconstruction des réacteurs d'EDF en cours d'exploitation, August 2015, S. 37-39, Schweden Forsmark: Decommissioning Study of Forsmark NPP, SKB, Juni 2013, S. 114, Schweden Ringhals: Ringhals Site Study 2013, SKB, März 2013, S. 30, Spanien: Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants, OECD NEA, 2016, S. 64.

In Millionen Franken. Kostenangaben mit Preisbasis vor 2016 wurden mit 1.5 Prozent p.a. hochgerechnet. Kosten in Euro wurden mit 1.20 CHF/EUR umgerechnet, Kosten in Schwedischen Kronen wurden mit 0.13 CHF/SEK umgerechnet.

EVU = Energieversorgungsunternehmen, DWR = Druckwasserreaktor, SWR = Siedewasserreaktor, MW = Megawatt, EELB = Endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs.

Generell lassen sich internationale Kostenschätzungen nur sehr schwierig zu vergleichen, da in der Regel nicht eindeutig bestimmt werden kann, welche Tätigkeiten genau in den einzelnen Kostenschätzungen enthalten sind.

⁶⁸ OECD NEA: Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants [19].

⁶⁹ European Commission: Nuclear Illustrative Programme presented under Article 40 of the Euratom Treaty for the opinion of the European Economic and Social Committee [17].

⁷⁰ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Gutachterliche Stellungnahme zur Bewertung der Rückstellung im Kernenergiebereich [20].

Die Gesamtkosten für die Schweiz und Deutschland liegen auf einem vergleichbar hohen Niveau, was durch ähnliche Rückbaukonzepte in beiden Ländern sowie durch einen vergleichbaren Betrachtungsumfang der zugrundeliegenden Kostenstudien erklärt werden kann.

Die Kostendifferenzen sind einerseits durch unterschiedliche gesetzliche und regulatorische Rahmenbedingungen der Länder, verschiedene technische Konzepte für Rückbau und Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle aber auch durch unterschiedliche Berücksichtigung von Ungenauigkeiten und Risiken in den einzelnen Kostenschätzungen sowie durch den teilweise unterschiedlichen Betrachtungsumfang der zugrundeliegenden Daten zu erklären. Zudem ist bei Vergleichen zu berücksichtigen, dass Stilllegungskosten eines Kernkraftwerks von der Technologie Druckwasserreaktor beziehungsweise Siedewasserreaktor und von der Anlagengrösse abhängig sind. Die Technologie und die Anlagengrösse in Form der Durchschnittskapazität in Megawatt elektrischer Leistung sind in der Tabelle 19 angegeben. Darüber hinaus ist auch die gewählte Stilllegungsvariante ausschlaggebend für die Höhe der Stilllegungskosten. Allen Kostenangaben in Tabelle 19 liegt die Variante direkter Rückbau zugrunde.

A Anhänge

A.1 Referenzen

- [1] Kostenstudie 2016 (KS16), Schätzung der Entsorgungskosten – Geologische Tiefenlagerung, swissnuclear Bericht FGK-AN-16.043, Olten, Schweiz.
- [2] Kostenstudie 2016 (KS16), Schätzung der Entsorgungskosten – Zwischenlagerung, Transporte, Behälter und Wiederaufarbeitung, swissnuclear Bericht FGK-AN-16.002, Olten, CH.
- [3] Kostenstudie 2016 (KS16), Schätzung der Kosten des Nachbetriebs der Schweizer Kernkraftwerke, swissnuclear Bericht FGK-AN-16.003, Olten, Schweiz.
- [4] Kostenstudie 2016 (KS16), Schätzung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen, swissnuclear Bericht FGK-AN-16.004, Schweiz.
- [5] Kostenstudie 2011 (KS11) Mantelbericht FGK-11.061.GS Rev. 0, Olten, Schweiz.
- [6] Kostenstudie 2011 (KS11), Schätzung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke, swissnuclear Bericht FGK-11.054.GS Rev. 0, Olten, Schweiz.
- [7] Kostenstudie 2011 (KS11), Schätzung der Kosten der Nachbetriebsphase der Schweizer Kernkraftwerke, swissnuclear Bericht FGK-11.055.GS Rev. 0, Olten, Schweiz.
- [8] Kostenstudie 2011 (KS11), Schätzung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen, swissnuclear Bericht FGK-11.056.GS Rev. 0, Olten, Schweiz.
- [9] Glossar KS16 – Abkürzungen/Begriffe/Glossar zur Kostenstudie 2016 (KS16); swissnuclear Bericht FGK-AN-16.044.GS, Rev. 0, Olten Schweiz.
- [10] SR 732.1 Kernenergiegesetz vom 21. März 2003 (KEG) (Stand 1. Januar 2009).
- [11] SR 732.11 Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (KEV) (Stand 1. Mai 2012).
- [12] SR 732.17 Verordnung vom 7. Dezember 2007 über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen (SEFV) (Stand 1. Januar 2015).
- [13] SR 814.50 Strahlenschutzgesetz (StSG) vom 22. März 1991 (Stand 1. Januar 2007).
- [14] SR 814.501 Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 1994 (Stand 1. Januar 2014).
- [15] SR 220 Bundesgesetz betreffend die Ergänzung des Schweizerischen Zivilgesetzbuches (Fünfter Teil: Obligationenrecht) vom 30. März 1911 (Stand am 1. Januar 2013).
- [16] ENSI G17/d Stilllegung von Kernanlagen, April 2014.
- [17] European Commission: Nuclear Illustrative Programme presented under Article 40 of the Euratom Treaty for the opinion of the European Economic and Social Committee, SWD (2016) 102, 4. April.2016.
- [18] OECD NEA: International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations, NEA No. 7088, OECD 2012.
- [19] OECD NEA: Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants, NEA No. 7201, OECD 2016.
- [20] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Gutachterliche Stellungnahme zur Bewertung der Rückstellung im Kernenergiebereich, Grant Thornton, 9.10.2015.
- [21] International Financial Reporting Standards (IFRS); www.ifrs.org.
- [22] Schweizer Standards für die Rechnungslegung in Unternehmen, Generally Accepted Accounting Principles, Fachempfehlungen zur Rechnungslegung; www.fer.ch (swiss GAAP Fer).
- [23] Synthèse du RAPPORT - Audit sur les modalités d'évaluation des charges brutes permettant le calcul des provisions de déconstruction des réacteurs d'EDF en cours d'exploitation, Ricol Lasteyrie Corporate Finance et NucAdvisor, August 2015
- [24] Decommissioning Study of Forsmark NPP, SKB, R-13-03, Juni 2013, Schweden
- [25] Ringhals Site Study – An assessment of the decommissioning cost for the Ringhals site 2013, SKB, R-13-05, März 2013

