SWISSNUCLEAR

KOSTENSTUDIE 2026 (KS26)

ERMITTLUNG DER STILLLEGUNGSKOSTEN DER SCHWEIZER KERNANLAGEN

Postfach, 4601 Olten
info@swissnuclear.ch
www.swissnuclear.ch

30. September 2026

Zusammenfassung

Das Kernenergiegesetz sieht einen Stilllegungs- und einen Entsorgungsfonds vor. Der Stilllegungsfonds stellt die Finanzierung der Stilllegung und des Abbruchs von ausgedienten Kernanlagen sowie der Entsorgung der dabei entstehenden Abfälle sicher; der Entsorgungsfonds stellt die Finanzierung der Entsorgung der radioaktiven Betriebsabfälle und abgebrannten Brennelemente nach Ausserbetriebnahme der Kernanlagen sicher. Die Eigentümer von Kernanlagen leisten Beiträge an beide Fonds[a].

Um dies sicherzustellen, ist eine umfassende Ermittlung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten nötig. Auf Basis dieser Ermittlung werden die Beiträge bemessen, welche die Betreiber der Kernanlagen in den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds einzahlen müssen. Bei der Bildung der Rückstellungen der Betreiber für die Stilllegung und die nukleare Entsorgung wird die Kostenermittlung berücksichtigt. Die Kostenermittlung hat gemäss der Verordnung[b] über den Stilllegungs- und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen alle fünf Jahre zu erfolgen.

Die letzte Ermittlung der Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten erfolgte im Jahr 2021. Sie wurde vom Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) geprüft und zusätzlich einer unabhängigen Kostenprüfung unterzogen. Hinsichtlich der Stilllegungs- und Entsorgungskosten wurde sie durch die Verwaltungskommission des Stilllegungs- und des Entsorgungsfonds für Kernanlagen, im Folgenden kurz Verwaltungskommission genannt, genehmigt. Sie bildete die Grundlage für die Bemessung der Fondsbeiträge für die Jahre 2022 bis 2026 und wurde bei der Bemessung der buchhalterischen Rückstellungen der Betreiber berücksichtigt.

Im Jahr 2023 beauftragten die Eigentümer der Schweizer Kernanlagen swissnuclear, die Kostenstudie 2026 in Zusammenarbeit mit den für die Stilllegung und die Entsorgung in der Schweiz verantwortlichen Organisationen wie gesetzlich vorgeschrieben neu zu erstellen und bis Ende September 2026 bei der Verwaltungskommission einzureichen. Dabei sind die von der Verwaltungskommission festgelegten Vorgaben für die Erstellung der Kostenstudie zu berücksichtigen. Als Berechnungsgrundlage werden Betriebsdauern von 60 Jahren für das Kernkraftwerk Beznau, 47 Jahren für das Kernkraftwerk Mühleberg sowie 50 Jahren für das Kernkraftwerk Gösgen und das Kernkraftwerk Leibstadt angenommen. Zusätzlich werden ein Szenario mit 63 Jahren Betriebsdauer für das Kernkraftwerk Beznau bei unveränderten Betriebsdauern der übrigen Kernkraftwerke sowie ein Szenario mit 63 Jahren für das Kernkraftwerk Beznau und 60 Jahren für das Kernkraftwerk Gösgen und das Kernkraftwerk Leibstadt betrachtet. Für das Kernkraftwerk Gösgen und das Kernkraftwerk Leibstadt sind zudem die Auswirkungen einer Betriebsdauer von 70 Jahren auf Stilllegung und Entsorgung qualitativ zu beschreiben. Da die Stilllegung eines Kernkraftwerks unabhängig von der effektiven Betriebsdauer durchgeführt wird, erfolgt für die Stilllegung keine separate laufzeitabhängige Kostenermittlung.

Die Dokumentation zur Kostenstudie 2026 besteht aus dem Mantelbericht [3], dem hier vorliegenden Bericht zu den Stilllegungskosten, den Berichten zu den Entsorgungskosten der geologischen Tiefenlagerung [4] und den Entsorgungskosten für Zwischenlagerung, Transporte, Behälter und Wiederaufarbeitung [5] sowie dem Bericht zu den Nachbetriebskosten [6]. Diese Berichte berücksichtigen auch die Empfehlungen aus der Überprüfung der Kostenstudie 2021. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat und unabhängige Kostenprüfer im Auftrag der Verwaltungskommission werden die Kostenstudie 2026 wiederum prüfen.

Die Vorgaben für die Erstellung der Kostenstudie 2026 enthalten auch Weisungen, wie mit Ungenauigkeiten und Risiken umzugehen ist. Die mit der Kostenstudie 2016 eingeführte Kostengliederung wurde, wie bereits in der Kostenstudie 2021, auch für die Kostenstudie 2026 beibehalten und bei der Ermittlung und Darstellung der Kosten angewendet.

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 Kostenermittlung 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 einen zusätzlichen generellen Sicherheitszuschlag.

[a] Art. 77 Abs. 1–3 des Kernenergiegesetzes [1].
[b] Art. 4 der Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung [2].

Die Kostenermittlungen basieren auf dem rechtlichen und regulatorischen Rahmen per 1. Januar 2025.

Um die gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen aus laufenden Rückbauprojekten sowie die aktuellen Schweizer Verhältnisse in der Kostenstudie – Teil Stilllegung zu berücksichtigen, hat swissnuclear die Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH beauftragt, für die Schweizer Kernkraftwerke und die Anlagen der Zwilag Zwischenlager Würenlingen AG neue Stilllegungsstudien zu erstellen.

Mit den Vorgaben der Verwaltungskommission für die Kostenstudie 2026 werden die folgenden drei Stilllegungsziele definiert, die kostenmässig abzubilden sind:

- Stilllegungsziel 1 («Braune Wiese»): Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung.
- Stilllegungsziel 2 («Grüne Wiese» mit begrenztem Tiefenrückbau): Vollständiger Rückbau einschliesslich Entfernung der Fundamente und Betonkonstruktionen bis 2 m unter Oberkante Terrain.
- Stilllegungsziel 3 («Grüne Wiese»): Vollständiger Rückbau einschliesslich Entfernung sämtlicher Fundamente.

Kostenstudien werden jeweils zum Geldwert des Schätzungsjahres durchgeführt. Für den direkten Vergleich wurden die in der Kostenstudie 2021 ermittelten Kosten von der Preisbasis 2021 auf die Preisbasis 2026 der Kostenstudie 2026 hochgerechnet. Zur Anpassung der Preisbasis wurden zwei Teuerungsindizes verwendet: der Landesindex der Konsumentenpreise (LIK) und der Baupreisindex (BAP).

Die ermittelten Stilllegungskosten sind in der nachfolgenden Tabelle 1 für das Stilllegungsziel 3 mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese»[c] aufgeführt.

Tabelle 1: Stilllegungskostenermittlung der Kostenstudie 2026 für das Stilllegungsziel 3 mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese». Vergleich mit der Kostenstudie 2021 auf der Preisbasis 2026.

Element der Kostengliederung		KKB		KKM		KKG		KKL		ZWIBEZ		Zwilag		Total
Aufgelaufene Kosten bis 2025		38		362										400
Zukünftige Kosten ab 2026														
Ausgangskosten		808		304		644		789		6		144		2'694
Kosten zur Risikominderung		17		7		14		15		0		2		55
Basiskosten		825		311		658		804		6		146		2'749
Prognoseungenauigkeiten	*10.7%*	88	*7.5%*	23	*14.6%*	96	*12.5%*	100	*14.7%*	1	*13.1%*	19	*11.9%*	328
Zuschlag für Gefahren	*17.0%*	140	*10.7%*	33	*21.9%*	144	*20.5%*	165	*17.0%*	1	*20.0%*	29	*18.7%*	513
Abzug für Chancen	*-0.2%*	-2	*-0.4%*	-1	*-0.3%*	-2	*-0.3%*	-2	*-0.2%*	0	*-0.1%*	0	*-0.3%*	-8
Abzug Chancen "Braune Wiese"	*-1.5%*	-12	*-1.1%*	-3	*-1.6%*	-11	*-1.9%*	-15	*-11.8%*	-1	*-4.8%*	-7	*-1.8%*	-49
Genereller Sicherheitszuschlag	*5.0%*	41	*2.0%*	6	*5.0%*	33	*5.0%*	40	*5.0%*	0	*5.0%*	7	*4.7%*	128
Zuschlag auf Basiskosten	*31.0%*	255	*18.8%*	58	*39.6%*	261	*35.8%*	288	*24.7%*	1	*33.2%*	48	*33.2%*	912
Gesamtkosten		**1'119**		**732**		**919**		**1'091**		**7**		**194**		**4'061**
Verfügte Kosten KS21 PB26 LIK		1'030		693		968		1'097		8		195		3'991
Differenz	*8.6%*	89	*5.6%*	39	*-5.1%*	-49	*-0.5%*	-6	*-7.7%*	-1	*-0.6%*	-1	*1.8%*	70
Verfügte Kosten KS21 PB26 BAP		1'115		741		1'049		1'189		8		211		4'314
Differenz	*0.3%*	4	*-1.3%*	-9	*-12.4%*	-131	*-8.2%*	-98	*-14.8%*	-1	*-8.3%*	-18	*-5.9%*	-253

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Kernkraftwerke Beznau (KKB), Mühleberg (KKM), Gösgen (KKG) und Leibstadt (KKL).
Kostenstudie 2026 (KS26), Kostenstudie 2021 (KS21), Preisbasis 2026 (PB26).
PB26 teuerungsbereinigt mit Landesindex der Konsumentenpreise (LIK) und Baupreisindex (BAP).
Stilllegungsziel 3: Vollständiger Rückbau inklusive Entfernung sämtlicher Fundamente.

Für das Stilllegungsziel 3 mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese» liegen die Kosten gegenüber der Kostenstudie 2021 bei Verwendung des Landesindex der Konsumentenpreise rund 2 Prozent höher und bei Verwendung des Baupreisindex rund 6 Prozent tiefer. Der Zuschlag auf die zukünftigen Basiskosten beträgt in der Kostenstudie 2026 rund 33 Prozent.

[c] Der Kostenabzug aus der Chance entspricht 15 Prozent des Differenzbetrags zwischen der Kostenermittlung für das Stilllegungsziel 3 und der Kostenermittlung für das Stilllegungsziel 1. Dabei wird unterstellt, dass bestimmte Gebäude für eine nichtnukleare Nachnutzung weiterverwendet werden. Dabei handelt es sich insbesondere um neuere Gebäude ohne radiologische Betriebshistorie.

Die Auswirkungen der Kostenstudie 2026 gegenüber der Kostenstudie 2021 unterscheiden sich je nach Anlage. Die wichtigsten Änderungen gegenüber der Kostenstudie 2021 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Mit der Kostenstudie 2026 wurden Erfahrungen aus laufenden Stilllegungsprojekten – insbesondere Kernkraftwerk Mühleberg – in die Aufwandsschätzung integriert. Dies führte zu einer Anpassung der Personalsets, Qualifikationen und Verrechnungssätze sowie insgesamt zu höheren Personal- und Rückbaukosten.
- Mit dem Ausserbetriebnahmeentscheid für das Kernkraftwerk Beznau vom Dezember 2024 wurden die Vorbereitungsarbeiten auf die Stilllegung intensiviert. Seit der Kostenstudie 2021 gewonnene Erkenntnisse aus den Planungsarbeiten und der Anlagencharakterisierung wurden in die Datengrundlage für die Kostenermittlung der Stilllegungskosten übernommen. Dies führte zu verschiedenen Anpassungen in den Konzepten für Rückbauarbeiten, Materialbehandlung, Gebäudedekontamination und Freimessung sowie Verpackung. Dies wiederum führte im Vergleich zur Kostenstudie 2021 zu einer Verlängerung der Stilllegung um ein Jahr, zu einer Erhöhung der radioaktiven Abfälle und zu Mehrkosten.
- Bei den Anlagen der Zwilag wurden zusätzliche Gebäude, neue Anlagenkomponenten sowie der Ausbau von Materialbearbeitungs- und Logistikbereichen berücksichtigt.
- Die Kostenveränderung beim Kernkraftwerk Mühleberg ist insbesondere auf den früheren Abschluss des technischen Nachbetriebs und die damit verbundene Verlagerung betrieblicher Aufwendungen vom Nachbetrieb in den Rückbaubetrieb, auf höhere regulatorische Aufwendungen und die Teuerungsentwicklung im EU-Raum sowie auf aktualisierte Aufwands- und Terminannahmen aufgrund der Erfahrungen aus dem laufenden Rückbau zurückzuführen.
- Bei den Kernkraftwerken Beznau und Mühleberg wurden bestimmte Aktivitäten aus den Gefahren in die Basiskosten übertragen.

Die nächste Kostenermittlung ist für 2031 vorgesehen.

Inhalt

Zusammenfassung II

Abbildungsverzeichnis VIII

Tabellenverzeichnis VIII

1 Ausgangslage 1
1.1 Einleitung . . . 1
1.2 Sicherstellung der Finanzierung von Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung . . . 2
1.2.1 Verursacherprinzip . . . 2
1.2.2 Finanzierung der Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten . . . 3
1.2.3 Rückstellungen für Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten . . . 4
1.2.4 Kostenstudien der Stilllegungs- und Entsorgungspflichtigen . . . 4
1.3 Die Stilllegung . . . 4
1.3.1 Stilllegungsplan . . . 5
1.3.2 Varianten der Stilllegung . . . 5
1.3.3 Stilllegungsziele . . . 7
1.3.4 Abgrenzung Nachbetrieb und Stilllegung . . . 8
1.4 Betriebs- und Stilllegungsdauern der Kernanlagen . . . 10

2 Vorgaben und Annahmen 11
2.1 Rechtliche und behördliche Vorgaben . . . 11
2.2 Annahmen und Rahmenbedingungen . . . 11

3 Methodik der Kostenermittlung 16
3.1 Kostenstruktur . . . 16
3.2 Kostengliederung . . . 17
3.2.1 Vorgaben zur Kostengliederung . . . 17
3.2.2 Umsetzung der Kostengliederung . . . 19
3.3 Ermittlung der Stilllegungskosten durch die Siempelkamp NIS . . . 24
3.3.1 Kalkulationsmodell für die Kostenermittlung . . . 24
3.3.2 Erfahrungshintergrund der Kostenschätzer . . . 26

4 Einflussfaktoren auf die Stilllegungskosten 29
4.1 Anlageinventar . . . 29
4.2 Massenverteilung . . . 35
4.3 Materialbehandlung und Entsorgung . . . 41
4.3.1 Trennung von radioaktivem und nicht radioaktivem Material . . . 41
4.3.2 Materialbehandlung und Befreiung . . . 41
4.3.3 Abklinglagerung, Ablagerung, Verwertung . . . 42
4.3.4 Konditionierung . . . 43
4.3.5 Transport zum geologischen Tiefenlager . . . 49
4.3.6 Zuteilbare Lagerkosten für das geologische Tiefenlager . . . 50
4.4 Ablauf und Dauer der Stilllegung . . . 50
4.4.1 Ablauf der Stilllegung . . . 50
4.4.2 Dauer der Stilllegung . . . 51
4.5 Personalaufwand und Kollektivdosis . . . 54

5 Resultate der Ermittlung der Stilllegungskosten 62
5.1 Ausgangskosten . . . 63
5.2 Risikomindernde Massnahmen . . . 70
5.2.1 Organisatorische Massnahmen . . . 70
5.2.2 Technische Massnahmen . . . 73
5.2.3 Kosten für Massnahmen zur Risikominderung . . . 75
5.3 Basiskosten . . . 81
5.4 Kostenzuschlag für Prognoseungenauigkeiten . . . 87

5.5 Kostenzuschlag für Gefahren und Kostenabzug für Chancen . . . 93
5.5.1 Kostenzuschläge für Gefahren . . . 93
5.5.2 Kostenabzüge für Chancen . . . 98
5.5.3 Quantifizierung der Kostenfolge von Gefahren und Chancen . . . 98
5.5.4 Risikomatrix . . . 100
5.6 Nicht berücksichtigte Gefahren und Chancen . . . 101
5.7 Genereller Sicherheitszuschlag . . . 101
5.8 Gesamtkosten . . . 102
5.9 Währungsanteile bei den Stilllegungskosten . . . 104

A Anhänge **105**
A.1 Projektstrukturplan . . . 105
A.2 Einfluss längerer Betriebsdauern auf die Stilllegungskosten . . . 111
A.3 Ergebnisse der Kostenstudie gemäss den ISDC der OECD . . . 112
A.4 Referenzen . . . 118
A.5 Abkürzungen . . . 119

Abbildungsverzeichnis

1 Übersicht über die Verknüpfung der Teilberichte und die Finanzierung des Nachbetriebs, der Stilllegung und der Entsorgung, inklusive entsprechender Hauptdokumente der Kostenstudie 2026. . . . 2

2 Abgrenzung von Leistungsbetrieb, Nachbetrieb und Stilllegung. . . . 9

3 Kostengliederung für die Kostenstudie 2026. . . . 17

4 Überblick Kalkulationsmodell und Überleitung in die Kostengliederung für die Kostenstudie 2026. . . . 25

5 Voraussichtliche Dauer der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten ab EELB für KKB. . . . 51

6 Voraussichtliche Dauer der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten ab EELB für KKM. . . . 52

7 Voraussichtliche Dauer der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten ab EELB für KKG. . . . 52

8 Voraussichtliche Dauer der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten ab EELB für KKL. . . . 53

9 Voraussichtliche Dauer der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten ab EEB für ZWIBEZ. . . . 53

10 Voraussichtliche Dauer der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten ab EEB für Zwilag. . . . 54

11 Risikomatrix Stilllegung . . . 100

Tabellenverzeichnis

1 Stilllegungskostenermittlung der Kostenstudie 2026 für das Stilllegungsziel 3 mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese». . . . III

2 Betriebs- und Stilllegungszeiten der Schweizer Kernkraftwerke sowie der Einrichtungen zur Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle. . . . 10

3 Erfasste Massen des Kernkraftwerks Beznau und Vergleich zur Kostenstudie 2021. . . . 30

4 Erfasste Massen des Kernkraftwerks Mühleberg und Vergleich zur Kostenstudie 2021. . . . 31

5 Erfasste Massen des Kernkraftwerks Gösgen und Vergleich zur Kostenstudie 2021. . . . 32

6 Erfasste Massen des Kernkraftwerks Leibstadt und Vergleich zur Kostenstudie 2021. . . . 33

7 Erfasste Massen des ZWIBEZ und Vergleich zur Kostenstudie 2021. . . . 34

8 Erfasste Massen des Zwilag und Vergleich zur Kostenstudie 2021. . . . 34

9 Verteilung der Massen aus der kontrollierten Zone auf die Entsorgungsziele, KKB. . . . 36

10 Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung, KKB. . . . 36

11 Verteilung der Massen aus der kontrollierten Zone auf die Entsorgungsziele, KKM. . . . 37

12 Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung, KKM. . . . 37

13 Verteilung der Massen aus der kontrollierten Zone auf die Entsorgungsziele, KKG. . . . 38

14 Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung, KKG. . . . 38

15 Verteilung der Massen aus der kontrollierten Zone auf die Entsorgungsziele, KKL. 39
16 Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung, KKL. 39
17 Verteilung der Massen aus der kontrollierten Zone auf die Entsorgungsziele, Zwilag. 40
18 Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung, Zwilag. 40
19 Gesamtmassen aus der kontrollierten Zone, welche der Abklinglagerung zugeführt werden. 42
20 Verpackungsfaktoren. 44
21 Verpackte Masse radioaktiver Abfälle und Anzahl Behälter beziehungsweise Container und Kosten für den Transport zum geologischen Tiefenlager, KKB. 45
22 Verpackte Masse radioaktiver Abfälle und Anzahl Behälter beziehungsweise Container und Kosten für den Transport zum geologischen Tiefenlager, KKM. 46
23 Verpackte Masse radioaktiver Abfälle und Anzahl Behälter beziehungsweise Container und Kosten für den Transport zum geologischen Tiefenlager, KKG. 47
24 Verpackte Masse radioaktiver Abfälle und Anzahl Behälter beziehungsweise Container und Kosten für den Transport zum geologischen Tiefenlager, KKL. 48
25 Verpackte Masse radioaktiver Abfälle und Anzahl Behälter beziehungsweise Container und Kosten für den Transport zum geologischen Tiefenlager, Zwilag. 49
26 Vergleich der zuteilbaren Lagerkosten. 50
27 Personalaufwand nach Arbeitspaket für die drei Stilllegungsziele, KKB. 56
28 Kollektivdosis nach Arbeitspaket, KKB. 56
29 Personalaufwand nach Arbeitspaket für die drei Stilllegungsziele, KKM. 57
30 Kollektivdosis nach Arbeitspaket, KKM. 57
31 Personalaufwand nach Arbeitspaket für die drei Stilllegungsziele, KKG. 58
32 Kollektivdosis nach Arbeitspaket, KKG. 58
33 Personalaufwand nach Arbeitspaket für die drei Stilllegungsziele, KKL. 59
34 Kollektivdosis nach Arbeitspaket, KKL. 59
35 Personalaufwand nach Arbeitspaket für die drei Stilllegungsziele, ZWIBEZ. 60
36 Kollektivdosis nach Arbeitspaket, ZWIBEZ. 60
37 Personalaufwand nach Arbeitspaket für die drei Stilllegungsziele, Zwilag. 61
38 Kollektivdosis nach Arbeitspaket, Zwilag. 61
39 Stilllegungsziel 1 – Ausgangskosten für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. 64
40 Stilllegungsziel 2 – Ausgangskosten für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. 65
41 Stilllegungsziel 3 – Ausgangskosten für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. 66
42 Stilllegungsziel 1 – Ausgangskosten für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. 67
43 Stilllegungsziel 2 – Ausgangskosten für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. 68

44 Stilllegungsziel 3 – Ausgangskosten für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. . . . 69

45 Stilllegungsziel 1 – Kosten für Massnahmen zur Risikominderung bei der Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. . . . 75

46 Stilllegungsziel 2 – Kosten für Massnahmen zur Risikominderung bei der Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. . . . 76

47 Stilllegungsziel 3 – Kosten für Massnahmen zur Risikominderung bei der Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. . . . 77

48 Stilllegungsziel 1 – Kosten für Massnahmen zur Risikominderung bei der Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. . . . 78

49 Stilllegungsziel 2 – Kosten für Massnahmen zur Risikominderung bei der Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. . . . 79

50 Stilllegungsziel 3 – Kosten für Massnahmen zur Risikominderung bei der Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. . . . 80

51 Stilllegungsziel 1 – Basiskosten für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. . . . 81

52 Stilllegungsziel 2 – Basiskosten für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. . . . 82

53 Stilllegungsziel 3 – Basiskosten für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. . . . 83

54 Stilllegungsziel 1 – Basiskosten für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. . . . 84

55 Stilllegungsziel 2 – Basiskosten für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. . . . 85

56 Stilllegungsziel 3 – Basiskosten für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. . . . 86

57 Stilllegungsziel 1 – Prognoseungenauigkeiten der Kostenermittlung für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. . . . 87

58 Stilllegungsziel 2 – Prognoseungenauigkeiten der Kostenermittlung für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. . . . 88

59 Stilllegungsziel 3 – Prognoseungenauigkeiten der Kostenermittlung für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt. . . . 89

60 Stilllegungsziel 1 – Prognoseungenauigkeiten der Kostenermittlung für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. . . . 90

61 Stilllegungsziel 2 – Prognoseungenauigkeiten der Kostenermittlung für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. . . . 91

62 Stilllegungsziel 3 – Prognoseungenauigkeiten der Kostenermittlung für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. . . . 92

63 Kostenzuschlag Gefahren und Kostenabzug für Chancen für das Stilllegungsziel 1. . . . 98

64 Kostenzuschlag Gefahren und Kostenabzug für Chancen für das Stilllegungsziel 2. . . . 99

65 Kostenzuschlag Gefahren und Kostenabzug für Chancen für das Stilllegungsziel 3. . . . 99

66 Stilllegungskostenermittlung der Kostenstudie 2026 für das Stilllegungsziel 1. . . . 102

67 Stilllegungskostenermittlung der Kostenstudie 2026 für das Stilllegungsziel 2. 102

68 Stilllegungskostenermittlung der Kostenstudie 2026 für das Stilllegungsziel 3 mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese». 103

69 Funktionale Pakete zur Planung und Kostenermittlung der Stilllegungskosten. 110

70 Basiskosten und Gesamtkosten gemäss den ISDC für die Stilllegung von KKB. 112

71 Basiskosten und Gesamtkosten gemäss den ISDC für die Stilllegung von KKM. 113

72 Basiskosten und Gesamtkosten gemäss den ISDC für die Stilllegung von KKG. 114

73 Basiskosten und Gesamtkosten gemäss den ISDC für die Stilllegung von KKL. 115

74 Basiskosten und Gesamtkosten gemäss den ISDC für die Stilllegung des ZWIBEZ. 116

75 Basiskosten und Gesamtkosten gemäss den ISDC für die Stilllegung des zentralen Zwischenlagers Würenlingen. 117

1 Ausgangslage

1.1 Einleitung

Mit den Kostenstudien kommen die Betreiber der Schweizer Kernkraftwerke – Beznau (KKB), Mühleberg (KKM), Gösgen (KKG) und Leibstadt (KKL) – ihrer gesetzlichen Verpflichtung zur Ermittlung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten nach. Ergänzend werden im Rahmen der Kostenstudie auch die Nachbetriebskosten der Schweizer Kernkraftwerke ermittelt.

Die Kostenstudie 2026 ist im Mantelbericht [3] zusammengefasst und umfasst vier Teilberichte:

- Ermittlung der Nachbetriebskosten der Schweizer Kernkraftwerke [6].
- Ermittlung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen (dieser Bericht).
- Ermittlung der Entsorgungskosten – Zwischenlagerung, Transporte, Behälter und Wiederaufarbeitung [5].
- Ermittlung der Entsorgungskosten – Geologische Tiefenlagerung [4].

Der Mantelbericht [3] erläutert die Rahmenbedingungen der Kostenstudie 2026 und fasst die wichtigsten Resultate der vier Teilberichte zusammen. Der vorliegende Bericht zur «Ermittlung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen» nimmt Bezug auf die im Mantelbericht [3] gegebenen Erläuterungen der Rahmenbedingungen und Neuerungen im Vergleich zur Kostenstudie 2021 und präzisiert diese Angaben hinsichtlich der Spezifika der Stilllegung. Die Ermittlung der Stilllegungskosten wird gemäss den in der Kostenstudie 2016 eingeführten Kostenstrukturen vorgenommen und entsprechend der damals eingeführten Kostengliederung dargestellt.

In Kapitel 1 des Berichts wird der rechtliche Rahmen dargelegt und auf die Stilllegung näher eingegangen. Kapitel 2 beschreibt die Rahmenbedingungen, Annahmen und Vorgaben für die Ermittlung der Stilllegungskosten. Das verwendete Modell zur Kalkulation der Kosten der Stilllegung, die Kostenstruktur und Kostengliederung für die Präsentation der Ergebnisse der Kostenermittlung sind Gegenstand von Kapitel 3. Die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Stilllegungskosten werden in Kapitel 4 aufgezeigt und mit jenen der Kostenstudie 2021 verglichen. Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Kostenermittlung findet sich in Kapitel 5.

Abbildung 1 gibt eine Übersicht über die Verknüpfung der Berichte der Kostenstudie 2026 sowie der Finanzierung des Nachbetriebs, der Stilllegung und der Entsorgung.

Die Berichte zur Kostenstudie 2026 enthalten zahlreiche Fachbegriffe. Diese wurden in einem Glossar [7] zusammengestellt und erläutert. Das Glossar ist Bestandteil der Kostenstudie.

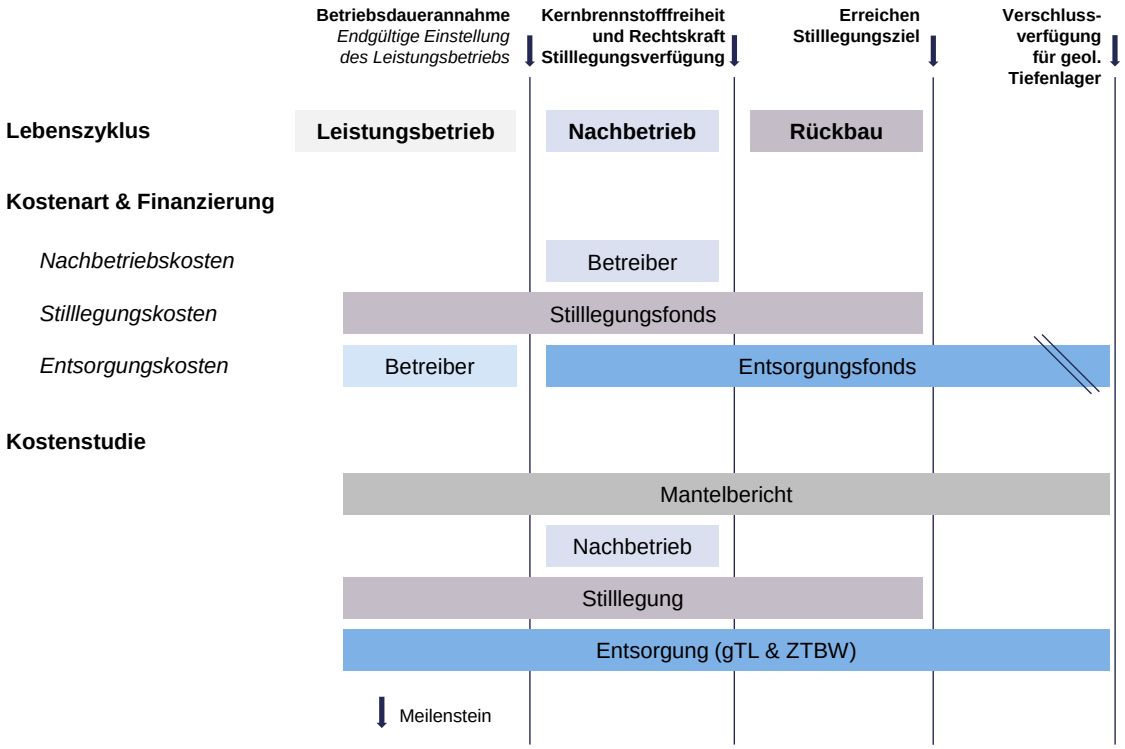


Abbildung 1: Übersicht über die Verknüpfung der Teilberichte und die Finanzierung des Nachbetriebs, der Stilllegung und der Entsorgung, inklusive entsprechender Hauptdokumente der Kostenstudie 2026.

1.2 Sicherstellung der Finanzierung von Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung

Das Kernenergiegesetz [1], die Kernenergieverordnung [8], die Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung [2], das Strahlenschutzgesetz [9] und die Strahlenschutzverordnung [10] formulieren zentrale Anforderungen an die Stilllegung von Kernanlagen und die Entsorgung von radioaktiven Abfällen und deren Finanzierung.

1.2.1 Verursacherprinzip

Die kommerzielle Nutzung der Kernenergie zur Stromproduktion und auch radiologische Anwendungen in Medizin, Industrie und Forschung verursachen radioaktive Abfälle. Im Kernenergiegesetz[1] 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 gemäss Strahlenschutzgesetz[2] dem Bund abgeliefert werden. Der Abfallverursacher muss für die Kosten der Entsorgung aufkommen.

Die für den Bau und den 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 erfüllt[3], wenn «die Abfälle in ein geologisches Tiefenlager verbracht worden sind und die finanziellen Mittel für die Beobachtungsphase und den allfälligen Verschluss sichergestellt sind».

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

[1] Art. 31 Abs. 1 KEG [1].
[2] Art. 27 Strahlenschutzgesetz (StSG) [9].
[3] Art. 31 Abs. 2 Bst. a KEG [1].

1.2.2 Finanzierung der Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten

Die Finanzierung der Stilllegung von Kernanlagen und der Entsorgung der von diesen verursachten radioaktiven Abfällen ist in der Schweiz gesetzlich geregelt; einerseits durch staatlich kontrollierte Fonds und andererseits durch die Verpflichtung der Betreiber[4] zu eigener Vorsorge.

Staatlich kontrollierte Fonds

Das Kernenergiegesetz sieht einen Stilllegungs- und einen Entsorgungsfonds vor; die Eigentümer von Kernanlagen leisten Beiträge an beide Fonds[5].

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

Der Entsorgungsfonds deckt die Kosten für die Entsorgung der radioaktiven Betriebsabfälle und der abgebrannten Brennelemente nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs eines Kernkraftwerks. Der Entsorgungsfonds wurde im Jahr 2000 gegründet.

Die beiden Fonds stellen sicher, dass genügend finanzielle Mittel vorhanden sind, um sämtliche Stilllegungskosten und alle nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs der Kernkraftwerke anfallenden fondsrelevanten Entsorgungskosten zu decken. Die Bemessung der in den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds zu leistenden Beiträge erfolgt auf Basis einer umfassenden Ermittlung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten. Bei der Bildung der Rückstellungen der Betreiber für die Stilllegung und die Entsorgung wird diese Kostenermittlung berücksichtigt. Diese Kosten müssen gemäss Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung alle fünf Jahre neu ermittelt werden. Als Berechnungsgrundlage werden für KKB 60 Jahre, für KKM 47 Jahre sowie für KKG und KKL jeweils 50 Jahre Betriebsdauer angenommen. Zusätzlich werden ein Szenario mit 63 Jahren Betriebsdauer für KKB bei unveränderten Betriebsdauern der übrigen Kernkraftwerke sowie ein Szenario mit 63 Jahren für KKB und 60 Jahren für KKG und KKL betrachtet.

Zusätzlich zur Einzahlungspflicht sieht das Kernenergiegesetz eine Nachschusspflicht der Betreiber vor. Reicht der Anspruch eines Beitragspflichtigen an einen der Fonds zur Deckung der Kosten nicht aus, deckt der Beitragspflichtige die verbleibenden Kosten aus eigenen Mitteln. Weist der Beitragspflichtige nach, dass seine Mittel nicht ausreichen, deckt der Stilllegungs- beziehungsweise der Entsorgungsfonds die verbleibenden Kosten mit seinen gesamten Mitteln. Übersteigen die Zahlungen eines Fonds zu Gunsten eines Berechtigten dessen Anspruch, muss er dem Fonds den Differenzbetrag samt einem marktüblichen Zins zurückbezahlen. Kann der Berechtigte die Rückerstattung nicht leisten, so müssen die übrigen Beitragspflichtigen und Anspruchsberechtigten des entsprechenden Fonds für den Differenzbetrag aufkommen. 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 beteiligt.

Die beiden Fonds stehen unter der Aufsicht des Bundesrats. Eine von diesem ernannte Verwaltungskommission ist das Leitungsorgan der Fonds. Sie setzt zur fachlichen Unterstützung zwei Komitees ein, das Anlagekomitee als Steuerungs-, Koordinations- und Überwachungsorgan für die Vermögensbewirtschaftung sowie das Kostenkomitee für die Kostenberechnung und die Auszahlungen. Die Leitungsgremien der Fonds sind mehrheitlich mit Mitgliedern besetzt, die von den Betreibern der Kernanlagen unabhängig sind.

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

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

Eigene Vorsorge der Betreiber

Die vor der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) eines Kernkraftwerks anfallenden Entsorgungskosten werden vom jeweiligen Betreiber direkt bezahlt.

[4] Die Eigentümer der Schweizer Kernanlagen betreiben diese selbst. Daher betreffen die Verpflichtungen der Betreiber direkt auch die Eigentümer. In der Kostenstudie 2026 werden die Begriffe «Eigentümer» und «Betreiber» als Synonyme verwendet.
[5] Art. 77 Abs. 1–3 KEG [1].

Die mit dem Nachbetrieb verbundenen Aufwendungen – sie entsprechen weder der Definition von Entsorgungskosten[6] noch der von Stilllegungskosten[7] – sind als Teil der Betriebskosten zu betrachten und werden von den Betreibern direkt finanziert. Für die Entsorgung der aus der Anlage stammenden radioaktiven Abfälle gilt dabei das im Kernenergiegesetz[8] verankerte Verursacherprinzip.

1.2.3 Rückstellungen für Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten

Die Betreiber bilden sämtliche aus der Verpflichtung zur Stilllegung der Kernanlagen und der Entsorgung der von diesen verursachten radioaktiven Abfälle künftig entstehenden Aufwendungen in ihren Bilanzen ab. Sie bilden dazu unter Berücksichtigung der jeweiligen Kostenstudien und gemäss den anzuwendenden Rechnungslegungsvorschriften Rückstellungen für den Nachbetrieb, die Stilllegung und die Entsorgung. Im Rahmen der Prüfung der Jahresrechnung werden diese Rückstellungen durch die Revisionsstellen geprüft. Während die Verwaltungskommission die Höhe der Fondsbeiträge festsetzt, liegt die bilanzielle Erfassung und Bewertung der Rückstellungen grundsätzlich in der Verantwortung der Betreiber und richtet sich nach den anzuwendenden Rechnungslegungsvorschriften.

Für die vor der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs anfallenden Entsorgungskosten unterbreiten die Betreiber der Kernkraftwerke der Verwaltungskommission einen Rückstellungsplan zur Genehmigung. Die Revisionsstellen prüfen die Einhaltung des genehmigten Rückstellungsplans und die zweckgebundene Verwendung der Rückstellungen. Die Betreiber legen der Verwaltungskommission die entsprechenden Prüfberichte vor[9].

1.2.4 Kostenstudien der Stilllegungs- und Entsorgungspflichtigen

Zur Ermittlung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten werden umfassende Kostenstudien erstellt. Dabei werden jeweils auch die Kosten des Nachbetriebs neu ermittelt. Die letzte Ermittlung der Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten erfolgte im Jahr 2021. Sie wurde im Auftrag der Verwaltungskommission vom Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) und von unabhängigen Kostenprüfern geprüft und hinsichtlich der Stilllegungs- und Entsorgungskosten durch die Verwaltungskommission genehmigt. Sie bildet die Grundlage für die Bemessung der Fondsbeiträge der Stilllegungs- und Entsorgungspflichtigen in den Jahren 2022 bis 2026 und wird bei der Bemessung der Rückstellungen berücksichtigt.

Die Eigentümer der Schweizer Kernanlagen beauftragten swissnuclear im Jahr 2023, zusammen mit den für die nukleare Entsorgung in der Schweiz verantwortlichen Organisationen die gesetzlich vorgeschriebene Aktualisierung der Kostenstudie vorzunehmen und bis Ende September 2026 bei der Verwaltungskommission einzureichen. Dabei sind insbesondere die von der Verwaltungskommission festgelegten Vorgaben für die Erstellung der Kostenstudie 2026 zu berücksichtigen. Wie bisher hat swissnuclear gleichzeitig auch die Nachbetriebskosten neu ermittelt. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat und Kostenprüfer im Auftrag der Verwaltungskommission werden die Kostenstudie 2026 wiederum eingehend überprüfen.

1.3 Die Stilllegung

Das Kernenergiegesetz schreibt vor, dass als Voraussetzung für die Erteilung einer Rahmenbewilligung unter anderem ein Konzept für die Stilllegung vorliegen muss[10]. Für die Erteilung der Baubewilligung muss ein Stilllegungsplan für die geplante Anlage vorliegen[11]. Dieser ist während des Betriebs der Anlage durch den Betreiber nachzuführen[12].

[6] Art. 3 SEFV [2].
[7] Art. 2 SEFV [2].
[8] Art. 31 Abs. 1 KEG [1].
[9] Art. 82 Abs. 2 und 3 KEG [1]; Art. 19 Abs. 1 und 2 SEFV [2].
[10] Art. 13 Abs. 1 Bst. c KEG [1].
[11] Art. 16 Abs. 1 Bst. e KEG [1].
[12] Art. 22 Abs. 2 Bst. k KEG [1]; Art. 42 KEV [8].

Für die Stilllegung der Anlage muss der Stilllegungsplan zu einem konkreten Projekt für die vorgesehene Stilllegung weiterentwickelt und den Aufsichtsbehörden vorgelegt werden. Das Stilllegungsprojekt beschreibt die Phasen und den Zeitplan der Stilllegung, die einzelnen Schritte von Demontage und Abbruch, die vorgesehenen Schutzmassnahmen, den Personalbedarf und die Organisation, die Entsorgung der radioaktiven Abfälle sowie die Gesamtkosten und die Sicherstellung der Finanzierung durch die Betreiber[13].

Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation wird in einer Stilllegungsverfügung die Stilllegungsarbeiten anordnen und zudem festlegen, welche Arbeiten einer Freigabe durch die Aufsichtsbehörden bedürfen[14].

Mit dem Stilllegungsprojekt wird gemäss Kernenergieverordnung[15] der zuständigen Behörde die Gegenüberstellung verschiedener Varianten der Stilllegung sowie die Begründung für die Auswahl der dem Stilllegungsprojekt zugrundeliegenden Variante eingereicht. International werden verschiedene Varianten umgesetzt (siehe zum Beispiel IAEA, Decommissioning Strategies for Facilities Using Radioactive Material, [11]). Bei der Variantenwahl sind insbesondere die gesetzlichen Stilllegungspflichten zu berücksichtigen, darunter die Entsorgung der radioaktiven Abfälle[16]. Für die vorliegende Kostenstudie werden die Varianten «Sofortiger Rückbau» und «Späterer Rückbau nach einem gesicherten Einschluss» betrachtet. Die beiden Varianten werden in Abschnitt 1.3.2 erläutert und die Auswahl für die vorliegende Kostenstudie begründet.

1.3.1 Stilllegungsplan

Die letzte Aktualisierung des Stilllegungsplans durch die Inhaber der Betriebsbewilligungen der Kernanlagen erfolgte 2021.

Der Inhaber einer Betriebsbewilligung hat den Plan für die Stilllegung der Kernanlage oder bei einem geologischen Tiefenlager das Projekt für die Beobachtungsphase und den Plan für den Verschluss alle zehn Jahre zu überprüfen und nachzuführen. Für das Kernkraftwerk Mühleberg wurde im Juni 2018 die Stilllegungsverfügung erlassen. Seit September 2018 ist sie rechtskräftig. Die Erkenntnisse aus dem Stilllegungsprojekt wurden als Grundlage für die Kostenstudie 2026 verwendet.

Mit dem Entscheid zur Ausserbetriebnahme des Kernkraftwerks Beznau in den Jahren 2032/33 hat die Betreiberin Axpo die Planungsarbeiten für die Stilllegung intensiviert. Die Einreichung des Gesuchs auf Erteilung der Stilllegungsverfügung beim UVEK ist für 2028 vorgesehen. In diesem Zusammenhang ist der aktuelle Planungsstand der vorbereitenden Stilllegungsarbeiten in die Erstellung der Kostenstudie eingeflossen. Damit ergeben sich Anpassungen und Ergänzungen zum 2021 eingereichten Stilllegungsplan, die in der Kostenstudie 2026 verarbeitet wurden.

1.3.2 Varianten der Stilllegung

Sofortiger Rückbau

Die Umsetzung des sofortigen Rückbaus beginnt bei Kernkraftwerken nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) und bei anderen Kernanlagen nach der endgültigen Einstellung des Betriebs (EEB). Bei Kernkraftwerken werden im Nachbetrieb die noch vorhandenen radioaktiven Betriebsabfälle konditioniert und wie die Brennelemente in ein Zwischenlager verbracht. Nicht mehr benötigte Systeme werden ausser Betrieb genommen. Soweit nicht schon während des Betriebs geschehen, wird das Stilllegungsprojekt erarbeitet. Sobald die Stilllegungsverfügung erlassen und rechtskräftig ist, werden die Stilllegungsarbeiten umgesetzt. Radioaktive Materialien werden dekontaminiert, freigegeben oder einer Abklinglagerung zugeführt beziehungsweise konditioniert. Bauwerke, die weder kontaminierte noch aktivierte Bauteile enthalten, werden abgerissen oder können ohne durch die Kernenergiegesetzgebung bedingte Einschränkungen am Standort verbleiben.

[13] Art. 27 KEG [1].
[14] Art. 28 KEG [1].
[15] Art. 45 Bst. a KEV [8].
[16] Art. 26 Abs. 2 Bst. d in Verbindung mit Art. 31 Abs. 2 Bst. a KEG [1].

Späterer Rückbau nach einem gesicherten Einschluss

Bei der Variante mit einem gesicherten Einschluss erfolgt der endgültige Rückbau der Anlage zeitverzögert. Die Anlage wird gesichert und in einem langfristig sicheren Zustand gehalten. Sie wird erst später dekontaminiert und zurückgebaut. Bis zum Rückbau wird ein Überwachungs- und Wartungsprogramm umgesetzt, um sicherzustellen, dass die erforderliche Sicherheit gewährleistet ist. Bei Kernkraftwerken werden die Massnahmen des Nachbetriebs auch bei dieser Variante durchgeführt.

Erste Dekontaminierungs- oder Rückbauarbeiten können bereits vor dem gesicherten Einschluss erforderlich sein (zum Beispiel um den Einschlussbereich in angemessenem Umfang zu halten). Der wesentliche Teil der Anlage verbleibt jedoch im überwachten Zustand, der von einigen wenigen bis über 50 Jahre dauern kann. Erst danach wird der verbleibende Teil der Anlage zurückgebaut und die Stilllegung abgeschlossen. Anschliessend kann die Anlage aus der Kernenergiegesetzgebung entlassen werden.

Auswahl der Stilllegungsvariante

Die Auswahl der Stilllegungsvariante erfolgt in Übereinstimmung mit der Schweizer Gesetzgebung. Nebst dem Kernenergie- und dem Strahlenschutzgesetz ist die Umweltgesetzgebung wesentlich. Das übergeordnete Ziel bei der Auswahl der Stilllegungsvariante ist, dass die Anlage nach ordnungsgemässem Abschluss der Stilllegung keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt und somit nicht mehr der Kernenergiegesetzgebung untersteht[17].

Bei der Entscheidungsfindung werden die gesetzlichen Stilllegungspflichten[18] berücksichtigt. Dazu gehören insbesondere die:

- Nukleare Sicherheit und Sicherung.
- Verfügbarkeit einer anderen Kernanlage, in welche die in der Anlage vorhandenen Kernmaterialien verbracht werden können.
- Möglichkeiten zur Dekontamination der radioaktiven Teile.
- Möglichkeit, die radioaktiven Materialien zu entsorgen, insbesondere die zeitliche Verfügbarkeit geologischer Tiefenlager.
- Möglichkeit zur Bewachung der Anlage, bis alle nuklearen Gefahrenquellen daraus entfernt sind.

Neben den im Kernenergiegesetz formulierten Anforderungen beeinflussen auch noch andere relevante Aspekte die Entscheidung. Gemäss den international üblichen Standards zum Schutz von Mensch und Umgebung, wie sie zum Beispiel im Regelwerk der Internationalen Atomenergieagentur IAEA [12] als Anforderungen formuliert sind, besteht die bevorzugte Variante im sofortigen Rückbau. Für diese Variante sprechen auch folgende Aspekte:

- Anlagenkenntnisse, die nur das Betriebspersonal haben kann, stehen zur Verfügung, das heisst es gibt keinen Know-how-Verlust.
- Aus dem Betrieb vorhandene Systeme können genutzt werden (zum Beispiel Lüftungssystem, Behandlungseinrichtungen für radioaktive Abfälle).
- Mit zunehmender Wartezeit (gesicherter Einschluss kann über 50 Jahre dauern) verschlechtert sich die Messbarkeit bestimmter Radionuklide.
- Die Entsorgungsstrategie in der Schweiz, zum Beispiel zeitlich befristete Verfügbarkeit eines geologischen Tiefenlagers.
- Aufgrund knapper Flächen in der Schweiz ist ein baldmöglichster Rückbau anzustreben.
- Aus Rückbauprojekten von Kernkraftwerken (zum Beispiel Mühleberg und Rückbauprojekte in Deutschland) liegen umfangreiche belastbare Erfahrungen mit sofortigem Rückbau vor.

Auf Basis der vorgenannten rechtlichen Vorgaben und Empfehlungen sowie in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Verwaltungskommission für die Erstellung der Kostenstudie 2026 wird die Variante sofortiger Rückbau gewählt.

[17] Art. 29 Abs. 1 KEG [1].
[18] Art. 26 Abs. 2 KEG [1].

Allerdings könnte es sein, dass der sofortige Rückbau angesichts aller bei der Entscheidungsfindung zu berücksichtigenden Aspekte nicht die optimale Lösung ist. Es bleibt daher vorbehalten, dass in einer Revision der Stilllegungsstudie, unter Berücksichtigung weiterer, neuer Aspekte, eine andere Stilllegungsvariante gewählt wird. Der Betreiber wird in seinem Rückbauprojekt die gewählte Lösung begründen.

1.3.3 Stilllegungsziele

Die Stilllegungsziele sowie die weiteren Rahmenbedingungen, Annahmen und Vorgaben sind in den nachfolgenden Abschnitten näher beschrieben. Sofern nicht explizit erwähnt, gelten die Ausführungen sowohl für die Schweizer Kernkraftwerke als auch für das Zwischenlager des Kernkraftwerks Beznau (ZWIBEZ) und das zentrale Zwischenlager Würenlingen (Zwilag).

In den Kostenermittlungen zur Stilllegung wird als wesentliche Annahme für die betrachteten drei Stilllegungsziele davon ausgegangen, dass die kontaminierten und aktivierten Einrichtungen, Komponenten und Bauwerke beziehungsweise Bauteile der Kernanlagen demontiert, entsorgt oder so weit dekontaminiert werden, dass die Anlage so bald wie möglich nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) beziehungsweise der endgültigen Einstellung des Betriebs (EEB) aus der nuklearen Aufsicht entlassen werden kann (sofortiger Rückbau).

Mit zunehmendem Fortschritt der Stilllegungsarbeiten vermindert sich die radiologische Belastung der Anlage, bis schliesslich keine radiologischen Gefahrenquellen mehr vorhanden sind und die Anlage aus der kernenergierechtlichen Bewilligung und Aufsicht entlassen werden kann.

Stilllegungsziel 1 («Braune Wiese»)

Zur Erreichung des Stilllegungsziels 1 werden sämtliche Anlagen und Einrichtungen in der Anlage demontiert, und die Gebäudeoberflächen werden unter die gültigen Freigabewerte dekontaminiert und freigemessen. Anschliessend werden diese Bereiche radiologisch befreit und durch die Aufsichtsbehörde ausgezont. Es erfolgt kein Gebäudeabbruch. Das Stilllegungsziel 1 ist erreicht, wenn die Stilllegungsarbeiten ordnungsgemäss abgeschlossen worden sind und von der Anlage keine radiologische Gefährdung ausgeht. Die Anlage wird aus der Kernenergiegesetzgebung entlassen und kann ohne Einschränkung und Aufsicht für andere Zwecke verwendet werden.

Gebäudeabbruch

Der Abbruch der Gebäude mit kontrollierter Zone erfolgt bei den Stilllegungszielen 2 und 3 grundsätzlich nach der radiologischen Befreiung und Auszonung von Bereichen mit kontrollierter Zone durch die Aufsichtsbehörde[19]. Es wird davon ausgegangen, dass alle Gebäude ohne kontrollierte Zone (konventionelle Gebäude) unabhängig davon abgebrochen werden.

Stilllegungsziel 2 («Grüne Wiese» mit begrenztem Tiefenrückbau)

Beim Stilllegungsziel 2 werden gegenüber dem Stilllegungsziel 3 potenzielle Kosteneinsparungen beim Gebäudeabbruch quantifiziert und ausgewiesen, die sich aus einem Entfernen der Fundamente und Betonkonstruktionen bis zu einer Tiefe von 2 m unter Oberkante Terrain anstelle des vollständigen Entfernens ergeben.

Stilllegungsziel 3 («Grüne Wiese»)

Beim Stilllegungsziel 3 werden gemäss den Vorgaben der Verwaltungskommission die Kosten unter der Annahme ermittelt, dass die Anlage aus der Kernenergiegesetzgebung entlassen und der konventionelle Rückbau inklusive Entfernung sämtlicher Fundamente abgeschlossen worden ist.

[19] Art. 83 StSV [10].

In der Kostenstudie 2026 wird neben den drei Stilllegungszielen zusätzlich das Stilllegungsziel 3 mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese» betrachtet. Dabei wird unterstellt, dass bestimmte Gebäude für eine nichtnukleare Nachnutzung weiterverwendet werden und daher nicht vollständig abgerissen werden müssen. Der Kostenabzug aus dieser Chance entspricht 15 Prozent des Differenzbetrags zwischen der Kostenermittlung für das Stilllegungsziel 3 und der Kostenermittlung für das Stilllegungsziel 1.

1.3.4 Abgrenzung Nachbetrieb und Stilllegung

Die Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung[20] definiert die Stilllegungs- und Entsorgungskosten von Kernanlagen. Hiervon zu unterscheiden sind die Nachbetriebskosten. Die mit dem Nachbetrieb verbundenen Aufwendungen entsprechen weder der Definition von Entsorgungskosten[21] noch der Definition von Stilllegungskosten[22].

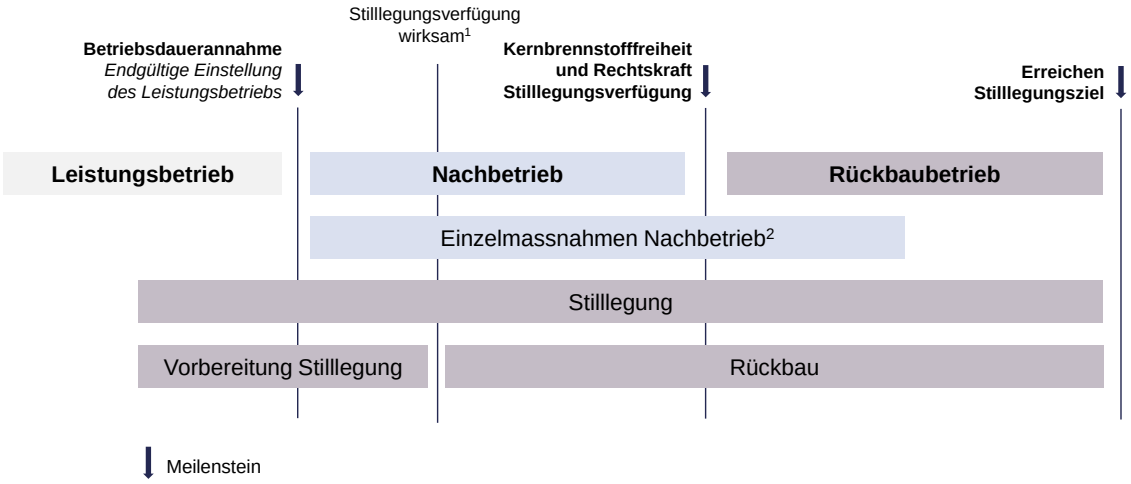
Direkt nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs eines Kernkraftwerks beginnt der Nachbetrieb.

Der Nachbetrieb umfasst einerseits diejenigen (betrieblichen) Massnahmen, die für den sicheren Betrieb der noch benötigten Systeme sowie zur Einhaltung der Schutzziele notwendig sind und andererseits das Verbringen der Kernmaterialien und radioaktiven Betriebsabfälle in eine andere Kernanlage.

Entsprechend den Vorgaben der Verwaltungskommission für die Kostenstudie 2026 wird folgende Zuordnung der Aufwendungen zugrunde gelegt:

- Massnahmen, die einen infrastrukturbezogenen und damit durchlaufenden Charakter haben (beispielsweise Anlagesicherung), werden zunächst vollständig dem Nachbetrieb zugeordnet. Nach dem Erreichen der Kernbrennstofffreiheit erfolgt die Zuordnung dieser Massnahmen vollständig zum Rückbau. Gleiches gilt für die Instandhaltungsmassnahmen und Prüfungen an den nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs noch benötigten Systemen. Dabei wird unterstellt, dass die Stilllegungsverfügung bis zum Zeitpunkt der Kernbrennstofffreiheit eines Kernkraftwerks rechtskräftig vorliegt. Sollte dies bis zum Erreichen der Kernbrennstofffreiheit nicht der Fall sein, sind die entsprechenden Massnahmen so lange dem Nachbetrieb zuzuordnen, bis die Stilllegungsverfügung rechtskräftig vorliegt.
- Massnahmen, die bis zum Erreichen der Kernbrennstofffreiheit umsetzbar sind und primär der Aufrechterhaltung der Sicherheit sowie der sicherheitsfördernden Vereinfachung der Anlage dienen, sind grundsätzlich den Nachbetriebskosten zuzuordnen. Sie sind daher von den Betreibern direkt zu bezahlen und nicht im Stilllegungsfonds sicherzustellen.
- Rückbaubezogene Massnahmen, die den Rückbau vorbereiten beziehungsweise der Umsetzung des Rückbaus dienen, sind – selbst wenn sie vor dem Erreichen der Kernbrennstofffreiheit anfallen – den Stilllegungskosten zuzuordnen. Umgekehrt sind Massnahmen, die unabhängig vom Rückbau durchzuführen sind (beispielsweise die werksinternen Arbeiten zur Entsorgung auf der Anlage noch vorhandener Betriebsabfälle) von den Stilllegungskosten abzugrenzen und den Nachbetriebskosten zuzuordnen. Exemplarisch ist diese Unterscheidung in Abbildung 2 dargestellt.
- Die Stilllegung eines Kernkraftwerks ist von der effektiven Laufzeit unabhängig. Daraus folgend wird auf eine laufzeitabhängige Bewertung der Stilllegung verzichtet.

[20] Art. 2 und Art. 3 SEFV [2].
[21] Art. 3 SEFV [2].
[22] Art. 2 SEFV [2].



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.

Die Kosten des Nachbetriebs der Schweizer Kernkraftwerke wurden im Rahmen der vorliegenden Kostenermittlung für die Schweizerischen Kernanlagen aktualisiert. Die Ergebnisse sind in einem separaten Bericht «Kostenstudie 2026 (KS26), Ermittlung der Nachbetriebskosten der Schweizer Kernkraftwerke» [6] dargestellt.

Bereits vorgängig und während des Nachbetriebs finden Stilllegungsarbeiten statt. Die Stilllegungsarbeiten vor EELB beinhalten das Erstellen der Unterlagen zum Stilllegungsprojekt und das Erwirken der Stilllegungsverfügung sowie vorbereitende Planungsarbeiten und erste Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen. Der Nachbetrieb beginnt mit EELB. Während des Nachbetriebs werden in der Anlage die für den sicheren Betrieb der noch benötigten Systeme erforderlichen Arbeiten durchgeführt. Sobald die Stilllegungsverfügung rechtskräftig vorliegt, können zeitlich überlappend zum Nachbetrieb die eigentlichen Stilllegungsarbeiten, das heisst der Rückbau von Anlagenteilen, begonnen werden. Der Nachbetrieb endet, wenn sowohl die Kernbrennstofffreiheit erreicht ist als auch eine rechtskräftige Stilllegungsverfügung vorliegt. Danach wird die Aufrechterhaltung der betrieblichen Infrastruktur im Rahmen dessen, was mit fortschreitendem Rückbau noch benötigt wird, im Rückbaubetrieb fortgesetzt. Der Rückbaubetrieb ist Teil der Stilllegung und wird somit durch den Stilllegungsfonds finanziert.

Die Stilllegungskosten einer Kernanlage umfassen die Kosten für die anlagetechnische Vorbereitung der Stilllegung, Planung, Projektierung, Projektleitung und Überwachung der Arbeiten, den Strahlenschutz, die Sicherstellung der Kontaminationsfreiheit des Geländes, den Abbruch aller technischen Einrichtungen und der Gebäude, die Kosten der behördlichen Bewilligungen und Aufsicht, der Bewachung beziehungsweise Überwachung der Anlage und alle weiteren Betriebskosten während des Rückbaus[23]. Zu den Kosten für die Stilllegung zählen auch der Transport und die Entsorgung der bei der Stilllegung anfallenden Abfälle.

[23] Art. 2 SEFV [2].

1.4 Betriebs- und Stilllegungsdauern der Kernanlagen

Als Berechnungsgrundlage für die Kostenermittlung ist bei Kernkraftwerken grundsätzlich eine Betriebsdauer von 50 Jahren anzunehmen; gestützt auf die Angaben des Eigentümers kann die Verwaltungskommission eine davon abweichende Betriebsdauer anordnen[24]. Für die Kostenstudie 2026 werden für die Kernkraftwerke Gösgen und Leibstadt 50 Jahre und für das Kernkraftwerk Beznau 60 Jahre angenommen. Für das Kernkraftwerk Mühleberg wird entsprechend der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs im Dezember 2019 eine Betriebsdauer von 47 Jahren angesetzt.

Gemäss den Vorgaben der Verwaltungskommission werden für KKG und KKL neben einer Betriebsdauer von 50 Jahren auch 60 Jahre betrachtet; zudem werden die Auswirkungen einer Betriebsdauer von 70 Jahren qualitativ beurteilt. Zusätzlich werden ein Szenario mit 63 Jahren für KKB bei unveränderten Betriebsdauern der übrigen Kernkraftwerke sowie ein Szenario mit 63 Jahren für KKB und 60 Jahren für KKG und KKL betrachtet.

Bei einer planmässigen EELB ergeben sich kaum Kostenunterschiede zwischen unterschiedlichen Annahmen für die Betriebsdauer.

Für das ZWIBEZ und die Anlagen der Zwilag sieht die Planung vor, dass die Stilllegung im Zeitraum von 2070 bis 2076 erfolgt.

Für die Kostenermittlung gilt der in Tabelle 2 gegebene zeitliche Rahmen.

Tabelle 2: Betriebs- und Stilllegungszeiten der Schweizer Kernkraftwerke sowie der Einrichtungen zur Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle.

Anlage	IBN	EELB / EEB[a]	Nachbetrieb		Stilllegung bzw. Rückbau				
						Stilllegungsziel 1		Stilllegungsziel 3	
	von	bis inkl.	von	bis inkl.	ab	Abschluss Stilllegung	Jahre ab EELB / EEB[a] bis Abschluss Stilllegung	Abschluss Stilllegung	Jahre ab EELB / EEB[a] bis Abschluss Stilllegung
KKB[b]	1970	2030	2031	2034	Die Erarbeitung des Stilllegungsprojekts und Planungen können vor Abschluss des Nachbetriebs oder bereits während des Leistungsbetriebs beginnen.	2041	11	2045	15
KKM	1972	2019	2020	2023		2031	12	2034	15
KKG	1979	2029	2030	2032		2039	10	2043	14
KKL	1984	2034	2035	2038		2045	11	2049	15
KKG Nasslager	2008	2035	kein Nachbetrieb			2036	1	2037	2
ZWIBEZ	2008	2069	kein Nachbetrieb			2071	1	2071	1
Zentrales Zwischenlager	2000	2069	kein Nachbetrieb			2074	5	2076	7

IBN: Inbetriebnahme; EELB: Endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs; EEB: Endgültige Einstellung des Betriebs.
Werte jeweils auf ein volles Jahr aufgerundet.
a) Bei einem Kernkraftwerk: EELB; bei einer anderen Kernanlage: EEB.
b) Der Einfachheit halber wird für beide Blöcke des KKB das Jahr 1970 als «mittleres» Inbetriebsetzungs- und das Jahr 2030 als «mittleres» Ausserbetriebnahmejahr verwendet. Für die Kostenberechnung wird als Modellannahme von einer Betriebsdauer von 60 Jahren ausgegangen.

[24] Art. 4 Abs. 3 SEFV [2].

2 Vorgaben und Annahmen

2.1 Rechtliche und behördliche Vorgaben

Als Grundlage für die vorliegende Ermittlung der Stilllegungskosten für die Schweizer Kernanlagen dienen die per 1. Januar 2025 rechtsgültigen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Vorschriften, Normen und Regeln. Diese sind im Glossar [7] aufgeführt, in dem auch die verwendeten Fachbegriffe definiert werden.

2.2 Annahmen und Rahmenbedingungen

Neben der Kenntnis der erforderlichen Anlagedaten sind für die Ermittlung der Stilllegungskosten eine Reihe von Rahmenbedingungen, Annahmen und Eingangsdaten festzulegen, ohne die eine Kostenermittlung für Rückbauprojekte nicht durchführbar ist.

Nachfolgend werden weitere Rahmenbedingungen und Annahmen für die Kostenstudie – Teil Stilllegung aufgelistet.

Projektumfang – Betrieb, Nachbetrieb und Stilllegung:

- Im Anschluss an die endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) folgen bei den Kernkraftwerken (KKW) der Nachbetrieb und anschliessend der Rückbaubetrieb. Die Nachbetriebskosten setzen sich hauptsächlich aus den Betriebskosten der Anlage in diesem Zeitraum zusammen. Im Rahmen der Kostenstudie erfolgt die Abgrenzung des Nachbetriebs vom Rückbaubetrieb zu dem Zeitpunkt, an dem sowohl die Stilllegungsverfügung rechtskräftig vorliegt als auch die Kernbrennstofffreiheit erreicht ist[25]. Ab diesem Zeitpunkt gehen die Aufgaben des Nachbetriebs in den Rückbaubetrieb über und werden Bestandteil der Stilllegungskosten. Die Stilllegungskosten schliessen die erforderlichen Vorbereitungsmassnahmen zur Stilllegung (Planung, Erstellen der Gesuchsunterlagen für die Stilllegungsverfügung und vorbereitende Arbeiten in der Anlage) mit ein. Während des Nachbetriebs können bereits Rückbauarbeiten stattfinden. Die Kosten werden entsprechend ihrer sachlichen Zuordnung dem Nachbetrieb beziehungsweise der Stilllegung zugerechnet.

- Die Stilllegung erfolgt durch sofortigen Rückbau der Anlage, das heisst ohne einen sogenannten sicheren Einschluss.

- Die Stilllegung erfolgt planmässig im Anschluss an die EELB. Für die erforderliche Planung und Unterlagenerstellung für die Stilllegung ist ein ausreichender Zeitraum einkalkuliert. Die Stilllegungsverfügung liegt rechtzeitig rechtskräftig vor. Rückbauarbeiten können nach Massgabe der Stilllegungsverfügung bereits während des Nachbetriebs beginnen; der Rückbaubetrieb beginnt, sobald sowohl die Kernbrennstofffreiheit erreicht ist als auch die Stilllegungsverfügung rechtskräftig vorliegt.

- Die folgenden zu erreichenden Stilllegungsziele werden gemäss den Vorgaben der Verwaltungskommission betrachtet:
  - Stilllegungsziel 1 («Braune Wiese»): Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung.
  - Stilllegungsziel 2 («Grüne Wiese» mit begrenztem Tiefenrückbau): Vollständiger Rückbau einschliesslich Entfernung der Fundamente und Betonkonstruktionen bis 2 m unter Oberkante Terrain.
  - Stilllegungsziel 3 («Grüne Wiese»): Vollständiger Rückbau einschliesslich Entfernung sämtlicher Fundamente.
- Die Gebäudestrukturen innerhalb des Stahlcontainments beim Druckwasserreaktor (KKB und KKG) werden zum Nachweis der Kontaminationsfreiheit noch unter Bedingungen einer kontrollierten Zone abgebrochen.

- Der Abbruch der Gebäude mit kontrollierter Zone erfolgt nach der Auszonung dieser Bereiche nach Freigabe durch die Behörden. Alle anderen Gebäude werden davon unabhängig abgebrochen.

[25] Einzelmassnahmen des Nachbetriebs können möglicherweise auch zeitlich nach Vorliegen der beiden Voraussetzungen anfallen.

- Der beim konventionellen Abbruch der Gebäude anfallende Betonschutt wird zerkleinert und von der Armierung getrennt. Danach wird er zu 20 Prozent auf eine Deponie gebracht und zu 80 Prozent kostenneutral anderweitig (zum Beispiel im Strassenbau) verwendet (konservative Annahme).

- Für die Zwischenlager gilt:
  - Die Stilllegung erfolgt planmässig im Anschluss an einen bestimmungsgemässen Betrieb.
  - Es wird davon ausgegangen, dass die Stilllegung nach fristgemässem Einreichen eines den gültigen Gesetzen, Verordnungen und sonstigen Regelungen in der Schweiz entsprechenden Stilllegungsprojektes durch das zuständige Departement ohne weiteres verfügt wird und das Departement gleichzeitig festlegt, welche Arbeiten einer Freigabe durch die Aufsichtsbehörden bedürfen.
  - Für die weitere Behandlung und Konditionierung von demontierten Materialien wird – falls erforderlich – die Verfügbarkeit geeigneter Anlagen am Standort (zum Teil speziell für diese Zwecke neu errichtet) unterstellt. Anlageteile werden nur zum Zweck der anschliessenden Freigabe dekontaminiert.
  - Anlagen und Einrichtungen werden auch in grösseren Tiefen demontiert und die Gebäudeoberflächen – falls erforderlich – unter die gültigen Freigabewerte dekontaminiert, freigemessen und ausgezont.

Genehmigungen, Dokumentation:

- Die mit dem Stilllegungsprojekt einzureichenden Unterlagen stellen das Gesamtkonzept dar, das unter anderem auch eine Umweltverträglichkeitsprüfung beinhaltet. Nach Verfügung der Stilllegung erfolgt die Bearbeitung der Einzelschritte wie in der Stilllegungsverfügung angeordnet, gegebenenfalls im Rahmen von Freigaben durch die Behörden (KEV, Art. 47 [8]).

- Die Stilllegungsverfügung liegt rechtzeitig und wirksam vor. Es wird davon ausgegangen, dass die Stilllegung nach fristgemässem Einreichen eines den gültigen Gesetzen, Verordnungen und sonstigen Regelungen in der Schweiz entsprechenden Stilllegungsprojektes durch das zuständige Departement ohne weiteres verfügt wird und das Departement gleichzeitig festlegt, welche Arbeiten einer Freigabe durch die Aufsichtsbehörden bedürfen.

- Auswirkungen durch Verzögerungen, die durch das Verfahren zum Erwirken der Stilllegungsverfügung bedingt sind, werden bei der Ermittlung der Basiskosten nicht berücksichtigt, sind aber in der Kostengliederung als Kostenzuschläge für Gefahren enthalten.

- Auswirkungen der Beteiligung der Öffentlichkeit am Verfahren zum Erwirken der Stilllegungsverfügung werden bei der Ermittlung der Basiskosten nicht berücksichtigt, sind aber in der Kostengliederung als Kostenzuschläge für Gefahren enthalten.

- Es wird unterstellt, dass die Aufsichtsbehörden den Fortgang der Arbeiten über den gesamten Rückbauzeitraum bis zur Entlassung aus dem KEG begleiten.

Radiologische Daten:

- Das Radioaktivitätsinventar setzt sich aus zwei Anteilen zusammen (Kernkraftwerke, bei den Zwischenlagern – sofern vorhanden – nur kontaminiertes Material):
  - Aktiviertes Material (im Bereich des Neutronenfeldes).
  - Kontaminiertes Material.
- Die Höhe der Aktivierung der Komponenten, die einer Neutronenbestrahlung ausgesetzt sind, wird von der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) mittels Aktivierungsberechnung für die Kostenstudie 2026 neu bestimmt.

- Für jede Anlage wird ein Referenznuklidvektor («Fingerprint») für die Ableitung des jeweiligen Kontaminationsbeitrags in der Kostenstudie 2026 bestimmt.

- Die bisherige Einteilung in die Klassen «leicht dekontaminierbar», «mittel dekontaminierbar» und «schwer dekontaminierbar» aus der Kostenstudie 2021 werden für die Kostenstudie 2026 beibehalten.

- Bei allen Einrichtungen in der kontrollierten Zone wird so lange eine Kontamination unterstellt, bis messtechnisch nachgewiesen ist, dass die Kontamination unterhalb der zulässigen Befreiungsgrenzen liegt. Als Grundlage hierfür gelten die in der gültigen Schweizer Strahlenschutzverordnung [10] aufgeführten Befreiungsgrenzen.

- Alle konventionellen Gebäude und das Gelände des Standortes werden auf Kontamination überprüft. Es wird unterstellt, dass keine Kontamination vorliegt. Die Kalkulationsansätze für die Prüfung auf eine mögliche Kontamination ausserhalb der kontrollierten Zone werden analog zur Kostenstudie 2021 angenommen, das heisst mit einem Pauschalbetrag je Standort.

- Die Behandlungsstrategie radioaktiver Komponenten wird in Abhängigkeit des Kontaminationsgrades und der Möglichkeit der Dekontaminierbarkeit gewählt. Hierbei wird eine chemische Dekontamination nur in einem geringen Umfang vorgesehen. Das Schmelzen ist als externe Dienstleistung im Ausland vorgesehen.

- Nach der allenfalls erforderlichen In-Situ-Dekontamination der Kreisläufe, die im Wesentlichen zur Reduzierung der Dosisleistung durchgeführt wird[26], werden Anlageteile nur dann noch weiter dekontaminiert, wenn sie anschliessend radiologisch befreit werden können.

- Für die weitere Behandlung und Konditionierung von demontierten Materialien wird die Verfügbarkeit geeigneter Anlagen am Standort (zum Teil speziell für diese Zwecke neu errichtet) beziehungsweise extern (zum Beispiel Behandlung in der Plasma-Anlage der Zwilag) unterstellt. Die Verarbeitung von Rohabfall in der Plasma-Anlage wird mit einem spezifischen Preis berücksichtigt, der den Prozess von der Abfallannahme «am Zaun» bis zum Abschluss der Herstellung eines endlagerfähigen 200-Liter-Abfallfasses, eingelagert im Zwischenlagergebäude, beinhaltet.

- Zwilag spezifisch:
  - Das Radioaktivitätsinventar besteht nur aus kontaminierten Anlagenteilen.
  - Zur Bestimmung der Menge an kontaminiertem Material werden vorhandene anlagespezifische Daten analysiert und die für die Kostenstudie 2026 zugrunde zu legenden Werte festgelegt. Die natürliche Radioaktivität wird nicht betrachtet.

Transport und Entsorgung:

- Beim Rückbau anfallende radioaktive Abfälle gehören ausschliesslich der Kategorie der schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA) an. Sie werden nach den in der Schweiz geltenden gesetzlichen und behördlichen Vorgaben, insbesondere den einschlägigen ENSI-Richtlinien, sowie unter Berücksichtigung ergänzender, mit der Nagra vereinbarter Anforderungen konditioniert.

- Es wird angenommen, dass das geologische Tiefenlager ab dem Jahr 2050 zur Einlagerung von SMA zur Verfügung steht. Bis zur Einlagerung in das geologische Tiefenlager werden die radioaktiven Abfälle im zentralen Zwischenlager Würenlingen oder, bei KKB, im ZWIBEZ zwischengelagert.

[26] Die Kosten für die In-Situ-Dekontamination der Kreisläufe sind Bestandteil der Nachbetriebskosten.

- Die technischen Ausführungen der Lagercontainer für die Verpackung radioaktiver Abfälle werden für die Kostenstudie von der Nagra definiert. Die maximale Aktivität je Container ist durch die geltenden Transportvorschriften limitiert, nicht durch das geologische Tiefenlager. Die Hohlräume in den Containern werden mittels geeigneter Füllmaterialien (zum Beispiel kontaminiertes Betongranulat oder zementbasierte Füllmaterialien) vergossen. Darüber hinaus wird angestrebt, den Zielwert von 5 W/m^3 für die spezifische Wärmeleistung je Gebinde nicht zu überschreiten. Zur Verpackung höher aktivierter Teile werden spezielle, dickwandige Behälter des Typs B(U) verwendet.

- Die Berechnung der erforderlichen Containeranzahl erfolgt mit den spezifischen Verpackungsfaktoren beziehungsweise anhand einer spezifischen Verpackungsplanung.

- Für die Ermittlung der zuteilbaren Lagerkosten für das geologische Tiefenlager werden spezifische Kostenansätze pro Behältertyp verwendet.

- Die Transportkosten radioaktiver Abfälle von den Anlagen zum Zwischenlager und später zum geologischen Tiefenlager werden den Stilllegungskosten zugeordnet. Die Zwischenlagerung selbst wird in den Entsorgungskosten berücksichtigt.

- Zu den Transportkosten fallen zusätzlich Kosten für eine nukleare Haftpflichtversicherung an.

Kalkulationsgrundlagen:

- Zur Planung der Demontagereihenfolge und Kostenermittlung werden die erforderlichen Massnahmen hierarchisch auf den verschiedenen Ebenen des Projekt- und Kostenstrukturplanes zusammengefasst.

- Die Personal- und Sachkosten des Rückbaubetriebes werden über Reduktionsfaktoren dem jeweiligen Projektfortschritt angepasst, sofern noch keine konkrete Planung für die Kostenstudie 2026 zugrunde gelegt worden ist.

- Um die Qualität der Datenerfassung zu spezifizieren, werden den Inputdaten definierte Härtegrade zugewiesen.

- Sämtliche Gebäude beziehungsweise Gebäudebereiche werden bezüglich des Kontaminationszustands in die Kategorien leicht, mittel und schwer eingeteilt.

- Der erforderliche Oberflächenabtrag der Fussböden, Wände und Decken zur Gebäudedekontamination werden basierend auf Erfahrungswerten und gemäss Kontaminationszustand festgelegt.

- Zur Sanierung und Beseitigung von Gefahrstoffen aus den Anlagen wird analog zur Kostenstudie 2021 ein pauschaler Betrag zugrunde gelegt.

- Wird ein Arbeitsschritt in der kontrollierten Zone durchgeführt, wird zur Berechnung der zu erwartenden Kollektivdosis der kalkulierte Arbeitsaufwand dieses Arbeitsschrittes mit einem Dosisleistungsmittelwert multipliziert. Die den Arbeitsschritten zugewiesenen Dosismittelwerte werden in verschiedene Dosisleistungsklassen eingeteilt.

- Die Ermittlung des Personalaufwandes beziehungsweise der Personalkosten zur Durchführung der erforderlichen Arbeiten basiert auf sogenannten spezifischen Arbeitsfaktoren und zugrunde gelegter Personalqualifikationen.

- Für das Eigenpersonal werden Hierarchie- und Qualitätsstufen inklusive der Verrechnungssätze verwendet. Der Rückbau der konventionellen Gebäude wird von Fremdpersonal ausgeführt. Für den Abbruch der Gebäude werden spezielle Verrechnungssätze berücksichtigt.

- Die verwendeten Personalsets (Anzahl Personal und deren Qualifikation) werden tätigkeitsbezogen erstellt. Dabei wird unterstellt, dass das Personal über Rückbauerfahrung verfügt.

- Die Bewachung des Areals erfolgt bis zum Erreichen der Kernbrennstofffreiheit im Wesentlichen unverändert zum Leistungsbetrieb. Für die Kostenstudie 2026 wird ab der Kernbrennstofffreiheit eine reduzierte Bewachung und die Einrichtung einer technischen Überwachung angenommen.

- Für die Erstellung und Einreichung des Stilllegungsprojektes sowie der Unterlagen für Nach- und Rückbaubetrieb, Planung der Rückbauprojekte und die Projektleitung wird unterstellt, dass Eigenpersonal zum Einsatz kommt.

- Die Demontage kontaminierter und aktivierter Komponenten sowie der Abbruch des aktivierten biologischen Schildes werden für die Kalkulation der Kosten je nach terminlicher Anforderung in Ein- oder im Mehrschichtbetrieb durchgeführt.

- Aktivierte Betonstrukturen werden nicht gebrochen, sondern grundsätzlich als ganze Stücke herausgeschnitten und inklusive innenliegender allfälliger Armierung komplett in den LC-86 eingestellt oder der Abklinglagerung, allenfalls der Ablagerung oder Verwertung zugeführt.

- Die bei der Stilllegung eingesetzten Verfahren und Geräte entsprechen dem heutigen Stand der Technik.

- Seit der Kostenstudie 2021 neu installierte Gebäude und Einrichtungen an den Standorten werden berücksichtigt.

- Für das Kernkraftwerk Beznau wurde das im Zeitraum von 2016 bis 2020 durchgeführte Projekt zur vorbereitenden Stilllegungsplanung nach der Kostenstudie 2021 in eine Projektorganisation überführt und laufend verfeinert. Die zusätzlichen Erkenntnisse und der fortgeschrittene Projektstand werden in der Kostenstudie 2026 berücksichtigt.

- Für die Ermittlung der Stilllegungskosten des Kernkraftwerks Mühleberg wurden die Erkenntnisse aus dem Stilllegungsprojekt als Grundlage für die Kostenstudie 2026 verwendet. Darüber hinaus konnte der Projektstand bis zum Jahr 2025 bei der Kalkulation berücksichtigt werden.

3 Methodik der Kostenermittlung

In der Kostenstudie 2016 wurde gemäss Vorgaben der Verwaltungskommission eine Kostenstruktur eingeführt und die Kostenermittlung in Form einer Kostengliederung dargestellt. Die Verwendung dieser Kostenstruktur und Kostengliederung wurde für die Kostenstudie 2026, wie bereits für die Kostenstudie 2021, weitestgehend beibehalten und wird nachfolgend erläutert.

3.1 Kostenstruktur

Die für die Kostenstudie 2026 verwendeten Kostenstrukturen wurden von den Betreibern erarbeitet und von der Verwaltungskommission auf Antrag des Kostenkomitees festgelegt. Sie wurden mit der Kostenstudie 2016 eingeführt und bereits für die Kostenstudie 2021 weitgehend beibehalten. Sie schaffen die Voraussetzungen für eine transparente Kostenplanung, aussagekräftige Kostenvergleiche, ein effektives Kostencontrolling und einen effizienten Abwicklungsprozess zur Inanspruchnahme von Fondsmitteln. Sie basieren zudem auf generellen Anforderungen an die Kostenstrukturen komplexer Infrastrukturprojekte sowie auf spezifischen Anforderungen für Schweizer Kernanlagen und können durchgängig in allen Phasen der Kostenplanung und -feststellung angewendet werden.

Die Kostenstrukturen ermöglichen eine Abgrenzung der Tätigkeiten zwischen den direkt durch die Betreiber zu bezahlenden Kosten des Nachbetriebs und den in den beiden Fonds anzusparenden Kosten für Stilllegung und Entsorgung. Sie sind derart gestaltet, dass sowohl Eigenleistungen der Betreiber als auch fremdvergebene Leistungen über Auftragsvergabe, Rechnungsstellung und Kontierung eindeutig und transparent den abzurechnenden Tätigkeiten und Gewerken zugeordnet werden können.

Um die Anforderung an die allgemeine Anwendbarkeit und die Vergleichbarkeit unter den Schweizer Kernkraftwerken zu erfüllen, sind die obersten drei Gliederungsebenen der Kostenstrukturen für alle Anlagen gleich definiert. Auf den tieferen Gliederungsebenen sind indessen unterschiedliche Strukturen erforderlich, um den projektspezifischen Anforderungen und technologischen Unterschieden zwischen den Anlagen Rechnung zu tragen.

Auf der ersten Gliederungsebene der Kostenstrukturen wird zwischen Nachbetrieb und Stilllegung unterschieden, um die anfallenden Kosten eindeutig dem direkt durch die Betreiber zu bezahlenden Nachbetrieb beziehungsweise der Stilllegung zuordnen zu können.

Die Betreiber schätzen den Personalbedarf im Nachbetrieb und die anfallenden Sachkosten auf der Basis der Betriebskosten des jeweiligen Kernkraftwerks im Leistungsbetrieb. Daraus werden mittels zeitlich variierender, werkspezifischer Reduktionsfaktoren die Kosten über den gesamten Zeitraum des Nachbetriebs berechnet. Das Personal wird im Nachbetrieb entsprechend den betrieblichen Aufgaben den jeweiligen Organisationseinheiten und damit organisationsspezifischen Kostenpositionen zugeordnet. Die Methode und die Reduktionsfaktoren basieren auf der Erfahrung der Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH (Siempelkamp NIS), die seit mehr als 45 Jahren auf dem Gebiet des Nachbetriebs und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen arbeitet.

Die ermittelten Kosten werden für alle Kernkraftwerke nach einheitlichen Kriterien ermittelt. Aber auch werkspezifische Faktoren werden von der Siempelkamp NIS berücksichtigt. Das Ergebnis ist eine für alle Werke nahezu identische Kostenstruktur auf den Gliederungsebenen 1 bis 3.

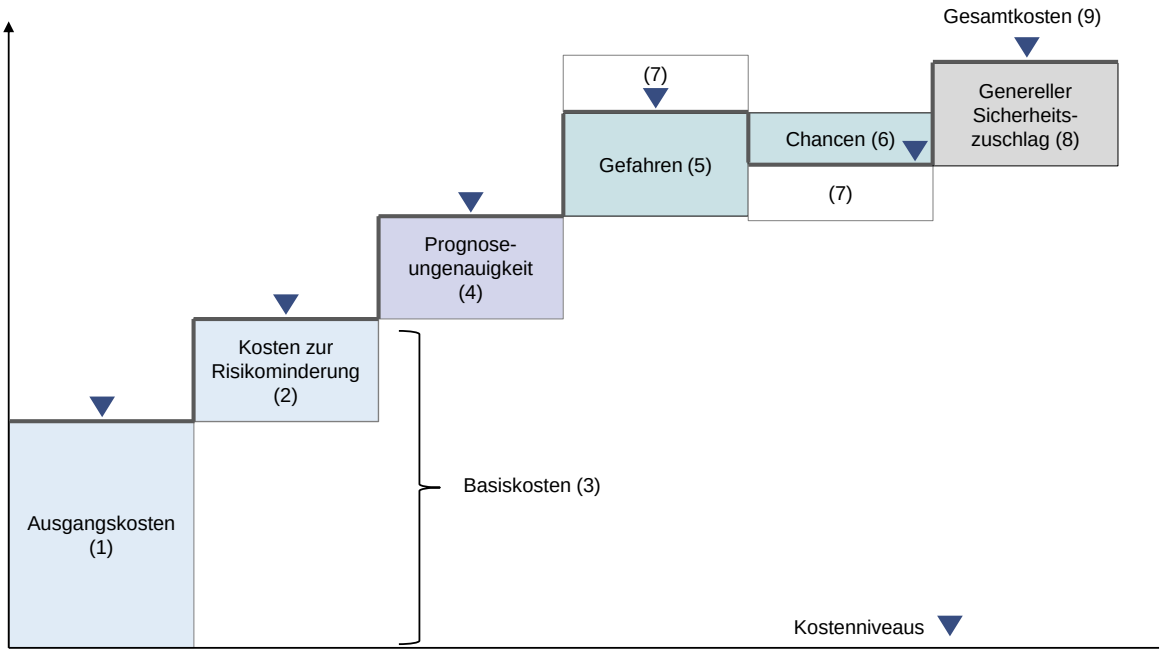
Anhang A.1 enthält eine detaillierte Beschreibung des verwendeten Projektstrukturplans zur Darstellung der Resultate der Kostenermittlung.