A.2 Verzeichnis der Abkürzungen

Abkürzung	Erläuterung
ADR	Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
Art.	Artikel
Bst.	Buchstabe
CERN	Europäische Organisation für Kernforschung
CHF	Schweizer Franken
EELB	Endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs
Ensi	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
HAA	Hochaktive Abfälle
IAEA	Internationale Atomenergie-Organisation
ISDC	International Structure for Decommissioning Costing of Nuclear Installations
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk
KS	Kostenstudie
MCHF	Millionen Schweizer Franken
Mg	Megagramm (Tonne)
MIF	Medizin, Industrie, Forschung
Nagra	Nationale Genossenschaft zur Entsorgung radioaktiver Abfälle
NEA	Nuclear Energy Agency
NIS	Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
OR	Obligationenrecht
PB	Preisbasis
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PSI	Paul Scherrer Institut
PSP	Projektstrukturplan
SEFV	Verordnung über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen
SGT	Sachplan geologische Tiefenlager
SMA	Schwach- und mittelaktive Abfälle
StSG	Strahlenschutzgesetz
StSV	Strahlenschutzverordnung

TAMG	Transport- und Abfallmengengerüst
US DOE	United States Department of Energy
Uvek	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
Zwibez	Zwischenlager Beznau
Zwilag	Zwischenlager Würenlingen AG
ZZL	Zentrales Zwischenlager

A.3 Empfehlungen aus der Prüfung der Kostenstudie 2011 durch das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat.

Im November 2011 hat die swissnuclear die Dokumente der Kostenstudie 2011 an die Verwaltungskommission für den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds übergeben, die ihrerseits das ENSI mit der technischen Überprüfung der Kostenstudien beauftragte. Bereits die vorhergehenden Kostenstudien hatte das ENSI, respektive die damalige HSK überprüft und der Verwaltungskommission Empfehlungen für die nächste Kostenüberprüfung vorgelegt. In der nachstehenden Tabelle 20 sind die Empfehlungen des Ensi und ihre Berücksichtigung für die Kostenstudie 2016 aufgeführt.

Tabelle 20: *Empfehlungen aus Prüfung der Kostenstudie 2011 durch das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat.*

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
4.1	<p>Ein Grossteil der im ZZL anfallenden radioaktiven Abfälle stammt aus der Entsorgung der Lucens-Abfälle (262 Mg). Aus den Studien ist aber nicht ersichtlich, dass für die Lucens-Abfälle, die sich derzeit in sechs nicht endlagerfähigen Behältern befinden, eine Behandlung vorgesehen ist. Laut Mitteilung der Zwiilag sind Lagerung und die zum Teil noch anstehende Konditionierung von Rückständen aus Lucens kostenneutral, da genügend finanzielle Mittel der früheren Eigentümerin vorhanden sind. Das Ensi empfiehlt trotzdem, die Kosten für Umpacken und Konditionieren der Lucens-Abfälle in der nächsten Kostenstudie zu berücksichtigen, resp. separat auszuweisen. Dies gilt auch für den Transport der Lucens-Abfälle zu einem Tiefenlager, der nicht separat aufgeführt ist.</p>	<p>Zwiilag ist der Ansicht, dass die bereitstehenden finanziellen Mittel für Umpacken und Konditionieren ausreichend sind. Die Kosten werden zur Information in der Kostenstudie separat ausgewiesen, sind jedoch nicht Bestandteil der Gesamtkosten. Die Gefahr, dass die vorhandenen Mittel nicht ausreichen, ist im Chancen- und Gefahrenkatalog «Zwischenlagerung, Transporte und Behälter» ausgewiesen und in den Gesamtkosten berücksichtigt. Die Transporte der Lucens Abfälle zu einem Tiefenlager sind im Transport- und Abfallmengengerüst ausgewiesen.</p>
4.2	<p>Das Ensi empfiehlt bei der nächsten Aktualisierung der Stilllegungsstudie, beim ZZL nicht nur das Freimessen und die Umnutzung der Lagerhallen als Stilllegungsziel zu betrachten, sondern auch den vollständigen Rückbau («Grüne Wiese») des ZZL anzunehmen und die daraus zusätzlich anfallenden Kosten auszuweisen.</p>	<p>Die Kosten für das Freimessen und die Umnutzung der Lagerhallen sind als Basis-kosten in der Kostenschätzung berücksichtigt. Der vollständige Rückbau des ZZL ist im Chancen- und Gefahrenkatalog «Zwischenlagerung, Transporte und Behälter» ausgewiesen und in den Gesamtkosten berücksichtigt.</p>