3.2 Kostengliederung

Die Kostengliederung soll die bei Kostenermittlungen unvermeidlichen Risiken und Ungewissheiten berücksichtigen. Die Kostengliederung ist vom Begriff der Kostenstruktur abzugrenzen. Während die Kostenstrukturen aus dem modellhaften Projektstrukturplan abgeleitet werden, der den berechneten Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten zugrunde liegt, bezieht sich die Kostengliederung auf die Zusammensetzung der Gesamtkosten und beinhaltet neben den berechneten Ausgangskosten auch die Kosten für risikomindernde Massnahmen, die Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten, die Kostenzuschläge zur Berücksichtigung von Gefahren, die Kostenabzüge für Chancen und einen generellen Sicherheitszuschlag.

3.2.1 Vorgaben zur Kostengliederung

Die Verwaltungskommission hat die in Abbildung 3 dargestellten und nachfolgend beschriebenen Kostenzuschläge und Kostenniveaus definiert[27]:



(7) Auflistung von nicht berücksichtigten Gefahren / Chancen

Abbildung 3: Kostengliederung für die Kostenstudie 2026.

Ausgangskosten (1)

In den Ausgangskosten sind ausnahmslos sämtliche Kosten enthalten, die für die Planung, Genehmigung, Durchführung und den Abschluss der vorgesehenen Stilllegungs- und Entsorgungsprojekte inklusive Nachbetriebsphase 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 und so weiter. Die Ausgangskosten können auf der Grundlage von geschätzten Mengen (Material, Maschinen und Geräte, Arbeitsstunden und so weiter), 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.

[27] Die Definitionen sind im Wortlaut der Verwaltungskommission unter Verwendung deren Nomenklatur gegeben.

Kosten zur Risikominderung (2)

Die Kosten bereits ausgeführter oder geplanter Massnahmen zur Risikominderung werden analog wie die Ausgangskosten – ohne jegliche Zuschläge – ermittelt. Solche risikomindernden Massnahmen können Gefahren eindämmen oder Chancen unterstützen und sind mit der Erarbeitung des Chancen- und Gefahrenkatalogs abzustimmen.

Basiskosten (3)

Ausgangskosten (Kosten Nummer 1) plus Kosten zur Risikominderung (Kosten Nummer 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 KS26 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 Leistungsbeschriebs 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
- Beschleunigte Bewilligungsverfahren

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

Auflistung 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»-Ereignisse) werden in den Gesamtkosten nicht berücksichtigt, jedoch identifiziert, separat erfasst und, wo möglich, mit geschätzten absoluten Kosten und Eintrittswahrscheinlichkeiten beziffert. Zudem ist zu begründen, wieso diese bei der KS26 nicht berücksichtigt werden.

Genereller Sicherheitszuschlag (8)

Ein genereller Sicherheitszuschlag («Optimism Bias», Erkenntnisse aus Benchmarking und so weiter) ist so zu berechnen, dass nach Einschätzung zum Zeitpunkt der Fertigstellung der KS26 das Toleranz-Niveau gegenüber allfälligen Kostenüberschreitungen auf maximal 20 Prozent beschränkt wird.

Gesamtkosten (9)

Das Ergebnis der KS26 ist eine Zahl in Franken, die gemäss «best practice» von Experten auf der Basis des vereinbarten Leistungsumfangs («scope»), des zugehörigen Projektstrukturplans («Work Breakdown Structure») und eines Zeitplans («Schedule und Milestones») «bottom-up» ermittelt wird. Den immer vorhandenen Prognoseungenauigkeiten und Unsicherheiten (Risiken und Ungewissheiten) wird mit entsprechenden Zuschlägen Rechnung getragen, die jedoch auf dem jeweiligen Kostenniveau transparent und nachvollziehbar darzulegen und zu begründen sind.

Die Gesamtkosten der KS26 sind so zu berechnen, dass ein Toleranz-Niveau von 20 Prozent gegenüber allfälligen Kostenüberschreitungen (P20) erreicht wird.

3.2.2 Umsetzung der Kostengliederung

Die Kostengliederung wird auf sämtliche Bereiche der Kostenstudie angewendet. Die Herangehensweisen für die drei Teilbereiche Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung sind vergleichbar und erfüllen die in Abschnitt 3.2.1 dargestellten Vorgaben. 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 oder mit externen Risikofaktoren bei Kostenstudien im nuklearen Umfeld beschäftigen[28]. Die in der relevanten Literatur beschriebenen Best-Practice-Methoden zur Risikoanalyse sehen sowohl Massnahmen der quantitativen als auch der qualitativen Risikoanalyse vor. Beide Verfahren haben Eingang in die Umsetzung der Kostengliederung gefunden.

Durch die Anwendung der Kostengliederung werden Faktoren, die im Zeitablauf zu Abweichungen von Plankosten führen können, entsprechend dem Planungsstand der jeweiligen Teilbereiche der Kostenermittlung systematisch erfasst. Von besonderer Bedeutung ist einerseits die quantitative und qualitative Risikoanalyse, deren Anwendung im folgenden Kapitel für die einzelnen Elemente der Kostengliederung in allgemeiner Form beschrieben wird. Andererseits sind dies auch die regelmässige Überprüfung der Kostenermittlungen und der Vergleich ihrer Ergebnisse mit laufenden oder abgeschlossenen, vergleichbaren Projekten. In der Schweiz geschieht dies über die fünfjährlichen Aktualisierungen der Kostenstudien. In diesem Rahmen wird die Kostenermittlung zur Plausibilisierung auch mit Referenzprojekten oder ähnlichen Tätigkeiten verglichen.

Das Vorgehen bei der Ermittlung der einzelnen, in Abbildung 3 dargestellten Elemente der Kostengliederung wird im Folgenden erläutert.

[28] Zum Beispiel OECD NEA: Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants [13].

Ausgangskosten

Die Ausgangskosten stellen die wahrscheinlichen Kosten der Kostenermittlung ohne Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten, Risiken und Ungewissheiten dar. Sie entsprechen in der Kostengliederung dem ersten Niveau, das sich bei einem plangemässen, abweichungsfreien Projektablauf ergibt. Weder Kosteneffekte, die durch zeitliche Verschiebungen in der Projektabwicklung zu Abweichungen von der ursprünglichen Kostenplanung führen, noch solche, die auf Unsicherheiten in der Planung oder auf eingetretene Gefahren beziehungsweise Chancen zurückzuführen sind, werden berücksichtigt. Sofern sich in den Grundlagen für die Kalkulation inhärente Zuschläge für Ungewissheiten und Risiken befinden, müssen diese bei der Ermittlung der Ausgangskosten identifiziert, quantifiziert und den entsprechenden Elementen der Kostengliederung sachgerecht zugeführt werden.

Beim Ermitteln der Ausgangskosten für die Kostenermittlung der Stilllegung der Schweizer Kernanlagen werden sämtliche Positionen der vorgegebenen Kostenstruktur kalkuliert[29]. Dabei handelt es sich vorwiegend um Kostenelemente, die den Rückbaubetrieb kostenmässig abbilden, und um die Projektkosten für das Rückbauprojekt.

Die Kosten für die Vielzahl der im Rahmen der Stilllegung einer Kernanlage anfallenden einzelnen Arbeitsschritte werden individuell kalkuliert und über verschiedene Aggregationsstufen zu Arbeitspaketen, (Teil-)Projekten und schliesslich zu Gesamtkosten der Stilllegung zusammengeführt. Dort, wo bei früheren Kostenstudien inhärente Zuschläge für Unsicherheit und Risiken in den Kostenermittlungen enthalten waren, wurden diese seit der Kostenstudie 2016 aus den Ausgangskosten extrahiert und in den vorgesehenen Elementen der Kostengliederung ausgewiesen.

Dabei stützt sich die Ermittlung der Ausgangskosten auf heute bereits bekannte und erprobte Methoden, Technologien und Verfahren sowie auf die per 1. Januar 2025 gültigen rechtlichen und behördlichen Vorschriften. Allfällige Kostenfolgen absehbarer Veränderungen dieser Vorschriften werden in den Kostenelementen Gefahren und Chancen berücksichtigt. Der Ermittlung der Ausgangskosten ist das Preisniveau per 1. Januar 2026 zugrunde gelegt.

Kosten zur Risikominderung

Durch risikomindernde Massnahmen sollen negative Kostenfolgen von Gefahren vermieden oder reduziert und Chancen erkannt und genutzt werden. Unter Kosten für Massnahmen zur Risikominderung werden Aufwendungen verstanden, die sowohl durch technische Massnahmen als auch durch prozessuale und (Projekt-)Management-Massnahmen verursacht werden und die bereits bei den Betreibern von Kernanlagen im normalen Geschäftsbetrieb umgesetzt sind oder zusätzlich spezifisch in das Projekt eingeplant werden. Dazu zählen zum Beispiel in den Managementsystemen der betreffenden Unternehmen verankerte Grundsätze des Projekt- und Risikomanagements ebenso wie gezielte technische Massnahmen. Die Kosten für Massnahmen zur Risikominderung wurden als integraler Bestandteil der Projektstruktur geplant und in den Kostenermittlungen berücksichtigt. In den Unternehmen der Betreiber handelt es sich hierbei insbesondere um nachstehende Massnahmen, Konzepte und Prinzipien:

- Unternehmenscontrolling.
- Projektcontrolling.
- Change-Management.
- Mehraugenprinzip.
- Projektorganisation.
- Projektmanagement (insbesondere hinsichtlich Beschaffungen, Lieferanten, Nachforderungen, Vertragsgestaltung- und Vertragseinhaltung, Qualität, Dokumentation, Compliance, Risiken).
- Wissens- und Erfahrungsmanagement.
- Beprobung des Areals (Verdachtsflächen).
- Zusätzliche Transportwege zur Vermeidung von Engpässen in der Logistikabfolge.
- Ersatzmaterial für technische Ausfälle bei der Logistik beziehungsweise Demontagegerätschaften.

[29] Dies entspricht der Vorgabe der Kommission, dass die Kosten «Bottom-up» zu kalkulieren sind.

- Verfügbarkeit von Lieferanten sichern.
- Vermeidung des unerwarteten Auftretens (radioaktiv belasteter) Flüssigkeiten.
- Auswertung von Erfahrung ausländischer Rückbauprojekte.

In Abschnitt 5.2 werden die vorgenannten Konzepte und ihre Wirkungsweise beschrieben.

Basiskosten

Die Basiskosten ergeben sich als Summe aus Ausgangskosten und den Kosten für Massnahmen zur Risikominderung.

Kostenzuschlag für Prognoseungenauigkeiten

Jedes einzelne Element im Projektstrukturplan wird bezüglich Dauer und Kosten bewertet[30]. Dies führt zu einem Erwartungswert, der mit empirischen Vergleichswerten aus laufenden und abgeschlossenen Stilllegungen anderer Kernanlagen verglichen, plausibilisiert und der spezifischen Situation in der jeweiligen Kernanlage angepasst wird. Die aus diesen Vergleichswerten abgeleiteten Kalkulationsfaktoren sind statistisch als Mittelwerte zu interpretieren.

Im gegenwärtigen, den Kostenermittlungen zugrundeliegenden Planungsstadium sind die für die einzelnen Projektstrukturplan-Elemente (PSP-Elemente) vorgesehenen Tätigkeiten mit unterschiedlichen Graden der Planungsunsicherheit belegt. Für die Bestimmung des Zuschlags für Prognoseungenauigkeiten sind die relevanten Unsicherheiten für jedes einzelne PSP-Element abzuschätzen.

Dazu werden Toleranzgrenzen für mögliche Ergebnisschwankungen der Schätzung definiert, welche die spezifische Planungsunsicherheit des betreffenden Elements ausdrücken und dabei ein sehr breites Spektrum des Erfahrungshorizonts eines Kostenschätzers abdecken[31].

Die Toleranzgrenzen werden in Abhängigkeit von der unterstellten Planungsunsicherheit des PSP-Elements jeweils symmetrisch oder asymmetrisch gewählt. Bei Betriebskosten wird von einer symmetrischen Unsicherheit ausgegangen, da aufgrund der langjährigen Betriebserfahrung nicht von einer systematischen Unterschätzung der Plankosten auszugehen ist. Bei projektbezogenen Tätigkeiten hingegen wird von einer Asymmetrie ausgegangen, da im aktuellen Planungsstadium die kostenerhöhende Planungsunsicherheit gegenüber einer kostenreduzierenden tendenziell überwiegt. Die Festlegung der Toleranzgrenzen beruht auf langjähriger Erfahrung der Kostenschätzer und auf Rückschlüssen aus vergleichbaren noch laufenden oder bereits abgeschlossenen Projekten. Je gesicherter die Informationsgrundlage, desto geringer ist die erwartete Planungsunsicherheit und desto enger ist die Toleranzbreite der Schätzung anzusetzen. Die Einschätzung der Unsicherheit und damit der Breite des Toleranzintervalls basiert auf den kostenbestimmenden Charakteristika des PSP-Elements, das in der Regel sowohl variable Kostenanteile, wie Personalaufwand oder Demontageleistung je Arbeitsstunde, aber auch fixe Kostenanteile, wie spezifische Werkzeuge oder Hilfsmittel, umfasst. Falls ein spezifischer Kostenfaktor die Unsicherheit der Kostenermittlung für ein PSP-Element bestimmt, wird die Unsicherheit dieses Kostenfaktors für die Bestimmung der Toleranzgrenze herangezogen.

Es hat sich gezeigt, dass vier Toleranzgrenzen[32] das vorhandene Spektrum an Unsicherheiten gut abdecken und die Realität ausreichend genau abbilden. Die Toleranzgrenzen orientieren sich dabei weitestgehend an Empfehlungen aus der relevanten Literatur[33].

[30] Der Projektstrukturplan für die Ermittlung der Stilllegungskosten wird in Abschnitt 3.1 und im Anhang A.1 erläutert.

[31] Grundsätzlich können auch Ergebnisse ausserhalb der festgelegten Toleranzgrenzen auftreten, aber die Eintrittswahrscheinlichkeit dafür ist so klein, dass solche Ergebnisse für die Kostenermittlung vernachlässigbar sind.

[32] Klasse A: -5 % / +5 %, Klasse B: -10 % / +15 %, Klasse C: -20 % / +30 %, Klasse D: -30 % / +50 % in Anlehnung an die aktuellen Ausarbeitungen von OECD/NEA [13], IAEA [14] und U. S. Department of Energy [15] für die Beschreibung von Unsicherheiten bei der Kostenermittlung von nuklearen Rückbauprojekten beziehungsweise für die Entsorgung. Klasse E: -20 % / +20 % und Klasse F: -30 % / +30 % wurden ausschliesslich für betriebliche Tätigkeiten bei der Entsorgung verwendet.

[33] Zum Beispiel U. S. DOE Cost Estimating Guide 413.3.21, 2011 [15]; IAEA Financial Aspects of Decommissioning, IAEA-TECDOC-1476, 2005 [14].

Eine feinere Unterteilung ist nicht sinnvoll, da wegen statistischer Ausgleichseffekte das Ergebnis der Kostenermittlung dadurch nicht signifikant beeinflusst wird. Eine Vielzahl unterschiedlicher Toleranzgrenzen würde die Bestimmung des Zuschlags für Prognoseungenauigkeiten sehr erschweren und die Qualität der Schätzung nicht verbessern. Ausserdem reagiert das Ergebnis der Kostenermittlung nicht sensitiv auf Fehleinschätzungen in einzelnen PSP-Elementen.

Die Kosten eines PSP-Elements unterliegen einer statistischen Schwankung. Sie sind mit einer Zufallsvariable zu beschreiben. Mittels Schätzung des Mittelwerts sowie einer oberen und unteren Toleranzgrenze lassen sich die Kosten mit einer Wahrscheinlichkeitsfunktion beschreiben. Die Kostenermittlung insgesamt entspricht der Summe der Kosten aller PSP-Elemente. Da die Schätzung für jedes dieser Elemente eine unsichere Grösse (Zufallsvariable) ist, sind auch die summierten Kosten unsicher und können ebenfalls mit einer Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben werden. Die aus den einzelnen Verteilungen der PSP-Elemente zusammengesetzte Verteilung der summierten Kosten kann näherungsweise sehr gut durch eine fast symmetrische Lognormalverteilung[34] beschrieben werden.

Wenn die PSP-Elemente unabhängig sind und nicht einzelne Elemente die Kostenberechnung dominieren, geht die Unsicherheit bei einer grossen Anzahl an PSP-Elementen gegen Null. In einem komplexen Projektstrukturplan bestehen jedoch zahlreiche terminliche und sachliche Abhängigkeiten zwischen den einzelnen PSP-Elementen. Viele PSP-Elemente stehen in verschiedenen Abhängigkeitsbeziehungen zueinander.

So ergibt sich zum Beispiel die Dauer des Nachbetriebs oder des Rückbaubetriebs eines Kernkraftwerks aus der summarischen Dauer der Aktivitäten entlang des kritischen Pfads des Projektplans. Verzögert sich beispielsweise der Abtransport der Brennelemente, verlängert sich entsprechend auch der Nachbetrieb, was unmittelbar zu höheren Nachbetriebskosten führt. Terminliche Abhängigkeiten werden ebenso wie Abhängigkeiten in Bezug auf die angesetzten Personalkostensätze für die Bestimmung der Prognoseungenauigkeiten identifiziert und bei der weiteren Berechnung des Zuschlags berücksichtigt. Bei der Stilllegung werden ergänzend auch Abhängigkeiten in Bezug auf die Rückbaumassen berücksichtigt.

Die Abhängigkeiten zwischen den PSP-Elementen führen zu einer Vergrösserung der Unsicherheiten im Ergebnis. Die Konvergenz der Unsicherheit verringert sich. Die Abhängigkeiten führen dazu, dass eine analytische Lösung zur Bestimmung des Zuschlags für Prognoseungenauigkeiten nicht ohne weiteres zu berechnen ist. Daher wird als methodisches Hilfsmittel für die Zuschlagsermittlung die Monte-Carlo-Simulation[35] zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung der summierten Kosten verwendet.

In der Monte-Carlo-Simulation zu dieser Kostenstudie werden für die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der einzelnen PSP-Elemente eine grosse Anzahl Eingangswerte generiert. Zwischen den PSP-Elementen werden funktionale Abhängigkeiten berücksichtigt, die sich beispielsweise aus der Dauer von Tätigkeiten in der Termin- und Netzplanung ergeben. Unter Berücksichtigung der Unsicherheiten und der Abhängigkeiten ergibt sich als Resultat der Monte-Carlo-Simulation eine Wahrscheinlichkeitsverteilung der Kosten, aus der abzulesen ist, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein bestimmtes Kostenniveau über beziehungsweise unterschritten wird. Das Ergebnis der Monte-Carlo-Rechnung konvergiert bei steigender Anzahl von Simulationen gegen das korrekte Ergebnis. Für das hier gewählte Berechnungsmodell lässt sich zeigen, dass das Ergebnis nach rund 20'000 Simulationen zu stabilen Berechnungsresultaten führt.

Die Prognoseungenauigkeiten sind gemäss Vorgabe der Verwaltungskommission auf der Ebene der PSP-Elemente auszuweisen. Aus der Wahrscheinlichkeitsverteilung der summierten Kosten und den Monte-Carlo-Simulationen kann geschlossen werden, wie gross der Zuschlag für Prognoseungenauigkeit auf die einzelnen PSP-Elemente sein muss, damit die berechneten Kosten mit einer grossen Wahrscheinlichkeit nicht überschritten werden.

[34] Die Lognormalverteilung ist eine kontinuierliche Wahrscheinlichkeitsfunktion positiver reeller Zahlen und wird zum Beispiel in der Versicherungswirtschaft bei der Modellierung von Schadenshöhen benutzt.

[35] Die Monte-Carlo-Simulation ist ein Verfahren, bei dem eine Vielzahl bestimmter Wahrscheinlichkeitsverteilungen folgender, diskreter Werte für eine beliebige Rechenoperation generiert wird. Im vorliegenden Fall werden die Kosten eines PSP-Elements als Zufallszahlen innerhalb der zuvor definierten Toleranzgrenzen generiert. Diese zufälligen Werte können für die weiteren Berechnungen als unabhängige Einzelgrössen behandelt werden. Bei der Simulation der Zufallszahlen mittels der Monte-Carlo-Methode lassen sich beliebige Wahrscheinlichkeitsverteilungen und beliebige Abhängigkeitsstrukturen zwischen den Werten berücksichtigen. Das Ergebnis der Simulation ist eine Vielzahl von Einzelergebnissen, die in ihrer Gesamtheit Schlüsse auf die statistischen Eigenschaften des Gesamtergebnisses zulässt.

Diese Methode für die Rückrechnung ermöglicht es, dass PSP-Elemente die

- sehr unsicher sind,
- einen grossen Einfluss auf die Kosten haben oder
- grosse Abhängigkeiten in der Projektstruktur haben,

einen grösseren Zuschlag bekommen als Elemente, die diese Charakteristika nicht aufweisen. Die Zuschläge werden somit gemäss der Vorgabe der Verwaltungskommission für den Zuschlag für Prognoseungenauigkeiten für jedes Element der Kostenstruktur berechnet.

Es ist zu erwarten, dass mit zunehmendem Planungsfortschritt aufgrund des Erkenntnisgewinns den einzelnen PSP-Elementen sukzessive Toleranzgrenzen mit geringeren Streumassen zugewiesen werden können. Dies dürfte zukünftig tendenziell zu einem geringeren Zuschlag für Prognoseungenauigkeiten führen.

Kostenzuschläge für Gefahren und Kostenabzüge für Chancen

Gefahren werden verstanden als Erwartungswert von Kostenmehrungen, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zukünftig auftreten werden. Chancen werden analog als Erwartungswert von Kostenminderungen verstanden, die ebenfalls mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintreten werden.

Gemäss Vorgabe der Verwaltungskommission wurden die Kostenzuschläge für Gefahren auf der Basis einer quantitativen Risikoanalyse ermittelt. Dazu musste für jede relevante Gefahr deren Eintrittswahrscheinlichkeit und Kostenfolge aufgrund von Expertenwissen abgeschätzt werden. Auch die Bewertung der Gefahren und Chancen hinsichtlich Eintrittswahrscheinlichkeit und Risikoausmass unterliegt einer Unsicherheit. Zur Berücksichtigung dieser Unsicherheit und zur Ermittlung des Kostenzuschlags für Gefahren beziehungsweise des Kostenabzugs für Chancen wurde die gleiche Vorgehensweise wie bei der Ermittlung des Zuschlags für Prognoseungenauigkeiten gewählt.

Die einzelnen Gefahren und Chancen sind diskrete Ereignisse, deren Eintreten mit Ausnahme der zeitvariablen Gefahren und Chancen unabhängig vom Eintreten anderer Gefahren und Chancen ist. Im Rahmen der Risikoanalyse wurde eine Vielzahl von Risikoszenarien untersucht. Diese wurden hinsichtlich ihrer Relevanz (Auslöser, Eintrittswahrscheinlichkeit, Schadensbeziehungsweise Chancenpotenzial) untersucht. Die Beschreibung der Gefahren und Chancen, die Bewertung von Gefahrenausmass und Chancenpotenzial sowie der Eintrittswahrscheinlichkeiten erfolgten im Rahmen von mehreren Expertenworkshops, an denen Vertreter sämtlicher Kernanlagen beteiligt waren.

Die Kostenzuschläge für Gefahren und Kostenabzüge für Chancen werden nicht auf die einzelnen PSP-Elemente der Kalkulation zurückgerechnet. Die Zuschläge und Abzüge erfolgen auf die ermittelten Basiskosten. Zuschläge und Abzüge wurden unter Verwendung von Ereignisbäumen berechnet. Es wird jeweils unterstellt, dass die Ereignisbäume voneinander unabhängig sind.

Das Eintreten von Gefahren und Chancen ist unsicher, und die Anzahl der berücksichtigten Chancen und Gefahren ist begrenzt. Es ist nicht zu erwarten, dass alle Gefahren und Chancen im Projektverlauf eintreten werden. Mittels Monte-Carlo-Simulationen wurde untersucht, inwieweit der Saldo aus Gefahrenzuschlägen und Chancenabzügen die möglichen Kostenfolgen unterschiedlichster Eintrittsszenarien von Gefahren- beziehungsweise Chancenkombinationen abdeckt[36]. Die Untersuchung hat ergeben, dass die Kostenfolgen der häufigsten Gefahren- beziehungsweise Chancenkombinationen mit dem festgelegten Zuschlag, der sich rechnerisch als Differenz des Zuschlags für Gefahren und des Abzugs für Chancen ergibt, hinreichend abgedeckt sind.

[36] Die Monte-Carlo-Simulation für die Gefahren und Chancen unterscheidet sich von derjenigen für die Prognoseungenauigkeiten. Für die Bestimmung des Zuschlags für Prognoseungenauigkeiten werden die Ergebnisse der PSP-Elemente der Kalkulation des Kostenschätzers einer Monte-Carlo-Simulation unterzogen. Bei den Chancen und Gefahren sind es die Risikowerte, die sich als Ergebnisse der Ereignisbäume für die einzelnen Chancen und Gefahren ergeben.

Neben den zuvor beschriebenen Gefahren und Chancen, die in die Berechnung der Gefahrenzuschläge und Chancenabzüge für die jeweiligen Kernanlagen eingingen, wurden im Rahmen der Risikobetrachtung zur Kostenstudie 2026 eine Vielzahl weiterer Chancen und Gefahren identifiziert und evaluiert, jedoch in der Kostengliederung nicht explizit berücksichtigt. Die Gründe dafür lassen sich differenzieren. Es gibt Gefahren und Chancen, die bereits über andere, berücksichtigte Gefahren und Chancen abgedeckt sind, versicherte Gefahren und Gefahren, die über berücksichtigte risikomindernde Massnahmen wirkungsvoll reduziert werden konnten.

Die Chancen und Gefahren sind für jede Kostenstudie im Hinblick auf ihre Relevanz, das heisst ihre Eintrittswahrscheinlichkeit und die zu erwartende Kostenfolge, neu zu bewerten. Es ist davon auszugehen, dass der Zuschlag für Gefahren und der Abzug für Chancen mit zunehmendem Projektfortschritt tendenziell abnehmen, da einzelne Gefahren und Chancen eintreten und damit obsolet werden, während andere eliminiert werden können.

Kostenfolgen von nicht berücksichtigten Gefahren / Chancen

Relevant im Zusammenhang mit unbekannten oder aussergewöhnlichen Ereignissen mit sehr niedriger Eintrittshäufigkeit und sehr grossen Auswirkungen ist vor allem das Gefährdungspotenzial durch Freisetzung von Radioaktivität. Für Nachbetrieb und Stilllegung eines Kernkraftwerks ist entscheidend, dass bereits mit der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs und der Abschaltung des dann drucklosen Reaktors das Gefährdungspotenzial gegenüber dem Leistungsbetrieb erheblich reduziert wird. Mit dem Abtransport der Brennelemente sinkt zudem die Radioaktivität des auf der Anlage verbleibenden Materials kontinuierlich und beträgt ab Ende des Nachbetriebs weniger als 2 Prozent der ursprünglich vorhandenen. Mit zunehmendem Rückbaufortschritt nimmt dieses Gefährdungspotenzial weiter ab. Ausserdem ist der Hauptteil der verbleibenden Radioaktivität als Aktivierung fest in Materialien eingebunden und kann daher nicht verbreitet werden.

Damit verbunden sinkt das mögliche Schadensausmass für Schadensfälle mit Freisetzung von radioaktiv belastetem Material erheblich. Für Nuklearschäden besteht die gesetzlich vorgeschriebene Haftpflichtdeckung der Betreiber. Sie beträgt pro Kernkraftwerk umgerechnet gut 1 Milliarde Franken.

Sämtliche Positionen, die der Kategorie nicht berücksichtigte Gefahren und Chancen zugeordnet wurden, sind für jede Kostenstudie erneut im Hinblick auf eine allfällige Verschiebung in die Kategorie der zu berücksichtigenden Gefahren und Chancen zu prüfen.

Genereller Sicherheitszuschlag

Entsprechend den Vorgaben für die Erstellung der Kostenstudie 2026 ist der generelle Sicherheitszuschlag so zu berechnen, dass nach Einschätzung zum Zeitpunkt der Fertigstellung der Kostenstudie 2026 die Wahrscheinlichkeit einer allfälligen Kostenüberschreitung auf maximal 20 Prozent beschränkt wird.

3.3 Ermittlung der Stilllegungskosten durch die Siempelkamp NIS

Im Jahr 2024 beauftragte swissnuclear im Auftrag der Betreiber der Schweizer Kernanlagen die Siempelkamp NIS mit der Ermittlung der Stilllegungskosten für die Schweizer Kernkraftwerke und die Anlagen der Zwilag. Die Siempelkamp NIS hat umfangreiche Erfahrungen auf dem Gebiet der Kostenermittlungen für Nuklearprojekte und entwickelte ein speziell für diesen Sektor zugeschnittenes Kalkulationsmodell, das, wie schon in den Vorgängerstudien in den Jahren 2001, 2006, 2011, 2016 und 2021, auch für die vorliegende Kostenstudie 2026 eingesetzt wurde.

3.3.1 Kalkulationsmodell für die Kostenermittlung

Das von Siempelkamp NIS eingesetzte Kalkulationsmodell basiert auf einem «Bottom-up»-Ansatz. Dabei werden die Kosten auf der Ebene der Arbeitsschritte kalkuliert und nach oben aggregiert. Als Software zur Berechnung verwendet die Siempelkamp NIS die firmeneigene Software CORA-CALCOM.

CORA-CALCOM ist ein Programmsystem für die Planung von Rückbauprojekten, die Ermittlung von Kosten, Personalaufwand und Strahlenbelastung sowie der Komponentenerfassung mit integrierter Abfallentsorgungsplanung bei kerntechnischen Anlagen. Die generelle Struktur der Berechnung ist in Abbildung 4 dargestellt.

In CORA-CALCOM werden die Kosten für die einzelnen PSP-Elemente beziehungsweise Arbeitsschritte berechnet. Ausserdem werden weitere Informationen zum Projekt ausgegeben, wie zum Beispiel Kostenfluss oder Personenkapazität. Das Programmsystem gliedert sich in die zwei Module CORA und CALCOM.

CORA ist der Front-End-Teil der Kalkulationssoftware für die massengestützte Kalkulation. In CORA sind alle für die Entsorgungsplanung notwendigen anlagenspezifischen Eingangsdaten erfasst. Dies sind beispielsweise Massen, technische Komponentendaten, Raumdaten, Aktivitätswerte einschliesslich Kontamination und Aktivierung sowie Dosisleistungswerte, aber auch Referenzdaten für die Verpackung und die Entsorgungsziele.

CALCOM ist das Modul zur Kalkulation von Personalaufwendungen und Strahlenexposition sowie von Personal- und Sachkosten mit den in CORA gespeicherten Inventardaten einer Anlage und unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten aus anderen Umrüst- und Revisionsmassnahmen sowie Rückbauprojekten.

In CALCOM sind für die Kalkulation Arbeitsfaktoren, spezifische Kostenfaktoren, Einzelpreise und Verbrauchswerte hinterlegt. Die Arbeitsfaktoren sind aufgrund von Schrittfolgen von Demontagen hergeleitet und mit Werten aus Projekten mit vergleichbaren Tätigkeiten substantiiert worden. Sie sind erfahrungs- und analogiebasiert. Die Verbrauchswerte sind aus der Praxis abgeleitet, skaliert und mit Gewichtungsfaktoren versehen.

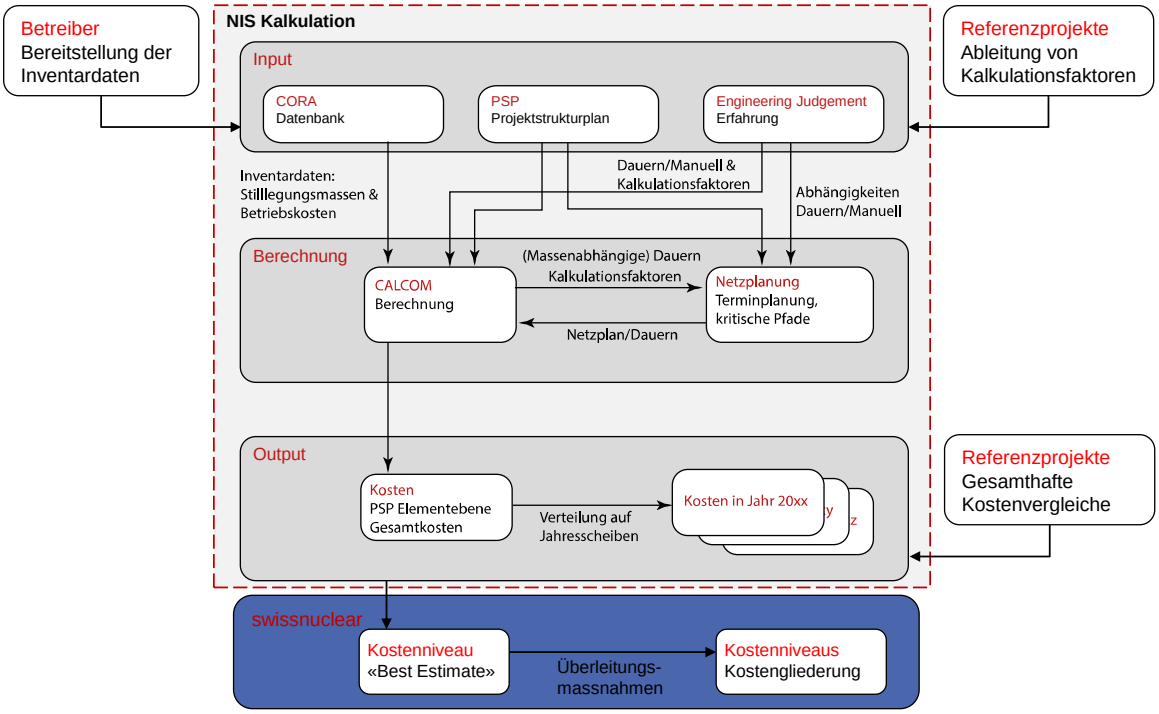


Abbildung 4: Überblick Kalkulationsmodell und Überleitung in die Kostengliederung für die Kostenstudie 2026.

Inventardaten aus der CORA-Datenbank, der Projektstrukturplan (PSP) und die Terminplanung bilden die Grundlage für die Kostenberechnungen in CALCOM. Der Terminplan ist wesentlich, um die Dauern und ihre Verknüpfungen beziehungsweise Abhängigkeiten in CALCOM abzubilden. Die Terminplanung wird basierend auf dem PSP von der Siempelkamp NIS unter Berücksichtigung von allenfalls vorhandenen Terminplanungen der Betreiber erstellt. Sie basiert auf der Erfahrung und Expertise der Siempelkamp NIS. Die Terminplanung (Netzplan) wird als Input an CALCOM übergeben.

Für die Kostenermittlung wird ein Rückbaukonzept angenommen, das dem heutigen Stand der Technik entspricht, mit den Verfahren und Techniken, die in den zurzeit laufenden Rückbauprojekten eingesetzt werden. Darüber hinaus ist beim KKM das Stilllegungsprojekt und die Stilllegungsverfügung sowie die fortgeführte Projektplanung Grundlage der Kostenermittlung. Die ermittelten Stilllegungskosten setzen sich im Wesentlichen zusammen aus:

- Personalkosten.
- Sachkosten, zum Beispiel: Investitionen (zum Beispiel Neueinrichtungen, Fernhantierungseinrichtungen, Verbrauchsmittel wie Betriebsmedien, Kleidung, Dekontaminationsmittel, Werkzeuge).
- Entsorgungskosten, zum Beispiel: Kosten für externe Behandlung von Materialien (Plasma-Anlage der Zwilag, Schmelzanlage).
- Deponiekosten.
- Behälterkosten.
- Transportkosten.
- zuteilbare Lagerkosten.

Siempelkamp NIS kalkuliert grundsätzlich auf Expertenwissen und Erfahrung basierende «Best-Estimate-Kosten». Dabei werden die Ist-Kosten realer Rückbauprojekte, wo vorhanden, als empirische Ex-post-Vergleichsgrundlage herangezogen. Wenn keine empirischen Vergleichsdaten vorliegen, werden hilfsweise Angebote oder Studien zur Kostenermittlung beigezogen. Diese Vergleichswerte dienen als Orientierungsgrösse und Plausibilisierung für den beschriebenen «Bottom-up»-Ansatz.

Die Verwendung von Ex-post-Erfahrungswerten und die Kalibrierung der Kostenermittlung mit Ex-post-Daten realer in Durchführung befindlicher oder durchgeführter Rückbauprojekte führen dazu, dass die Kostenermittlungen der Siempelkamp NIS auch Kostenelemente enthalten, die in der von der Verwaltungskommission vorgegebenen Kostengliederung den Basiskosten, aber auch anderen Kostenblöcken wie Gefahren oder Prognoseungenauigkeiten zuzuordnen sind. Entsprechend erfolgt eine Überleitung der «Best-Estimate-Kalkulation» in die Elemente der Kostengliederung. Bei der Berechnung der Kostenzuschläge wird die «Best-Estimate-Kalkulation» um zusätzliche Positionen entsprechend der detaillierten Bewertung von Unsicherheiten und Risiken sowie einen zusätzlichen generellen Sicherheitszuschlag ergänzt.

3.3.2 Erfahrungshintergrund der Kostenschätzer

Siempelkamp NIS arbeitet seit über 45 Jahren auf dem Gebiet der Stilllegung kerntechnischer Anlagen. Insbesondere konnten durch die Beteiligung an den zurzeit laufenden deutschen Stilllegungsprojekten wesentliche praktische Erfahrungen gewonnen werden, die auch in die Berechnungsgrundlagen der Kostenstudie 2026 eingeflossen sind. Darüber hinaus dienen die Kostenermittlungen für die übrigen Stilllegungsprojekte deutscher Kernkraftwerke als weitere Referenzen.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt von Siempelkamp NIS liegt auf der Ermittlung der Kosten für die Stilllegung und den Rückbau von Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs. Die daraus gewonnenen Erfahrungen haben ebenfalls Eingang in die Berechnungsgrundlagen der Kostenstudie 2026 gefunden.

Diese Kostenermittlungen dienen beispielsweise zur Festlegung der notwendigen Rückstellungen für alle Leistungsreaktoren in Deutschland. Auch ausserhalb Deutschlands wurden Stilllegungsstudien erstellt und Stilllegungskosten ermittelt, zum Beispiel in Belgien, Frankreich, Niederlande, der Schweiz und Slowenien.

In Deutschland besteht gemäss den Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke, ähnlich wie in der Schweiz, die Forderung, bereits vor Inbetriebnahme eines Kernkraftwerkes die Stilllegung konzeptionell nachzuweisen. Darüber hinaus enthalten die Betriebsgenehmigungen einiger Kernkraftwerke die Auflage, einen Stilllegungsnachweis vorzulegen und ihn in bestimmten Zeitabständen zu aktualisieren. Aus diesen Gründen wurde die konzeptionelle Machbarkeit der Stilllegung von Kernkraftwerken am Beispiel eines Druckwasser- und eines Siedewasserreaktors bereits 1977 durch die sogenannten Referenzstudien nachgewiesen.

Diese wurden im Auftrag der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke[37] von der Siempelkamp NIS erstellt. Diese Referenzstudien sind auch wesentlicher Bestandteil der Schweizer Stilllegungsstudien von 1980. Praktische Erfahrungen, die im Rahmen des Rückbaus stillgelegter Anlagen gewonnen wurden, sowie die Weiterentwicklung der Technik und Veränderungen in der Genehmigungspraxis führten zu mehrfachen Aktualisierungen der Referenzstudien.

In diesen Referenzstudien werden die folgenden Aspekte einer Stilllegung behandelt:

- Rechtliche Grundlagen.
- Einflüsse in Zusammenhang mit dem Genehmigungsverfahren.
- Vergleich des Stilllegungskonzeptes der deutschen Elektrizitätsversorgungsunternehmen mit den von der Internationalen Atomenergie-Organisation definierten Stilllegungsschritten.
- Einsetzbare Techniken und Verfahren.
- Konzeptionelles Vorgehen bei der Stilllegung von Kernkraftwerken.
- Methodik und Vorgaben, Annahmen und Rahmenbedingungen für die Ermittlung der Stilllegungskosten.

Siempelkamp NIS ermittelt auf regelmässiger Basis die Stilllegungskosten für die deutschen Kernkraftwerke. Dabei werden die Vorgaben, Annahmen und Rahmenbedingungen für die Ermittlung der Kosten dem jeweils neuesten Stand angepasst. Dadurch ist gewährleistet, dass die Erfahrungen aus den laufenden Stilllegungsprojekten kontinuierlich eingearbeitet werden. Die ermittelten Stilllegungskosten sind Basis für die Bildung von Rückstellungen für die spätere Stilllegung der Kernkraftwerke.

Neben der Berechnung der Stilllegungskosten für die im Rückbau befindlichen deutschen Kernkraftwerke ermittelt Siempelkamp NIS auch Stilllegungskosten für weitere Anlagen in Europa, zum Beispiel in Belgien. Für noch in Betrieb befindliche Kernkraftwerke in Deutschland berechnet die Siempelkamp NIS auch Stilllegungskosten von Anlagen, die sich bereits in der Stilllegung befinden. Beispielhaft sind zu nennen:

- Kostenermittlung für die Stilllegung sämtlicher Blöcke am Standort Greifswald.
- Kostenermittlung für die Stilllegung des Kernkraftwerks Rheinsberg.
- Jährliche projektbegleitende Ermittlung der Stilllegungskosten, Anpassung und Abgleich der Ergebnisse bei den Kernkraftwerken Würgassen, Mülheim-Kärlich, Stade und Obrigheim.
- Kostenermittlung und Projektbegleitung für alle Anlagen in Deutschland, denen die Betriebsgenehmigung mit dem Inkrafttreten der Novellierung des Atomgesetzes am 6. August 2011 entzogen wurde, einschliesslich des Kernkraftwerks Krümmel.