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
4.3	<p>Konventionelle Schadstoffe wie Asbest oder PCB sind in den Stilllegungsstudien nicht berücksichtigt. Wie der Rückbau der Kernanlage DIORIT am PSI aber zeigte, können asbesthaltige Materialien die Rückbauarbeiten stark beeinträchtigen. Neben den zusätzlich anfallenden Personalkosten (durch die länger dauernden Arbeitspakete) müssten auch die belasteten Abfälle gesondert entsorgt werden, was wiederum zusätzliche Kosten nach sich zöge. Das Ensi empfiehlt deshalb, in der nächsten Aktualisierung der Stilllegungsstudie auch mögliche konventionelle Schadstoffe wie Asbest oder PCB zu berücksichtigen.</p>	<p>Konventionelle Schadstoffe wie Asbest oder PCB sind bei der Kostenschätzung berücksichtigt. Mehrkosten infolge konventioneller Schadstoffe sind mit einem Pauschalbetrag MCHF 1.2 (KKM und KKB) bzw. MCHF 0.6 (KKG und KKL) in den Gesamtkosten berücksichtigt. Die Gefahr eines unerwartet hohen Auftretens konventioneller Schadstoffe ist im Chancen- und Gefahrenkatalog «Stilllegung» ausgewiesen und in den Gesamtkosten berücksichtigt.</p>
4.4	<p>Gebäudestrukturen unterhalb 2 Meter Tiefe sollen gemäss Planung im Boden bleiben. Auch wenn die Strukturen für Grundwasser durchlässig gemacht werden sollen, empfiehlt das Ensi den Betreibern der Kernanlagen, die möglichen Auswirkungen auf den Grundwasserschutz abzuklären und mit den Behörden zu erörtern. Allfällige Auswirkungen, wie das Entfernen aller Strukturen, sind in der nächsten Aktualisierung der Stilllegungsstudien zu berücksichtigen.</p>	<p>Die vollständige Entfernung sämtlicher Anlagenteile ist als Variante der Stilllegungskosten in der Kostenstudie Stilllegung ausgewiesen. Auf die Abklärung möglicher Auswirkungen auf den Grundwasserschutz wird in der aktuellen Projektphase verzichtet.</p>
4.5	<p>Das Ensi empfiehlt für die nächste Aktualisierung der Stilllegungskosten, bei den Berechnungen des Aufwands auch mögliche unvorhergesehene Verzögerungen zu berücksichtigen, resp. den Personalaufwand aufgrund neuer Erkenntnisse aus Empfehlung 4.3 anzupassen.</p>	<p>Unvorhergesehene Verzögerungen des Nachbetriebs und der Stilllegung werden sowohl im Chancen- und Gefahrenkatalog «Nachbetrieb» wie auch im Chancen- und Gefahrenkatalog «Stilllegung» ausgewiesen und in den Gesamtkosten berücksichtigt. Die Verzögerungen können verschiedene Ursachen haben.</p>
4.6	<p>Um Unsicherheiten bei der Abschätzung der Stilllegungskosten weiter einzuschränken, empfiehlt das Ensi, Erfahrungen aus abgeschlossenen oder laufenden Rückbauprojekten im Ausland und den dabei verwendeten Rechenprogrammen in die Überarbeitung der Studien einfließen zu lassen. Damit lassen sich mögliche Abweichungen zwischen den geschätzten und den tatsächlichen Kosten aufzeigen. Die Gründe für allfällige Abweichungen sind zu beschreiben und in der nächsten Kostenstudie zu berücksichtigen.</p>	<p>Erfahrungen aus abgeschlossenen oder laufenden Rückbauprojekten im Ausland und den dabei verwendeten Rechenprogrammen werden durch den mit der Schätzung der Nachbetriebs- und Stilllegungskosten beauftragten Dienstleister Siempelkamp NIS berücksichtigt. Beobachtete Abweichungen zwischen geplanten und tatsächlichen Kosten werden durch Siempelkamp NIS regelmässig in den Aktualisierungen ihrer Kalkulationsprogramme berücksichtigt und fliessen somit in die Kostenschätzungen ein.</p>

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
5.1	Das Ensi empfiehlt bei der nächsten Aktualisierung der Kostenstudien, die Schätzung der Art und Menge der Stilllegungsabfälle der Kernanlagen an der Universität Basel, am PSI, an der ETH Lausanne und am CERN zu berücksichtigen, resp. zu aktualisieren.	Diese Abfälle werden vollständig in der KS 16 berücksichtigt.
5.2	Da die Gebinde erst in einigen Jahrzehnten transportiert werden, empfiehlt das Ensi für die späteren Aktualisierungen der Kostenstudie die Transportfähigkeit der Einzelgebände gemäss ADR jeweils zu prüfen.	Im Transportmengengerüst der KS 16 wird für jedes Einzelgebände – in Abhängigkeit von dem zum Zeitpunkt des Transports berechneten Nuklidinventar und der Dosisleistung – ein ADR-kompatibles Transportkonzept festgelegt. Dies gilt für Transporte von den Abfallverursachern zur Zwiilag und zu den geologischen Tiefenlagern.
5.3	Das Ensi empfiehlt für die nächste Aktualisierung der Kostenstudie, die Konzeptstudie für den Bau und den Betrieb der Verpackungsanlage zu überprüfen und weiter zu entwickeln.	Die Basisprojekte für die Verpackungsanlagen HAA und SMA für die Kostenstudie 2016 basieren im Wesentlichen auf den generischen Konzeptstudien zur Etappe 2 SGT, die im Hinblick auf die KS16 weiterentwickelt wurden.
5.4	Das Ensi empfiehlt, in der nächsten Aktualisierung der Kostenstudie die Kostenschätzung für die Verschlussbauwerke anhand einer detaillierteren Dokumentation neu zu überprüfen und mit ähnlichen Tiefenlagerprojekten (Frankreich, Belgien) in Tongesteinsformationen zu vergleichen.	Basierend auf den Verschlusskonzepten, welche den Konzepten Stand SGT Etappe 1 zugrunde lagen (z.B. NTB 08-07), wurden die Bauvorgänge zum Einbau der Versiegelungsbauwerke und Verfüllungen konkretisiert.
5.5	Das Ensi empfiehlt, in der nächsten Aktualisierung der Kostenstudie hinsichtlich geologischer Tiefenlager standortspezifisch zu überprüfen, ob die statisch wirksame Dicke des Tunnelausbaus (Ausbruchsicherung und Verkleidung) für die gewählte Tiefenlage des Lagers plausibel ist. Zumindest sollten die schwachwandigsten bzw. am höchsten belasteten Querprofile hinsichtlich des statisch erforderlichen Ausbaus überprüft und die daraus resultierenden Kostenfolgen dargelegt werden.	Die Kosten des Tunnelausbaus sind nur bedingt von der Stärke des Ausbaus getrieben, sondern werden von den angenommenen Vortriebs- und Sicherungskonzepten (z.B. zulässige Abschlagslänge, Zeitpunkt der Einbringung der Sicherung, etc.) beeinflusst. Im Rahmen der Etappe 2 des SGT wurden umfassende Untersuchungen zum Gebirgs- und Tragverhalten der Untertagebauwerke unter Berücksichtigung der geomechanischen und hydrogeologischen Bedingungen durchgeführt, welche die Basis für die Auslegung der Bauwerke für die Basisprojekte der KS16 bilden. Dies führt in einigen Querschnitten unter anderem zu einer leichten Erhöhung der Ausbaustärken.

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
5.6	<p>Im Rahmen der Überprüfung des Entsorgungsprogrammes 2008 hat das Ensi in seiner Stellungnahme den vorgesehenen Zeitbedarf für Bau und Betrieb des Felslabors für das SMA-Lager aus heutiger Sicht als zu optimistisch beurteilt (Ensi 2011). Das Ensi empfiehlt, den Zeitplan für die untertägige Datenerhebung zu überprüfen und zu überarbeiten und die daraus resultierenden Kostenänderungen aufzuzeigen.</p>	<p>Für die Kostenstudie 2016 werden die Realisierungspläne aktualisiert. Es wurde auch der Zeitbedarf für den Bau und Betrieb des Felslabors des SMA-Lagers berücksichtigt.</p>

A.4 Kommentare aus der Plausibilisierung der Kostenstudie 2011 – Teil Stilllegung

Die Kostenstudie 2011 wurde erstmals durch externe Beratungsunternehmen einer Plausibilisierung unterzogen. Aufgabenstellung der Plausibilisierung war eine qualitative Analyse der Methodik zur Erstellung der Kostenstudien. Die Plausibilisierung wurde für die Bereiche Stilllegung und Entsorgung getrennt durchgeführt. In der nachfolgenden Tabelle 21 sind die Kommentare aus der Plausibilisierung des Teils Stilllegung und ihre Berücksichtigung in der Kostenstudie 2016 aufgeführt.

Tabelle 21: *Kommentare aus der Plausibilisierung der Kostenstudie 2011 – Teil Stilllegung.*

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
1	<p>Die Kosten der Stilllegung werden massgeblich durch die Behandlungs- und Entsorgungsmöglichkeiten für Materialien bestimmt. Für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle wird in der KS11 davon ausgegangen, dass eine Abfallsenke mit ausreichend Kapazitäten zur Verfügung steht. Es wird empfohlen, die potenziellen Einschränkungen einer Verfügbarkeit der Abfallsenke und die Auswirkungen auf die Rückbau-Durchführung (zusätzlich benötigte zentrale/dezentrale Zwischenlagerkapazitäten) für die einzelnen Betreiber zu prüfen. Dies kann ggf. als zusätzlicher Aspekt in der KS16 berücksichtigt werden.</p>	<p>Die Kapazität der geologischen Tiefenlager wird anhand der Ergebnisse des Abfallmengenrösts bei jeder Kostenstudie aktualisiert und in der Planung und der Kostenschätzung entsprechend berücksichtigt. Für die KS16 wurde die vorhandene Zwischenlagerkapazität am zentralen Zwischenlager Würenlingen sowie bei den dezentralen Lagereinrichtungen der Werke untersucht. Die Untersuchung hat eine ausreichende Zwischenlagerkapazität ergeben, auch bei Annahme der Zwischenlagerung aller Abfälle vor ihrer Einlagerung in die geologischen Tiefenlager.</p>
2	<p>Die Dauer zwischen Betriebsende und Brennelementefreiheit bzw. vorbereitende Tätigkeiten der Stilllegung, die während dieser Phase denkbar sind, beeinflussen massgeblich die Kosten des Nachbetriebs bzw. der Stilllegung. Es wird in der KS11 davon ausgegangen, dass der Abtransport der Brennelemente vor dem Beginn der Rückbauarbeiten erfolgt. Das Erreichen der Brennstofffreiheit liegt somit auf dem kritischen Pfad im Projekt. Es wird empfohlen, mögliche Einschränkungen bei der Verfügbarkeit der dafür erforderlichen Transport- und Lagerbehälter zu prüfen und ggf. als zusätzlichen Aspekt in der KS16 zu berücksichtigen. Das gleiche gilt für die Nutzung von Möglichkeiten zur Durchführung von Vorbereitungstätigkeiten (bzw. vorsorgliche Massnahmen) während des Nachbetriebs im Hinblick auf eine Kostenoptimierung.</p>	<p>Die Gefahr einer Verzögerung bei dem Erreichen des Projektmeilensteins «Brennstofffreiheit» ist im Chancen- und Gefahrenkatalog «Nachbetrieb» ausgewiesen und in den Gesamtkosten berücksichtigt. Die Verzögerung kann unterschiedliche Ursachen haben, inklusive mögliche Einschränkungen bei der Verfügbarkeit der dafür erforderlichen Transport- und Lagerbehälter. Die Chance der Parallelisierung von Nachbetrieb und Stilllegung ist im Chancen- und Gefahrenkatalog «Stilllegung» ausgewiesen und in den Gesamtkosten berücksichtigt.</p>