Die Flexibilität der Methodik und des Rechenprogramms erlauben es darüber hinaus, auch für andere kerntechnische Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs die Stilllegungskosten zu ermitteln. Dies wurde einschliesslich der Erstellung der dazugehörigen Stilllegungskonzepte von der Siempelkamp NIS zum Beispiel für folgende Anlagen in Deutschland durchgeführt:

- Pilotkonditionierungsanlage Gorleben.
- Urananreicherungsanlage in Gronau.
- Wiederaufarbeitungsanlage in Karlsruhe (letzte Aktualisierung 2018).
- Anlagen zur Behandlung, Verbrennung, Dekontamination und Konditionierung radioaktiver Abfälle des Forschungszentrums Karlsruhe (letzte Aktualisierung 2018).

Daneben wird von der Siempelkamp NIS die Methodik der Stilllegungskostenermittlung für Kernkraftwerke und andere Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs auch ausserhalb Deutschlands eingesetzt. Die ermittelten Ergebnisse werden dort zur Bemessung der Rückstellung von finanziellen Mitteln für die Stilllegung oder für die Budgetierung und Kostenkontrolle bei konkreten Stilllegungsprojekten verwendet.

[37] Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke e. V. (VDEW), Wirtschaftsverband zur Förderung der Elektrizitätswirtschaft, gegründet 1950 und 2007 im Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) aufgegangen.

Die Siempelkamp NIS wendet für ihre Ingenieur-, Dienst- und Beratungsleistungen ein Qualitätsmanagementsystem an, das die international üblichen Normen für Qualitätsmanagementsysteme[38] und die in Deutschland verbindlichen Anforderungen an die Lieferanten und Dienstleister für Kernkraftwerke[39] erfüllt. Dieses Qualitätsmanagementsystem ist durch eine akkreditierte Prüfstelle[40] zertifiziert. Darüber hinaus verfügt die Siempelkamp NIS über die Eignungsbestätigung[41] zur Qualitätssicherung gemäss deutschem Regelwerk[42].

Die Methodik der Kostenermittlung für die Stilllegung von Kernkraftwerken wurde auch von verschiedenen externen Organisationen geprüft und als nachvollziehbar und zutreffend bewertet. Beispiel sind:

- Bundesamt für Finanzen und Länderfinanzbehörden (Deutschland, 1997).
- Technische Universität Delft im Auftrag des niederländischen Ministeriums für Soziales und Arbeit (Niederlande, 1997).
- Beurteilung der Stilllegungsstudien der Schweizer Kernkraftwerke seit 2001 durch das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (Schweiz, 2002 et al.).
- PricewaterhouseCoopers Aktiengesellschaft Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (Deutschland, 2007), Auditierung der Kostenermittlung für die deutschen Kernkraftwerke.
- Expert Mission der IAEA bezüglich Stilllegungskostenermittlung für das Kernkraftwerk Krško (2010).
- Die Kostenstudien 2016 und 2021 wurde durch das ENSI / TÜV Nord / Basler & Hofmann und zusätzlich im Auftrag des STENFO durch NRG (Niederlande) und Atkins (UK, USA, Deutschland) geprüft.

Sinngemäss gelten das Vorgehen zur Ermittlung der Stilllegungskosten sowie die diesbezüglichen Erfahrungen und Kenntnisse der Siempelkamp NIS auf dem Gebiet der Stilllegung von kerntechnischen Anlagen auch für die Ermittlung der Kosten des Nachbetriebs.

Die Siempelkamp NIS ermittelte erstmals 2006 auch die Kosten des Nachbetriebs für die Schweizer Kernkraftwerke. Dabei wurden die Schweizer Verhältnisse, wie gesetzliche Regelungen, Entsorgungsstrategien und so weiter, berücksichtigt.

Die Siempelkamp NIS ermittelt inzwischen für alle deutschen Kernkraftwerke die Kosten des Nachbetriebs. Hierzu dienen in erster Linie Erfahrungswerte aus stillgelegten Anlagen, die den Nachbetrieb bereits abgeschlossen haben. Dabei gewinnt die Siempelkamp NIS Erfahrungen durch die Unterstützung der Anlagenbetreiber bei der Planung und Durchführung der erforderlichen Massnahmen, zum Teil aber auch durch Personaleinsatz direkt vor Ort, wie etwa im Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich oder im Kernkraftwerk Obrigheim. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden, nach entsprechender Überprüfung der Übertragbarkeit auf andere Anlagen, für die Ermittlung der Nachbetriebskosten der übrigen Kernkraftwerke genutzt. Durch die kontinuierliche Beteiligung der Siempelkamp NIS an den Stilllegungsprojekten ist somit gewährleistet, dass die Kostenermittlungen auf realistischen Grundlagen und belastbaren Basisdaten beruhen.

[38] DIN EN ISO 9001:2015 [16].
[39] KTA Regel 1401 [17].
[40] BSI Group Deutschland GmbH, Frankfurt am Main, Deutschland.
[41] Ausgestellt von der VGB-Arbeitsgemeinschaft «Auftragnehmerbeurteilung».
[42] KTA Regel 1401 [17].

4 Einflussfaktoren auf die Stilllegungskosten

Mit jeder Kostenstudie aktualisieren die Betreiber der Schweizer Kernanlagen die Eingangsgrössen für die Kostenermittlung. Dies betrifft unter anderem:

- das radiologische und physikalische Anlageninventar,
- den Personalbestand zum Zeitpunkt EELB beziehungsweise EEB,
- die Betriebskosten der Anlage,
- Arbeits- und Reduktionsfaktoren zur Kostenermittlung,
- weitere kostenrelevante Annahmen und Rahmenbedingungen.

Dabei fliessen auch Erkenntnisse aus dem Rückbau anderer Kernanlagen im In- und Ausland ein. Die Erfahrungen aus dem laufenden Rückbau im Kernkraftwerk Mühleberg und aus der Vorbereitung der Stilllegung des Kernkraftwerks Beznau werden auch für die Kostenermittlungen der anderen Schweizer Kernanlagen berücksichtigt.

Die wesentlichen Kostenänderungen, die sich aus den vorgenannten Aktualisierungen gegenüber der vorherigen Kostenstudie 2021 ergeben haben, werden in Kapitel 5 erläutert.

4.1 Anlageinventar

Eine wesentliche Voraussetzung für die Stilllegungsplanung und -kostenermittlung ist die Kenntnis des Anlageinventars, das demontiert beziehungsweise abgerissen werden soll.

Hierbei sind das physikalische Inventar (zum Beispiel Massen der Komponenten und Einrichtungen, Gebäudemassen) und der radiologische Zustand zum Zeitpunkt der Stilllegung relevant. Das Anlageninventar wird für die Kostenstudien regelmässig überprüft und, falls erforderlich, aktualisiert.

Gegebenenfalls bestehende Unsicherheiten werden in den Prognoseungenauigkeiten berücksichtigt. Bei der Erfassung des Inventars werden alle Massen erhoben, auch diejenigen, die den konventionellen Rückbau betreffen.

Wichtig für die Ermittlung der Stilllegungskosten ist die Kenntnis der Komponenten, Einrichtungen und Gebäudemassen innerhalb und ausserhalb der kontrollierten Zone. Für die Stilllegungsplanung und -kostenermittlung sind die Komponenten und Einrichtungen innerhalb der kontrollierten Zone von wesentlicher Bedeutung.

Das radiologische Inventar setzt sich aus kontaminiertem und aktiviertem Material zusammen. Für die Stilllegungsplanung und -kostenermittlung werden alle Komponenten und Einrichtungen innerhalb der kontrollierten Zone als kontaminiert beziehungsweise aktiviert angesehen, bis messtechnisch nachgewiesen ist, dass die Radioaktivität unterhalb der vorgeschriebenen Grenzwerte der gültigen Strahlenschutzverordnung [10] liegt. Die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) ermittelt die Aktivierungsaktivität für das aktivierte Inventar und stellt die Ergebnisse der Siempelkamp NIS für die weiteren Auswertungen zur Verfügung.

Die Tabelle 3 (KKB), Tabelle 4 (KKM), Tabelle 5 (KKG) und Tabelle 6 (KKL) geben einen Überblick über Komponenten- und Gebäudemassen (Primärmassen) innerhalb und ausserhalb kontrollierter Zonen der Kernkraftwerke. Die Massen des ZWIBEZ sind in Tabelle 7 und diejenigen des zentralen Zwischenlagers in Tabelle 8 aufgeführt. Die in Tabelle 3 bis Tabelle 8 dargestellte Massenerhebung weist auch einen Vergleich mit der Kostenstudie 2021 aus.

Kernkraftwerk Beznau

Tabelle 3: Erfasste Massen des Kernkraftwerks Beznau und Vergleich zur Kostenstudie 2021.

	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Kontrollierte Zone			
Komponentenmasse	13'336	13'732	-396
Komponentenmasse[a)]	953	930	23
Gebäudemasse (> -2 m)[b)]	159'317	151'917	7'400
Gebäudemasse (< -2 m)	77'117	77'117	0
Zwischensumme	**250'723**	**243'696**	**7'027**
Ausserhalb kontrollierte Zone			
Komponentenmasse	21'128	21'128	0
Gebäudemasse (> -2 m)[b)]	130'673	128'673	2'000
Gebäudemasse (< -2 m)	49'076	49'076	0
Zwischensumme	**200'876**	**198'876**	**2'000**
Gesamt zu demontierende Masse	**451'599**	**442'572**	**9'027**

a) Bereits ausgebaute Grosskomponenten.
b) Inklusiv Massen im Oberwasserkanal

Bei den Änderungen der Komponentenmassen für das KKB wurden im Rahmen der Kostenstudie 2026 keine grundlegenden Neuermittlungen des Anlageninventars durchgeführt. Die Bewertung basiert weiterhin auf den für Kostenstudie 2021 erhobenen Daten. Diese wurden durch Ergebnisse aus der radiologischen Anlagencharakterisierung und durch aktualisierte Angaben des KKB zum geplanten Demontagevorgehen ergänzt. Anpassungen ergaben sich insbesondere durch die vorgesehene Entfernung der inneren Gebäudestrukturen in den beiden Sicherheitsgebäuden vor Auszonung sowie die Demontage der Brennelementlagerbecken einschliesslich der zugehörigen Bodenstrukturen und den Rückbau von Sickerbeton und Kieskofferbereichen in Fundamentausfachungen. Zusätzlich wurden die Massenansätze für Einrichtungen, Komponenten und Gebäudestrukturen innerhalb und ausserhalb der kontrollierten Zone überprüft sowie teilweise aktualisiert beziehungsweise neu zugeordnet. In diesem Zusammenhang wurden Aktivitäten, die in der Kostenstudie 2021 noch Gefahrenpositionen zugeordnet waren, neu in den Basiskosten verarbeitet und die Gefahren wurden entsprechend angepasst.

Kernkraftwerk Mühleberg

Tabelle 4: Erfasste Massen des Kernkraftwerks Mühleberg und Vergleich zur Kostenstudie 2021.

	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Kontrollierte Zone			
Komponentenmasse[a)]	11'251	12'453	-1'201
Gebäudemasse (> -2 m)	68'024	68'297	-273
Gebäudemasse (< -2 m)	50'238	50'238	0
Zwischensumme	**129'513**	**130'987**	**-1'474**
Ausserhalb kontrollierte Zone			
Komponentenmasse	4'472	4'471	1
Gebäudemasse (> -2 m)	46'157	46'157	0
Gebäudemasse (< -2 m)	21'314	21'314	0
Zwischensumme	**71'943**	**71'942**	**1**
Gesamt zu demontierende Masse	**201'456**	**202'929**	**-1'473**

a) Biologischer Schild gilt hier als Komponente (1'392 Mg).

Für die Kostenstudie 2026 wurden beim KKM die Komponenten- und Gebäudemassen anhand aktualisierter Inventardaten und des aktuellen Anlagenzustands überprüft und angepasst. Im Vergleich zur Kostenstudie 2021 ergaben sich dabei geringere Massen innerhalb der kontrollierten Zone, was insbesondere auf die Präzisierung bisher konservativer Massenansätze zurückzuführen ist. Zusätzlich wurden für die Kostenstudie 2026 Bearbeitungsfortschritte im Rahmen bisher erzielter Demontage- und Materialbehandlung berücksichtigt.

Kernkraftwerk Gösgen

Tabelle 5: Erfasste Massen des Kernkraftwerks Gösgen und Vergleich zur Kostenstudie 2021.

	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Kontrollierte Zone			
Komponentenmasse	11'985	12'163	-179
Gebäudemasse (> -2 m)	158'984	159'543	-559
Gebäudemasse (< -2 m)	60'633	69'164	-8'531
Zwischensumme	**231'602**	**240'871**	**-9'269**
Ausserhalb kontrollierte Zone			
Komponentenmasse	23'608	23'406	202
Gebäudemasse (> -2 m)	259'967	280'608	-20'641
Gebäudemasse (< -2 m)	57'956	42'258	15'697
Zwischensumme	**341'530**	**346'272**	**-4'742**
Gesamt zu demontierende Masse	**573'132**	**587'143**	**-14'011**

Für die Kostenstudie 2026 wurden beim KKG die Komponenten- und Gebäudemassen anhand aktualisierter Inventardaten überprüft. Im Vergleich zur Kostenstudie 2021 ergaben sich innerhalb der kontrollierten Zone geringfügig reduzierte Massen. Die Reduktion ist unter anderem auf die Korrektur eines zuvor doppelt erfassten Teilstücks im Bereich des Reaktordruckbehälters zurückzuführen. Zwar wurden ausserhalb der kontrollierten Zone zusätzliche Bauwerke wie das Deionatbecken berücksichtigt, insgesamt ergaben sich jedoch aufgrund der aktualisierten und präzisierten Inventardaten tiefere Gesamtmassen gegenüber der Kostenstudie 2021.

Kernkraftwerk Leibstadt

Tabelle 6: Erfasste Massen des Kernkraftwerks Leibstadt und Vergleich zur Kostenstudie 2021.

	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Kontrollierte Zone			
Komponentenmasse	26'477	26'477	0
Gebäudemasse (> -2 m)	280'086	280'086	0
Gebäudemasse (< -2 m)	122'213	122'213	0
Zwischensumme	**428'775**	**428'775**	**0**
Ausserhalb kontrollierte Zone			
Komponentenmasse	9'354	9'354	0
Gebäudemasse (> -2 m)	310'462	310'462	0
Gebäudemasse (< -2 m)	1'799	1'799	0
Zwischensumme	**321'615**	**321'615**	**0**
Gesamt zu demontierende Masse	**750'390**	**750'390**	**0**

Für die Kostenstudie 2026 wurden beim KKL die Komponenten- und Gebäudemassen anhand der bestehenden Inventardaten überprüft. Gegenüber der Kostenstudie 2021 ergaben sich keine Änderungen der Gesamtmassen.

ZWIBEZ

Tabelle 7: Erfasste Massen des ZWIBEZ und Vergleich zur Kostenstudie 2021.

	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Ausserhalb kontrollierte Zone			
Komponentenmasse	516	516	0
Gebäudemasse (> -2 m)	25'872	25'872	0
Gebäudemasse (< -2 m)	12'788	12'788	0
Gesamt zu demontierende Masse	**39'176**	**39'176**	**0**

Zwilag

Tabelle 8: Erfasste Massen des Zwilag und Vergleich zur Kostenstudie 2021.

	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Kontrollierte Zone			
Komponentenmasse	8'316	8'316	0
Gebäudemasse (> -2 m)	154'656	154'656	0
Gebäudemasse (< -2 m)	43'293	43'293	0
Zwischensumme	**206'265**	**206'265**	**0**
Ausserhalb kontrollierte Zone			
Komponentenmasse	998	998	0
Gebäudemasse (> -2 m)	12'576	12'576	0
Gebäudemasse (< -2 m)	1'343	1'343	0
Zwischensumme	**14'917**	**14'917**	**0**
Lucens-Inventar	**263**	**263**	**0**
Gesamt zu demontierende Masse	**221'445**	**221'445**	**0**

Die in Kostenstudie 2026 ausgewiesenen Gesamtmassen entsprechen weitgehend denjenigen der Kostenstudie 2021, da keine vollständige Neuermittlung der Massen durchgeführt wurde und die bestehenden Eingangsdaten grundsätzlich übernommen wurden. Anpassungen betreffen primär die detailliertere Erfassung des Anlageninventars, insbesondere die explizite Zuordnung von mobilen Einrichtungen (zum Beispiel Lagercontainer) innerhalb der kontrollierten Zone. Diese waren in Kostenstudie 2021 entweder nicht separat ausgewiesen oder bereits implizit in den Gesamtmassen enthalten. Die daraus resultierenden Änderungen betreffen somit vor allem die Struktur und Transparenz der Massenzuordnung, ohne die ausgewiesenen Gesamtmassen wesentlich zu verändern.

4.2 Massenverteilung

Damit, wie im Strahlenschutzgesetz[43] verlangt, möglichst wenig radioaktive Abfälle entstehen, werden radioaktive und nicht radioaktive Materialien getrennt und die radioaktiven Materialen, wenn möglich und für die Befreiung sinnvoll, dekontaminiert.

Daraus ergibt sich eine Aufteilung der Massen aus der kontrollierten Zone auf die Entsorgungsziele radiologische Befreiung (gegebenenfalls nach vorheriger Abklinglagerung) beziehungsweise geologische Tiefenlagerung. Des Weiteren werden die Entsorgungspfade Ablagerung und Verwertung geprüft.

Tabelle 9 (KKB), Tabelle 11 (KKM), Tabelle 13 (KKG) und Tabelle 15 (KKL) zeigen einen Vergleich der Massen pro Entsorgungsziel (Kostenstudie 2021 zu Kostenstudie 2026). Die Massen pro Entsorgungsziel des Zwischenlagers der Zwilag sind in der Tabelle 17 aufgeführt.

Die radioaktiven Abfälle ergeben sich aus den kontaminierten beziehungsweise aktivierten Primärmassen[44] und den beim Rückbau und der Materialbehandlung anfallenden Sekundärmassen[45].

Die Aufteilung der radioaktiven Abfälle nach Primär- und Sekundärmassen zeigen Tabelle 10 (KKB), Tabelle 12 (KKM), Tabelle 14 (KKG) und Tabelle 16 (KKL) im Vergleich der beiden betrachteten Stilllegungskostenstudien von 2021 und 2026. Die Masse für die Verpackung (Behälter beziehungsweise Container) der radioaktiven Abfälle ist in den angegebenen Werten nicht enthalten.

Für KKB ergeben sich im Vergleich zur Kostenstudie 2021 leichte Änderungen in den Mengen der radioaktiven Abfälle. Diese sind auf die Fortschreibung und Präzisierung der bestehenden Datengrundlage zurückzuführen, da keine grundsätzliche Neuermittlung der Massen erfolgte. Verfeinerte Zuordnungen zu Kontaminationsklassen sowie Anpassungen im Rückbau- und Behandlungskonzept, insbesondere durch weitergehende Entkernungsmassnahmen, führen zu einer leicht veränderten Verteilung der Massen auf die Entsorgungswege. Zusätzliche Verschiebungen ergeben sich durch konservativere Annahmen bei der Freimessung und Behandlung. Insgesamt spiegeln die Änderungen eine präzisere Abbildung des Inventars wider, ohne dass sich das radioaktive Gesamtniveau wesentlich verändert.

Beim KKM zeigt sich gegenüber der Kostenstudie 2021 eine Reduktion der aus der kontrollierten Zone den Entsorgungszielen zugeordneten Massen. Diese ist in erster Linie auf den fortgeschrittenen Rückbau sowie auf die konsequente Umsetzung optimierter Dekontaminations- und Freimessstrategien zurückzuführen. Die auf realen Projekterfahrungen basierende Verfeinerung der Materialbehandlung und der Verteilungsfaktoren führt dazu, dass ein grösserer Anteil der Materialien freigemessen werden kann und somit nicht als radioaktiver Abfall entsorgt werden muss. Eine Veränderung des zugrunde liegenden radiologischen Inventars liegt dabei nicht vor.

Auch beim KKG und beim KKL resultiert die Reduktion der den Entsorgungszielen zugeordneten Massen aus der kontrollierten Zone primär aus optimierten Dekontaminations- und Freimessstrategien sowie aus einer verfeinerten und weniger konservativen Zuordnung der Materialien auf die Behandlungspfade. Diese Anpassungen basieren insbesondere auf aktualisierten Erfahrungswerten aus anderen Stilllegungsprojekten und führen dazu, dass ein grösserer Anteil der Materialien freigemessen oder behandelt werden kann. Eine Änderung des zugrunde liegenden radiologischen Inventars liegt hingegen nicht vor.

In den Stilllegungsplänen wird angestrebt, dass möglichst wenig metallisches Material in das geologische Tiefenlager eingebracht wird. Daher wurde die Möglichkeit berücksichtigt, schwach kontaminiertes beziehungsweise aktiviertes Material zum Einschmelzen an einen Schmelzbetrieb, der eine entsprechende Umgangsbewilligung besitzt, zu bringen. Über den Schmelzvorgang lässt sich eine Dekontamination erzielen, die es erlaubt, das erzeugte Schmelzgut anschliessend freizugeben. Die Radioaktivität sammelt sich in den dabei entstehenden Schlacken und Filterstäuben, die zurückgenommen und als radioaktiver Abfall entsorgt werden.

[43] Art. 25 Abs. 2 StSG [9].

[44] In den Tabellen 10, 12, 14, 16 und 18 werden bei den Primärmassen auch radioaktive Abfälle eingebrachter Zusatzmassen (Masse aus den speziell für den Rückbau der Anlage neu installierten Komponenten und Einrichtungen) ausgewiesen.

[45] Als Primärmasse wird die Masse aller Komponenten und Einrichtungen der Kernanlage verstanden, die zu Beginn der Stilllegung vorhanden ist. Als Sekundärmasse wird die Masse der Verbrauchsmittel und des Verbrauchsmaterials verstanden, das während des Rückbaus anfällt (zum Beispiel Zonenkleidung, Folien, Dekontaminationsmittel, Flüssigkeiten) [7].

Kernkraftwerk Beznau

Tabelle 9: Verteilung der Massen aus der kontrollierten Zone auf die Entsorgungsziele, KKB.

Entsorgungsziele	Masse aus kontrollierter Zone		
	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Freigabe [a)]	246'519	241'614	4'906
Geologisches Tiefenlager	5'712	3'578	2'134
Gesamt	**252'232**	**245'192**	**7'039**

[a)] Einschliesslich Zusatzmassen.

Tabelle 10: Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung, KKB.

	Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung		
	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Radioaktive Abfälle aus Primärmassen	**5'254**	**3'133**	**2'121**
Kontaminierte Massen	2'642	515	2'127
Aktivierte Massen (z. B. RDB-Einbauten, RDB)	492	512	-20
Beton (z. B. aktivierter Beton, Oberflächenabtrag)	2'119	2'105	14
Radioaktive Abfälle aus Sekundärmassen	**459**	**446**	**13**
Gesamt	**5'712**	**3'578**	**2'134**

Kernkraftwerk Mühleberg

Tabelle 11: Verteilung der Massen aus der kontrollierten Zone auf die Entsorgungsziele, KKM.

Entsorgungsziele	Masse aus kontrollierter Zone		
	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Freigabe	127'860	129'209	-1'349
Geologisches Tiefenlager	2'672	2'812	-140
Gesamt	**130'531**	**132'021**	**-1'490**

Tabelle 12: Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung, KKM.

	Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung		
	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Radioaktive Abfälle aus Primärmassen	**2'403**	**2'528**	**-125**
Kontaminierte Massen	845	850	-5
Aktivierte Massen (z. B. RDB-Einbauten, RDB)	356	396	-40
Beton (z. B. aktivierter Beton, Oberflächenabtrag)	1'202	1'282	-80
Radioaktive Abfälle aus Sekundärmassen	**268**	**284**	**-16**
Gesamt	**2'672**	**2'812**	**-140**

Kernkraftwerk Gösgen

Tabelle 13: Verteilung der Massen aus der kontrollierten Zone auf die Entsorgungsziele, KKG.

Entsorgungsziele	Masse aus kontrollierter Zone		
	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Freigabe [a)]	229'673	238'969	-9'295
Geologisches Tiefenlager	3'239	3'296	-58
Gesamt	**232'912**	**242'265**	**-9'353**

[a)] Einschliesslich Zusatzmassen.

Tabelle 14: Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung, KKG.

	Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung		
	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Radioaktive Abfälle aus Primärmassen	**2'928**	**2'902**	**26**
Kontaminierte Massen	990	992	-2
Aktivierte Massen (z. B. RDB-Einbauten, RDB)	517	517	0
Beton (z. B. aktivierter Beton, Oberflächenabtrag)	1'422	1'394	28
Radioaktive Abfälle aus Sekundärmassen	**310**	**394**	**-84**
Gesamt	**3'239**	**3'296**	**-58**

Kernkraftwerk Leibstadt

Tabelle 15: Verteilung der Massen aus der kontrollierten Zone auf die Entsorgungsziele, KKL.

Entsorgungsziele	Masse aus kontrollierter Zone		
	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Freigabe [a)]	424'320	424'401	-80
Geologisches Tiefenlager	6'060	6'126	-65
Gesamt	**430'381**	**430'526**	**-146**

[a)] Einschliesslich Zusatzmassen.

Tabelle 16: Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung, KKL.

	Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung		
	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Radioaktive Abfälle aus Primärmassen	**5'355**	**5'275**	**80**
Kontaminierte Massen	2'779	2'754	24
Aktivierte Massen (z. B. RDB-Einbauten, RDB)	1'133	1'077	56
Beton (z. B. aktivierter Beton, Oberflächenabtrag)	1'443	1'443	0
Radioaktive Abfälle aus Sekundärmassen	**705**	**851**	**-146**
Gesamt	**6'060**	**6'126**	**-65**

Zwilag

Tabelle 17: Verteilung der Massen aus der kontrollierten Zone auf die Entsorgungsziele, Zwilag.

Entsorgungsziele	Masse aus kontrollierter Zone		
	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Freigabe [a)]	206'009	206'009	0
Geologisches Tiefenlager	535	534	1
Gesamt	**206'544**	**206'543**	**1**

[a)] Einschliesslich Zusatzmassen.

Tabelle 18: Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung, Zwilag.

	Radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung		
	KS26 [Mg]	KS21 [Mg]	Differenz [Mg]
Radioaktive Abfälle aus Primärmassen	**256**	**256**	**0**
Kontaminierte Massen	227	227	0
Oberflächenabtrag aus Gebäudedekontamination	29	29	0
Radioaktive Abfälle aus Sekundärmassen	**16**	**15**	**1**
Lucens-Inventar	**263**	**263**	**0**
Gesamt	**535**	**534**	**1**

4.3 Materialbehandlung und Entsorgung

4.3.1 Trennung von radioaktivem und nicht radioaktivem Material

Die bei der Stilllegung einer Kernanlage anfallenden Materialien müssen gemäss den bestehenden gesetzlichen und behördlichen Regelungen und sonstigen Vorschriften entsorgt werden. Dabei wird wie folgt unterschieden:

Nicht radioaktive Materialien

Als nicht radioaktive Materialien werden die während der Stilllegung anfallenden Materialien, Gegenstände, Anlagen und Anlagenteile bezeichnet, die weder kontaminiert noch aktiviert sind.

Radioaktive Materialien

Als radioaktive Materialien werden die während der Stilllegung anfallenden Materialien, Gegenstände, Anlagen und Anlagenteile bezeichnet, die kontaminiert beziehungsweise aktiviert sind oder sein können. Radioaktive Materialien werden entweder als radioaktiver Abfall entsorgt oder nach Dekontamination und Freimessung konventionell entsorgt oder weiterverwendet.

4.3.2 Materialbehandlung und Befreiung

Nach der Demontage kann eine Materialbehandlung durch Nachzerlegung und Dekontamination erforderlich sein. Die Nachzerlegung erfolgt mit dem Ziel, demontierte Bauteile auf die erforderliche Geometrie für Dekontamination und Freimessung zu bringen. Es werden dafür in der Regel die bereits bei der Demontage eingesetzten Zerlegetechniken eingesetzt. Die Nachzerlegung der demontierten Bauteile zur weiteren Materialbehandlung erfolgt hauptsächlich mit mechanischen und thermischen Trennverfahren.

Die Dekontamination dient der Beseitigung oder Verminderung von radioaktiven Verunreinigungen, das heisst von Oberflächen- oder Volumenkontamination mittels chemischer oder physikalischer Verfahren, zum Beispiel durch Abwaschen oder Reinigung mit Chemikalien. Das Ziel der Dekontamination ist die Reduktion der Aktivität zur radiologischen Befreiung des Materials. Zusätzlich werden dadurch die Strahlenexposition und Inkorporationsgefahr des Personals und das Potenzial zur Kontaminationsverschleppung bei den nachfolgenden Arbeiten gesenkt.

Bei der Auswahl der anzuwendenden Verfahren werden Aspekte der Bedienbarkeit, der Zugänglichkeit, des erforderlichen Strahlenschutzes, des Ressourcenaufwands, des Zeit-, Lager- und Dekontaminationsaufwands sowie der insgesamt zu erwartende Sekundärabfall und dessen Entsorgungsweg berücksichtigt.

Die Befreiung von Materialien von der strahlenschutzrechtlichen Bewilligung und behördlichen Aufsicht durch die Freimessung ist der messtechnische Nachweis, dass die Freimesskriterien für die Befreiung von Materialien eingehalten sind. Die Anforderungen an die Freimessung von Material aus Kontroll- und Überwachungsbereichen sind in der Richtlinie ENSI-B04 [18] definiert. Die Kriterien für die Freimessung sind in Art. 84 und Art. 106 StSV [10] festgelegt. Das Vorgehen zur Freimessung ist in Abschnitt 9.2. der Richtlinie ENSI-B04 [18] beschrieben.

4.3.3 Abklinglagerung, Ablagerung, Verwertung

Neben der Abklinglagerung (Art. 117 StSV [10]) eröffnet die Strahlenschutzverordnung weitere alternative Entsorgungspfade für Abfälle mit geringer Aktivität. Dazu gehört die Ablagerung auf einer Deponie (Art. 114 StSV [10]) und die Verwertung (Art. 115 StSV [10])[46]. Diese Entsorgungspfade sind grundsätzlich gegenüber der geologischen Tiefenlagerung zu bevorzugen, da sie ressourcenschonend sind und die radioaktiven Abfälle für die geologische Tiefenlagerung reduzieren (siehe Gebot der Minimierung von radioaktivem Abfall gemäss Art. 50 KEV [8]).

Insbesondere muss die Abklinglagerung gemäss Art. 117 StSV [10] angewendet werden, wenn:

- keine gesamthaft günstigere Alternative für Mensch und Umwelt zur Verfügung steht und
- deren Aktivität aufgrund des radioaktiven Zerfalls spätestens 30 Jahre nach dem Ende der Verwendung des ursprünglichen Materials so weit abgeklungen ist, dass sie nach Art. 106 StSV [10] freigemessen oder nach Art. 115 StSV [10] verwertet werden können.

Ziel ist es, einen grossen Teil der radioaktiven Abfälle, gegebenenfalls nach einer allfälligen Abklinglagerung, als inaktiv zu befreien und diese dann konventionell zu entsorgen. Bei den für Abklinglagerung geeigneten Materialien handelt es sich vorwiegend um Beton.

Tabelle 19: Gesamtmassen aus der kontrollierten Zone, welche der Abklinglagerung zugeführt werden.

	Gesamtmasse für die Abklinglagerung [Mg]
Kernkraftwerk Beznau	2'523
Kernkraftwerk Mühleberg	338
Kernkraftwerk Gösgen	859
Kernkraftwerk Leibstadt	8'060
Gesamtsumme	**11'780**

Neben der Abklinglagerung wird in der Durchführung der Stilllegung geprüft, ob Abfälle mit geringer Aktivität den Entsorgungspfaden Verwertung und Ablagerung zugeführt werden können. Die Zuordnung von Materialien zu diesen Entsorgungspfaden erfolgt im Rahmen der detaillierten Entsorgungsplanung der Kernanlagen. In der Kostenstudie 2026 werden diese Entsorgungspfade nur beim KKM berücksichtigt.

[46] Gemäss Art. 51a^{bis} KEV [8] besteht im Sinne von Art. 31 KEG [1] keine Entsorgungspflicht für radioaktive Abfälle mit geringer Aktivität, die über die in den Art. 111–116 StSV [10] beschriebenen Entsorgungspfade an die Umwelt abgegeben werden dürfen.

4.3.4 Konditionierung

Radioaktive Materialien, die als radioaktive Abfälle der Tiefenlagerung zugeführt werden, sind zu konditionieren.

Unter Konditionierung wird gemäss Art. 3 Bst. g KEG [1] die Gesamtheit der Operationen verstanden, mit der radioaktive Abfälle für die Zwischenlagerung und für die Lagerung in ein geologisches Tiefenlager vorbereitet werden. Das Ergebnis der Konditionierung ist das Abfallgebinde. Es besteht aus den radioaktiven Abfällen und deren transport- und endlagerfähiger Verpackung.

Für die Verpackung der anfallenden radioaktiven Abfälle sind folgende Behälter beziehungsweise Container vorgesehen[47]:

- Fässer (200 l),
- Presskartuschen (180 l) – die beim Hochdruck-Pressen entstehenden Pellets werden in Fässer oder Lagercontainer verpackt,
- MOSAIK Typ II,
- Lagercontainer LC-84,
- Lagercontainer LC-86.

Generell werden bei der Verpackung der radioaktiven Abfälle in Fässer oder Lagercontainer die Hohlräume zum Beispiel mit Betongranulat aus der Gebäudedekontamination oder Mörtel verfüllt.

Die anfallenden radioaktiven Abfälle werden nach den in der Schweiz gültigen gesetzlichen und behördlichen Vorgaben (insbesondere Richtlinie ENSI-B05 [19]) sowie unter Berücksichtigung ergänzender, mit der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) vereinbarter Anforderungen konditioniert. Es wird von der Verfügbarkeit des geologischen Tiefenlagers zur Einlagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen (SMA) ab dem Jahr 2050 ausgegangen.

Die Berechnung der erforderlichen Anzahl Container wird auf der Basis von Verpackungsfaktoren, das heisst Masse an Abfall je Behälter, durchgeführt. Die verwendeten Daten sind in Tabelle 20 zusammengestellt. Mehrfachverpackungen, zum Beispiel Verpacken von Materialien in 180 Liter-Presstrommeln, die nach dem Hochdruck-Pressen dann als Pellets in 200 Liter-Fässer verpackt werden, werden ebenfalls berücksichtigt.

Die verpackte Masse und die Anzahl der erzeugten Lagerbehälter werden für KKB in Tabelle 21, für KKM in Tabelle 22, für KKG in Tabelle 23 und für KKL in Tabelle 24 jeweils im Vergleich zur Kostenstudie 2021 dargestellt. Tabelle 25 zeigt für das zentrale Zwischenlager Würenlingen die Menge an radioaktivem Abfall je Behältertyp und die Anzahl der erzeugten Behälter.

[47] Hinweis: Die genannten Behälterbezeichnungen sind exemplarisch zu verstehen. In einem konkreten Stilllegungsprojekt können auch andere Behälter Verwendung finden, wenn sie die technischen Anforderungen erfüllen.

Tabelle 20: Verpackungsfaktoren.

Behälter- bzw. Container-Typ	Abfallart	Verpackte Masse [kg]	
		KS26	KS21
180 l-Presskartusche	Mischmaterial leicht	100	100
	Mischmaterial Standard	150	150
	Isolation	60	60
	Ausmauerung/Schlacke	150	150
	Staub	45	45
200 l-Fass	Stahl	320 - 330	320
	Edelstahl	98	170
	Glaskokille	340	340
	Mischmaterial leicht	400	400
	Mischmaterial Standard	450	450
	Isolation	300	300
	Konzentrate / Harze	200	200
	Ausmauerung/Schlacke	170 - 300	170 - 300
	Staub	50 - 225	50 - 225
	Dekontgranulat	540	540
	HDW-Abtrag/Konzentrat	250	250
MOSAIK Type II	Edelstahl	754	744
MOSAIK Type II (mit 20 mm Zusatz Abschirmung)	Edelstahl	562 - 650	651 - 727
MOSAIK Type II (mit 25 mm Zusatz Abschirmung)	Edelstahl	-	606
MOSAIK Type II (mit 30 mm Zusatz Abschirmung)	Edelstahl	-	600
MOSAIK Type II (mit 35 mm Zusatz Abschirmung)	Edelstahl	513 - 575	563
MOSAIK Type II (mit 45 mm Zusatz Abschirmung)	Edelstahl	933	772
MOSAIK Type II (mit 55 mm Zusatz Abschirmung)	Edelstahl	481 - 532	470 - 531
MOSAIK Type II (mit 65 mm Zusatz Abschirmung)	Edelstahl	443 - 699	442 - 791
MOSAIK Type II (mit 75 mm Zusatz Abschirmung)	Edelstahl	396	413
MOSAIK Type II (mit 80 mm Zusatz Abschirmung)	Edelstahl	380	-
MOSAIK Type II (mit 90 mm Zusatz Abschirmung)	Edelstahl	621	225 - 592
MOSAIK Type II (mit 100 mm Zusatz Abschirmung)	Edelstahl	305	-
MOSAIK Type II (mit 110 mm Zusatz Abschirmung)	Edelstahl	525	523
Lagercontainer - LC-84	Beton (normal/schwer)	5'998	6'080
	Edelstahl	1'735 - 3'772	2'508 - 8'705
	Stahl	4'978 - 6'492	4'955 - 5'182
	Isolierung	444 - 1'413	1'400
Lagercontainer - LC-84-plus	Edelstahl	-	2'121 - 2'508
	Stahl	-	2'292
Lagercontainer - LC-86	Normalbeton	4'591 - 4'790	4'545 - 6'372
	Normalbeton inkl. Armierung	5'145 - 5'334	-
	Biol. Schild inkl. Liner	6'442	-
	Stahl	7'350	7'350
	Isolierung	3'705	3'705

Kernkraftwerk Beznau

Tabelle 21: Verpackte Masse radioaktiver Abfälle und Anzahl Behälter beziehungsweise Container und Kosten für den Transport zum geologischen Tiefenlager, KKB.

KS21

Behälter-Typ	Verpackte Masse [Mg]	Anzahl Behälter bzw. Container	Kosten für Transport ins geologische Tiefenlager [MCHF]
200-l Fass	473	1'292	0.10
Lagercontainer - LC-84	1'113	130	0.36
Lagercontainer - LC-84-plus	135	60	0.17
Lagercontainer - LC-86	1'751	340	0.95
MOSAIK Type II / 20 mm Pb [a)]	6	8	0.23
MOSAIK Type II / 45 mm Pb	11	14	0.05
MOSAIK Type II / 55 mm Pb	13	24	0.08
MOSAIK Type II / 65 mm Pb	33	42	0.15
MOSAIK Type II / 90 mm Pb	24	40	0.14
MOSAIK Type II / 110 mm Pb	21	40	0.14
Gesamt	**3'578**	**1'990**	**2.37**

KS26

Behälter-Typ	Verpackte Masse [Mg]	Anzahl Behälter bzw. Container	Kosten für Transport ins geologische Tiefenlager [MCHF]
200-l Fass [a)]	461	1'252	0.29
Lagercontainer - LC-84	1'592	242	0.61
Lagercontainer - LC-86	3'520	730	1.83
MOSAIK Type II / 20 mm Pb [a)]	9	16	0.05
MOSAIK Type II / 45 mm Pb	9	10	0.01
MOSAIK Type II / 50 mm Pb [a)]			0.04
MOSAIK Type II / 55 mm Pb	13	24	0.03
MOSAIK Type II / 65 mm Pb	39	56	0.07
MOSAIK Type II / 90 mm Pb	24	38	0.05
MOSAIK Type II / 110 mm Pb	21	40	0.05
Gesamt	**5'688**	**2'409**	**3.01**

Differenz KS26 / KS21	**2'109**	**420**	

[a)] Einschliesslich Kosten für Behälter aus In-Situ Dekontamination der Kreisläufe.

Die Angaben in Tabelle 21 sind aufgrund einer unterschiedlichen Abgrenzung nicht unmittelbar mit den Angaben in Tabelle 10 vergleichbar[48].

Im Vergleich zur Kostenstudie 2021 erhöht sich die verpackte Masse um 2'109 Mg. Es werden 420 Behälter mehr benötigt.

[48] Bei der Ermittlung der verpackten Masse und der Behälteranzahl in Tabelle 21 ist der Massen- und Abfallanteil aus der In-Situ-Dekontamination der Kreisläufe (FSD) nicht enthalten. Die Kosten der zugehörigen Behälter werden bei den Kosten für den Transport ins geologische Tiefenlager und bei den zuteilbaren Lagerkosten für das geologische Tiefenlager jedoch berücksichtigt.

Kernkraftwerk Mühleberg

Tabelle 22: Verpackte Masse radioaktiver Abfälle und Anzahl Behälter beziehungsweise Container und Kosten für den Transport zum geologischen Tiefenlager, KKM.

KS21

Behälter-Typ	Verpackte Masse [Mg]	Anzahl Behälter bzw. Container	Kosten für Transport ins geologische Tiefenlager [MCHF]
200 l-Fass	153	621	0.51
200 l-Fass (Zwilag)	142	417	-
200 l-Fass inkl. Einstellkorb	61	361	0.29
Lagercontainer - LC-84	2'027	291	0.73
Lagercontainer - LC-86	416	84	0.21
MOSAIK Type II / 90 mm (inkl. Einstellkorb)	13	52	0.11
Gesamt	**2'812**	**1'826**	**1.85**

KS26

Behälter-Typ	Verpackte Masse [Mg]	Anzahl Behälter bzw. Container	Kosten für Transport ins geologische Tiefenlager [MCHF]
200 l-Fass	269	996	0.32
Lagercontainer - LC-84	1'822	255	0.71
Lagercontainer - LC-86	261	56	0.19
MOSAIK Type II			0.07
Gesamt	**2'351**	**1'307**	**1.28**
Differenz KS26 / KS21	**-461**	**-519**	

Die Angaben in Tabelle 22 sind aufgrund einer unterschiedlichen zeitlichen Abgrenzung nicht unmittelbar mit den Angaben in Tabelle 11 vergleichbar[49].

Die aktuelle Prognose weist gegenüber der Kostenstudie 2021 eine um 461 Mg geringere verpackte Masse und einen um 519 Behälter geringeren Bedarf aus. Diese Differenzen sind zumindest teilweise auf die unterschiedliche zeitliche Abgrenzung zurückzuführen, da die Siempelkamp-NIS-Prognose nur die ab dem 1. Januar 2026 noch anfallenden Abfälle und nicht die gesamte Stilllegung umfasst. Die Hintergründe werden in Abschnitt 4.2 näher erläutert.

[49] Tabelle 11 weist die Gesamtmasse für das geologische Tiefenlager ohne Berücksichtigung des Projektfortschritts aus. In Tabelle 22 sind dagegen nur die ab dem 1. Januar 2026 noch anfallenden Massen und die zugehörigen Behälter berücksichtigt.

Kernkraftwerk Gösgen

Tabelle 23: Verpackte Masse radioaktiver Abfälle und Anzahl Behälter beziehungsweise Container und Kosten für den Transport zum geologischen Tiefenlager, KKG.

KS21

Behälter-Typ	Verpackte Masse [Mg]	Anzahl Behälter bzw. Container	Kosten für Transport ins geologische Tiefenlager [MCHF]
200 l-Fass	525	1'383	0.22
Lagercontainer - LC-84	1'531	227	0.91
Lagercontainer - LC-84-plus	13	6	0.02
Lagercontainer - LC-86	1'172	216	0.86
MOSAIK Type II	6	8	0.04
MOSAIK Type II / 20 mm Pb [a)]	14	21	0.35
MOSAIK Type II / 30 mm Pb	25	41	
MOSAIK Type II / 55 mm Pb	1	3	0.02
MOSAIK Type II / 75 mm Pb	10	24	0.12
Gesamt	**3'296**	**1'928**	**2.53**

KS26

Behälter-Typ	Verpackte Masse [Mg]	Anzahl Behälter bzw. Container	Kosten für Transport ins geologische Tiefenlager [MCHF]
200 l-Fass	441	1'236	0.26
Lagercontainer - LC-84	1'517	228	0.57
Lagercontainer - LC-86	1'235	219	0.55
MOSAIK Type II	5	7	0.01
MOSAIK Type II / 20 mm Pb [a)]	5	7	0.04
MOSAIK Type II / 35 mm Pb	25	43	0.05
MOSAIK Type II / 40 mm Pb [a)]			0.03
MOSAIK Type II / 55 mm Pb	1	3	0.00
MOSAIK Type II / 75 mm Pb	9	24	0.03
Gesamt	**3'239**	**1'767**	**1.54**
Differenz KS26 / KS21	**-58**	**-162**	

[a)] Einschliesslich Kosten für Behälter aus In-Situ Dekontamination der Kreisläufe.

Die verpackte Masse reduziert sich gegenüber der Kostenstudie 2021 um 58 Mg. Die Anzahl der Behälter verringert sich um 162.

Kernkraftwerk Leibstadt

Tabelle 24: Verpackte Masse radioaktiver Abfälle und Anzahl Behälter beziehungsweise Container und Kosten für den Transport zum geologischen Tiefenlager, KKL.

KS21

Behälter-Typ	Verpackte Masse [Mg]	Anzahl Behälter bzw. Container	Kosten für Transport ins geologische Tiefenlager [MCHF]
200 l-Fass	1'261	3'210	0.49
Lagercontainer - LC-84	3'422	606	2.18
Lagercontainer - LC-84-plus	25	10	0.04
Lagercontainer - LC-86	1'338	214	0.77
MOSAIK Type II / 25 mm Pb [a)]	20	33	0.31
MOSAIK Type II / 35 mm Pb	10	17	0.08
MOSAIK Type II / 55 mm Pb	15	31	0.14
MOSAIK Type II / 65 mm Pb	23	51	0.23
MOSAIK Type II / 90 mm Pb	13	38	0.17
Gesamt	**6'126**	**4'210**	**4.40**

KS26

Behälter-Typ	Verpackte Masse [Mg]	Anzahl Behälter bzw. Container	Kosten für Transport ins geologische Tiefenlager [MCHF]
200 l-Fass	1'115	3'006	0.63
Lagercontainer - LC-84	3'450	600	1.50
Lagercontainer - LC-86	1'418	228	0.57
MOSAIK Type II / 20 mm Pb [a)]	11	17	0.04
MOSAIK Type II / 35 mm Pb	11	21	0.03
MOSAIK Type II / 40 mm Pb [a)]			0.03
MOSAIK Type II / 65 mm Pb	14	32	0.04
MOSAIK Type II / 80 mm Pb	31	81	0.10
MOSAIK Type II / 100 mm Pb	10	34	0.04
Gesamt	**6'060**	**4'018**	**2.98**

Differenz KS26 / KS21	**-65**	**-192**	

[a)] Einschliesslich Kosten für Behälter aus In-Situ Dekontamination der Kreisläufe.

Die verpackte Masse vermindert sich gegenüber der Kostenstudie 2021 um 65 Mg. Es werden 192 Behälter weniger benötigt.

Zwilag

Tabelle 25: Verpackte Masse radioaktiver Abfälle und Anzahl Behälter beziehungsweise Container und Kosten für den Transport zum geologischen Tiefenlager, Zwilag.

KS21

Behälter-Typ	Verpackte Masse [Mg]	Anzahl Behälter bzw. Container	Kosten für Transport ins geologische Tiefenlager [MCHF]
Lucens - Inventar	263	50	-[a)]
200 l-Fass	38	114	-[a)]
Lagercontainer - LC-84	167	27	-[a)]
Lagercontainer - LC-86	66	13	-[a)]
Gesamt	**534**	**204**	-[a)]

[a)] Die Kosten für den Transport ins geologische Tiefenlager sind Bestandteil der Betriebskosten von Zwilag.

KS26

Behälter-Typ	Verpackte Masse [Mg]	Anzahl Behälter bzw. Container	Kosten für Transport ins geologische Tiefenlager [MCHF]
Lucens - Inventar	263	50	0.18
200 l-Fass	39	119	0.03
Lagercontainer - LC-84	167	26	0.07
Lagercontainer - LC-86	66	13	0.03
Gesamt	**535**	**207**	**0.31**
Differenz KS26 / KS21	**1**	**3**	

Die verpackte Masse erhöht sich leicht gegenüber der Kostenstudie 2021 um 1 Mg. Es werden drei Behälter mehr benötigt.

4.3.5 Transport zum geologischen Tiefenlager

Die verpackten radioaktiven Abfälle werden in die beiden Zwischenlager verbracht und dort eingelagert. Die Abfälle werden aus den Zwischenlagern in das geologische Tiefenlager verbracht, sobald dieses in Betrieb ist.

Die Transportkosten werden mit spezifischen Kostenansätzen für jede Anlage angesetzt: Sie bestehen aus Kosten für die Transportlogistik und Kosten für die nukleare Haftpflichtversicherung.

Tabelle 21 (KKB), Tabelle 22 (KKM), Tabelle 23 (KKG), Tabelle 24 (KKL) und Tabelle 25 (Zwilag) zeigen die Veränderungen der verpackten Massen, Behälterzahlen und Transportkosten gegenüber der Kostenstudie 2021 für die einzelnen Anlagen.

4.3.6 Zuteilbare Lagerkosten für das geologische Tiefenlager

Die zuteilbaren Lagerkosten der Stilllegungsabfälle im geologischen Tiefenlager wurden von der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) wie bis anhin auf Grenzkostenbasis ermittelt. Aufgrund der Überführung der Angaben der Nagra in die Kostengliederung ergibt sich gegenüber den Daten der Nagra eine geringfügige Abweichung. Für weiterführende Informationen wird auf den Bericht «Ermittlung der Entsorgungskosten – geologische Tiefenlagerung» [4] verwiesen. Es wird angenommen, dass den Stilllegungskosten nur noch die für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle zusätzlich erforderlichen Aufwendungen, wie zum Beispiel für das Auffahren weiterer Stollen, zusätzliche Betriebskosten und ähnliche Zusatzkosten zugerechnet werden. Alle anderen Kosten des für SMA vorgesehenen Lagerbereichs des geologischen Tiefenlagers werden den Entsorgungskosten [4] zugeordnet.

Für die Kostenstudie 2026 ergeben sich die in Tabelle 26 aufgeführten Grenzkosten.

Tabelle 26: Vergleich der zuteilbaren Lagerkosten.

Zuteilbare Lagerkosten

Anlage	Grenzkosten		Differenz	Differenz [%]
	KS26	KS21		
KKB	48.02	37.06	10.96	29.58%
KKM	18.09	22.17	-4.08	-18.42%
KKG	23.20	29.94	-6.74	-22.52%
KKL	43.34	53.09	-9.75	-18.37%
Zwilag	2.96	3.65	-0.69	-18.96%
Summe	**135.60**	**145.91**	**-10.31**	**-7.07%**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

4.4 Ablauf und Dauer der Stilllegung

Der Ermittlung der Kosten für die Stilllegung der Kernanlagen liegen die in Abschnitt 1.4 zusammengefassten Betriebsjahre und Stilllegungszeiten zugrunde.

In Abschnitt 4.4.1 und 4.4.2 werden der Ablauf und die resultierende Dauer der Stilllegung erläutert sowie aufgezeigt, welche Erkenntnisse seit der Kostenstudie 2021 gewonnen und in der Kostenstudie 2026 berücksichtigt worden sind.

4.4.1 Ablauf der Stilllegung

Die vorliegende Kostenermittlung basiert auf der Stilllegungsvariante sofortiger Rückbau nach einem ordnungsgemässen Betrieb mit den Abschnitten:

- Erstellen und Einreichen der Unterlagen zum Stilllegungsprojekt und Erwirken der Stilllegungsverfügung.
- Rückbau aller nuklearen Einrichtungen und Entfernen der radiologischen Gefahrenquellen (Stilllegungsziel 1).
- Konventioneller Abbruch der verbleibenden, inaktiven Anlagebereiche (Stilllegungsziel 2 und 3).

Die Arbeiten des ersten Abschnitts (Stilllegungsprojekt und Stilllegungsverfügung) beginnen bereits während der letzten Betriebsjahre.

Der nukleare Rückbau (zweiter Abschnitt) erfolgt auf Grundlage der rechtskräftigen Stilllegungsverfügung. Massnahmen, die technisch zur Stilllegung gehören beziehungsweise deren Vorbereitung dienen, können bereits während des Nachbetriebs ausgeführt werden. Der Rückbaubetrieb beginnt, sobald sowohl die Kernbrennstofffreiheit erreicht ist als auch die Stilllegungsverfügung rechtskräftig vorliegt. Es ist möglich, dass Gebäudestrukturen ohne Kontrollbereich bereits während des nuklearen Rückbaus abgebrochen werden, etwa um Platz für die weiteren Rückbauarbeiten zu schaffen.

Während des konventionellen Rückbaus (Abschnitt 3) erfolgt der Abbruch der verbliebenen Gebäude und Infrastruktureinrichtungen. Die Anlagen stellen zu diesem Zeitpunkt keine radiologische Gefahrenquelle mehr dar und sind während dieses Abschnittes und nach der vorgängigen radiologischen Befreiung durch die zuständige Behörde aus der Bewilligung und Aufsicht durch die Kernenergiegesetzgebung entlassen worden.

4.4.2 Dauer der Stilllegung

Die Kostenstudie 2021 und die Kostenstudie 2026 untersuchen beide die Stilllegungsvariante sofortiger Rückbau nach einem ordnungsgemässen Betrieb. Als Berechnungsgrundlage werden für KKB 60 Jahre, für KKM 47 Jahre sowie für KKG und KKL jeweils 50 Jahre Betriebsdauer angenommen. Zusätzlich werden die vorgegebenen längeren Betriebsdauern betrachtet. Da sich bei einer planmässigen EELB daraus keine wesentlichen Auswirkungen auf die Stilllegungskosten ergeben, werden die Auswirkungen längerer Betriebsdauern qualitativ beurteilt und im Anhang A.2 erläutert.

Aus Stilllegungen von Kernkraftwerken im In- und Ausland sowie aus der vorbereitenden Stilllegungsplanung des Kernkraftwerks Beznau und dem im Rückbau befindlichen Kernkraftwerk Mühleberg ergeben sich einige Erkenntnisse und Erfahrungen zur Dauer des Nachbetriebs und Rückbaus.

Die Ergebnisse der Kostenstudie 2026 im Hinblick auf die Gesamtdauer der Stilllegung sind in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

Kernkraftwerk Beznau

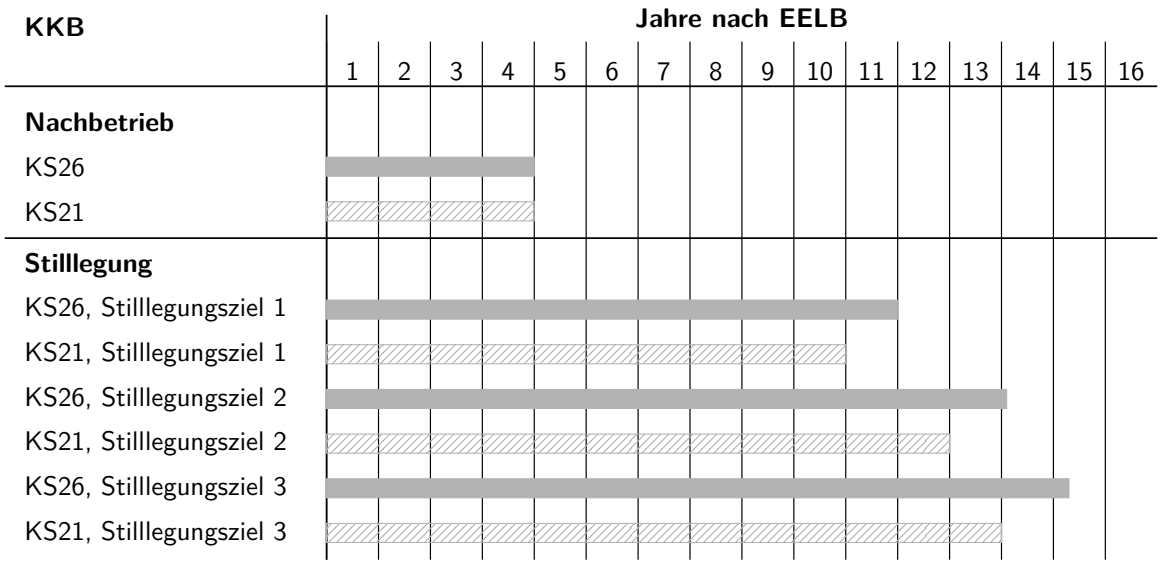


Abbildung 5: Voraussichtliche Dauer der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten ab EELB für KKB.

Gegenüber der Kostenstudie 2021 verlängern sich die Dauern zur Erreichung der Stilllegungsziele in der Kostenstudie 2026 um rund ein Jahr, was im Wesentlichen auf eine präzisere und konservativere Abbildung des Projektablaufs sowie auf die explizitere Berücksichtigung von Abschluss- und Nachweisphasen (zum Beispiel Freimessung, Auszonung) zurückzuführen ist.

Kernkraftwerk Mühleberg

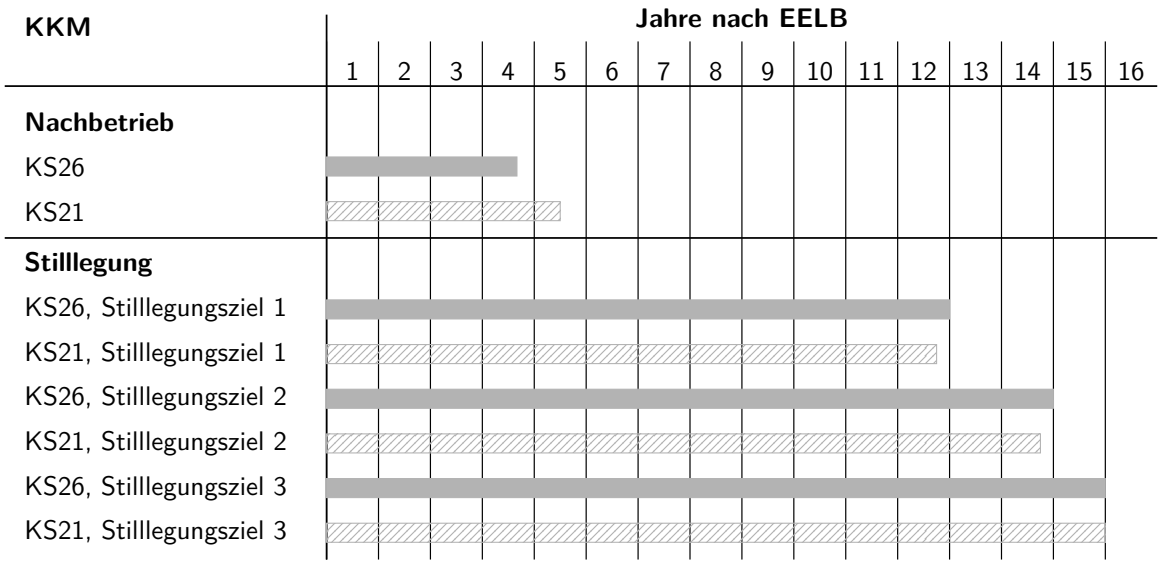


Abbildung 6: Voraussichtliche Dauer der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten ab EELB für KKM.

Die voraussichtliche Dauer der Rückbauarbeiten weist gegenüber der Kostenstudie 2021 je nach Stilllegungsziel geringfügige Änderungen auf.

Kernkraftwerk Gösgen

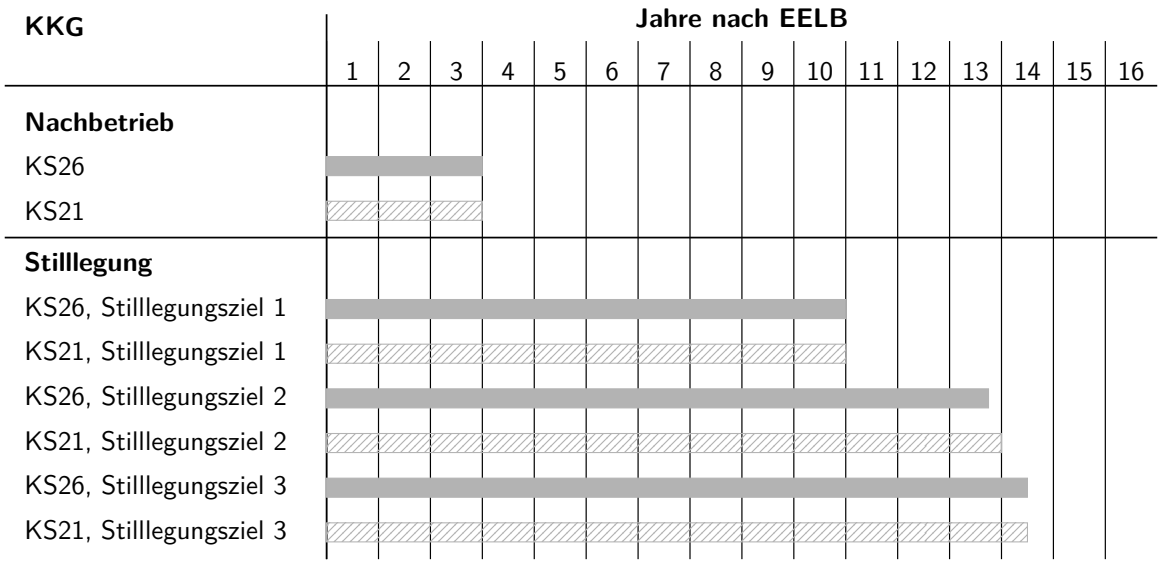


Abbildung 7: Voraussichtliche Dauer der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten ab EELB für KKG.

Die voraussichtliche Dauer der Rückbauarbeiten weist gegenüber der Kostenstudie 2021 je nach Stilllegungsziel geringfügige Änderungen auf.

Kernkraftwerk Leibstadt

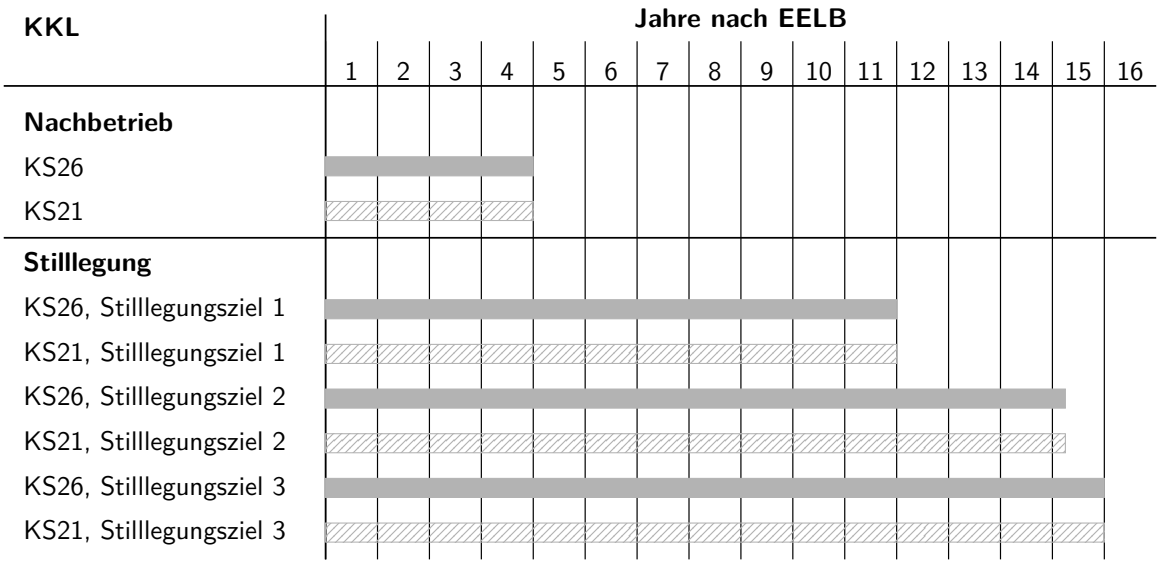


Abbildung 8: Voraussichtliche Dauer der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten ab EELB für KKL.

Die voraussichtliche Dauer der Rückbauarbeiten bleibt gegenüber der Kostenstudie 2021 für alle Stilllegungsziele unverändert.

ZWIBEZ

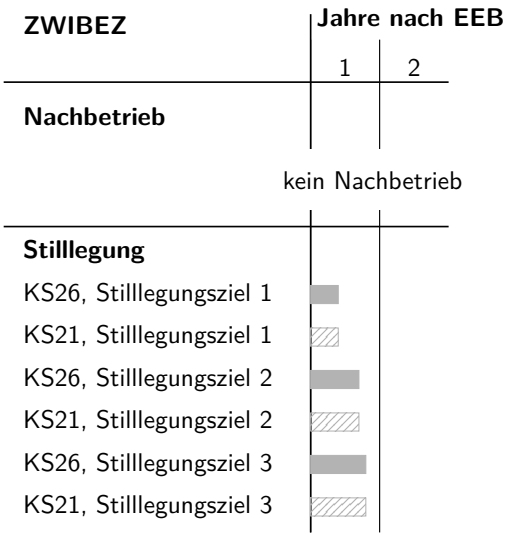


Abbildung 9: Voraussichtliche Dauer der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten ab EEB für ZWIBEZ.

Die voraussichtliche Dauer der Rückbauarbeiten bleibt gegenüber der Kostenstudie 2021 für alle Stilllegungsziele unverändert.

Zwilag

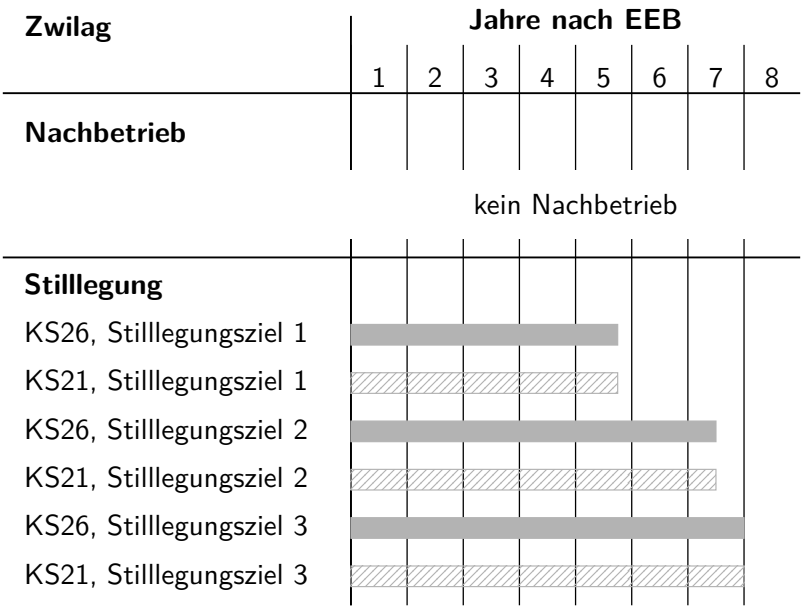


Abbildung 10: Voraussichtliche Dauer der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten ab EEB für Zwilag.

Die voraussichtliche Dauer der Rückbauarbeiten bleibt gegenüber der Kostenstudie 2021 für alle Stilllegungsziele unverändert.

4.5 Personalaufwand und Kollektivdosis

Wie in der Kostenstudie 2021 wird der personelle Aufwand für den Rückbaubetrieb ausgehend vom Personalbestand zum Zeitpunkt EELB beziehungsweise EEB und unter Berücksichtigung des Projektfortschrittes über Reduktionsstufen und -faktoren ermittelt. Für das Kernkraftwerk Mühleberg wurde der personelle Aufwand für den Rückbaubetrieb auf Basis der Erfahrung aus dem Nachbetrieb ermittelt. Für die Kernkraftwerke Beznau, Leibstadt und Mühleberg wird in der Kostenstudie 2026 der Einsatz von Eigenpersonal neben dem Rückbaubetrieb auch in den Stilllegungsarbeiten vorgesehen.

Das benötigte Personal und seine Qualifikation für die Stilllegungsarbeiten werden anhand der geplanten Aufgaben ermittelt. Der Arbeitsaufwand für die Stilllegungsarbeiten wird überwiegend anhand spezifischer Faktoren, beispielsweise Personenstunden pro Kilogramm, in Abhängigkeit von den Massen oder anderen anlagespezifischen Kenndaten berechnet. Neben den eigentlichen Demontagetätigkeiten gibt es begleitende Massnahmen wie Projekt- und Bauleitung, Aufsicht vor Ort, Strahlenschutz vor Ort, interne Transporte, begleitende Dekontamination, Durchführungsplanung oder Gerüstbau. Der Aufwand für diese projektbegleitenden Massnahmen ist eng korreliert mit dem Aufwand für die eigentlichen Demontagetätigkeiten und wird in Abhängigkeit von diesem auf der Grundlage von Erfahrungen aus laufenden Rückbauprojekten kalkuliert.

Nach Kalkulation sämtlicher Arbeitsschritte erhält man eine Aussage zum Personalaufwand über die Projektlaufzeit.

In der Kostenstudie 2026 werden die Erkenntnisse aus aktuell laufenden Rückbauprojekten in der Kalkulation berücksichtigt. Der ermittelte Personalaufwand der Kostenstudie 2026 für die drei Stilllegungsziele ist in Tabelle 27 (KKB), Tabelle 29 (KKM), Tabelle 31 (KKG) und Tabelle 33 (KKL) dargestellt. Der Personalaufwand für das ZWIBEZ ist in Tabelle 35 und für die Anlagen der Zwilag in Tabelle 37 aufgeführt. In der Kostenstudie 2026 ist gegenüber der Kostenstudie 2021 bei allen Kernkraftwerken ein geringer Anstieg des Personalaufwands zu verzeichnen: KKB +59, KKM +56, KKG +28 und KKL +76 Personenjahre.

Diese Zunahme ist auf eine verfeinerte Modellierung des Projektablaufs zurückzuführen, die stärker an der operativen Umsetzung ausgerichtet ist. Dabei verschiebt sich der Personalaufwand anlagenspezifisch unterschiedlich: Während bei KKM und KKG der Schwerpunkt verstärkt im Rückbaubetrieb liegt, zeigt sich bei KKB und KKL zusätzlich eine stärkere Differenzierung in spezifischen Rückbau-, Behandlungs- und Verpackungsprozessen. Übergeordnete und pauschalierte Aufwandsanteile werden dabei teilweise reduziert oder bleiben unverändert. Insgesamt ergibt sich eine konsistentere und realitätsnähere Abbildung des Stilllegungsaufwands.

Wird ein Arbeitsschritt in der kontrollierten Zone durchgeführt, so wird zur Berechnung der zu erwartenden Kollektivdosis der zugehörige Arbeitsaufwand dieses Arbeitsschrittes mit einem Dosisleistungsmittelwert multipliziert. Die den Arbeitsschritten zugewiesenen Dosisleistungsmittelwerte werden im Modell in verschiedene Dosisleistungsklassen eingeteilt, die auf Erfahrungen aus Revisionsarbeiten sowie aus Stilllegungs- und Rückbauprojekten von Kernkraftwerken basieren. Die ermittelte Kollektivdosis für die Stilllegung der einzelnen Kernanlagen kann aus Tabelle 28 (KKB), Tabelle 30 (KKM), Tabelle 32 (KKG), Tabelle 34 (KKL), Tabelle 36 (ZWIBEZ) und Tabelle 38 (Zwilag) entnommen werden.

Kernkraftwerk Beznau

Tabelle 27: Personalaufwand nach Arbeitspaket für die drei Stilllegungsziele, KKB.

Personalaufwand [Jahre]	**Stilllegungsziel 1**			**Stilllegungsziel 2**	**Stilllegungsziel 3**
Funktionales Arbeitspaket	**KS21**	**KS26**	**Differenz**	**KS26**	**KS26**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	3	10	7	10	10
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Standortbezogen	31	0	-31	0	0
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Blockbezogen	71	93	22	93	93
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	779	895	117	895	895
Behandlung und Verpackung	231	297	65	297	297
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	0	0	0	113	160
Rückbaubetrieb	865	815	-50	857	879
Projektleitung Rückbau	263	193	-71	196	198
Gesamt	**2'244**	**2'303**	**59**	**2'460**	**2'531**

Tabelle 28: Kollektivdosis nach Arbeitspaket, KKB.

Kollektivdosis [Sv]	**Stilllegungsziel 1**		
Funktionales Arbeitspaket	**KS21**	**KS26**	**Differenz**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	0.0	0.0	0.0
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Standortbezogen	< 0.1	0.0	-0.1
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Blockbezogen	0.3	0.1	-0.2
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	7.7	3.9	-3.8
Behandlung und Verpackung	2.0	1.7	-0.3
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	0.0	0.0	0.0
Rückbaubetrieb	0.9	0.6	-0.3
Projektleitung Rückbau	< 0.1	0.1	0.1
Gesamt	**11.0**	**6.4**	**-4.6**

Kernkraftwerk Mühleberg

Tabelle 29: Personalaufwand nach Arbeitspaket für die drei Stilllegungsziele, KKM.

Personalaufwand [Jahre]	**Stilllegungsziel 1**			**Stilllegungsziel 2**	**Stilllegungsziel 3**
Funktionales Arbeitspaket	**KS21**	**KS26**	**Differenz**	**KS26**	**KS26**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	0	0	0	0	0
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Standortbezogen	13	2	-11	2	2
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Blockbezogen	45	9	-36	9	9
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	591	514	-77	514	514
Behandlung und Verpackung	186	164	-22	164	164
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	0	0	0	39	60
Rückbaubetrieb	342	551	209	551	551
Projektleitung Rückbau	50	43	-7	43	43
Gesamt	**1'227**	**1'283**	**56**	**1'321**	**1'343**

Tabelle 30: Kollektivdosis nach Arbeitspaket, KKM.

Kollektivdosis [Sv]	**Stilllegungsziel 1**		
Funktionales Arbeitspaket	**KS21**	**KS26**	**Differenz**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	0.0	0.0	0.0
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Standortbezogen	0.0	0.0	0.0
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Blockbezogen	0.1	0.0	-0.1
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	4.9	1.7	-3.2
Behandlung und Verpackung	2.0	0.7	-1.3
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	0.0	0.0	0.0
Rückbaubetrieb	0.0	0.0	0.0
Projektleitung Rückbau	0.0	0.0	0.0
Gesamt	**7.0**	**2.5**	**-4.5**

Kernkraftwerk Gösgen

Tabelle 31: Personalaufwand nach Arbeitspaket für die drei Stilllegungsziele, KKG.

Personalaufwand [Jahre]	**Stilllegungsziel 1**			**Stilllegungsziel 2**	**Stilllegungsziel 3**
Funktionales Arbeitspaket	**KS21**	**KS26**	**Differenz**	**KS26**	**KS26**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	84	84	0	84	84
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Standortbezogen	31	31	0	31	31
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Blockbezogen	34	34	0	34	34
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	716	730	14	730	730
Behandlung und Verpackung	249	242	-6	242	242
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	0	0	0	146	201
Rückbaubetrieb	905	928	22	943	946
Projektleitung Rückbau	160	159	-1	166	167
Gesamt	**2'180**	**2'208**	**28**	**2'377**	**2'436**

Tabelle 32: Kollektivdosis nach Arbeitspaket, KKG.

Kollektivdosis [Sv]	**Stilllegungsziel 1**		
Funktionales Arbeitspaket	**KS21**	**KS26**	**Differenz**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	< 0.1	< 0.1	0.0
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Standortbezogen	0.1	< 0.1	-0.1
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Blockbezogen	0.3	< 0.1	-0.3
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	6.3	2.6	-3.7
Behandlung und Verpackung	2.2	1.0	-1.2
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	0.0	0.0	0.0
Rückbaubetrieb	0.7	0.5	-0.2
Projektleitung Rückbau	0.1	0.1	0.0
Gesamt	**9.8**	**4.3**	**-5.5**

Kernkraftwerk Leibstadt

Tabelle 33: Personalaufwand nach Arbeitspaket für die drei Stilllegungsziele, KKL.

Personalaufwand [Jahre]	**Stilllegungsziel 1**			**Stilllegungsziel 2**	**Stilllegungsziel 3**
Funktionales Arbeitspaket	**KS21**	**KS26**	**Differenz**	**KS26**	**KS26**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	84	84	0	84	84
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Standortbezogen	29	29	0	29	29
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Blockbezogen	35	35	0	35	35
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	1'138	1'172	33	1'172	1'172
Behandlung und Verpackung	406	416	10	416	416
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	0	0	0	226	271
Rückbaubetrieb	720	753	33	793	801
Projektleitung Rückbau	284	284	0	292	294
Gesamt	**2'696**	**2'773**	**76**	**3'047**	**3'101**

Tabelle 34: Kollektivdosis nach Arbeitspaket, KKL.

Kollektivdosis [Sv]	**Stilllegungsziel 1**		
Funktionales Arbeitspaket	**KS21**	**KS26**	**Differenz**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	< 0.1	< 0.1	0.0
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Standortbezogen	< 0.1	< 0.1	0.0
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – Blockbezogen	0.3	< 0.1	-0.3
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	10.0	4.1	-5.8
Behandlung und Verpackung	4.7	2.2	-2.5
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	0.0	0.0	0.0
Rückbaubetrieb	0.5	0.5	0.0
Projektleitung Rückbau	0.1	0.1	0.0
Gesamt	**15.6**	**7.0**	**-8.5**

ZWIBEZ

Tabelle 35: Personalaufwand nach Arbeitspaket für die drei Stilllegungsziele, ZWIBEZ.

Personalaufwand [Jahre]	**Stilllegungsziel 1**			**Stilllegungsziel 2**	**Stilllegungsziel 3**
Funktionales Arbeitspaket	**KS21**	**KS26**	**Differenz**	**KS26**	**KS26**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	5	5	0	5	5
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	0	0	0	0	0
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	5	5	0	5	5
Behandlung und Verpackung	0	0	0	0	0
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	0	0	0	11	16
Rückbaubetrieb und Projektleitung	2	2	0	4	5
Gesamt	**12**	**12**	**0**	**26**	**32**

Tabelle 36: Kollektivdosis nach Arbeitspaket, ZWIBEZ.

Kollektivdosis [Sv]	**Stilllegungsziel 1**		
Funktionales Arbeitspaket	**KS21**	**KS26**	**Differenz**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	0.0	0.0	0.0
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	0.0	0.0	0.0
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	0.0	0.0	0.0
Behandlung und Verpackung	0.0	0.0	0.0
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	0.0	0.0	0.0
Rückbaubetrieb und Projektleitung	0.0	0.0	0.0
Gesamt	**0.0**	**0.0**	**0.0**

Zwilag

Tabelle 37: Personalaufwand nach Arbeitspaket für die drei Stilllegungsziele, Zwilag.

Personalaufwand [Jahre]	**Stilllegungsziel 1**			**Stilllegungsziel 2**	**Stilllegungsziel 3**
Funktionales Arbeitspaket	**KS21**	**KS26**	**Differenz**	**KS26**	**KS26**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	11	11	0	11	11
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	5	5	0	5	5
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	153	158	5	158	158
Behandlung und Verpackung	32	33	1	33	33
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	0	0	0	73	90
Rückbaubetrieb	197	209	12	234	239
Projektleitung Rückbau	0	0	0	0	0
Gesamt	**399**	**416**	**17**	**514**	**537**

Tabelle 38: Kollektivdosis nach Arbeitspaket, Zwilag.

Kollektivdosis [Sv]	**Stilllegungsziel 1**		
Funktionales Arbeitspaket	**KS21**	**KS26**	**Differenz**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	0.0	< 0.01	0.0
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	0.0	< 0.01	0.0
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	0.2	0.2	0.0
Behandlung und Verpackung	0.0	0.0	0.0
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	0.0	0.0	0.0
Rückbaubetrieb	0.0	< 0.01	0.0
Projektleitung Rückbau	0.0	0.0	0.0
Gesamt	**0.2**	**0.2**	**0.0**

5 Resultate der Ermittlung der Stilllegungskosten

Für die Präsentation der Ergebnisse der Ermittlung der Stilllegungskosten wird die von der Verwaltungskommission verbindlich vorgegebene Kostenstruktur verwendet. Dabei werden die Kosten der Stilllegungsarbeiten und des Rückbaubetriebs detailliert auf verschiedenen Ebenen dargestellt. Die ersten drei Ebenen der Kostenstruktur sind für alle Kernanalagen identisch und erlauben somit unabhängig von Kraftwerkstyp und technischen Unterschieden der Anlagen einen direkten Vergleich von Kosten und anderen Kennzahlen, was auf tieferen Ebenen der Kostenstruktur nicht durchgehend möglich ist.

Anhang A.1 enthält eine detaillierte Beschreibung der Elemente des Projektstrukturplans (PSP), der für die Kostenstudie 2026 verwendet worden ist. Nachfolgend werden die PSP-Elemente der zweiten Ebene kurz erläutert.

Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung

Für die Stilllegung muss der Betreiber einer Kernanlage der zuständigen Aufsichtsbehörde innerhalb einer von dieser festgesetzten Frist ein Projekt für die vorgesehene Stilllegung vorlegen. Dieses Stilllegungsprojekt legt für die Stilllegung die Phasen und den Zeitplan, die einzelnen Schritte von Demontage und Abriss, die Schutzmassnahmen, den Personalbedarf und die Organisation, die Entsorgung der radioaktiven Abfälle, die Gesamtkosten und die Sicherstellung der Finanzierung durch die Betreiber dar. Die zum Stilllegungsprojekt einzureichenden Unterlagen sind in der Kernenergieverordnung festgelegt.

Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – standortbezogen

In diesem funktionalen Paket werden die zur Vorbereitung des Rückbaus notwendigen Umbaumassnahmen und Neueinrichtungen zusammengefasst. Für die Stilllegung werden so weit möglich vorhandene Betriebssysteme eingesetzt, jedoch sind für die Demontagen und die Entsorgung einige Vorbereitungsarbeiten am Standort und in den Gebäuden notwendig.

Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – blockbezogen

Die Kosten für Massnahmen zur Ausserbetriebnahme von nicht mehr benötigten Systemen sowie die für systemtechnische Anpassungen und Ersatzsysteme sind in diesem Paket zusammengefasst. Bei Kernkraftwerken kann die Ausserbetriebnahme von obsoleten Systemen direkt nach EELB im Rahmen der noch geltenden Betriebsbewilligung durchgeführt werden.

Im Rahmen des Rückbaus werden verschiedene Systeme zwar weiterhin benötigt, jedoch nicht in derselben Dimension wie während des Betriebs. Um sowohl den Instandhaltungsaufwand als auch den Aufwand für wiederkehrende Prüfungen einzusparen, werden neue Systeme installiert. Darunter können zum Beispiel Systeme wie Heizung, Lüftung, elektrische Versorgung, Abwasser oder Druckluftversorgung fallen.

Abbau der Komponenten und Einrichtungen

Im funktionalen Paket «Abbau der Komponenten und Einrichtungen» werden kostenmässig alle Projekte zusammengefasst, die von der Vorbereitung des Abbaus bis zur Nachweisführung der Kontaminationsfreiheit der Gebäude und des Geländes der kontrollierten Zone notwendig sind.

Behandlung und Verpackung

Nach der Demontage der Einrichtungen werden die demontierten Teile bereits am Entstehungsort (Einbauort) grob vorsortiert und zur weiteren Behandlung gegeben. Danach erfolgt nach einer entsprechenden Freimessung die radiologische Befreiung oder, falls eine radiologische Befreiung nicht möglich ist, die Konditionierung als radioaktiver Abfall.

Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen

Das funktionale Paket «Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen» beinhaltet die erforderlichen Aufwendungen für die Beseitigung der gesamten Gebäudestrukturen und die Rekultivierung des Geländes. Die hier ermittelten Kosten betreffen den Abbruch und die Beseitigung aller Gebäude und Gebäudestrukturen der kontrollierten und nicht kontrollierten Zone sowie die Erlöse aus dem Verkauf von Materialien.

Rückbaubetrieb

Das funktionale Paket Rückbaubetrieb umfasst alle Leistungen, um den Betrieb der Baustelle zu ermöglichen und aufrechtzuerhalten. In diesem funktionalen Paket sind die erforderlichen Betriebs- und Unterhaltssachkosten sowie die übrigen Aufwendungen zusammengefasst. Für die vorliegende Kostenermittlung wird angenommen, dass die Behörden beziehungsweise die von ihnen beauftragten Gutachter den Fortgang der Arbeiten permanent überwachen.

Wie in der Kostenstudie 2021 wurden die jährlichen Kosten für den Rückbaubetrieb aus Angaben der Kernkraftwerkeigentümer abgeleitet. Die Kosten basieren auf den Einschätzungen bezüglich des aktuell anzunehmenden Aufwands beziehungsweise auf den Kosten zum Zeitpunkt der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs, bereinigt um Sondereffekte und korrigiert um festgelegte Reduktionsfaktoren.

Die Reduktionsfaktoren orientieren sich am Projektfortschritt und sind an das Erreichen bestimmter vordefinierter Meilensteine geknüpft.

Mit Ende des Nachbetriebs ist das Gefährdungspotenzial einer Kernanlage signifikant kleiner. Die Schutzziele Kontrolle der Reaktivität und Kühlung der Brennelemente entfallen. Nach Freigabe durch die Aufsichtsbehörde können Sicherungsmassnahmen aufgehoben werden[50]. Daher wird für die Kostenstudie 2026 davon ausgegangen, dass nach erreichter Kernbrennstofffreiheit anstelle der Bewachung eine Überwachung des Areals installiert wird.