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
3	<p>Es ist zu berücksichtigen, dass die im Schweizer Modell zur Kostenschätzung getroffenen Annahmen und Randbedingungen bislang nicht an Realdaten verifiziert wurden. Zudem zeigen vergleichbare Grossprojekte, dass die uneingeschränkte Umsetzung der massgeblichen Randbedingungen und Parameter aus dem Modell (im Hinblick auf Zeit, Kosten und Qualität) in ein reales Projekt ohne Erfahrungen in diesem Bereich eher unwahrscheinlich ist. Es wird empfohlen zu prüfen, ob diese Aspekte realistisch, z.B. bereits durch die implizite Betrachtung von Unsicherheiten, abgebildet sind. Dies gilt insbesondere für Kostenelemente wie Materialbehandlung und Entsorgung.</p>	<p>Die Berechnungsmodelle des für die Schätzung der Nachbetriebskosten und Stilllegungskosten beauftragten Dienstleisters Siempelkamp NIS werden regelmässig aufgrund dessen Beobachtungen geplanter, laufender und abgeschlossener Rückbauprojekte in Deutschland und angrenzenden Nachbarländern aktualisiert. Mit Einführung der Kostengliederung werden in den Kostenschätzungen bereits enthaltene Unsicherheiten ebenso wie zusätzliche Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Gefahren transparent ausgewiesen.</p>
4	<p>Die Dokumentation der Kostenstudie ist detailliert und spiegelt die wesentlichen Schritte des Erstellungsprozesses wider. Für eine erhöhte Transparenz wird empfohlen, zusätzliche Herleitungsschritte, Verifikationen und Plausibilisierungen die durch die Arbeitsgruppe vorgenommen wurden, in der finalen Kostenstudie zu erläutern. Dies schliesst die durch die Arbeitsgruppe durchgeführte Erfassung von potentiellen Risiken im Nachbetrieb und der Stilllegung in einem Risikoregister mit ein. Hier ist eine Abgrenzung zu bereits implizit erfassten Unsicherheiten im Modell wichtig.</p>	<p>Die Herleitungsschritte zur Umsetzung der Kostengliederung sind im Mantelbericht zur KS16 ausführlich dokumentiert.</p>
5	<p>Es bestehen Möglichkeiten zur Erhöhung der Nachvollziehbarkeit und Berechnungstransparenz für die Sekundärmassen Sets. Es wird empfohlen zu prüfen, inwieweit eine genaue Beschreibung und detaillierte Abgrenzung von Sekundärmassen Sets zueinander (z.B. «nicht brennbar», «mineralisch», etc.) praktikabel ist. Dabei wäre auch deutlich zu machen und abzuschätzen, welche Sekundärmassen zusätzlich in die Anlage eingebracht werden, um den Rückbau umsetzen zu können (z.B. Maschinen, Werkzeuge, Gerüste, Folien, Kleber, persönliche Schutzausrüstung, u.ä.).</p>	<p>Der Detaillierungsgrad bei der Beschreibung der eingebrachten Sekundärmassensets wurde in der Dokumentation der KS16 entsprechend erhöht.</p>

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
6	<p>Für die KS11 wurde versucht, den Erstellungsprozess über alle Anlagen hinweg so einheitlich wie möglich zu gestalten. Dies beinhaltet u. a. eine Normalisierung der betreiberspezifischen Eingangsdaten für die Betriebskosten oder die Vereinheitlichung der verwendeten Reduktionsfaktoren und Randbedingungen (z.B. anlagenübergreifende Nachbetriebsdauer bei unterschiedlichem Anlagendesign). Es wird empfohlen zu prüfen, wie praktikabel eine solche Vereinheitlichung der Daten ist, um eine realistische Kostenschätzung für jede Kernanlage zu erhalten. Hierbei ist zwischen einem einheitlichen Erstellungsprozess und der Vereinheitlichung der genutzten Daten zu unterscheiden. Aus Sicht des Studienerstellers, kann eine solche Prüfung unter Betrachtung der Lebenszyklen der Anlagen erfolgen.</p>	<p>In der KS11 wie auch in der KS16 wurden die betreiberspezifischen Eingangsdaten anlagenspezifisch erhoben und in der Berechnung verarbeitet. Zur Erleichterung der Lesbarkeit und Vergleichbarkeit sind diese Daten in einem einheitlichen Format dargestellt worden. Die Annahme eines einheitlich fünfjährigen Nachbetriebs ebenso wie die Annahme einheitlicher Reduktionsfaktoren für den Nachbetrieb wurde in der KS16 mit Einführung der Kostengliederung zugunsten von werksindividuellen Annahmen geändert.</p>
7	<p>Die Demontage enthält verschiedene Schwierigkeitsgrade (z.B. Demontage in grösserer Höhe oder unter Vollschutz), die durch die Verwendung von Korrekturfaktoren in die Schätzung der Kosten einfließen. Es wird empfohlen zu prüfen, welche Faktoren angewendet worden sind und ob Unterschiede in den Schwierigkeitsgraden ausreichend berücksichtigt wurden.</p>	<p>Der für die Schätzung der Stilllegungskosten beauftragte Dienstleister Siempelkamp NIS hat bei allen Anlagen eine Anlagenbegehung vorgenommen. Basierend auf der Begehung sowie unter Berücksichtigung von Vergleichswerten bei anderen Rückbauprojekten wurden Korrekturen der Kalkulationsfaktoren zur Berücksichtigung unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade, z.B. Strahlungsexposition, Zugänglichkeit, Komponentengrößen vorgenommen.</p>
8	<p>Die erfassten Gesamtmassen in den Stilllegungsstudien der Kernkraftwerke, getrennt nach Masse innerhalb der kontrollierten Zone und der Gesamtmasse, zeigen signifikante Unterschiede zu den bezogenen Massen der beiden E.ON-Anlagen. Es wird empfohlen, die Konsistenz der zugehörigen Daten abzugleichen.</p>	<p>Die für die die KS11 durchgeführte Massenerfassung wurde für die KS16 nochmals verifiziert sowie um neue bzw. entfallene Anlagenteile korrigiert. Den einzelnen Komponentenklassen wurden Härtegrade (Unsicherheitsklassen) mit entsprechenden Schwankungsbreiten zugeordnet und in der Kostenschätzung berücksichtigt.</p>
9	<p>Die Behälterkosten für die Stilllegung der ZwiIag erscheinen in Summe vergleichsweise gering, da hier ebenfalls die Entsorgung der Abfallbehandlungsanlagen, Plasmaanlage und Heisse Zelle betroffen ist. Es wird empfohlen, diese Kosten zu prüfen.</p>	<p>Die Schätzung der Behälterkosten für die Stilllegung der Anlagen der ZwiIag basiert auf der aktuellen Abschätzung der Stilllegungsmassen und aktuellen Behälterkosten.</p>