Projektleitung Rückbau

In diesem funktionalen Paket sind die übergeordneten Tätigkeiten, wie zum Beispiel die Anlagen- und Projektleitung, die Projektkoordination (zum Beispiel Betreuung und Steuerung der Fremdfirmen) und die übergeordnete Bauleitung, zusammengefasst.

Die Präsentation der Ergebnisse der Kostenermittlung folgt der verwendeten Kostengliederung. Ausgangskosten, risikomindernde Massnahmen und Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten sind auf Ebene der PSP-Elemente ermittelt und auf Ebene der technischen Projekte sowie der betrieblichen Organisationseinheiten der Kostenstruktur dargestellt. Die Kostenzuschläge für Gefahren und Kostenabzüge für Chancen sowie der generelle Sicherheitszuschlag werden nicht auf die einzelnen PSP-Elemente der Kalkulation zurückgerechnet, sondern erfolgen gesamthaft als Zuschlag beziehungsweise Abzug auf die ermittelten Basiskosten. Die Abbildung der Gesamtkosten in den folgenden Abschnitten erfolgt pro Kostenniveau separat sowie als Gesamtkosten unter Berücksichtigung der Zuschläge und Abzüge für die Gefahren und Chancen und des generellen Sicherheitszuschlags.

5.1 Ausgangskosten

Die Berechnung der Ausgangskosten erfolgt durch die Siempelkamp NIS mittels deren Kalkulationsmodells (siehe Abschnitt 3.3.1). Die Definition der Ausgangskosten ist in Abschnitt 3.2.1 erläutert.

[50] Art 47 Bst. e KEV [8].

Tabelle 39: Stilllegungsziel 1 – Ausgangskosten für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt.

Arbeitspaket-Bezeichnung	□ usg□ ngskosten – □ ti□ □ □ egungszie□ □							
		KKB		KKM		KKG		KKL
Stilllegung KKW	*100.0%*	**746.00**	*100.0%*	**285.94**	*100.0%*	**592.52**	*100.0%*	**714.43**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.4%*	**2.80**	*0.0%*	**0.00**	*2.8%*	**16.82**	*2.4%*	**16.92**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00		12.48		12.50
Erstellung der Gesuchsunterlagen		1.57		0.00		3.94		4.01
Stilllegungsverfügung		1.24		0.00		0.41		0.41
□ or □ er eitungs□ und □ m□ □ um□ ssn□ □ men – □ t□ nd or t□ ezog	*17.2%*	**128.49**	*0.3%*	**0.72**	*9.2%*	**54.31**	*7.1%*	**50.82**
Umbau und Neueinrichtungen		128.49		0.72		54.31		50.82
□ or □ er eitungs□ und □ m□ □ um□ ssn□ □ men – □ □ o□ k□ ezogen	*2.8%*	**20.54**	*4.0%*	**11.32**	*0.7%*	**4.40**	*0.7%*	**4.91**
Ausserbetriebnahme Systeme		4.17		0.52		3.95		4.45
In-Situ Dekontamination Kreisläufe		0.00		0.00		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		16.37		5.14		0.46		0.45
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		5.67		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*23.9%*	**178.24**	*27.9%*	**79.69**	*24.8%*	**147.10**	*32.4%*	**231.45**
Abbau Vorlaufend / Mobil		3.70		0.22		5.06		1.97
Abbau Kontaminiert		17.82		18.40		26.81		59.31
Abbau Aktiviert		57.61		18.61		36.00		66.83
Abbau Betonstrukturen		23.67		15.07		9.20		4.02
Abbau restlicher Einrichtungen		16.09		9.70		8.97		39.62
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		26.50		4.51		19.70		22.39
Dekontamination und Freigabe Gebäude		31.21		11.56		39.73		35.68
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal Projekt		1.65		1.62		1.63		1.63
Behandlung und Verpackung	*19.4%*	**145.04**	*18.4%*	**52.57**	*15.3%*	**90.93**	*24.9%*	**177.96**
Nachzerlegung und Behandlung		14.30		11.20		13.49		39.26
Dekontamination von Einzelteilen		4.54		3.34		3.93		11.87
Konditionierung und Verpackung		116.05		32.22		57.02		109.56
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		8.53		4.21		13.10		16.36
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbehandlung		1.61		1.60		3.38		0.90
Rückbaubetrieb	*30.0%*	**224.07**	*47.5%*	**135.85**	*42.1%*	**249.61**	*24.7%*	**176.51**
Verwaltung / Administration		20.89		17.09		22.78		23.88
Überwachung		27.13		45.58		26.48		19.66
Sicherung / Arealüberwachung		22.63		7.77		34.66		25.16
Behördliche Begleitung		29.58		20.01		30.74		6.53
Fachabteilung Betrieb Anlage		39.52		10.36		46.62		28.27
Werkstätten		0.81		0.00		7.35		2.22
Laufende Prüfung und Instandhaltung		25.90		15.25		25.71		26.66
Instandhaltungsprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb IT		11.99		7.45		16.24		11.76
Betriebs- und Unterhaltsachkosten		38.11		5.61		34.54		27.06
Betrieb Lagereinrichtungen		0.43		0.00		0.00		0.00
Sonstige betriebliche Aufwendungen		7.08		11.72		4.49		5.31
Projektleitung Rückbau	*6.3%*	**46.82**	*2.0%*	**5.79**	*5.0%*	**29.34**	*7.8%*	**55.88**
Gesamtprojektleitung		14.87		3.05		4.35		15.85
Übergeordnete Planungsmassnahmen		20.87		2.73		12.47		25.63
Leitung Teilprojekte		11.08		0.00		12.52		14.41

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 40: Stilllegungsziel 2 – Ausgangskosten für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt.

Arbeitspaket-Bezeichnung	□ usg□ ngskosten – □ ti□ □ □ egungszie□ □							
		KKB		KKM		KKG		KKL
Stilllegung KKW	*100.0%*	**786.38**	*100.0%*	**296.76**	*100.0%*	**629.32**	*100.0%*	**773.15**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.4%*	**2.79**	*0.0%*	**0.00**	*2.7%*	**16.88**	*2.2%*	**16.85**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00		12.52		12.48
Erstellung der Gesuchsunterlagen		1.56		0.00		3.96		3.98
Stilllegungsverfügung		1.23		0.00		0.41		0.40
□ or □ er eitungs□ und □ m□ □ um□ ssn□ □ men – □ t□ nd or t□ ezog	*16.3%*	**128.54**	*0.2%*	**0.72**	*8.5%*	**53.79**	*6.6%*	**51.28**
Umbau und Neueinrichtungen		128.54		0.72		53.79		51.28
□ or □ er eitungs□ und □ m□ □ um□ ssn□ □ men – □ □ o□ k□ ezogen	*2.6%*	**20.64**	*3.8%*	**11.32**	*0.7%*	**4.36**	*0.6%*	**5.00**
Ausserbetriebnahme Systeme		4.17		0.52		3.90		4.53
In-Situ Dekontamination Kreisläufe		0.00		0.00		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		16.47		5.14		0.46		0.47
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		5.66		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*22.6%*	**178.07**	*26.8%*	**79.66**	*23.4%*	**146.95**	*29.7%*	**229.93**
Abbau Vorlaufend / Mobil		3.70		0.22		5.11		1.96
Abbau Kontaminiert		17.82		18.51		26.71		58.31
Abbau Aktiviert		57.76		18.59		36.23		66.60
Abbau Betonstrukturen		23.50		14.95		9.07		4.04
Abbau restlicher Einrichtungen		16.13		9.66		8.90		39.48
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		26.43		4.54		19.53		22.11
Dekontamination und Freigabe Gebäude		31.12		11.56		39.76		35.79
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal Projekt		1.62		1.63		1.63		1.63
Behandlung und Verpackung	*18.5%*	**145.29**	*17.7%*	**52.53**	*14.5%*	**91.08**	*23.0%*	**177.95**
Nachzerlegung und Behandlung		14.33		11.16		13.50		39.30
Dekontamination von Einzelteilen		4.55		3.33		3.93		11.87
Konditionierung und Verpackung		116.21		32.23		57.14		109.49
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		8.57		4.21		13.17		16.38
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbehandlung		1.62		1.59		3.34		0.91
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*3.5%*	**27.18**	*3.7%*	**10.88**	*4.6%*	**28.94**	*6.0%*	**46.45**
Abbruch Gebäude Anlage kontroll. Zone		12.43		4.99		10.04		20.81
Abbruch Sonstige Gebäude		14.75		5.89		18.90		25.64
Rückbaubetrieb	*30.0%*	**236.25**	*45.8%*	**135.88**	*40.8%*	**256.65**	*24.3%*	**188.24**
Verwaltung / Administration		22.69		17.08		25.51		28.30
Überwachung		29.10		45.58		26.42		20.72
Sicherung / Arealüberwachung		24.74		7.77		35.32		25.28
Behördliche Begleitung		32.06		20.04		31.64		7.74
Fachabteilung Betrieb Anlage		39.89		10.35		46.28		28.37
Werkstätten		0.82		0.00		7.48		2.20
Laufende Prüfung und Instandhaltung		26.09		15.25		25.25		26.37
Instandhaltungsprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb IT		12.66		7.47		16.59		12.87
Betriebs- und Unterhaltsachkosten		40.23		5.60		37.27		30.26
Betrieb Lagereinrichtungen		0.46		0.00		0.00		0.00
Sonstige betriebliche Aufwendungen		7.52		11.73		4.90		6.13
Projektleitung Rückbau	*6.1%*	**47.62**	*1.9%*	**5.78**	*4.9%*	**30.67**	*7.4%*	**57.45**
Gesamtprojektleitung		15.04		3.05		4.65		16.18
Übergeordnete Planungsmassnahmen		21.24		2.73		13.00		26.30
Leitung Teilprojekte		11.33		0.00		13.01		14.97

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 41: Stilllegungsziel 3 – Ausgangskosten für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt.

Arbeitspaket-Bezeichnung	□ usg□ ngskosten – □ ti□ □ □ egungszie□ □							
		KKB		KKM		KKG		KKL
Stilllegung KKW	*100.0%*	**807.82**	*100.0%*	**304.41**	*100.0%*	**643.65**	*100.0%*	**789.12**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.3%*	**2.80**	*0.0%*	**0.00**	*2.6%*	**16.92**	*2.1%*	**16.88**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00		12.54		12.48
Erstellung der Gesuchsunterlagen		1.56		0.00		3.98		3.99
Stilllegungsverfügung		1.24		0.00		0.40		0.41
□ or □ er eitungs□ und □ m□ □ um□ ssn□ □ men – □ t□ nd or t□ ezog	*15.9%*	**128.48**	*0.2%*	**0.72**	*8.4%*	**54.13**	*6.4%*	**50.79**
Umbau und Neueinrichtungen		128.48		0.72		54.13		50.79
□ or □ er eitungs□ und □ m□ □ um□ ssn□ □ men – □ □ o□ k□ ezogen	*2.5%*	**20.50**	*3.7%*	**11.32**	*0.7%*	**4.41**	*0.6%*	**4.83**
Ausserbetriebnahme Systeme		4.15		0.52		3.95		4.38
In-Situ Dekontamination Kreisläufe		0.00		0.00		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		16.35		5.14		0.45		0.45
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		5.66		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*22.1%*	**178.17**	*26.1%*	**79.45**	*22.8%*	**146.86**	*29.2%*	**230.77**
Abbau Vorlaufend / Mobil		3.69		0.22		5.10		1.97
Abbau Kontaminiert		17.85		18.39		26.82		58.92
Abbau Aktiviert		57.87		18.56		36.13		66.82
Abbau Betonstrukturen		23.53		14.97		9.19		4.08
Abbau restlicher Einrichtungen		16.15		9.64		8.74		39.54
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		26.41		4.51		19.68		22.03
Dekontamination und Freigabe Gebäude		31.11		11.55		39.58		35.77
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal Projekt		1.58		1.61		1.62		1.63
Behandlung und Verpackung	*18.0%*	**145.11**	*17.3%*	**52.60**	*14.2%*	**91.12**	*22.5%*	**177.79**
Nachzerlegung und Behandlung		14.31		11.16		13.51		39.26
Dekontamination von Einzelteilen		4.54		3.34		3.92		11.87
Konditionierung und Verpackung		116.08		32.30		57.17		109.42
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		8.57		4.20		13.14		16.32
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbehandlung		1.61		1.59		3.37		0.92
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*5.2%*	**42.25**	*6.1%*	**18.70**	*6.5%*	**41.91**	*7.3%*	**57.36**
Abbruch Gebäude Anlage kontroll. Zone		19.96		9.26		17.98		31.78
Abbruch Sonstige Gebäude		22.29		9.44		23.93		25.59
Rückbaubetrieb	*30.0%*	**242.39**	*44.6%*	**135.84**	*40.0%*	**257.43**	*24.4%*	**192.70**
Verwaltung / Administration		23.52		17.08		26.15		29.65
Überwachung		30.06		45.55		26.06		21.14
Sicherung / Arealüberwachung		26.02		7.77		34.85		25.35
Behördliche Begleitung		33.60		20.03		31.65		7.86
Fachabteilung Betrieb Anlage		39.93		10.36		46.17		29.07
Werkstätten		0.81		0.00		7.40		2.22
Laufende Prüfung und Instandhaltung		25.86		15.25		25.63		26.40
Instandhaltungsprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb IT		13.10		7.46		16.86		13.20
Betriebs- und Unterhaltsachkosten		41.18		5.61		37.62		31.50
Betrieb Lagereinrichtungen		0.47		0.00		0.00		0.00
Sonstige betriebliche Aufwendungen		7.81		11.71		5.04		6.30
Projektleitung Rückbau	*6.0%*	**48.11**	*1.9%*	**5.79**	*4.8%*	**30.87**	*7.4%*	**58.01**
Gesamtprojektleitung		15.15		3.05		4.64		16.19
Übergeordnete Planungsmassnahmen		21.42		2.73		13.08		26.70
Leitung Teilprojekte		11.54		0.00		13.14		15.11

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 42: Stilllegungsziel 1 – Ausgangskosten für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	□ usg□ ngskosten – □ ti□ □ □ egungszie□ (			
		ZWIBEZ		Zwilag
Stilllegung Zwischenlager	*100.0%*	**2.21**	*100.0%*	**112.24**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*48.5%*	**1.07**	*2.4%*	**2.74**
Planerische Vorarbeiten		0.23		1.76
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.76		0.77
Stilllegungsverfügung		0.08		0.20
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	*0.0%*	**0.00**	*1.5%*	**1.69**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		1.26
Ausserbetriebnahmen		0.00		0.33
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.11
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*42.2%*	**0.93**	*27.7%*	**31.09**
Abbau Kontaminiert		0.00		22.30
Dekontamination der Gebäude		0.00		7.25
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.78		1.34
Auszonung der Gebäude		0.16		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal		0.00		0.20
Lucens-Abfälle		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*0.0%*	**0.00**	*7.9%*	**8.90**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		1.62
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.41
Konditionierung und Verpackung		0.00		4.60
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		2.04
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur		0.00		0.23
Materialbehandlung		0.00		0.00
Rückbaubetrieb	*9.3%*	**0.21**	*60.4%*	**67.81**
Verwaltung / Administration		0.00		8.66
Überwachung		0.00		6.36
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		6.39
Behördliche Begleitung des Betriebes		0.00		2.22
Fachabteilungen Betrieb Anlage		0.00		5.42
Werkstätten		0.00		2.23
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		4.17
Instandhaltungsprojekte (Erneuerungsprojekte)		0.00		3.04
IT		0.00		5.16
Betriebs- und Unterhaltssachkosten		0.21		17.03
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00
Sonstige Betriebliche Aufwendungen		0.00		7.13

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 43: Stilllegungsziel 2 – Ausgangskosten für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	□ usg□ ngskosten – □ ti□ □ □ egungszie□ (			
		ZWIBEZ		Zwilag
Stilllegung Zwischenlager	*100.0%*	**4.53**	*100.0%*	**136.81**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*23.6%*	**1.07**	*2.0%*	**2.75**
Planerische Vorarbeiten		0.22		1.79
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.76		0.76
Stilllegungsverfügung		0.08		0.20
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	*0.0%*	**0.00**	*1.2%*	**1.65**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		1.21
Ausserbetriebnahmen		0.00		0.33
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.11
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*20.6%*	**0.93**	*22.8%*	**31.19**
Abbau Kontaminiert		0.00		22.41
Dekontamination der Gebäude		0.00		7.23
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.78		1.36
Auszonung der Gebäude		0.16		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal		0.00		0.20
Lucens-Abfälle		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*0.0%*	**0.00**	*6.5%*	**8.89**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		1.62
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.41
Konditionierung und Verpackung		0.00		4.59
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		2.05
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur		0.00		0.23
Materialbehandlung		0.00		0.00
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*39.9%*	**1.81**	*12.0%*	**16.47**
Abbruch Gebäude Anlage		1.81		15.46
Abbruch Sonstiger Gebäude		0.00		1.01
Rückbaubetrieb	*15.9%*	**0.72**	*55.4%*	**75.85**
Verwaltung / Administration		0.00		10.11
Überwachung		0.00		6.81
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		6.46
Behördliche Begleitung des Betriebes		0.00		2.28
Fachabteilungen Betrieb Anlage		0.00		5.65
Werkstätten		0.00		2.31
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		4.36
Instandhaltungsprojekte (Erneuerungsprojekte)		0.00		3.84
IT		0.00		5.29
Betriebs- und Unterhaltssachkosten		0.72		21.09
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00
Sonstige Betriebliche Aufwendungen		0.00		7.66

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 44: Stilllegungsziel 3 – Ausgangskosten für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	□ usg□ ngskosten – □ ti□ □ □ egungszie□			
		ZWIBEZ		Zwilag
Stilllegung Zwischenlager	*100.0%*	**5.53**	*100.0%*	**143.78**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*19.8%*	**1.09**	*1.9%*	**2.73**
Planerische Vorarbeiten		0.22		1.77
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.79		0.76
Stilllegungsverfügung		0.08		0.21
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	*0.0%*	**0.00**	*1.1%*	**1.64**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		1.20
Ausserbetriebnahmen		0.00		0.33
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.11
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*16.7%*	**0.93**	*21.7%*	**31.14**
Abbau Kontaminiert		0.00		22.37
Dekontamination der Gebäude		0.00		7.24
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.77		1.34
Auszonung der Gebäude		0.15		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal		0.00		0.20
Lucens-Abfälle		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*0.0%*	**0.00**	*6.2%*	**8.90**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		1.62
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.41
Konditionierung und Verpackung		0.00		4.59
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		2.05
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur		0.00		0.23
Materialbehandlung		0.00		0.00
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*48.0%*	**2.65**	*14.6%*	**20.92**
Abbruch Gebäude Anlage		2.65		19.74
Abbruch Sonstiger Gebäude		0.00		1.18
Rückbaubetrieb	*15.5%*	**0.86**	*54.6%*	**78.44**
Verwaltung / Administration		0.00		10.54
Überwachung		0.00		7.00
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		6.54
Behördliche Begleitung des Betriebes		0.00		2.39
Fachabteilungen Betrieb Anlage		0.00		5.73
Werkstätten		0.00		2.37
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		4.44
Instandhaltungsprojekte (Erneuerungsprojekte)		0.00		4.02
IT		0.00		5.40
Betriebs- und Unterhaltssachkosten		0.86		22.19
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00
Sonstige Betriebliche Aufwendungen		0.00		7.82

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

5.2 Risikomindernde Massnahmen

Risikomindernde Massnahmen basieren auf den Planungs- und Steuerungsprozessen der Betreiber. Dabei geht es einerseits um organisatorische und andererseits um technische Massnahmen, die von den Betreibern im Rahmen ihrer Geschäftstätigkeit umgesetzt werden, mit dem Ziel, Risiken zu vermeiden oder zu reduzieren und Chancen zu erkennen und zu nutzen.

5.2.1 Organisatorische Massnahmen

Unternehmenscontrolling

Das Controlling nimmt zur Steuerung des Unternehmens Planungs-, Koordinations- und Kontrollaufgaben wahr, um die Unternehmensführung mit den dazu notwendigen Instrumenten und Informationen zu versorgen. Ein wesentlicher Fokus liegt auf der Steuerung der Wirtschaftlichkeit und Rentabilität sowie Liquidität des Unternehmens durch Budgetverwaltung und entsprechender Feinplanung. In diesem Prozess wird auch das Projekt zur Stilllegung der Kernanlage mitbetrachtet. Durch einen regelmässigen Abgleich zwischen geplanter und eingetretener Entwicklung werden Abweichungen sichtbar und stossen einen Diskussions- und Gegensteuerungsprozess auf oberster Management-Ebene an.

Projektcontrolling

In Abgrenzung zum Unternehmenscontrolling unterstützt das Projektcontrolling die Projektleitung beim Erreichen der Projektziele. Das Projektcontrolling unterstützt die Projektleitung und die Teilprojektleiter bei der Mittelfristplanung, bei der jährlichen Budgetierung und bei der Abschätzung der Vorschau für das laufende Geschäftsjahr. Das Projektcontrolling ist ferner das Bindeglied zur Verrechnung der anfallenden Kosten mit den Stilllegungs- und Entsorgungsfonds.

Change-Management

Der erfolgte Rückbau eines Kernkraftwerks bedeutet für die Mitarbeitenden den Abbau des Arbeitsplatzes. Dieser Aspekt kann zu einer Demotivation führen, so dass der Rückbau nicht effizient durchgeführt und als «Projekt» angesehen wird, das nach gewissen Plan- und Zielvorgaben umgesetzt werden muss. Dieser psychologische Aspekt kann hohe Auswirkungen haben. Bereits im Nachbetrieb kann er ein erhebliches Risiko darstellen, das sich auf die gesamte Stilllegung auswirkt. Die Betreiber entwickeln daher bereits vorgängig zur endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs ein an den Anforderungen der einzelnen Abwicklungsabschnitte orientiertes Personalanforderungskonzept und eine dazugehörige Qualifikationsmatrix, in der die benötigten Qualifikationen mit den verfügbaren Ressourcen verknüpft werden. Weiterhin benötigte Ressourcen werden frühzeitig mit den veränderten Tätigkeitsprofilen vertraut gemacht und bei Bedarf entsprechend qualifiziert.

Mehr-Augen-Prinzip

Wichtige Entscheidungen werden nicht von einer einzelnen Person getroffen, kritische Tätigkeiten werden nicht von einer einzelnen Person durchgeführt. Ziel ist es, das Risiko von Fehlern und Missbrauch zu reduzieren. Das Mehr-Augen-Prinzip ist bei einer Vielzahl von unternehmensinternen Arbeitsprozessen zu finden, die als kritisch gewertet werden. Kritisch sind Prozesse immer dann, wenn sie bei einer nicht ordnungsgemässen Durchführung Personenschäden oder erhebliche finanzielle Auswirkungen zur Folge haben können. Sämtliche Beziehungen eines Unternehmens nach aussen, zum Beispiel Ausschreibungen und Verträge mit Lieferanten, unterliegen dem Mehr-Augen-Prinzip.

Projektorganisation

Die Projektorganisation hat die Entwicklung einer geeigneten Aufbau- und Ablauforganisation zur effizienten Projektplanung, -abwicklung und -steuerung zum Ziel. Der Projektfortschritt bedingt eine regelmässige Überprüfung und Anpassung der Organisation an die Anforderungen des Projekts. Zur Projektorganisation gehört zudem die Einrichtung geeigneter Führungs- und Steuerungsgremien und -instrumente.

Die bedarfsorientierte Anpassung der Projektorganisation bietet die Chance zur Optimierung der zeitlichen Projektabwicklung und damit auch zur Kostenoptimierung.

Rückbauprojekte sind Infrastrukturprojekte mit grosser finanzieller Tragweite für die Betreiber der Kernanlagen. Die Projektsteuerungsgremien werden daher auch Mitglieder der jeweiligen Unternehmensbereichsleitung beziehungsweise Konzernleitung umfassen.

Beschaffungsmanagement

Das Beschaffungsmanagement hat zum Ziel, im Hinblick auf die Lebenszykluskosten das wirtschaftlich günstigste Angebot für die Beschaffung von Lieferungen und Leistungen zu ermitteln und deren regelkonforme Vergabe sicherzustellen. Sofern Beschaffungen dem öffentlichen Vergaberecht unterliegen, hat das Beschaffungsmanagement zudem die Aufgabe, das Risiko der Einsprache durch unterlegene Anbieter durch einen professionellen und verfahrenskonformen Beschaffungsprozess zu vermindern. Zum Beschaffungsmanagement gehört ferner die kontinuierliche Beobachtung der Marktentwicklung für zu beschaffende Lieferungen und Leistungen mit dem Ziel, die eigenen Beschaffungskosten zu optimieren.

Lieferantenmanagement

Unter Lieferantenmanagement wird die systematische Steuerung von Lieferantenbeziehungen verstanden, mit den folgenden Kernaufgaben:

- Bewertung und Auswahl der Zulieferer (Lieferantenbewertung).
- Entwicklung des Leistungsniveaus der Lieferanten.
- Entscheidung, auf welcher Stufe der Lieferant in die Wertschöpfungskette einbezogen werden soll.

Dem Ausfallrisiko von Lieferanten kann durch frühzeitigen Aufbau von möglichen Alternativlieferanten begegnet werden, und die gezielte Steuerung der Beschaffungsvolumina soll Abhängigkeiten des Projekts von einzelnen Lieferanten vorbeugen.

Das operative Lieferantenmanagement verfolgt zudem die Ziele, die Leistung der Lieferanten zu erhöhen und die Beschaffungskosten zu senken. Eine transparente Lieferantenbasis und die objektive Vergleichbarkeit der Lieferantenleistung ermöglichen es der Projektleitung, sich auf die besten Lieferanten zu konzentrieren, nicht wettbewerbsfähige Lieferanten auszuschliessen und bestehende Lieferantenbeziehungen gegen potenzielle abzuwägen.

Claim Management

Claim Management behandelt die Identifikation und Dokumentation von Ablaufstörungen beziehungsweise Abweichungen bei Lieferanten und Dienstleistern während Vertragsbeziehungen jeglicher Art, einschliesslich der Konsequenzen und Durchsetzung von Ansprüchen und Forderungen gegenüber Vertragsparteien. Dies bedeutet insbesondere:

- Erkennen und Dokumentieren von Leistungsänderungen und Leistungsstörungen.
- Kooperation der verschiedenen Projektbeteiligten und Fachstellen.
- Strategien im Umgang mit Dritten (Preisgestaltung, Verhandlungen, Forderungsmanagement, Nachtragsmanagement).
- Berechtigte Nachforderungen gegenüber Dritten erkennen und durchsetzen.
- Eingehende Nachforderungen von Dritten auf Anspruchsgrundlage prüfen und unberechtigte Ansprüche abwehren.

Vertragsmanagement

Das Vertragsmanagement als Teildisziplin des Projektmanagements hat die umfassende Kontrolle über alle externen vertraglichen Beziehungen des Projekts zum Ziel. Es umfasst insbesondere die Vertragsausführungskontrolle, das Vertragscontrolling und die Archivierung der Verträge. Das Vertragsmanagement ist eine gemeinsame Tätigkeit der technischen und kaufmännischen Projektleitung in Kooperation mit dem Projektcontrolling und den für rechtliche Aspekte zuständigen Stellen.

Über ein professionelles Vertragsmanagement werden die folgenden internen Projektrisiken minimiert:

- Nichteinhalten der gesetzlichen Vorschriften.
- Ungleicher Informationsstand oder fehlende Aktualität.
- Schwieriges Auffinden von Verträgen.
- Inhaltliche Risiken von Verträgen.
- Verlust von Verträgen beziehungsweise Vertragsbestandteilen.
- Versäumnis von Fristen, Vertragsoptionen.
- Mangelhafter Bearbeitungsprozess.
- Intransparenter Genehmigungs- beziehungsweise Freigabeprozess.
- Hohe Durchlaufzeiten für Rechnungsprüfung und -bearbeitung.

Das Vertragsmanagement unterstützt die Forderung nach Bilanz- und Revisionssicherheit der externen Verpflichtungen.

Versicherungsmanagement

Im Rahmen der Funktion Versicherungsmanagement werden die obligatorischen und fakultativen Versicherungen rund um ein Rückbauprojekt zusammengefasst. Neben den obligatorischen Haftpflicht- und Elementarschadenversicherungen existieren am Versicherungsmarkt zahlreiche weitere Produkte, die im Rahmen einer Risikoanalyse auf ihre Vorteilhaftigkeit hin zu untersuchen sind. Darüber hinaus umfasst das Thema Versicherungsmanagement auch das Management der Versicherungsanforderungen, die in vertraglichen Beziehungen mit Lieferanten eingefordert werden.

Qualitätsmanagement

Es ist notwendig, zur Vermeidung von Fehlern systematisch vorzugehen. Dies bedingt optimale Arbeitsabläufe und zur Behebung von Schwachstellen systematisches Lernen aus Erfahrungen. Dazu braucht es Methoden, die nicht von Individuen oder Organisationseinheiten einzeln angewendet, sondern verknüpft, einem übergeordneten Zweck dienend, umfassend im Betrieb zur Führung der gesamten Geschäftstätigkeit implementiert werden. Die Gesamtheit derart implementierter Methoden wird als Managementsystem bezeichnet.

Ein Ansatz für den Erfolg ist ein Managementsystem, das darauf ausgerichtet ist, eine ständige Verbesserung der Qualität zu erreichen. Es umfasst sämtliche Geschäftsprozesse, beginnend beim Design einer zu beschaffenden Ware oder Dienstleistung und endend mit einer nachvollziehbaren Dokumentation sowie Erkenntnissen, die systematisch zur Verbesserung des Systems genutzt werden. Moderne Managementsysteme bezwecken nebst der Optimierung der Qualität auch die von Umweltbelastung und Arbeitsschutz. Sie fassen die verschiedenen Anforderungen in einer gemeinsamen Struktur zusammen und sind konsequent auf die Erfüllung der Erwartungen betroffener Anspruchsgruppen ausgerichtet.

Details zur Umsetzung des Managementsystems im Stilllegungsprojekt werden in einem projektspezifischen Qualitätsmanagementprogramm[51] geregelt. Das Kernstück des Managementsystems bildet ebenfalls der Kreislauf der ständigen Verbesserungen (Plan – Do – Check – Act). Verbesserungsmassnahmen werden über die etablierten Führungs- und Geschäftsprozesse umgesetzt und im Rahmen von Management Reviews periodisch auf ihre Wirksamkeit und Angemessenheit überprüft.

[51] Art. 45 Bst. h KEV [8].

In der Schweiz verfügt jeder Betreiber einer Kernanlage über ein dem Stand der nuklearen Sicherheits- und Sicherungstechnik entsprechendes Managementsystem[52], das für die Abläufe in der Organisation eindeutige Zuordnungen der Verantwortlichkeiten und der Kompetenzen beschreibt sowie gewährleistet, dass sicherheits- und sicherungsrelevante Aufgaben in einem Management-Kreislauf erfasst und systematisch geplant, durchgeführt, kontrolliert, dokumentiert, intern und extern periodisch überprüft und anpasst werden.

Für die Stilllegung wird dieses System so weiterentwickelt, dass es unter Einbezug bereits vorhandener Verfahren zur Vermeidung von Fehlern und zum Lernen aus Erfahrung auch die während des Rückbaus auftretenden sicherheitsrelevanten Anlagezustände und Abläufe klar, kohärent, angemessen detailliert und verbindlich festlegt. Ferner wird das System berücksichtigen, dass eine Kernanlage im Rückbau als ein aus den Teilen Mensch, Technik und Organisation bestehendes soziotechnisches System anzusehen ist, bei dem sowohl die einzelnen Systemteile als auch deren Wechselwirkungen zu berücksichtigen sind.

Dokumentenmanagement

Das Dokumentenmanagement ist eine zentrale Funktion innerhalb des technischen und kommerziellen Projektmanagements und unterstützt das Vertrags- und Nachforderungsmanagement durch Schaffung der notwendigen Voraussetzungen für die wirtschaftlich optimierte Kontrolle und Führung von Lieferantenbeziehungen. Es unterstützt insbesondere bei der Abwehr von unberechtigten Nachforderungen von Lieferanten, die bei unvollständiger oder nicht plausibler Vertragsdokumentation zu Mehrausgaben gegenüber der Planung führen können.

Compliance Management

Unter Compliance werden die Vorgaben für das regelkonforme Verhalten des Unternehmens und seiner Mitarbeitenden verstanden. Die Richtlinien sollen dazu dienen, die ethischen Wertvorstellungen im unternehmerischen Geschäftsgebaren darzulegen (Verhaltenskodex). Compliance Management dient somit neben der Einhaltung von Gesetzen und ethischen Standards auch der Kontrolle operativer Risiken.

Risikomanagement

Das aktive Management von Risiken ist einer der wesentlichen Erfolgsfaktoren für die Abwicklung von Projekten. Es ist integraler Bestandteil der Corporate Governance der Betreiber. Das oberste Ziel des Risikomanagements ist es, einen Beitrag zur nachhaltigen Sicherung der Geschäftstätigkeit zu leisten. Das Risikomanagement beinhaltet eine systematische Analyse bestehender und antizipierter Risiken und setzt Massnahmen zur Vermeidung oder Begrenzung negativer Auswirkungen um.

Wissens- und Erfahrungsmanagement

Derzeit befinden sich in Europa zahlreiche Rückbauprojekte in unterschiedlichen Stadien der Umsetzung. Ein regelmässiger Austausch mit anderen Projekten sowie die systematische Sammlung und Analyse von Informationen aus anderen Rückbauprojekten soll dabei unterstützen, Fehlentwicklung in den eigenen Projekten zu vermeiden beziehungsweise von erfolgreich umgesetzten Innovationen zu profitieren.

5.2.2 Technische Massnahmen

Beprobung des Areals (Verdachtsflächen) deutlich vor Abschluss von Demontagearbeiten in der kontrollierten Zone

Antizipation eventueller Probleme und Vermeidung von Verzögerungen bei der Freigabe nach Demontage. Vorproben zeigen Schwachstellen auf und sichern das Ergebnis.

Zusätzliche Transportwege zur Vermeidung von Engpässen in der Logistikabfolge

Zusätzliche Transportwege für die von der Logistik betroffenen Gebäudebereiche. Vermeidung von Verzögerungen beim Rückbau durch Materialstau in der Anlage.

[52] Gemäss IAEA GS-R-3 in der Regel zertifiziert nach der Norm ISO-9001 [16].

Ersatzmaterial für technische Ausfälle bei der Logistik beziehungsweise Demontagegerätschaften

Redundante Hebezeuge und Flurförderfahrzeuge vorhalten, um Stillstände zu vermeiden.

Entsorgungsmöglichkeiten für konventionelle Materialien frühzeitig klären

Die Möglichkeiten einer regelkonformen Ablagerung auf geeigneten Deponien sind frühzeitig zu prüfen und die erforderlichen Rahmenbedingungen mit den zuständigen Akteuren abzustimmen.

Verfügbarkeit von Lieferanten sichern

Prämien für Vorhaltung von Leistungsreserven vereinbaren.

Gutachten

Vorbeugende Klärung von Rechtsfragen.

Vermeidung des unerwarteten Austretens von (radioaktiv belasteten) Flüssigkeiten während der Demontage

Frühzeitige Identifikation noch vorhandener Flüssigkeiten in den zu demontierenden Systemen. Erstellung und Umsetzung eines entsprechenden Prüf- und Probenahmeplans.

5.2.3 Kosten für Massnahmen zur Risikominderung

In Tabelle 45 bis Tabelle 47 sind die Kosten für die risikomindernden Massnahmen für die Kernkraftwerke und in Tabelle 48 bis Tabelle 50 für die Zwischenlager aufgeführt. Kosten für Massnahmen zur Risikominderung werden auf Ebene 3 der Kostenstruktur dargestellt.

Tabelle 45: Stilllegungsziel 1 – Kosten für Massnahmen zur Risikominderung bei der Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Kosten zur Risikominderung – Stilllegungsziel 1							
		KKB		KKM		KKG		KKL
Stilllegung KKW	*100.0%*	**17.45**	*100.0%*	**6.75**	*100.0%*	**14.33**	*100.0%*	**14.50**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00		0.00		0.00
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.00		0.00		0.00		0.00
Stilllegungsverfügung		0.00		0.00		0.00		0.00
Vorbereitungsmassnahmen – Stilllegung	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Vorbereitungsmassnahmen – Rückbau	*8.6%*	**1.50**	*0.0%*	**0.00**	*3.1%*	**0.45**	*0.0%*	**0.00**
Ausserbetriebnahme Systeme		1.50		0.00		0.45		0.00
In-Situ Dekontamination Kreisläufe		0.00		0.00		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*21.2%*	**3.70**	*15.6%*	**1.05**	*18.8%*	**2.70**	*18.6%*	**2.70**
Abbau Vorlaufend / Mobil		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau Kontaminiert		0.20		0.30		0.20		0.20
Abbau Aktiviert		1.50		0.75		1.50		1.50
Abbau Betonstrukturen		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.00		0.00		0.00		0.00
Dekontamination und Freigabe Gebäude		2.00		0.00		1.00		1.00
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal Projekt		0.00		0.00		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*6.3%*	**1.10**	*3.7%*	**0.25**	*7.7%*	**1.10**	*6.9%*	**1.00**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		0.00		0.00		0.00
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.00		0.00		0.00
Konditionierung und Verpackung		1.10		0.25		1.10		1.00
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbehandlung		0.00		0.00		0.00		0.00
Rückbaubetrieb	*45.3%*	**7.90**	*74.1%*	**5.00**	*57.2%*	**8.20**	*54.5%*	**7.90**
Verwaltung / Administration		6.60		0.00		6.70		5.80
Überwachung		0.00		0.00		0.00		0.00
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		0.00		0.00		0.00
Behördliche Begleitung		0.00		0.00		0.00		0.00
Fachabteilung Betrieb Anlage		0.00		0.00		0.00		0.00
Werkstätten		0.00		0.00		0.00		0.00
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		0.00		0.00		0.00
Instandhaltungsprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb IT		0.00		0.00		0.00		0.00
Betriebs- und Unterhaltsachkosten		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Sonstige betriebliche Aufwendungen		1.30		0.00		1.50		2.10
Projektleitung Rückbau	*18.6%*	**3.25**	*6.7%*	**0.45**	*13.1%*	**1.88**	*20.0%*	**2.90**
Gesamtprojektleitung		3.25		0.25		1.88		1.20
Übergeordnete Planungsmassnahmen		0.00		0.20		0.00		1.70
Leitung Teilprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 46: Stilllegungsziel 2 – Kosten für Massnahmen zur Risikominderung bei der Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Kosten zur Risikominderung – Stilllegungsziel 2							
		KKB		KKM		KKG		KKL
Stilllegung KKW	*100.0%*	**17.45**	*100.0%*	**6.75**	*100.0%*	**14.33**	*100.0%*	**14.50**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00		0.00		0.00
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.00		0.00		0.00		0.00
Stilllegungsverfügung		0.00		0.00		0.00		0.00
Vorbereitungsmassnahmen – Stand Ausserbetrieb	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Vorbereitungsmassnahmen – Stand Nachbetrieb	*8.6%*	**1.50**	*0.0%*	**0.00**	*3.1%*	**0.45**	*0.0%*	**0.00**
Ausserbetriebnahme Systeme		1.50		0.00		0.45		0.00
In-Situ Dekontamination Kreisläufe		0.00		0.00		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*21.2%*	**3.70**	*15.6%*	**1.05**	*18.8%*	**2.70**	*18.6%*	**2.70**
Abbau Vorlaufend / Mobil		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau Kontaminiert		0.20		0.30		0.20		0.20
Abbau Aktiviert		1.50		0.75		1.50		1.50
Abbau Betonstrukturen		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.00		0.00		0.00		0.00
Dekontamination und Freigabe Gebäude		2.00		0.00		1.00		1.00
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal Projekt		0.00		0.00		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*6.3%*	**1.10**	*3.7%*	**0.25**	*7.7%*	**1.10**	*6.9%*	**1.00**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		0.00		0.00		0.00
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.00		0.00		0.00
Konditionierung und Verpackung		1.10		0.25		1.10		1.00
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbehandlung		0.00		0.00		0.00		0.00
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Abbruch Gebäude Anlage kontroll. Zone		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbruch Sonstige Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Rückbaubetrieb	*45.3%*	**7.90**	*74.1%*	**5.00**	*57.2%*	**8.20**	*54.5%*	**7.90**
Verwaltung / Administration		6.60		0.00		6.70		5.80
Überwachung		0.00		0.00		0.00		0.00
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		0.00		0.00		0.00
Behördliche Begleitung		0.00		0.00		0.00		0.00
Fachabteilung Betrieb Anlage		0.00		0.00		0.00		0.00
Werkstätten		0.00		0.00		0.00		0.00
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		0.00		0.00		0.00
Instandhaltungsprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb IT		0.00		0.00		0.00		0.00
Betriebs- und Unterhaltsachkosten		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Sonstige betriebliche Aufwendungen		1.30		0.00		1.50		2.10
Projektleitung Rückbau	*18.6%*	**3.25**	*6.7%*	**0.45**	*13.1%*	**1.88**	*20.0%*	**2.90**
Gesamtprojektleitung		3.25		0.25		1.88		1.20
Übergeordnete Planungsmassnahmen		0.00		0.20		0.00		1.70
Leitung Teilprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 47: Stilllegungsziel 3 – Kosten für Massnahmen zur Risikominderung bei der Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Kosten zur Risikominderung – Stilllegungsziel 3							
		KKB		KKM		KKG		KKL
Stilllegung KKW	*100.0%*	**17.45**	*100.0%*	**6.75**	*100.0%*	**14.33**	*100.0%*	**14.50**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00		0.00		0.00
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.00		0.00		0.00		0.00
Stilllegungsverfügung		0.00		0.00		0.00		0.00
Vorbereitungsmassnahmen – Stand Vorbezug	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Vorbereitungsmassnahmen – Vorbezogen	*8.6%*	**1.50**	*0.0%*	**0.00**	*3.1%*	**0.45**	*0.0%*	**0.00**
Ausserbetriebnahme Systeme		1.50		0.00		0.45		0.00
In-Situ Dekontamination Kreisläufe		0.00		0.00		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*21.2%*	**3.70**	*15.6%*	**1.05**	*18.8%*	**2.70**	*18.6%*	**2.70**
Abbau Vorlaufend / Mobil		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau Kontaminiert		0.20		0.30		0.20		0.20
Abbau Aktiviert		1.50		0.75		1.50		1.50
Abbau Betonstrukturen		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.00		0.00		0.00		0.00
Dekontamination und Freigabe Gebäude		2.00		0.00		1.00		1.00
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal Projekt		0.00		0.00		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*6.3%*	**1.10**	*3.7%*	**0.25**	*7.7%*	**1.10**	*6.9%*	**1.00**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		0.00		0.00		0.00
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.00		0.00		0.00
Konditionierung und Verpackung		1.10		0.25		1.10		1.00
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbehandlung		0.00		0.00		0.00		0.00
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Abbruch Gebäude Anlage kontroll. Zone		0.00		0.00		0.00		0.00
Abbruch Sonstige Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Rückbaubetrieb	*45.3%*	**7.90**	*74.1%*	**5.00**	*57.2%*	**8.20**	*54.5%*	**7.90**
Verwaltung / Administration		6.60		0.00		6.70		5.80
Überwachung		0.00		0.00		0.00		0.00
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		0.00		0.00		0.00
Behördliche Begleitung		0.00		0.00		0.00		0.00
Fachabteilung Betrieb Anlage		0.00		0.00		0.00		0.00
Werkstätten		0.00		0.00		0.00		0.00
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		0.00		0.00		0.00
Instandhaltungsprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb IT		0.00		0.00		0.00		0.00
Betriebs- und Unterhaltsachkosten		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00		0.00		0.00
Sonstige betriebliche Aufwendungen		1.30		0.00		1.50		2.10
Projektleitung Rückbau	*18.6%*	**3.25**	*6.7%*	**0.45**	*13.1%*	**1.88**	*20.0%*	**2.90**
Gesamtprojektleitung		3.25		0.25		1.88		1.20
Übergeordnete Planungsmassnahmen		0.00		0.20		0.00		1.70
Leitung Teilprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 48: Stilllegungsziel 1 – Kosten für Massnahmen zur Risikominderung bei der Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Kosten zur Risikominderung – Stilllegungsziel 1			
		ZWIBEZ		Zwilag
Stilllegung Zwischenlager	*100.0%*	**0.10**	*100.0%*	**1.74**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.00		0.00
Stilllegungsverfügung		0.00		0.00
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.00
Ausserbetriebnahmen		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*0.0%*	**0.00**	*11.5%*	**0.20**
Abbau Kontaminiert		0.00		0.20
Dekontamination der Gebäude		0.00		0.00
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.00		0.00
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal		0.00		0.00
Lucens-Abfälle		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*0.0%*	**0.00**	*31.0%*	**0.54**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		0.00
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.00
Konditionierung und Verpackung		0.00		0.14
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		0.40
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur		0.00		0.00
Materialbehandlung		0.00		0.00
Rückbaubetrieb	*100.0%*	**0.10**	*57.5%*	**1.00**
Verwaltung / Administration		0.00		1.00
Überwachung		0.00		0.00
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		0.00
Behördliche Begleitung des Betriebes		0.00		0.00
Fachabteilungen Betrieb Anlage		0.00		0.00
Werkstätten		0.00		0.00
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		0.00
Instandhaltungsprojekte (Erneuerungsprojekte)		0.00		0.00
IT		0.00		0.00
Betriebs- und Unterhaltssachkosten		0.10		0.00
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00
Sonstige Betriebliche Aufwendungen		0.00		0.00

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 49: Stilllegungsziel 2 – Kosten für Massnahmen zur Risikominderung bei der Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Kosten zur Risikominderung – Stilllegungsziel 2			
		ZWIBEZ		Zwilag
Stilllegung Zwischenlager	*100.0%*	**0.10**	*100.0%*	**1.74**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.00		0.00
Stilllegungsverfügung		0.00		0.00
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.00
Ausserbetriebnahmen		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*0.0%*	**0.00**	*11.5%*	**0.20**
Abbau Kontaminiert		0.00		0.20
Dekontamination der Gebäude		0.00		0.00
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.00		0.00
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal		0.00		0.00
Lucens-Abfälle		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*0.0%*	**0.00**	*31.0%*	**0.54**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		0.00
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.00
Konditionierung und Verpackung		0.00		0.14
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		0.40
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur		0.00		0.00
Materialbehandlung		0.00		0.00
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Abbruch Gebäude Anlage		0.00		0.00
Abbruch Sonstiger Gebäude		0.00		0.00
Rückbaubetrieb	*100.0%*	**0.10**	*57.5%*	**1.00**
Verwaltung / Administration		0.00		1.00
Überwachung		0.00		0.00
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		0.00
Behördliche Begleitung des Betriebes		0.00		0.00
Fachabteilungen Betrieb Anlage		0.00		0.00
Werkstätten		0.00		0.00
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		0.00
Instandhaltungsprojekte (Erneuerungsprojekte)		0.00		0.00
IT		0.00		0.00
Betriebs- und Unterhaltssachkosten		0.10		0.00
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00
Sonstige Betriebliche Aufwendungen		0.00		0.00

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 50: Stilllegungsziel 3 – Kosten für Massnahmen zur Risikominderung bei der Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Kosten zur Risikominderung – Stilllegungsziel 3			
		ZWIBEZ		Zwilag
Stilllegung Zwischenlager	*100.0%*	**0.10**	*100.0%*	**1.74**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.00		0.00
Stilllegungsverfügung		0.00		0.00
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.00
Ausserbetriebnahmen		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*0.0%*	**0.00**	*11.5%*	**0.20**
Abbau Kontaminiert		0.00		0.20
Dekontamination der Gebäude		0.00		0.00
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.00		0.00
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal		0.00		0.00
Lucens-Abfälle		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*0.0%*	**0.00**	*31.0%*	**0.54**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		0.00
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.00
Konditionierung und Verpackung		0.00		0.14
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		0.40
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur		0.00		0.00
Materialbehandlung		0.00		0.00
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*0.0%*	**0.00**	*0.0%*	**0.00**
Abbruch Gebäude Anlage		0.00		0.00
Abbruch Sonstiger Gebäude		0.00		0.00
Rückbaubetrieb	*100.0%*	**0.10**	*57.5%*	**1.00**
Verwaltung / Administration		0.00		1.00
Überwachung		0.00		0.00
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		0.00
Behördliche Begleitung des Betriebes		0.00		0.00
Fachabteilungen Betrieb Anlage		0.00		0.00
Werkstätten		0.00		0.00
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		0.00
Instandhaltungsprojekte (Erneuerungsprojekte)		0.00		0.00
IT		0.00		0.00
Betriebs- und Unterhaltssachkosten		0.10		0.00
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00
Sonstige Betriebliche Aufwendungen		0.00		0.00

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

5.3 Basiskosten

Die Basiskosten ergeben sich durch Summierung der Ausgangskosten und der Kosten für risikomindernde Massnahmen. Die Basiskosten werden auf Ebene 3 der Kostenstruktur dargestellt.