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
10	Die Annahmen zum Anteil des radioaktiven Abfalls erscheinen, insbesondere für KKG, im Vergleich zu den beiden E.ON-Anlagen eher gering. Diese Auffälligkeit kann festgestellt werden, da die Anlagen in Anlehnung an die deutschen Kraftwerksausführungen errichtet wurden. Es wird empfohlen, die Konsistenz der zugehörigen Daten in den vorliegenden Unterlagen nochmals abzugleichen, auch im Abgleich mit KKM, KKB und KKL.	Die für die die KS11 durchgeführte Massenerfassung wurde für die KS16 nochmals verifiziert sowie um neue bzw. entfallene Anlagenteile korrigiert. Die einzelnen Komponentenklassen wurden Härtegrade (Unsicherheitsklassen) mit entsprechenden Schwankungsbreiten zugeordnet und in der Kostenschätzung berücksichtigt.
11	Die Herleitung der verwendeten Personalverrechnungssätze für die Berechnung der Rückbaukosten (Demontage, Dekontamination, Materialbehandlung und Entsorgung sowie konventioneller Abriss) ist plausibel. Es wird aufgrund des starken Einflusses der Personalverrechnungssätze auf die oben genannten Rückbaukosten empfohlen, diese Zahlen zusätzlich zu prüfen und zu verifizieren.	Die Fremdpersonalkostensätze für die Berechnung der Rückbaukosten wurden für die KS16 basierend auf aktuell abgeschlossenen Verträgen der Eigentümer getrennt nach nuklearen und nicht nuklearen Rückbautätigkeiten neu ermittelt. Die verwendeten Kostensätze sind in der Stilllegungsstudie entsprechend ausgewiesen.
12	Bezogen auf den Ausgangszustand reduziert sich das Eigenpersonal mit fortschreitendem Rückbauerfolg, grundsätzlich erhöht sich aber nach Erfahrung von E.ON der Personalbedarf in der Anlage deutlich mit startendem Rückbau und flacht dann langsam wieder mit auslaufendem Fortschritt ab. Es wird empfohlen, eine eindeutige Darstellung sicherzustellen, wie Eigenpersonal, Fremdpersonal und Projektpersonal betrachtet bzw. differenziert werden.	Mit Einführung der neuen Kostenstruktur werden Eigenpersonal für Betriebs- und Projektstätigkeiten sowie Fremdpersonal mit einem im Vergleich zur KS11 höheren Detaillierungsgrad ausgewiesen.
13	Für den Zeitraum, in dem Brennelemente auf der Anlage sind, werden Reduktionsfaktoren für die Betriebskosten (Sach- und Personalkosten) angesetzt. Aus den bisherigen Erfahrungen in Deutschland erscheinen die hier verwendeten Reduktionsfaktoren auffällig. Es wird empfohlen, die Anwendung der Reduktionsfaktoren für die Situation in der Schweiz zu prüfen.	Im Rahmen der Umsetzung der Kostengliederung wurden eine Reihe von Chancen und Gefahren identifiziert, aufgrund derer die für die KS16 herangezogenen Annahmen für die Höhe der Reduktionsfaktoren ändern können. Die daraus resultierenden Zuschläge sind in der Kostenschätzung der KS16 berücksichtigt.

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
14	<p>Der Strom- und Heizölbedarf als solches ist in der KS11 enthalten. Die Preisentwicklungen der letzten Zeit übertrafen jedoch alle früheren Annahmen für die Kalkulation. In Deutschland wird dies durch die «jährliche» Überprüfung der Rückstellungen abgefangen, bzw. durch das Bestreben, Einsparmöglichkeiten bei den Rückbaubetriebs- und Ersatzsystemen («energetic optimization») im Rückbau zu finden und umzusetzen. Für diese Elemente kann nicht von einem Automatismus der Berücksichtigung durch NIS in der KS16 ausgegangen werden, da sie zum Teil sehr Deutschlandspezifisch sind. Es wird empfohlen, zu prüfen, inwiefern solche Kostenelemente der Preissteigerung in Abgrenzung zur Inflationsbetrachtung der Fonds sinnvoll berücksichtigt wurden.</p>	<p>Die Strom- und Heizölkostenentwicklung wird im Grundsatz über die regelmässige Aktualisierung der Kostenstudien berücksichtigt. Im Rahmen der Umsetzung der Kostengliederung wurde die Entwicklung der Strom- und Heizölpreise einer Chancen- / Risikobetrachtung unterzogen.</p>
15	<p>Aus der aktuellen Definition der «Best-Estimate»-Schätzung ergibt sich ein Interpretationsspielraum für den Betrachtungsumfang von Unsicherheiten, da nicht eindeutig differenziert ist, ob Sicherheitszuschläge auf Basis von Erfahrungswerten innerhalb des Betrachtungsumfangs liegen. Um eine klare Abgrenzung für die Einbeziehung von Unsicherheiten bzw. Risiken zu schaffen, wird empfohlen, die Definition der «Best-Estimate»-Schätzung in der KS16 diesbezüglich zu konkretisieren bzw. neu zu definieren. Voraussetzung hierfür ist die Identifikation, in welchem Umfang Unsicherheiten bereits implizit in dem Berechnungsmodell der NIS berücksichtigt wurden.</p>	<p>Die Empfehlung wurde in der KS16 durch die Einführung und Umsetzung der Kostengliederung berücksichtigt. Neu werden Basiskosten ausgewiesen, die frei von impliziten Zuschlägen für Risiken und Unsicherheiten sind. Diese werden in den anderen Elementen der Kostengliederung transparent ausgewiesen.</p>

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
16	<p>Von den international gängigen Methoden zur Berücksichtigung von Unsicherheitszuschlägen ist für die Schweizer Methodik die Verwendung von nach Arbeitspaketen differenzierten Unsicherheitszuschlägen denkbar. In dem Betrachtungsumfang der KS11 bestehen je nach Kostenblock aus Sicht des Studienerstellers unterschiedliche Unsicherheitspotentiale. Die grössten Unsicherheiten bestehen in den Fragen des Nachbetriebs und der Behandlung der Materialien, wohingegen der technische Rückbau (Demontage und Abriss) als weitgehend gelöst betrachtet werden kann. Eine pauschale Verwendung von Zuschlägen erscheint aus Sicht der Studienersteller somit als nicht sachgemäss. Es wird empfohlen, die Praktikabilität der Berücksichtigung von explizit ausgewiesenen und erläuterten Unsicherheiten zu prüfen.</p>	<p>Die Empfehlung wurde in der KS16 durch die Einführung und Umsetzung der Kostengliederung berücksichtigt. Neu werden Basiskosten ausgewiesen, die frei von impliziten Zuschlägen für Risiken und Unsicherheiten sind. Diese werden in den anderen Elementen der Kostengliederung transparent ausgewiesen. Die Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten werden detailliert auf der Ebene 4 der Kostenstruktur ausgewiesen.</p>
17	<p>Die KS11 geht grundsätzlich davon aus, dass die Betreiber keine Lernkosten für die Stilllegung haben und die erforderliche Organisation für die Stilllegung «Overnight» bereitgestellt wird bzw. werden diese Aspekte nicht explizit ausgewiesen. Es wird empfohlen zu prüfen, inwiefern diese natürlichen «Ineffizienzkosten» nicht rückbauerfahrener Betreiber in dem NIS-Modell berücksichtigt wurden.</p>	<p>Als Planungsannahme für die Kostenstudien gilt, dass die Erstellung der Gesuchsunterlagen für die Stilllegungsgesuche ca. sechs Jahre vor der geplanten endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs beginnt. Die für eine kosteneffiziente Abwicklung des Nachbetriebs und der Stilllegung notwendige Organisation kann demzufolge mit einem hinreichend grossen zeitlichen Vorlauf erfolgen, sodass nicht mehr von signifikanten Ineffizienzkosten ausgegangen werden muss.</p>
18	<p>Der internationale Vergleich hat, unter Berücksichtigung der Vorabanalyse, ergeben, dass die KS11 die Kosten für soziale Massnahmen und Change Management (z.B. Massnahmen für Personalbindung, -umqualifizierung, etc.), nicht berücksichtigt. Diese werden in der Schweiz durch den Betreiber in spezifischen Rückstellungen betrachtet. Es wird empfohlen zu prüfen, inwiefern es praktikabel ist, diese Kosten zusätzlich in der Kostenstudie zu berücksichtigen bzw. diese eindeutig von der Kostenstudie abzugrenzen.</p>	<p>Massnahmen für Change Management inklusive Sozialpläne, Massnahmen zur Mitarbeiterqualifizierung und Retentionsmassnahmen werden in separaten Rückstellungen der Eigentümer ausserhalb des Umfangs der Kostenschätzung in separaten Rückstellungen berücksichtigt, sodass eine Berücksichtigung dieser Kosten in den Kostenstudien nicht notwendig ist.</p>

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
19	<p>Es wird empfohlen, eine Referenz-Sensitivitätsstudie, z.B. für einen fiktiven Referenzreaktor, durchzuführen, um die Auswirkung der Veränderung von Rahmenbedingungen und Optimierungspotenziale in der Stilllegung branchenweit besser abschätzen zu können (z.B. Zeitpunkt der Verfügbarkeit eines geologischen Tiefenlagers oder Verfügbarkeit der Zwischenlagerkapazitäten bei Laufzeitverlängerungen der Schweizer Kernanlagen). Mit Hilfe dieser Analysen kann der Einfluss einer Veränderung von getroffenen Annahmen, Randbedingungen und Inputdaten auf die Gesamtkosten untersucht werden und dadurch Qualitätstreiber der Kostenstudie identifiziert werden. Dies kann durch den Erwerb des genutzten Kalkulationstools durch die Betreiber bzw. die Arbeitsgruppe zusätzlich unterstützt werden, um die Modellstruktur und Rechenlogiken gesamthaft und unabhängig von der NIS besser nachvollziehen zu können.</p>	<p>Die KS16 wurde mithilfe von externen Fachleuten einer Untersuchung hinsichtlich allfälliger Optimierungspotenziale bei den geschätzten Kosten unterzogen. Identifizierte und in Expertengesprächen mit den Eigentümern erhärtete Optimierungspotenziale wurden in der Schätzung der Ausgangskosten berücksichtigt. Die Gefahr, dass sich die Optimierungspotenziale nicht realisieren lassen, wurde in der Chancen- und Gefahrenanalyse entsprechend berücksichtigt.</p>
20	<p>Bei der Abschätzung der Stilllegungskosten für das Stilllegungsprojekt nach KEG Art. 27 sind die Gesamtkosten und Sicherstellung der Finanzierung darzulegen. Die Richtlinie Ensi G-17/d vertritt die Auffassung, dass die Grundlagen der OECD/NEA, die im ISDC-Bericht «International Structure for Decommissioning Costing of Nuclear Installations», festgehalten sind, für die Kostenstrukturierung relevant sind. Auch wenn die Mehrzahl der analysierten Länder der ISDC-Struktur nicht folgt, wird empfohlen, vor dem Hintergrund der Richtlinie Ensi G-17/d, die Berücksichtigung bzw. Anlehnung an die ISDC-Kostenstruktur zumindest als ergänzende Struktur zu prüfen.</p>	<p>Die Verwendbarkeit der ISDC-Kostenstrukturen als Kostenstruktur für die Schätzung der Stilllegungskosten wurde untersucht. Swissnuclear hat der Verwaltungskommission für die Stilllegungs- und Entsorgungsfonds eine von den ISDC-Kostenstrukturen abweichende Kostenstruktur vorgeschlagen, die von der Verwaltungskommission akzeptiert wurde. Es erfolgt jedoch eine Überleitung der Schätzung der Stilllegungskosten in die ISDC-Kostenstruktur. Diese Überleitung ist in der Dokumentation der KS16 ausgewiesen.</p>

A.5 Kommentare aus der Plausibilisierung der Kostenstudie 2011 – Teil Entsorgung

Die Kostenstudie 2011 wurde erstmals durch externe Beratungsunternehmen einer Plausibilisierung unterzogen. Aufgabenstellung der Plausibilisierung war eine qualitative Analyse der Methodik zur Erstellung der Kostenstudien. Die Plausibilisierung wurde für die Bereiche Stilllegung und Entsorgung getrennt durchgeführt. In der nachfolgenden Tabelle 22 sind die Kommentare aus der Plausibilisierung des Teils Entsorgung und ihre Berücksichtigung in der Kostenstudie 2016 aufgeführt.