Tabelle 51: Stilllegungsziel 1 – Basiskosten für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt.

Arbeitspaket-Bezeichnung	□ □ siskosten – □ ti□ □ □ egungszie□ □							
		KKB		KKM		KKG		KKL
Stilllegung KKW	*100.0%*	**763.45**	*100.0%*	**292.69**	*100.0%*	**606.84**	*100.0%*	**728.93**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.4%*	**2.80**	*0.0%*	**0.00**	*2.8%*	**16.82**	*2.3%*	**16.92**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00		12.48		12.50
Erstellung der Gesuchsunterlagen		1.57		0.00		3.94		4.01
Stilllegungsverfügung		1.24		0.00		0.41		0.41
□ or □ er eitungs□ und □ m□ □ um□ ssn□ □ men – □ t□ nd or t□ ezog	*16.8%*	**128.49**	*0.2%*	**0.72**	*8.9%*	**54.31**	*7.0%*	**50.82**
Umbau und Neueinrichtungen		128.49		0.72		54.31		50.82
□ or □ er eitungs□ und □ m□ □ um□ ssn□ □ men – □ □ o□ k□ ezogen	*2.9%*	**22.04**	*3.9%*	**11.32**	*0.8%*	**4.85**	*0.7%*	**4.91**
Ausserbetriebnahme Systeme		5.67		0.52		4.40		4.45
In-Situ Dekontamination Kreisläufe		0.00		0.00		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		16.37		5.14		0.46		0.45
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		5.67		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*23.8%*	**181.94**	*27.6%*	**80.74**	*24.7%*	**149.80**	*32.1%*	**234.15**
Abbau Vorlaufend / Mobil		3.70		0.22		5.06		1.97
Abbau Kontaminiert		18.02		18.70		27.01		59.51
Abbau Aktiviert		59.11		19.36		37.50		68.33
Abbau Betonstrukturen		23.67		15.07		9.20		4.02
Abbau restlicher Einrichtungen		16.09		9.70		8.97		39.62
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		26.50		4.51		19.70		22.39
Dekontamination und Freigabe Gebäude		33.21		11.56		40.73		36.68
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal Projekt		1.65		1.62		1.63		1.63
Behandlung und Verpackung	*19.1%*	**146.14**	*18.0%*	**52.82**	*15.2%*	**92.03**	*24.6%*	**178.96**
Nachzerlegung und Behandlung		14.30		11.20		13.49		39.26
Dekontamination von Einzelteilen		4.54		3.34		3.93		11.87
Konditionierung und Verpackung		117.15		32.47		58.12		110.56
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		8.53		4.21		13.10		16.36
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbehandlung		1.61		1.60		3.38		0.90
Rückbaubetrieb	*30.4%*	**231.97**	*48.1%*	**140.85**	*42.5%*	**257.81**	*25.3%*	**184.41**
Verwaltung / Administration		27.49		17.09		29.48		29.68
Überwachung		27.13		45.58		26.48		19.66
Sicherung / Arealüberwachung		22.63		7.77		34.66		25.16
Behördliche Begleitung		29.58		20.01		30.74		6.53
Fachabteilung Betrieb Anlage		39.52		10.36		46.62		28.27
Werkstätten		0.81		0.00		7.35		2.22
Laufende Prüfung und Instandhaltung		25.90		15.25		25.71		26.66
Instandhaltungsprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb IT		11.99		7.45		16.24		11.76
Betriebs- und Unterhaltsachkosten		38.11		5.61		34.54		27.06
Betrieb Lagereinrichtungen		0.43		0.00		0.00		0.00
Sonstige betriebliche Aufwendungen		8.38		11.72		5.99		7.41
Projektleitung Rückbau	*6.6%*	**50.07**	*2.1%*	**6.24**	*5.1%*	**31.22**	*8.1%*	**58.78**
Gesamtprojektleitung		18.12		3.30		6.22		17.05
Übergeordnete Planungsmassnahmen		20.87		2.93		12.47		27.33
Leitung Teilprojekte		11.08		0.00		12.52		14.41

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 52: Stilllegungsziel 2 – Basiskosten für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt.

Arbeitspaket-Bezeichnung	□ □ siskosten – □ ti□ □ □ egungszie□ □							
		KKB		KKM		KKG		KKL
Stilllegung KKW	*100.0%*	**803.83**	*100.0%*	**303.51**	*100.0%*	**643.64**	*100.0%*	**787.65**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.3%*	**2.79**	*0.0%*	**0.00**	*2.6%*	**16.88**	*2.1%*	**16.85**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00		12.52		12.48
Erstellung der Gesuchsunterlagen		1.56		0.00		3.96		3.98
Stilllegungsverfügung		1.23		0.00		0.41		0.40
□ or □ er eitungs□ und □ m□ □ um□ ssn□ □ men – □ t□ nd or t□ ezog	*16.0%*	**128.54**	*0.2%*	**0.72**	*8.4%*	**53.79**	*6.5%*	**51.28**
Umbau und Neueinrichtungen		128.54		0.72		53.79		51.28
□ or □ er eitungs□ und □ m□ □ um□ ssn□ □ men – □ □ o□ k□ ezogen	*2.8%*	**22.14**	*3.7%*	**11.32**	*0.7%*	**4.81**	*0.6%*	**5.00**
Ausserbetriebnahme Systeme		5.67		0.52		4.35		4.53
In-Situ Dekontamination Kreisläufe		0.00		0.00		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		16.47		5.14		0.46		0.47
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		5.66		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*22.6%*	**181.77**	*26.6%*	**80.71**	*23.3%*	**149.65**	*29.5%*	**232.63**
Abbau Vorlaufend / Mobil		3.70		0.22		5.11		1.96
Abbau Kontaminiert		18.02		18.81		26.91		58.51
Abbau Aktiviert		59.26		19.34		37.73		68.10
Abbau Betonstrukturen		23.50		14.95		9.07		4.04
Abbau restlicher Einrichtungen		16.13		9.66		8.90		39.48
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		26.43		4.54		19.53		22.11
Dekontamination und Freigabe Gebäude		33.12		11.56		40.76		36.79
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal Projekt		1.62		1.63		1.63		1.63
Behandlung und Verpackung	*18.2%*	**146.39**	*17.4%*	**52.78**	*14.3%*	**92.18**	*22.7%*	**178.95**
Nachzerlegung und Behandlung		14.33		11.16		13.50		39.30
Dekontamination von Einzelteilen		4.55		3.33		3.93		11.87
Konditionierung und Verpackung		117.31		32.48		58.24		110.49
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		8.57		4.21		13.17		16.38
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbehandlung		1.62		1.59		3.34		0.91
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*3.4%*	**27.18**	*3.6%*	**10.88**	*4.5%*	**28.94**	*5.9%*	**46.45**
Abbruch Gebäude Anlage kontroll. Zone		12.43		4.99		10.04		20.81
Abbruch Sonstige Gebäude		14.75		5.89		18.90		25.64
Rückbaubetrieb	*30.4%*	**244.15**	*46.4%*	**140.88**	*41.1%*	**264.85**	*24.9%*	**196.14**
Verwaltung / Administration		29.29		17.08		32.21		34.10
Überwachung		29.10		45.58		26.42		20.72
Sicherung / Arealüberwachung		24.74		7.77		35.32		25.28
Behördliche Begleitung		32.06		20.04		31.64		7.74
Fachabteilung Betrieb Anlage		39.89		10.35		46.28		28.37
Werkstätten		0.82		0.00		7.48		2.20
Laufende Prüfung und Instandhaltung		26.09		15.25		25.25		26.37
Instandhaltungsprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb IT		12.66		7.47		16.59		12.87
Betriebs- und Unterhaltsachkosten		40.23		5.60		37.27		30.26
Betrieb Lagereinrichtungen		0.46		0.00		0.00		0.00
Sonstige betriebliche Aufwendungen		8.82		11.73		6.40		8.23
Projektleitung Rückbau	*6.3%*	**50.87**	*2.1%*	**6.23**	*5.1%*	**32.54**	*7.7%*	**60.35**
Gesamtprojektleitung		18.29		3.30		6.53		17.38
Übergeordnete Planungsmassnahmen		21.24		2.93		13.00		28.00
Leitung Teilprojekte		11.33		0.00		13.01		14.97

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 53: Stilllegungsziel 3 – Basiskosten für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt.

Arbeitspaket-Bezeichnung	□ □ siskosten – □ ti□ □ □ egungszie□ □							
		KKB		KKM		KKG		KKL
Stilllegung KKW	*100.0%*	**825.27**	*100.0%*	**311.16**	*100.0%*	**657.97**	*100.0%*	**803.62**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.3%*	**2.80**	*0.0%*	**0.00**	*2.6%*	**16.92**	*2.1%*	**16.88**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00		12.54		12.48
Erstellung der Gesuchsunterlagen		1.56		0.00		3.98		3.99
Stilllegungsverfügung		1.24		0.00		0.40		0.41
□ or □ er eitungs□ und □ m□ □ um□ ssn□ □ men – □ t□ nd or t□ ezog	*15.6%*	**128.48**	*0.2%*	**0.72**	*8.2%*	**54.13**	*6.3%*	**50.79**
Umbau und Neueinrichtungen		128.48		0.72		54.13		50.79
□ or □ er eitungs□ und □ m□ □ um□ ssn□ □ men – □ □ o□ k□ ezogen	*2.7%*	**22.00**	*3.6%*	**11.32**	*0.7%*	**4.86**	*0.6%*	**4.83**
Ausserbetriebnahme Systeme		5.65		0.52		4.40		4.38
In-Situ Dekontamination Kreisläufe		0.00		0.00		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		16.35		5.14		0.45		0.45
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		5.66		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*22.0%*	**181.87**	*25.9%*	**80.50**	*22.7%*	**149.56**	*29.1%*	**233.47**
Abbau Vorlaufend / Mobil		3.69		0.22		5.10		1.97
Abbau Kontaminiert		18.05		18.69		27.02		59.12
Abbau Aktiviert		59.37		19.31		37.63		68.32
Abbau Betonstrukturen		23.53		14.97		9.19		4.08
Abbau restlicher Einrichtungen		16.15		9.64		8.74		39.54
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		26.41		4.51		19.68		22.03
Dekontamination und Freigabe Gebäude		33.11		11.55		40.58		36.77
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal Projekt		1.58		1.61		1.62		1.63
Behandlung und Verpackung	*17.7%*	**146.21**	*17.0%*	**52.85**	*14.0%*	**92.22**	*22.2%*	**178.79**
Nachzerlegung und Behandlung		14.31		11.16		13.51		39.26
Dekontamination von Einzelteilen		4.54		3.34		3.92		11.87
Konditionierung und Verpackung		117.18		32.55		58.27		110.42
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		8.57		4.20		13.14		16.32
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbehandlung		1.61		1.59		3.37		0.92
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*5.1%*	**42.25**	*6.0%*	**18.70**	*6.4%*	**41.91**	*7.1%*	**57.36**
Abbruch Gebäude Anlage kontroll. Zone		19.96		9.26		17.98		31.78
Abbruch Sonstige Gebäude		22.29		9.44		23.93		25.59
Rückbaubetrieb	*30.3%*	**250.29**	*45.3%*	**140.84**	*40.4%*	**265.63**	*25.0%*	**200.60**
Verwaltung / Administration		30.12		17.08		32.85		35.45
Überwachung		30.06		45.55		26.06		21.14
Sicherung / Arealüberwachung		26.02		7.77		34.85		25.35
Behördliche Begleitung		33.60		20.03		31.65		7.86
Fachabteilung Betrieb Anlage		39.93		10.36		46.17		29.07
Werkstätten		0.81		0.00		7.40		2.22
Laufende Prüfung und Instandhaltung		25.86		15.25		25.63		26.40
Instandhaltungsprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb IT		13.10		7.46		16.86		13.20
Lucens-Abfälle		41.18		5.61		37.62		31.50
Betrieb Lagereinrichtungen		0.47		0.00		0.00		0.00
Sonstige betriebliche Aufwendungen		9.11		11.71		6.54		8.40
Projektleitung Rückbau	*6.2%*	**51.36**	*2.0%*	**6.24**	*5.0%*	**32.74**	*7.6%*	**60.91**
Gesamtprojektleitung		18.40		3.30		6.51		17.39
Übergeordnete Planungsmassnahmen		21.42		2.93		13.08		28.40
Leitung Teilprojekte		11.54		0.00		13.14		15.11

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 54: Stilllegungsziel 1 – Basiskosten für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	□ □ siskosten – □ ti□ □ □ egungszie□ □			
		ZWIBEZ		Zwilag
Stilllegung Zwischenlager	*100.0%*	**2.31**	*100.0%*	**113.98**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*46.4%*	**1.07**	*2.4%*	**2.74**
Planerische Vorarbeiten		0.23		1.76
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.76		0.77
Stilllegungsverfügung		0.08		0.20
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	*0.0%*	**0.00**	*1.5%*	**1.69**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		1.26
Ausserbetriebnahmen		0.00		0.33
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.11
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*40.4%*	**0.93**	*27.5%*	**31.29**
Abbau Kontaminiert		0.00		22.50
Dekontamination der Gebäude		0.00		7.25
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.78		1.34
Auszonung der Gebäude		0.16		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal		0.00		0.20
Lucens-Abfälle		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*0.0%*	**0.00**	*8.3%*	**9.44**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		1.62
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.41
Konditionierung und Verpackung		0.00		4.74
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		2.44
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur		0.00		0.23
Materialbehandlung		0.00		0.00
Rückbaubetrieb	*13.2%*	**0.31**	*60.4%*	**68.81**
Verwaltung / Administration		0.00		9.66
Überwachung		0.00		6.36
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		6.39
Behördliche Begleitung des Betriebes		0.00		2.22
Fachabteilungen Betrieb Anlage		0.00		5.42
Werkstätten		0.00		2.23
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		4.17
Instandhaltungsprojekte (Erneuerungsprojekte)		0.00		3.04
IT		0.00		5.16
Betriebs- und Unterhaltssachkosten		0.31		17.03
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00
Sonstige Betriebliche Aufwendungen		0.00		7.13

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 55: Stilllegungsziel 2 – Basiskosten für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	□ □ siskosten – □ ti□ □ □ egungszie□ □			
		ZWIBEZ		Zwilag
Stilllegung Zwischenlager	*100.0%*	**4.63**	*100.0%*	**138.55**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*23.1%*	**1.07**	*2.0%*	**2.75**
Planerische Vorarbeiten		0.22		1.79
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.76		0.76
Stilllegungsverfügung		0.08		0.20
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	*0.0%*	**0.00**	*1.2%*	**1.65**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		1.21
Ausserbetriebnahmen		0.00		0.33
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.11
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*20.1%*	**0.93**	*22.7%*	**31.39**
Abbau Kontaminiert		0.00		22.61
Dekontamination der Gebäude		0.00		7.23
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.78		1.36
Auszonung der Gebäude		0.16		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal		0.00		0.20
Lucens-Abfälle		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*0.0%*	**0.00**	*6.8%*	**9.43**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		1.62
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.41
Konditionierung und Verpackung		0.00		4.73
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		2.45
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur		0.00		0.23
Materialbehandlung		0.00		0.00
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*39.1%*	**1.81**	*11.9%*	**16.47**
Abbruch Gebäude Anlage		1.81		15.46
Abbruch Sonstiger Gebäude		0.00		1.01
Rückbaubetrieb	*17.7%*	**0.82**	*55.5%*	**76.85**
Verwaltung / Administration		0.00		11.11
Überwachung		0.00		6.81
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		6.46
Behördliche Begleitung des Betriebes		0.00		2.28
Fachabteilungen Betrieb Anlage		0.00		5.65
Werkstätten		0.00		2.31
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		4.36
Instandhaltungsprojekte (Erneuerungsprojekte)		0.00		3.84
IT		0.00		5.29
Betriebs- und Unterhaltssachkosten		0.82		21.09
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00
Sonstige Betriebliche Aufwendungen		0.00		7.66

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 56: Stilllegungsziel 3 – Basiskosten für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	□ □ siskosten – □ ti□ □ □ egungszie□ □			
		ZWIBEZ		Zwilag
Stilllegung Zwischenlager	*100.0%*	**5.63**	*100.0%*	**145.52**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*19.4%*	**1.09**	*1.9%*	**2.73**
Planerische Vorarbeiten		0.22		1.77
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.79		0.76
Stilllegungsverfügung		0.08		0.21
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	*0.0%*	**0.00**	*1.1%*	**1.64**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		1.20
Ausserbetriebnahmen		0.00		0.33
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.11
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*16.4%*	**0.93**	*21.5%*	**31.34**
Abbau Kontaminiert		0.00		22.57
Dekontamination der Gebäude		0.00		7.24
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.77		1.34
Auszonung der Gebäude		0.15		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal		0.00		0.20
Lucens-Abfälle		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*0.0%*	**0.00**	*6.5%*	**9.44**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		1.62
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.41
Konditionierung und Verpackung		0.00		4.73
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		2.45
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur		0.00		0.23
Materialbehandlung		0.00		0.00
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*47.1%*	**2.65**	*14.4%*	**20.92**
Abbruch Gebäude Anlage		2.65		19.74
Abbruch Sonstiger Gebäude		0.00		1.18
Rückbaubetrieb	*17.0%*	**0.96**	*54.6%*	**79.44**
Verwaltung / Administration		0.00		11.54
Überwachung		0.00		7.00
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		6.54
Behördliche Begleitung des Betriebes		0.00		2.39
Fachabteilungen Betrieb Anlage		0.00		5.73
Werkstätten		0.00		2.37
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		4.44
Instandhaltungsprojekte (Erneuerungsprojekte)		0.00		4.02
IT		0.00		5.40
Betriebs- und Unterhaltssachkosten		0.96		22.19
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00
Sonstige Betriebliche Aufwendungen		0.00		7.82

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

5.4 Kostenzuschlag für Prognoseungenauigkeiten

Die Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten wurden derart bestimmt, dass die prognostizierten Kosten mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht überschritten werden. Sie wurden gemäss der in Abschnitt 3.2.2 beschriebenen Vorgehensweise berechnet. Tabelle 57 bis Tabelle 59 zeigen die Zuschläge für die Kernkraftwerke, und in Tabelle 60 bis Tabelle 62 sind die Zuschläge für die Zwischenlager Beznau und das zentrale Zwischenlager Würenlingen aufgeführt.

Tabelle 57: Stilllegungsziel 1 – Prognoseungenauigkeiten der Kostenermittlung für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Kostenzuschlag für Prognoseungenauigkeiten – Stilllegungsziel 1							
		KKB		KKM		KKG		KKL
Stilllegung KKW	*10.5%*	**80.23**	*7.0%*	**20.58**	*14.4%*	**87.34**	*12.5%*	**90.89**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.0%*	**0.30**	*0.0%*	**0.00**	*0.7%*	**3.98**	*0.5%*	**3.93**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00		2.96		2.96
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.16		0.00		0.93		0.88
Stilllegungsverfügung		0.14		0.00		0.09		0.10
Vorbereitungsmassnahmen – Stilllegungsziel 1	*2.0%*	**15.47**	*0.0%*	**0.04**	*2.2%*	**13.24**	*1.8%*	**13.08**
Umbau und Neueinrichtungen		15.47		0.04		13.24		13.08
Vorbereitungsmassnahmen – Stilllegungsziel 2	*0.6%*	**4.90**	*0.3%*	**0.94**	*0.2%*	**1.17**	*0.2%*	**1.20**
Ausserbetriebnahme Systeme		1.29		0.03		1.07		1.10
In-Situ Dekontamination Kreisläufe		0.00		0.00		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		3.62		0.46		0.10		0.10
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.45		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*3.0%*	**22.62**	*3.1%*	**9.01**	*3.2%*	**19.22**	*3.8%*	**27.66**
Abbau Vorlaufend / Mobil		0.41		0.02		0.59		0.23
Abbau Kontaminiert		2.76		2.72		3.75		6.55
Abbau Aktiviert		9.18		1.10		5.85		9.34
Abbau Betonstrukturen		1.92		1.72		0.92		0.45
Abbau restlicher Einrichtungen		2.08		1.21		1.01		4.54
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		2.73		0.50		2.40		2.57
Dekontamination und Freigabe Gebäude		3.16		1.29		4.32		3.62
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal Projekt		0.38		0.44		0.39		0.37
Behandlung und Verpackung	*2.5%*	**18.87**	*2.3%*	**6.71**	*1.9%*	**11.72**	*3.0%*	**21.86**
Nachzerlegung und Behandlung		1.62		1.25		1.54		4.50
Dekontamination von Einzelteilen		0.50		0.37		0.43		1.34
Konditionierung und Verpackung		13.26		3.69		6.63		12.56
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		2.59		0.60		2.10		2.64
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbehandlung		0.90		0.80		1.03		0.82
Rückbaubetrieb	*2.2%*	**16.97**	*1.3%*	**3.83**	*6.1%*	**36.95**	*3.1%*	**22.37**
Verwaltung / Administration		1.52		0.25		1.40		2.00
Überwachung		1.51		0.88		0.89		1.07
Sicherung / Arealüberwachung		1.11		0.02		1.85		1.15
Behördliche Begleitung		3.94		1.16		8.30		1.53
Fachabteilung Betrieb Anlage		0.96		0.04		1.50		2.01
Werkstätten		0.03		0.00		0.33		0.11
Laufende Prüfung und Instandhaltung		1.57		0.36		8.59		5.23
Instandhaltungsprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb IT		1.16		0.36		1.88		1.77
Betriebs- und Unterhaltsachkosten		4.34		0.27		9.67		6.00
Betrieb Lagereinrichtungen		0.04		0.00		0.00		0.00
Sonstige betriebliche Aufwendungen		0.78		0.49		2.54		1.52
Projektleitung Rückbau	*0.1%*	**1.09**	*0.0%*	**0.05**	*0.2%*	**1.06**	*0.1%*	**0.78**
Gesamtprojektleitung		0.47		0.02		0.23		0.18
Übergeordnete Planungsmassnahmen		0.34		0.03		0.44		0.45
Leitung Teilprojekte		0.28		0.00		0.39		0.15

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 58: Stilllegungsziel 2 – Prognoseungenauigkeiten der Kostenermittlung für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Kostenzusgrr ognoseungenuigkeiten – tiegungszie							
		KKB		KKM		KKG		KKL
Stilllegung KKW	*10.6%*	**85.01**	*7.3%*	**22.13**	*14.5%*	**93.27**	*12.8%*	**100.79**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.0%*	**0.33**	*0.0%*	**0.00**	*0.6%*	**3.95**	*0.5%*	**3.96**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00		2.94		2.95
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.18		0.00		0.91		0.91
Stilllegungsverfügung		0.14		0.00		0.10		0.10
or er eitungs und m um ssn men – t nd or t ezog	*1.9%*	**15.32**	*0.0%*	**0.04**	*2.2%*	**13.93**	*1.6%*	**12.34**
Umbau und Neueinrichtungen		15.32		0.04		13.93		12.34
or er eitungs und m um ssn men – o k ezogen	*0.6%*	**4.82**	*0.3%*	**0.92**	*0.2%*	**1.15**	*0.1%*	**1.10**
Ausserbetriebnahme Systeme		1.30		0.03		1.05		1.01
In-Situ Dekontamination Kreisläufe		0.00		0.00		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		3.52		0.45		0.10		0.09
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.44		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*2.9%*	**22.91**	*3.0%*	**8.99**	*3.0%*	**19.52**	*3.7%*	**29.34**
Abbau Vorlaufend / Mobil		0.39		0.02		0.55		0.23
Abbau Kontaminiert		2.74		2.51		3.88		7.71
Abbau Aktiviert		9.14		1.13		5.49		9.21
Abbau Betonstrukturen		2.19		1.89		1.09		0.43
Abbau restlicher Einrichtungen		1.99		1.26		1.08		4.77
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		2.82		0.45		2.75		3.13
Dekontamination und Freigabe Gebäude		3.25		1.32		4.29		3.46
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal Projekt		0.39		0.41		0.38		0.39
Behandlung und Verpackung	*2.3%*	**18.76**	*2.2%*	**6.77**	*1.8%*	**11.56**	*2.8%*	**21.79**
Nachzerlegung und Behandlung		1.61		1.25		1.50		4.51
Dekontamination von Einzelteilen		0.49		0.36		0.43		1.31
Konditionierung und Verpackung		13.22		3.72		6.48		12.58
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		2.55		0.61		2.07		2.60
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbehandlung		0.88		0.81		1.07		0.79
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*0.5%*	**4.06**	*0.5%*	**1.58**	*0.7%*	**4.75**	*1.0%*	**7.81**
Abbruch Gebäude Anlage kontroll. Zone		1.88		0.84		1.84		4.16
Abbruch Sonstige Gebäude		2.18		0.74		2.91		3.66
Rückbaubetrieb	*2.2%*	**17.60**	*1.2%*	**3.79**	*5.8%*	**37.23**	*3.0%*	**23.48**
Verwaltung / Administration		1.38		0.26		1.26		1.96
Überwachung		1.43		0.92		0.91		1.09
Sicherung / Arealüberwachung		1.47		0.01		1.19		1.07
Behördliche Begleitung		4.22		1.09		9.08		1.79
Fachabteilung Betrieb Anlage		0.83		0.04		1.85		1.89
Werkstätten		0.03		0.00		0.21		0.12
Laufende Prüfung und Instandhaltung		1.35		0.34		8.57		5.53
Instandhaltungsprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb IT		1.35		0.33		2.00		1.82
Betriebs- und Unterhaltsachkosten		4.67		0.28		9.65		6.60
Betrieb Lagereinrichtungen		0.04		0.00		0.00		0.00
Sonstige betriebliche Aufwendungen		0.83		0.51		2.50		1.62
Projektleitung Rückbau	*0.2%*	**1.21**	*0.0%*	**0.05**	*0.2%*	**1.18**	*0.1%*	**0.96**
Gesamtprojektleitung		0.50		0.02		0.22		0.18
Übergeordnete Planungsmassnahmen		0.34		0.03		0.49		0.44
Leitung Teilprojekte		0.38		0.00		0.48		0.34

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 59: Stilllegungsziel 3 – Prognoseungenauigkeiten der Kostenermittlung für die Stilllegung der KKW Beznau, Mühleberg, Gösgen und Leibstadt.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Kostenzusg r ognoseungenuigkeiten – ti egungszie							
		KKB		KKM		KKG		KKL
Stilllegung KKW	*10.7%*	**88.23**	*7.5%*	**23.26**	*14.6%*	**96.29**	*12.5%*	**100.14**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*0.0%*	**0.31**	*0.0%*	**0.00**	*0.6%*	**3.88**	*0.5%*	**4.08**
Planerische Vorarbeiten		0.00		0.00		2.86		3.09
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.17		0.00		0.93		0.91
Stilllegungsverfügung		0.14		0.00		0.09		0.09
or er eitungs und m um ssn men – t nd or t ezog	*1.9%*	**15.55**	*0.0%*	**0.04**	*2.1%*	**13.69**	*1.6%*	**12.99**
Umbau und Neueinrichtungen		15.55		0.04		13.69		12.99
or er eitungs und m um ssn men – o k ezogen	*0.6%*	**4.91**	*0.3%*	**0.92**	*0.2%*	**1.12**	*0.1%*	**1.20**
Ausserbetriebnahme Systeme		1.32		0.03		1.02		1.10
In-Situ Dekontamination Kreisläufe		0.00		0.00		0.00		0.00
Systemtechnische Anpassungen		3.59		0.44		0.10		0.10
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.45		0.00		0.00
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*2.8%*	**23.09**	*2.9%*	**9.16**	*2.9%*	**19.34**	*3.5%*	**28.49**
Abbau Vorlaufend / Mobil		0.41		0.02		0.56		0.23
Abbau Kontaminiert		2.74		2.65		3.91		7.45
Abbau Aktiviert		9.21		1.13		5.67		9.10
Abbau Betonstrukturen		2.10		1.81		0.95		0.38
Abbau restlicher Einrichtungen		1.94		1.29		1.25		4.59
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		2.89		0.49		2.35		3.00
Dekontamination und Freigabe Gebäude		3.31		1.37		4.27		3.38
Auszonung der Gebäude		0.00		0.00		0.00		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal Projekt		0.49		0.40		0.37		0.36
Behandlung und Verpackung	*2.3%*	**18.87**	*2.1%*	**6.67**	*1.8%*	**11.67**	*2.7%*	**22.00**
Nachzerlegung und Behandlung		1.63		1.24		1.48		4.73
Dekontamination von Einzelteilen		0.51		0.36		0.44		1.36
Konditionierung und Verpackung		13.23		3.64		6.63		12.48
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		2.63		0.60		2.11		2.64
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbehandlung		0.86		0.84		1.00		0.79
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*0.7%*	**6.14**	*0.8%*	**2.63**	*1.1%*	**7.12**	*1.1%*	**8.87**
Abbruch Gebäude Anlage kontroll. Zone		3.19		1.35		2.83		5.13
Abbruch Sonstige Gebäude		2.95		1.28		4.29		3.74
Rückbaubetrieb	*2.2%*	**18.20**	*1.2%*	**3.80**	*5.8%*	**38.17**	*2.7%*	**21.72**
Verwaltung / Administration		1.45		0.25		1.21		1.60
Überwachung		1.47		0.92		1.28		0.91
Sicherung / Arealüberwachung		1.48		0.02		1.51		0.98
Behördliche Begleitung		3.97		1.07		9.67		1.89
Fachabteilung Betrieb Anlage		0.97		0.04		1.89		1.16
Werkstätten		0.03		0.00		0.28		0.10
Laufende Prüfung und Instandhaltung		1.59		0.36		8.42		5.57
Instandhaltungsprojekte		0.00		0.00		0.00		0.00
Betrieb IT		1.31		0.36		1.91		1.69
Betriebs- und Unterhaltsachkosten		5.07		0.27		9.57		6.20
Betrieb Lagereinrichtungen		0.04		0.00		0.00		0.00
Sonstige betriebliche Aufwendungen		0.81		0.52		2.43		1.63
Projektleitung Rückbau	*0.1%*	**1.16**	*0.0%*	**0.05**	*0.2%*	**1.31**	*0.1%*	**0.78**
Gesamtprojektleitung		0.47		0.02		0.29		0.24
Übergeordnete Planungsmassnahmen		0.34		0.03		0.53		0.18
Leitung Teilprojekte		0.35		0.00		0.49		0.36

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 60: Stilllegungsziel 1 – Prognoseungenauigkeiten der Kostenermittlung für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Kostenzuschlag für Prognose-ungenauigkeiten - Stilllegungsziel 1			
		ZWIBEZ		Zwilag
Stilllegung Zwischenlager	*18.9%*	**0.44**	*10.8%*	**12.33**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*11.9%*	**0.28**	*0.6%*	**0.64**
Planerische Vorarbeiten		0.05		0.42
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.21		0.17
Stilllegungsverfügung		0.02		0.05
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	*0.0%*	**0.00**	*0.3%*	**0.36**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.26
Ausserbetriebnahmen		0.00		0.08
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.02
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*5.7%*	**0.13**	*4.0%*	**4.52**
Abbau Kontaminiert		0.00		3.46
Dekontamination der Gebäude		0.00		0.80
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.10		0.21
Auszonung der Gebäude		0.04		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal		0.00		0.05
Lucens-Abfälle		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*0.0%*	**0.00**	*1.0%*	**1.18**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		0.17
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.05
Konditionierung und Verpackung		0.00		0.50
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		0.41
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur		0.00		0.05
Materialbehandlung		0.00		0.00
Rückbaubetrieb	*1.4%*	**0.03**	*4.9%*	**5.63**
Verwaltung / Administration		0.00		0.79
Überwachung		0.00		0.52
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		0.52
Behördliche Begleitung des Betriebes		0.00		0.18
Fachabteilungen Betrieb Anlage		0.00		0.44
Werkstätten		0.00		0.18
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		0.34
Instandhaltungsprojekte (Erneuerungsprojekte)		0.00		0.25
IT		0.00		0.42
Betriebs- und Unterhaltssachkosten		0.03		1.39
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00
Sonstige Betriebliche Aufwendungen		0.00		0.60

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 61: Stilllegungsziel 2 – Prognoseungenauigkeiten der Kostenermittlung für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Kostenzuschlag für Prognose-ungenauigkeiten - Stilllegungsziel 2			
		ZWIBEZ		Zwilag
Stilllegung Zwischenlager	*16.9%*	**0.78**	*13.1%*	**18.15**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*5.7%*	**0.27**	*0.5%*	**0.63**
Planerische Vorarbeiten		0.05		0.40
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.20		0.18
Stilllegungsverfügung		0.02		0.05
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	*0.0%*	**0.00**	*0.3%*	**0.39**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.29
Ausserbetriebnahmen		0.00		0.07
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.03
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*2.7%*	**0.12**	*3.2%*	**4.40**
Abbau Kontaminiert		0.00		3.33
Dekontamination der Gebäude		0.00		0.82
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.09		0.20
Auszonung der Gebäude		0.03		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal		0.00		0.05
Lucens-Abfälle		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*0.0%*	**0.00**	*0.9%*	**1.22**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		0.17
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.05
Konditionierung und Verpackung		0.00		0.52
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		0.42
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur		0.00		0.05
Materialbehandlung		0.00		0.00
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*7.2%*	**0.34**	*1.9%*	**2.57**
Abbruch Gebäude Anlage		0.34		2.46
Abbruch Sonstiger Gebäude		0.00		0.10
Rückbaubetrieb	*1.3%*	**0.06**	*6.5%*	**8.94**
Verwaltung / Administration		0.00		0.97
Überwachung		0.00		0.68
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		0.91
Behördliche Begleitung des Betriebes		0.00		0.32
Fachabteilungen Betrieb Anlage		0.00		0.44
Werkstätten		0.00		0.27
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		0.43
Instandhaltungsprojekte (Erneuerungsprojekte)		0.00		0.29
IT		0.00		0.73
Betriebs- und Unterhaltssachkosten		0.06		2.94
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00
Sonstige Betriebliche Aufwendungen		0.00		0.98

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 62: Stilllegungsziel 3 – Prognoseungenauigkeiten der Kostenermittlung für die Stilllegung des Zwischenlagers Beznau und des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Kostenzuschlag für Prognose-ungenauigkeiten - Stilllegungsziel 3			
		ZWIBEZ		Zwilag
Stilllegung Zwischenlager	*14.7%*	**0.83**	*13.1%*	**19.08**
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung	*4.2%*	**0.24**	*0.4%*	**0.63**
Planerische Vorarbeiten		0.06		0.40
Erstellung der Gesuchsunterlagen		0.16		0.19
Stilllegungsverfügung		0.02		0.04
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau	*0.0%*	**0.00**	*0.3%*	**0.42**
Umbau und Neueinrichtungen		0.00		0.32
Ausserbetriebnahmen		0.00		0.08
Systemtechnische Anpassungen		0.00		0.02
Abbau der Komponenten und Einrichtungen	*2.4%*	**0.13**	*3.1%*	**4.45**
Abbau Kontaminiert		0.00		3.35
Dekontamination der Gebäude		0.00		0.83
Abbau restlicher Einrichtungen		0.00		0.00
Abbau ausserhalb Kontrollierter Zone		0.09		0.22
Auszonung der Gebäude		0.04		0.00
Nachweisführung Areal / ex Areal		0.00		0.05
Lucens-Abfälle		0.00		0.00
Behandlung und Verpackung	*0.0%*	**0.00**	*0.8%*	**1.21**
Nachzerlegung und Behandlung		0.00		0.18
Dekontamination von Einzelteilen		0.00		0.04
Konditionierung und Verpackung		0.00		0.52
Freimessung / konv. Entsorgung / Erlöse		0.00		0.42
Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur		0.00		0.05
Materialbehandlung		0.00		0.00
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen	*7.6%*	**0.43**	*2.6%*	**3.78**
Abbruch Gebäude Anlage		0.43		3.63
Abbruch Sonstiger Gebäude		0.00		0.15
Rückbaubetrieb	*0.5%*	**0.03**	*5.9%*	**8.58**
Verwaltung / Administration		0.00		0.87
Überwachung		0.00		0.60
Sicherung / Arealüberwachung		0.00		0.94
Behördliche Begleitung des Betriebes		0.00		0.26
Fachabteilungen Betrieb Anlage		0.00		0.40
Werkstätten		0.00		0.25
Laufende Prüfung und Instandhaltung		0.00		0.41
Instandhaltungsprojekte (Erneuerungsprojekte)		0.00		0.28
IT		0.00		0.65
Betriebs- und Unterhaltssachkosten		0.03		2.92
Betrieb Lagereinrichtungen		0.00		0.00
Sonstige Betriebliche Aufwendungen		0.00		1.00

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

5.5 Kostenzuschlag für Gefahren und Kostenabzug für Chancen

Unter der Leitung von swissnuclear identifiziert ein Kreis von Experten aus allen Schweizer Kernkraftwerken und den mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle beauftragten Organisationen gemeinsam und unter Berücksichtigung werkspezifischer Gegebenheiten die Gefahren und Chancen, welche die Stilllegungskosten beeinflussen. Eintrittswahrscheinlichkeit und Kostenfolge jeder relevanten Gefahr und Chance werden aufgrund von Expertenwissen abgeschätzt. Auf der Basis einer Risikoanalyse werden Risikowerte als Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Kostenfolge berechnet. Die Risikowerte werden ähnlich wie bei der Ermittlung der Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten erhöht, um der Unsicherheit der Expertenschätzungen Rechnung zu tragen.