Tabelle 22: *Kommentare aus der Plausibilisierung der Kostenstudie 2011 – Teil Entsorgung.*

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
1	The Administrative Board must reach a clear understanding, with Nagra and the waste producers, of the boundary conditions, strategy and methodology to be used in producing the KS16 repository cost estimate against the Ordinance requirement. In particular, this understanding should consider how the concepts of 'base estimate', 'best estimate', P0, P50, risk, uncertainty, contingency and allowance will apply in the KS16 work.	Die Kostenstudie folgt den methodischen Vorgaben für die Kostenstudie 2016. Darin ist das Konzept der Basiskosten berücksichtigt, aber es sind keine probabilistischen Betrachtungen vorgeschrieben.
2	Although the estimate produced by Nagra is sound in its construction and structure, it is suggested that KS16 will provide an opportunity for better presentation of data related to: <ul style="list-style-type: none"> • The production of a P0 or baseline cost (without contingency), showing how allowances and risk mitigation scope have been included. • How risks and uncertainties have been considered to generate cost and schedule impacts. • How these impacts have been translated into cost contingencies or allowances to ensure that the Nagra estimate meets the Ordinance requirement. 	Die Kostenstudie folgt den methodischen Vorgaben für die Kostenstudie 2016 und die Dokumentation ist entsprechend aufgebaut. Die verschiedenen Kostenniveaus entsprechend Kostengliederung werden explizit ausgewiesen.
3	Basis of Estimate Documentation and Estimate Methodology: The KS11 documents that constitute the BoE can be improved by providing clear evidence of Nagra's process to derive contingencies and allowances. In addition, a summary document is recommended that describes the overall methodology, the approach to cost positions, and the treatment of uncertainty and risk within each.	Der Umgang der Nagra mit Kostenschlägen für Abweichungen wird in der KS16 transparent ausgewiesen und das Vorgehen in der Beschreibung der Methodik zur Umsetzung der Kostengliederung im Bericht zur Entsorgung – Teil geologische Tiefenlagerung dokumentiert.
4	Definitions: Nagra is advised to issue a definitions document. Terms such as 'Contingency' and 'Diverses' should be defined and contextualised.	Der Umgang der Nagra mit Kostenschlägen für Abweichungen wird in der KS16 transparent ausgewiesen und das Vorgehen in der Beschreibung der Methodik zur Umsetzung der Kostengliederung im Bericht zur Entsorgung – Teil geologische Tiefenlagerung dokumentiert. Der Bericht definiert auch die wichtigsten Begriffe.

Nr.	Inhalt	Berücksichtigung in Kostenstudie 2016
5	<p>Risks and Uncertainties: Further work is required by Nagra to define more transparently the treatment of risks and uncertainty. This treatment should be tied back to the key assumptions made for the appropriate cost position. In particular it is recommended that:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Treatment of risks involving repository delay and their compensation by fund growth are discussed and agreed by the Administrative Board and Nagra. • Scope or contingency exclusions are carefully considered and better defined against the requirement of the Ordinance. • Mitigation scope is clearly identified, capturing the basis for decisions, benefits, and potential opportunities 	<p>Der Umgang der Nagra mit Kostenzuschlägen für Abweichungen wird in der KS16 transparent ausgewiesen und das Vorgehen in der Beschreibung der Methodik zur Umsetzung der Kostengliederung im Bericht zur Entsorgung – Teil geologische Tiefenlagerung dokumentiert.</p>
6	<p>Opportunities: Discrete opportunities (e.g., possible savings as a result of combining SF and HLW (HAA) and L/ILW (SMA) repositories at a single site) should be clearly identified and added to the risk matrix. Where these are high impact events, their treatment should be agreed with the Administrative Board and made transparent under KS16.</p>	<p>Der Umgang der Nagra mit Kostenzuschlägen für Abweichungen wird in der KS16 transparent ausgewiesen und das Vorgehen in der Beschreibung der Methodik zur Umsetzung der Kostengliederung im Bericht zur Entsorgung – Teil geologische Tiefenlagerung dokumentiert.</p>
7	<p>Cost Estimation: The amount of contingency built into the estimate should be made transparent and summarised across each cost position and the estimate as a whole. Separation of a P0 estimate and a P50 estimate would aid the understanding and treatment of uncertainties.</p>	<p>Der Umgang der Nagra mit Kostenzuschlägen für Abweichungen wird in der KS16 transparent ausgewiesen und das Vorgehen in der Beschreibung der Methodik zur Umsetzung der Kostengliederung im Bericht zur Entsorgung – Teil geologische Tiefenlagerung dokumentiert.</p>
8	<p>Scenario Planning: Nagra has used a phased approach to the treatment of risk and uncertainty. This approach should be developed into more refined scenario planning and sensitivity analysis as part of developing an estimate equivalent to P50 and understanding the potential outcome ranges.</p>	<p>Die Kostenstudie folgt den methodischen Vorgaben für die Kostenstudie 2016. Der zeitliche Eintritt bzw. Verlauf von Gefahren und Chancen wird berücksichtigt.</p>
9	<p>Optimism bias: The treatment of any final uplift (such as the additional 30% proposed in Switzerland) should be contextualised against the requirements of the Ordinance.</p>	<p>Die Kostenstudie folgt den methodischen Vorgaben für die Kostenstudie 2016, die einen zusätzlichen Sicherheitszuschlag als Element der Kostengliederung enthält. Der Umgang mit diesem zusätzlichen Sicherheitszuschlag wird explizit dokumentiert.</p>