Die Gefahren werden als der Erwartungswert von Mehrkosten verstanden, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zukünftig auftreten werden. Chancen werden analog als Erwartungswert von Minderkosten verstanden, die ebenfalls mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintreten werden. In der Entscheidungstheorie werden Mehr- und Minderkosten neutral als Nutzen bezeichnet. Dieser Nutzen kann positiv oder negativ sein. Die Formulierung aus der Entscheidungstheorie ermöglicht es, die Gefahren und Chancen unter Verwendung von Ereignisbäumen zu berechnen und beide Typen gleich zu behandeln. Beide Typen werden jedoch getrennt ausgewiesen. Gemäss den Annahmen für Chancen und Gefahren werden für verschiedene mögliche Ereignisse Ereignisbäume entwickelt. Für jede diskrete Chance und Gefahr wird für die Berechnung der Zuschläge ein unabhängiger Ereignisbaum entwickelt. Risiken, die sowohl als Chance als auch als Gefahr auftreten, werden in einem gemeinsamen Ereignisbaum dargestellt. Das mögliche Nutzenausmass wird durch drei Szenarien repräsentiert: hohes Nutzenausmass, geringes Nutzenausmass und kein Nutzenausmass.

In Abschnitt 5.5.1 wird zunächst auf die identifizierten und berücksichtigten Gefahren einzeln eingegangen. Anschliessend werden in Abschnitt 5.5.2 die bestehenden Chancenpotenziale dargestellt und beurteilt.

5.5.1 Kostenzuschläge für Gefahren

Veränderung der Höhe der Kosten des Rückbaubetriebs (Betriebskosten)

Keine Reduktion des Bewachungsumfangs

Mit Ende des Nachbetriebs (Kernbrennstofffreiheit) ist das Gefährdungspotenzial eines Kernkraftwerks signifikant kleiner. Die Schutzziele Kontrolle der Reaktivität und Kühlung der Kernmaterialien sowie Schutz vor Entwendung von Kernmaterial werden obsolet. Im Zeitraum zwischen der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs und dem Erreichen der Kernbrennstofffreiheit werden bereits aktivierte Teile des Primärkreislaufs aus der Anlage entfernt. Mit Abschluss dieser Tätigkeiten ist das verbleibende Aktivitätsinventar gegenüber dem Leistungsbetrieb auf rund 2 Prozent abgesunken. Unter Berücksichtigung des erheblichen gesunkenen Gefährdungspotenzials der Anlage wird anstelle der Bewachung nach Erreichen der Kernbrennstofffreiheit eine Überwachung mit einer leicht reduzierten Wachmannschaft eingeführt. Dieser Übergang von Bewachung zur Überwachung muss von der Aufsichtsbehörde freigegeben werden. Sollte diese Freigabe nicht erteilt werden, ist eine Reduktion der Bewachungskosten nicht möglich.

Kostenerhöhung für Gebührenaufwand und Versicherungen

Erhöhung von Gebühren, Behördenaufwänden (einschliesslich Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat), Versicherungskosten, Ausgaben für Konzessionen und ähnliches, die in den heutigen Ist-Kosten vor EELB beziehungsweise EEB noch nicht berücksichtigt sind.

Erhöhung der Energiekosten (Strom und Heizöl)

Aufgrund von Preissteigerungen kommt es zu einer Erhöhung der Bezugskosten für Strom und Heizöl.

Verkürzung der Nachbetriebsdauer durch frühzeitige Kernbrennstofffreiheit

Dank Fortschritten in der Behälterentwicklung, Letztkernoptimierung und Beladestrategie kann der Meilenstein Kernbrennstofffreiheit früher erreicht werden.

Veränderung der Dauer des Rückbaubetriebs (Verlängerung der Stilllegung)

Es werden unterschiedliche Auslöser für eine Verlängerung der Stilllegung über den im Projektplan veranschlagten Zeitplan hinaus berücksichtigt. Dabei werden Verlängerungsszenarien zwischen 6 und 24 Monaten betrachtet. Die Auslöser für eine Verlängerung der Stilllegung sind:

(1) Force majeure.

(2) Behinderung durch die Öffentlichkeit.

(3) Freigabeverfahren während der Stilllegung.

(4) Erhebliche Leistungsstörungen / Ausfall wichtigen Kontraktoren.

(5) Ausführungsschwierigkeiten bei Gewerken auf dem kritischen Pfad.

(6) Ausführungsschwierigkeiten bei Materialfluss und Logistik.

(7) Mehraufwand bei der Gebäudedekontamination und Freimessung.

(8) Entlassung aus der nuklearen Aufsicht.

Die Auslöser der Gefahr Verlängerung der Stilllegung sind repräsentative, aber nicht abschliessende Ereignisse, die jedoch im Rückbaubetrieb zum gleichen Schadensausmass, Erhöhung der Rückbaubetriebskosten, führen. Einzelne Gefahrenauslöser haben neben dem Effekt der Verlängerung der Stilllegung zusätzlich einen kostenerhöhenden Effekt auf Rückbaugewerke.

Aus dem Stilllegungsverfahren KKM konnten die anderen Kernkraftwerkseigentümer wertvolle Erkenntnisse für ihre eigene Planung nutzen. Die einzelnen Auslöser für Gefahren unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Auswirkung (Dauer) und des möglichen Wirkungszeitraums (Anfang, Mitte, Ende der Stilllegung). Eine kurze Beschreibung der Auslöser ist nachfolgend gegeben.

(1) Force majeure

Force-majeure-Ereignisse beeinträchtigen den planmässigen Rückbaufortschritt. Es kommt zu Verlängerungen gegenüber dem ursprünglichen Projektplan.

(2) Behinderungen durch die Öffentlichkeit

Nach Erhalt der Stilllegungsverfügung gibt es keine weiteren durch die Öffentlichkeit zustimmungspflichtigen Bewilligungen. Jedoch kann sich der geplante Ablauf der Stilllegung durch Sabotage von Zufahrtsstrassen oder passivem Widerstand verzögern, was zu einer Verlängerung des Rückbaus führen würde.

(3) Freigabeverfahren während der Stilllegung

Der genaue Ablauf des Freigabeverfahrens nach Erhalt der Stilllegungsverfügung ist nicht exakt bis in alle Ebenen definiert. Durch nicht rechtzeitig erteilte Freigaben kann es zu Verlängerungen der Gesamtprojektdauer kommen, wenn diese Freigaben Tätigkeiten auf dem kritischen Pfad betreffen.

(4) Erhebliche Leistungsstörungen / Ausfall wichtigen Kontraktoren

Es wird davon ausgegangen, dass die einzelnen Rückbauprojekte in Losen vergeben werden. Der kritische Pfad des Projekts wird zunächst durch die Demontage der aktivierten Anlagenteile bestimmt. Wenn es zu einer erheblichen Leistungsstörung bei einem wichtigen Kontraktor oder Subkontraktor kommt, so ist diese vor Beginn oder am Anfang einer Tätigkeit leichter zu beheben beziehungsweise ist es einfacher, einen Ersatz zu finden. Die Arbeiten können gegebenenfalls ohne Bedarf einer neuen Ausschreibung, durch einen anderen Anbieter aus dem Vergabeverfahren, übernommen werden.

Der Ausfall in einer weiter fortgeschrittenen Phase erfordert demgegenüber unter Umständen eine Neuausschreibung der Leistungen und einer Anpassung oder Wiederholung des Freigabeverfahrens. Als Folge davon kann es zu einem Verzug in dem betroffenen Gewerk und damit verbundenen zu Mehrkosten kommen. Die gleichen Folgen (Mehrkosten und gewerkspezifischen Verspätungen) können sich auch als Folge von rechtlichen Auseinandersetzungen mit Kontraktoren ergeben.

(5) Ausführungsschwierigkeiten bei Gewerken auf dem kritischen Pfad

Es wird davon ausgegangen, dass die einzelnen Rückbaugewerke in Losen vergeben werden. Der kritische Pfad der Stilllegung wird zunächst durch eine allfällige Systemdekontamination und die Demontage der aktivierten Anlagenteile bestimmt. Grundsätzlich kommen bei diesen Gewerken erfahrene Spezialunternehmen und betriebsbewährte Techniken zum Einsatz. Es kann dennoch zu unerwarteten technischen Schwierigkeiten in der Ausführung der Tätigkeiten, bei den eingesetzten Verfahren oder in der Lieferantenkette der eingesetzten Lieferanten und Dienstleister kommen, die zu einer Verlängerung führen. Ein weiterer Grund kann in Lücken der Anlagendokumentation bestehen, die zu unerwarteten Zusatzaufwänden durch Verlängerungen der Stilllegung führt. Da diese Gewerke auf dem kritischen Pfad liegen, verlängert sich damit die Gesamtdauer der Stilllegung.

(6) Ausführungsschwierigkeiten bei Materialfluss und Logistik

Aufgrund von Planungsfehlern beziehungsweise Defekten oder Lieferschwierigkeiten bei Ausrüstungsgegenständen für Materialfluss und Logistik kommt es zu einem Stau von Material innerhalb der kontrollierten Zone, der zu Behinderungen des Rückbaufortschritts führt. Dadurch verlängert sich die Gesamtdauer des Rückbaus.

(7) Mehraufwand bei Gebäudedekontamination und Freimessung

Aufgrund der bisherigen Betriebshistorien wird grundsätzlich im Projektplan davon ausgegangen, dass die Kontamination in der kontrollierten Zone nicht über das derzeit erwartete Ausmass hinausgeht. Die Gefahr besteht jedoch, dass es in während des Leistungsbetriebs nur schwer oder gar nicht zugänglichen Anlagenteilen zu unerwarteten radiologischen Befunden kommt.

(8) Verzögerung bei der Entlassung aus der nuklearen Aufsicht

Das Behördenverfahren zur Entlassung der Kernanlage aus der nuklearen Aufsicht verzögert sich im Rahmen des Abschlusses der Dekontamination und radiologischen Befreiung des Areals.

Mehrkosten bei Infrastruktur und Logistik

Mehrkosten infolge Force majeure

Force-majeure-Ereignisse wie zum Beispiel Extremwetterlagen, Pandemie oder Streik beeinträchtigen den planmässigen Rückbaufortschritt. Es kommt zu Mehrkosten durch Aufräumarbeiten, Wartezeiten, Schutzmassnahmen und bei der Ausführung der eigentlichen Rückbaugewerke (zum Beispiel Nachweisführung auf dem Areal).

Anpassungen der Anlageninfrastruktur

Zur Einhaltung zukünftiger zusätzlicher Anforderungen, wie etwa höherer Sicherungsanforderungen (zum Beispiel zur Abwehr von Terrorgefahr), werden nach EELB beziehungsweise EEB zusätzliche Anpassungen an der Infrastruktur verlangt.

Mehrkosten im Rückbau durch Schwierigkeiten im Massenfluss und Logistik

Während der Rückbauarbeiten kommt es zu technischen Defekten bei Hebezeugen oder anderen Infrastruktureinrichtungen der Materiallogistik, oder es kommt zu Verzögerungen im Materialfluss, die zu Mehrkosten führen.

Mehrkosten im Rückbau durch Schwierigkeiten bei der Materialbehandlung

Im Rahmen der Materialbehandlung kommt es zu erhöhten Aufwänden bei der Nachzerlegung, Vormessung, Dekontamination oder Entscheidungsmessung. Der ursprüngliche geplante Massendurchsatz kann nicht erreicht werden, und Arbeitsschritte müssen mehrfach durchgeführt werden.

Mehrkosten durch Schadstoffbelastung (Kontamination)

Auftreten von Alpha-Kontamination

Auch wenn die Häufigkeit von Brennelementschäden durch technische und administrative Massnahmen in den letzten Jahren stets gesenkt werden konnte, können Brennelementschäden während des Betriebs nicht ausgeschlossen werden. Abhängig vom Verlauf des Schadens kann dies zu einer leichten, zeitweiligen Erhöhung der Kontamination im Primärkreislauf führen. In der vorliegenden Gefahr wird jedoch unterstellt, dass während des Leistungsbetriebs ein dermassen grosser Brennelementschaden auftritt, der zu einer umfänglichen Kontamination des Primärkreislaufs und der angeschlossenen Systeme (sowie beim Siedewasserreaktor der Turbine und Kondensator) führt. Die defekten Brennelemente werden aus dem Reaktordruckbehälter entfernt. Es besteht die Gefahr, dass eine Restkontamination inklusive einer Alpha-Kontamination im Primärkreislauf zurückbleibt.

Kontamination in konventionellen Gebäuden und Kraftwerksgelände

Bei den konventionellen Gebäuden und dem Gelände wird nicht von einer Kontamination ausgegangen beziehungsweise diese sind bekannt und räumlich eng begrenzt. Die Rückbaukosten sind berücksichtigt. Grundsätzlich werden für die Befreiung des Überwachungsbereichs Stichprobenmessungen für den Nachweis der Kontaminationsfreiheit vorgesehen. Es besteht die Gefahr von Kontaminationsverschleppungen im Leistungsbetrieb, Nachbetrieb oder während der Stilllegung.

Mehraufwand bei der Restdemontage

Im Rahmen der Restdemontage kommt es zu radiologischen Befunden in während des Leistungsbetriebs nicht zugänglichen Bereichen, zum Beispiel eingedrungene Kontamination hinter Ankerplatten oder in Bohrlöchern.

Mehraufwand bei der Gebäudedekontamination und Freimessung

Die Kontamination von Gebäudeinnenoberflächen von Gebäuden mit kontrollierter Zone wird regelmässig überwacht. Es werden bei Bedarf entsprechende Dekontaminationstätigkeiten durchgeführt. Dekont-Anstriche sollen das Eindringen von Kontamination in die Betonstrukturen verhindern. Es besteht jedoch die Gefahr, dass es in während des Leistungsbetriebs nur schwer oder gar nicht zugänglichen Anlagenteilen zu unerwarteten radiologischen Befunden kommt.

Abriss von Gebäudeteilen vor Auszonung (Kontrollbereichsbedingungen)

Im Rahmen der Gebäudedekontamination ist ein so hoher Abtrag der Gebäudestruktur notwendig, dass die strukturelle Integrität von Gebäudeteilen nicht mehr gewährleistet ist und diese Gebäudeteile somit nicht mehr an der stehenden Struktur freigemessen werden können. Die Gebäudeteile müssen vor Auszonung unter Kontrollbereichsbedingungen abgerissen werden.

Unerwartet hohes Auftreten konventioneller Schadstoffe

Die Kernanlagen führen ein Schadstoffkataster, das regelmässig aktualisiert wird. Befunde werden sofern möglich bereits während des Leistungsbetriebs saniert.

Es treten höhere Mengen an konventionellen Schadstoffen auf als geplant. Dies kann aufgrund von Unvollständigkeiten im bestehenden Schadstoffkataster oder durch unerwartete Funde in schwer oder gar nicht im Leistungsbetrieb zugänglichen Anlagenbereichen erfolgen. Basierend auf aktuellen Erfahrungswerten der Anlagen wurden die Kosten der Beseitigung konventioneller Schadstoffe in den Basiskosten kalkuliert, die nicht während des Leistungsbetriebs entfernt werden.

Kostenveränderung bei nuklearspezifischen Gewerken (Nukleartechnik)

Entwicklung bei eingesetzten Verfahren und Geräten

Aufgrund von externen Faktoren könnte es dazu kommen, dass teurere Verfahren und Geräte zum Beispiel für die Demontage von Einrichtungen in der kontrollierten Zone eingesetzt werden müssen, als in der Planung vorgesehen.

Mehrkosten bei nicht wie erwartet verlaufenden Dekontaminationsvorgängen

Dekontaminationsvorgänge können nicht wie geplant durchgeführt werden oder erfordern einen höheren Aufwand als geplant.

Preissteigerung bei spezifischen Tätigkeiten mit nuklearem Rückbau-Know-how

Mit zunehmendem Fortschritt bei den europäischen nuklearen Rückbauprojekten kann es zur Konzentration auf dem Anbietermarkt und zu einer Verknappung der Expertise kommen. Wenn keine Anbieter mit der notwendigen Expertise gefunden werden können, kann dies zum Beispiel zu Problemen bei der Qualität der Dokumentation führen.

Mehrkosten durch Markteinflüsse (Markt)

Mangelnde Verfügbarkeit von externen Spezialisten

Externe Spezialisten stehen nicht in ausreichender Menge auf dem Arbeitsmarkt zur Verfügung.

Mehrkosten durch Ausfall eines wichtigen Kontraktors / Rechtsstreitigkeiten mit Kontraktoren

Es wird davon ausgegangen, dass die einzelnen Rückbauprojekte in Losen vergeben werden. Der kritische Pfad des Projekts wird zunächst durch die Demontage der aktivierten Anlagenteile bestimmt. Sollte ein Kontraktor ausfallen, so ist es vor Beginn beziehungsweise am Anfang einer Tätigkeit leichter, einen Ersatz zu finden. Die Arbeiten können gegebenenfalls ohne Bedarf einer neuen Ausschreibung durch einen anderen Anbieter aus dem Vergabeverfahren übernommen werden. Der Ausfall in einer weiter fortgeschrittenen Phase erfordert demgegenüber unter Umständen eine Neuausschreibung der Leistungen und einer Anpassung oder Wiederholung des Freigabeverfahrens. Als Folge davon kann es zu einem Verzug in dem betroffenen Gewerk und damit verbundenen Mehrkosten kommen. Die gleichen Folgen (Mehrkosten und gewerkspezifischen Verspätungen) können sich auch als Folge von rechtlichen Auseinandersetzungen mit Kontraktoren ergeben.

Kostenänderungen durch andere Einflussfaktoren aus der Entsorgungskette (Schnittstellen)

Nichterteilung der Freigabe zur Verfüllung von Zwischen- und Endlagergebinden mit Betongranulat

Das geplante Vorgehen, kontaminiertes Betongranulat als Zuschlagsstoff für die Befüllung der Lagerbehälter für metallische radioaktive Stilllegungsabfälle zu verwenden, wird durch die Aufsichtsbehörde nicht freigegeben.

Deponiekosten wegen fehlender Verwertung von konventionellen Abbruchmaterialien

Es wird davon ausgegangen, dass der anfallende konventionelle Betonschutt zerkleinert und von der Bewehrung getrennt wird. Danach wird er zum kleineren Teil auf eine Deponie gebracht und zum Grossteil kostenneutral anderweitig (zum Beispiel im Strassenbau) verwertet. Sollte dies nicht möglich sein, müsste er kostenpflichtig auf eine Deponie verbracht werden (keine Verwertung von konventionellen Abbruchmaterialien).

Veränderung der Höhe der Stilllegungskosten Zwilag

Mehrkosten bei Zwilag durch verzögerte Personalreduktion

Veränderte Rahmenbedingungen machen eine Erhöhung des auf der Anlage verbleibenden Personals im Vergleich zur vorgesehenen Personalplanung erforderlich.

Mehrkosten bei Zwilag durch zusätzliche Konditionierung der Lucens-Abfälle

Für die Einlagerung der Rückstände ins Tiefenlager ist eine zusätzliche Endkonditionierung notwendig. Die betrieblichen Rückstellungen, gebildet aus der Übernahme der Aktiven der ehemaligen Betreibergesellschaft des Kraftwerks, reichen nicht aus.

5.5.2 Kostenabzüge für Chancen

Manche Ereignisse können im Eintrittsfall sowohl zu einer Kostenerhöhung (Gefahr) als auch zu einer Kostenminderung (Chance) führen. Da Risiken sowohl Gefahren als auch Chancen umfassen, werden bei diesen Ereignissen beide möglichen Auswirkungen berücksichtigt. Dies trifft auf die nachfolgend aufgeführten Chancenpotenziale zu.

Veränderung der Höhe der Kosten des Rückbaubetriebs (Betriebskosten)

Senkung der Energiekosten (Strom und Heizöl)

Aufgrund von Preisrückgängen oder Effizienzsteigerungen beim Energiemanagement kommt es zu einer Reduktion der Bezugskosten für Strom und Heizöl.

Kostenveränderung bei nuklearspezifischen Gewerken (Technologie)

Kostensenkung durch Entwicklung bei eingesetzten Verfahren und Geräten

Es stehen andere, bessere Verfahren und Geräte für die Stilllegung zur Verfügung, als in der Planung berücksichtigt.

5.5.3 Quantifizierung der Kostenfolge von Gefahren und Chancen

Gemäss Vorgabe für die Kostenstudie 2026 wurden die Kostenzuschläge für Gefahren auf der Basis einer quantitativen Risikoanalyse ermittelt. Dazu wurde für jede der oben beschriebenen Gefahren deren Eintrittswahrscheinlichkeit und Kostenfolge aufgrund von Expertenwissen abgeschätzt. Der so errechnete Zuschlag wurde in die Gesamtkosten eingerechnet. Mit Chancen wurde analog verfahren.

Die Zuschläge für Gefahren und Abzüge für Chancen wurden nicht auf die einzelnen PSP-Elemente der Kalkulation zurückgerechnet. Die Zuschläge und Abzüge erfolgen auf die ermittelten Basiskosten.

Tabelle 63 bis Tabelle 65 zeigen die anzubringenden Zuschläge für Gefahren und Abzüge für Chancen für jede der untersuchten Anlagen.

Tabelle 63: Kostenzuschlag Gefahren und Kostenabzug für Chancen für das Stilllegungsziel 1.

	KKB	KKM	KKG	KKL	ZWIBEZ	Zwilag	Total
Kostenzuschlag für Gefahren	131	33	137	152	0	23	476
in % der Basiskosten	*17.1%*	*11.2%*	*22.5%*	*20.9%*	*17.1%*	*19.9%*	*19.0%*
Kostenabzug für Chancen	-2	-1	-2	-2	0	0	-8
in % der Basiskosten	*-0.3%*	*-0.4%*	*-0.4%*	*-0.3%*	*-0.3%*	*-0.2%*	*-0.3%*
Kostenzuschlag insgesamt für Gefahren und Chancen	**129**	**32**	**135**	**150**	**0**	**23**	**468**
in % der Basiskosten	*16.8%*	*10.8%*	*22.2%*	*20.6%*	*16.8%*	*19.7%*	*18.6%*

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

Tabelle 64: Kostenzuschlag Gefahren und Kostenabzug für Chancen für das Stilllegungsziel 2.

	KKB	KKM	KKG	KKL	ZWIBEZ	Zwilag	Total
Kostenzuschlag für Gefahren	137	33	144	163	1	27	504
in % der Basiskosten	*17.0%*	*10.8%*	*22.3%*	*20.6%*	*17.0%*	*19.7%*	*18.8%*
Kostenabzug für Chancen	-2	-1	-2	-2	0	0	-8
in % der Basiskosten	*-0.3%*	*-0.4%*	*-0.3%*	*-0.3%*	*-0.3%*	*-0.1%*	*-0.3%*
Kostenzuschlag insgesamt für Gefahren und Chancen	**135**	**32**	**141**	**160**	**1**	**27**	**496**
in % der Basiskosten	*16.8%*	*10.4%*	*22.0%*	*20.3%*	*16.8%*	*19.6%*	*18.5%*

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

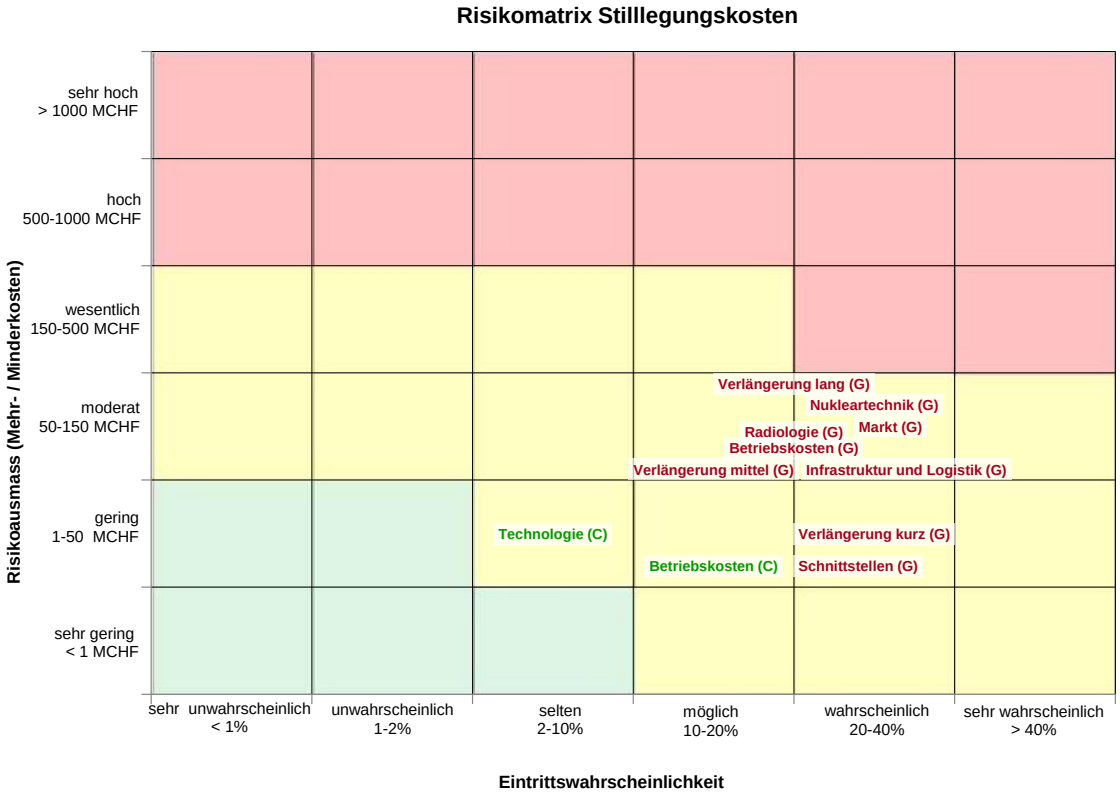
Tabelle 65: Kostenzuschlag Gefahren und Kostenabzug für Chancen für das Stilllegungsziel 3.

	KKB	KKM	KKG	KKL	ZWIBEZ	Zwilag	Total
Kostenzuschlag für Gefahren	140	33	144	165	1	29	513
in % der Basiskosten	*17.0%*	*10.7%*	*21.9%*	*20.5%*	*17.0%*	*20.0%*	*18.6%*
Kostenabzug für Chancen	-2	-1	-2	-2	0	0	-8
in % der Basiskosten	*-0.2%*	*-0.4%*	*-0.3%*	*-0.3%*	*-0.2%*	*-0.1%*	*-0.3%*
Kostenzuschlag insgesamt für Gefahren und Chancen	**138**	**32**	**142**	**162**	**1**	**29**	**505**
in % der Basiskosten	*16.8%*	*10.3%*	*21.6%*	*20.2%*	*16.8%*	*19.9%*	*18.4%*

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

5.5.4 Risikomatrix

Für die Schweizer Kernanlagen wurden im Rahmen der Erstellung der Kostenstudie 2026 die kostenerhöhenden Gefahren und kostenmindernden Chancen der nuklearen Rückbauprojekte analysiert. Das Ergebnis dieser Analyse ist ein Risikoprofil, das für alle untersuchten Anlagen ähnlich ist. Für die Erstellung des Risikoprofils wurden die in Abschnitt 5.5.1 und Abschnitt 5.5.2 einzeln beschriebenen Gefahren und Chancen gruppiert und die Gruppierungen nach Eintrittswahrscheinlichkeit und Kostenfolge bei Eintritt des Risikos in einer Risikomatrix dargestellt. Abbildung 11 zeigt exemplarisch die für die Stilllegung der Kernanlagen ermittelte Risikomatrix.



Die Gefahren (G) werden in rot und die Chancen (C) werden in grün dargestellt.

Abbildung 11: Risikomatrix Stilllegung (exemplarisch).

Für die Kostenstudie 2026 wurde festgelegt, dass die grüne Fläche der Risikomatrix nicht über diskrete Zuschläge für Gefahren beziehungsweise Abzüge für Chancen berücksichtigt wird. Die Effekte der Abweichungen von Planungsannahmen, die in diese Kategorie einzuordnen sind wie zum Beispiel Einschätzungen von Dauern, Mengen, Massen oder Preisen, sind innerhalb der Kostengliederung einerseits über die Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten abgedeckt und werden andererseits über aktive Risikomanagementmassnahmen und weitere allgemeine risikomindernde Massnahmen der Betreiber kontrolliert und gesteuert. Für Details zu den allgemeinen risikomindernden Massnahmen wird auf Abschnitt 5.2.3 verwiesen.

Die gelbe Fläche der Risikomatrix wird für die Ermittlung der Kostenzuschläge für Gefahren beziehungsweise Kostenabzüge für Chancen berücksichtigt. Die Gefahren- und Chancencluster, die in diese Kategorie einzuordnen sind, werden in Abschnitt 5.5.1 und 5.5.2 beschrieben.

Die übrigen Risiken werden durch geeignete planerische, technische und organisatorische Massnahmen oder durch geeignete Versicherungen ausgeschlossen (rote Kategorie).

5.6 Nicht berücksichtigte Gefahren und Chancen

Im Rahmen der Risikobetrachtung wurden über die in Abschnitt 5.5.1 und Abschnitt 5.5.2 aufgeführten Risiken hinaus eine Vielzahl weiterer Chancen und Gefahren identifiziert und evaluiert, jedoch in der Kostengliederung nicht explizit berücksichtigt. Die Gründe für die Nichtberücksichtigung lassen sich differenzieren. Es gibt Gefahren und Chancen, die bereits über andere, berücksichtigte Gefahren und Chancen abgedeckt sind, sowie versicherte Gefahren und Gefahren, die über berücksichtigte risikomindernde Massnahmen weitestgehend vermieden werden können. Zusätzlich wurde eine Anzahl von Chancen beziehungsweise Kostenoptimierungspotenzialen identifiziert, die keinen Eingang in die Kostengliederung fanden. Es handelt sich dabei um Potenziale, die für eine Quantifizierung und Berücksichtigung in einer Kostenstudie weiterer Analysen bedürfen.

Relevant im Zusammenhang mit unbekannten oder aussergewöhnlichen Ereignissen mit sehr niedriger Eintrittshäufigkeit und sehr grossen Auswirkungen ist vor allem das Gefährdungspotenzial durch Freisetzung von Radioaktivität. Für Nachbetrieb und Stilllegung eines Kernkraftwerks ist entscheidend, dass bereits mit der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs und der Abschaltung des dann drucklosen Reaktors das Gefährdungspotenzial gegenüber dem Leistungsbetrieb erheblich reduziert wird. Mit dem Abtransport der Brennelemente sinkt zudem die Radioaktivität des auf der Anlage verbleibenden Materials kontinuierlich und beträgt ab Ende des Nachbetriebs weniger als 2 Prozent der ursprünglich vorhandenen. Mit zunehmendem Rückbaufortschritt nimmt dieses Gefährdungspotenzial weiter ab. Ausserdem ist der Hauptteil der verbleibenden Radioaktivität als Aktivierung fest in Materialien eingebunden und kann daher nicht verbreitet werden. Damit verbunden sinkt das mögliche Schadensausmass für Schadensfälle mit Freisetzung von radioaktiv belastetem Material erheblich.

5.7 Genereller Sicherheitszuschlag

Die Vorgaben der Verwaltungskommission für die Kostengliederung in der Kostenstudie 2026 sehen einen generellen Sicherheitszuschlag bei der Berechnung der Stilllegungskosten vor, sodass nach Einschätzung zum Zeitpunkt der Fertigstellung der Kostenstudie 2026 die Wahrscheinlichkeit einer allfälligen Kostenüberschreitung auf maximal 20 Prozent (Toleranzniveau) beschränkt wird.

In der Kostenstudie 2026 wird ein genereller Sicherheitszuschlag von 5 Prozent auf die Basiskosten berücksichtigt und bildet zusammen mit den Basiskosten, den Kostenzuschlägen für die Prognoseungenauigkeiten und den Kostenzuschlägen beziehungsweise -abzügen für Gefahren und Chancen die Gesamtkosten (siehe Abbildung 3). Aufgrund des fortgeschrittenen Rückbaus wird der generelle Sicherheitszuschlag für das Kernkraftwerk Mühleberg auf 2 Prozent festgesetzt. Die Höhe des generellen Sicherheitszuschlags ist konservativ so angesetzt, dass die Gesamtkosten der Kostenstudie 2026 mindestens dem in den Vorgaben der Verwaltungskommission geforderten Toleranzniveau entsprechen.

5.8 Gesamtkosten

Die Resultate der Kostenermittlung sind in den Tabellen 66, 67 und 68 für die drei Stilllegungsziele zusammengefasst.

Tabelle 66: Stilllegungskostenermittlung der Kostenstudie 2026 für das Stilllegungsziel 1.

Element der Kostengliederung	KKB		KKM		KKG		KKL		ZWIBEZ		Zwilag		Total
Aufgelaufene Kosten bis 2025	38		362										400
Zukünftige Kosten ab 2026													
Ausgangskosten	746		286		593		714		2		112		2'453
Kosten zur Risikominderung	17		7		14		15		0		2		55
Basiskosten	763		293		607		729		2		114		2'508
Prognoseungenauigkeiten	*10.5%*	80	*7.0%*	21	*14.4%*	87	*12.5%*	91	*18.9%*	0	*10.8%*	12	*11.6%* 292
Zuschlag für Gefahren	*17.1%*	131	*11.2%*	33	*22.5%*	137	*20.9%*	152	*17.1%*	0	*19.9%*	23	*19.0%* 476
Abzug für Chancen	*-0.3%*	-2	*-0.4%*	-1	*-0.4%*	-2	*-0.3%*	-2	*-0.3%*	0	*-0.2%*	0	*-0.3%* -8
Genereller Sicherheitszuschlag	*5.0%*	38	*2.0%*	6	*5.0%*	30	*5.0%*	36	*5.0%*	0	*5.0%*	6	*4.6%* 117
Zuschlag auf Basiskosten	*32.3%*	247	*19.8%*	58	*41.6%*	252	*38.1%*	277	*40.8%*	1	*35.6%*	41	*34.9%* 876
Gesamtkosten		**1'048**		**713**		**859**		**1'006**		**3**		**155**	**3'784**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Kernkraftwerke Beznau (KKB), Mühleberg (KKM), Gösgen (KKG) und Leibstadt (KKL).
Stilllegungsziel 1: Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung.

Tabelle 67: Stilllegungskostenermittlung der Kostenstudie 2026 für das Stilllegungsziel 2.

Element der Kostengliederung	KKB		KKM		KKG		KKL		ZWIBEZ		Zwilag		Total
Aufgelaufene Kosten bis 2025	38		362										400
Zukünftige Kosten ab 2026													
Ausgangskosten	786		297		629		773		5		137		2'627
Kosten zur Risikominderung	17		7		14		15		0		2		55
Basiskosten	804		304		644		788		5		139		2'682
Prognoseungenauigkeiten	*10.6%*	85	*7.3%*	22	*14.5%*	93	*12.8%*	101	*16.9%*	1	*13.1%*	18	*11.9%* 320
Zuschlag für Gefahren	*17.0%*	137	*10.8%*	33	*22.3%*	144	*20.6%*	163	*17.0%*	1	*19.7%*	27	*18.8%* 504
Abzug für Chancen	*-0.3%*	-2	*-0.4%*	-1	*-0.3%*	-2	*-0.3%*	-2	*-0.3%*	0	*-0.1%*	0	*-0.3%* -8
Genereller Sicherheitszuschlag	*5.0%*	40	*2.0%*	6	*5.0%*	32	*5.0%*	39	*5.0%*	0	*5.0%*	7	*4.7%* 125
Zuschlag auf Basiskosten	*32.3%*	260	*19.7%*	60	*41.5%*	267	*38.1%*	300	*38.7%*	2	*37.7%*	52	*35.1%* 941
Gesamtkosten		**1'102**		**725**		**911**		**1'088**		**6**		**191**	**4'022**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Kernkraftwerke Beznau (KKB), Mühleberg (KKM), Gösgen (KKG) und Leibstadt (KKL).
Stilllegungsziel 2: Vollständiger Rückbau einschliesslich Entfernung sämtlicher Fundamente bis -2 m ab Oberkante Terrain.

Tabelle 68: Stilllegungskostenermittlung der Kostenstudie 2026 für das Stilllegungsziel 3 mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese».

Element der Kostengliederung		KKB		KKM		KKG		KKL		ZWIBEZ		Zwilag		Total
Aufgelaufene Kosten bis 2025		38		362										400
Zukünftige Kosten ab 2026														
Ausgangskosten		808		304		644		789		6		144		2'694
Kosten zur Risikominderung		17		7		14		15		0		2		55
Basiskosten		825		311		658		804		6		146		2'749
Prognoseungenauigkeiten	*10.7%*	88	*7.5%*	23	*14.6%*	96	*12.5%*	100	*14.7%*	1	*13.1%*	19	*11.9%*	328
Zuschlag für Gefahren	*17.0%*	140	*10.7%*	33	*21.9%*	144	*20.5%*	165	*17.0%*	1	*20.0%*	29	*18.7%*	513
Abzug für Chancen	*-0.2%*	-2	*-0.4%*	-1	*-0.3%*	-2	*-0.3%*	-2	*-0.2%*	0	*-0.1%*	0	*-0.3%*	-8
Abzug Chancen "Braune Wiese"	*-1.5%*	-12	*-1.1%*	-3	*-1.6%*	-11	*-1.9%*	-15	*-11.8%*	-1	*-4.8%*	-7	*-1.8%*	-49
Genereller Sicherheitszuschlag	*5.0%*	41	*2.0%*	6	*5.0%*	33	*5.0%*	40	*5.0%*	0	*5.0%*	7	*4.7%*	128
Zuschlag auf Basiskosten	*31.0%*	255	*18.8%*	58	*39.6%*	261	*35.8%*	288	*24.7%*	1	*33.2%*	48	*33.2%*	912
Gesamtkosten		**1'119**		**732**		**919**		**1'091**		**7**		**194**		**4'061**
Verfügte Kosten KS21 PB26 LIK		1'030		693		968		1'097		8		195		3'991
Differenz	*8.6%*	89	*5.6%*	39	*-5.1%*	-49	*-0.5%*	-6	*-7.7%*	-1	*-0.6%*	-1	*1.8%*	70
Verfügte Kosten KS21 PB26 BAP		1'115		741		1'049		1'189		8		211		4'314
Differenz	*0.3%*	4	*-1.3%*	-9	*-12.4%*	-131	*-8.2%*	-98	*-14.8%*	-1	*-8.3%*	-18	*-5.9%*	-253

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Kernkraftwerke Beznau (KKB), Mühleberg (KKM), Gösgen (KKG) und Leibstadt (KKL).
Kostenstudie 2026 (KS26), Kostenstudie 2021 (KS21), Preisbasis 2026 (PB26).
PB26 teuerungsbereinigt mit Landesindex der Konsumentenpreise (LIK) und Baupreisindex (BAP).
Stilllegungsziel 3: Vollständiger Rückbau inklusive Entfernung sämtlicher Fundamente.

Die Stilllegungskosten für alle Schweizer Kernanlagen belaufen sich auf 3'784 Millionen Franken für das Stilllegungsziel 1 und auf 4'022 Millionen Franken für das Stilllegungsziel 2. Für das Stilllegungsziel 3 betragen die Gesamtkosten rund 4'110 Millionen Franken. Für das Stilllegungsziel 3 mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese» betragen die Gesamtkosten 4'061 Millionen Franken, wie in Tabelle 68 dargestellt. Der Kostenabzug aus der Chance entspricht 15 Prozent des Differenzbetrags zwischen der Kostenermittlung für das Stilllegungsziel 3 und der Kostenermittlung für das Stilllegungsziel 1. Dabei wird unterstellt, dass bestimmte Gebäude für eine nichtnukleare Nachnutzung weiterverwendet werden. Dabei handelt es sich insbesondere um neuere Gebäude ohne radiologische Betriebshistorie.

Kostenstudien werden jeweils zum Geldwert des Schätzungsjahres durchgeführt. Für den direkten Vergleich wurden die in der Kostenstudie 2021 ermittelten Kosten von der Preisbasis 2021 auf die Preisbasis 2026 der Kostenstudie 2026 hochgerechnet. Zur Anpassung der Preisbasis wurden zwei Teuerungsindizes verwendet: der Landesindex der Konsumentenpreise (LIK) und der Baupreisindex (BAP).

Die Auswirkungen der Kostenstudie 2026 gegenüber der Kostenstudie 2021 unterscheiden sich je nach Anlage und Stilllegungsziel.

Die wichtigsten Änderungen gegenüber der Kostenstudie 2021 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Mit der Kostenstudie 2026 wurden Erfahrungen aus laufenden Stilllegungsprojekten – insbesondere KKM – in die Aufwandsschätzung integriert. Dies führte zu einer Anpassung der Personalsets, Qualifikationen und Verrechnungssätze sowie insgesamt zu höheren Personal- und Rückbaukosten.
- Mit dem Ausserbetriebnahmeentscheid für das Kernkraftwerk Beznau vom Dezember 2024 wurden die Vorbereitungsarbeiten auf die Stilllegung intensiviert. Seit der Kostenstudie 2021 gewonnene Erkenntnisse aus den Planungsarbeiten und der Anlagencharakterisierung wurden in die Datengrundlage für die Kostenermittlung der Stilllegungskosten übernommen. Dies führte zu verschiedenen Anpassungen in den Konzepten für Rückbauarbeiten, Materialbehandlung, Gebäudedekontamination und Freimessung sowie Verpackung. Dies wiederum führte im Vergleich zur Kostenstudie 2021 zu einer Verlängerung der Stilllegung um ein Jahr, zu einer Erhöhung der radioaktiven Abfälle und zu Mehrkosten.
- Bei den Anlagen der Zwilag wurden zusätzliche Gebäude, neue Anlagenkomponenten sowie der Ausbau von Materialbearbeitungs- und Logistikbereichen berücksichtigt.

- Die Kostenveränderung beim KKM ist insbesondere auf den früheren Abschluss des technischen Nachbetriebs und die damit verbundene Verlagerung betrieblicher Aufwendungen vom Nachbetrieb in den Rückbaubetrieb, auf höhere regulatorische Aufwendungen und die Teuerungsentwicklung im EU-Raum sowie auf aktualisierte Aufwands- und Terminannahmen aufgrund der Erfahrungen aus dem laufenden Rückbau zurückzuführen.
- Bei den Kernkraftwerken Beznau und Mühleberg wurden bestimmte Aktivitäten aus den Gefahren in die Basiskosten übertragen.

5.9 Währungsanteile bei den Stilllegungskosten

Die in der Kostenstudie 2026 ermittelten Stilllegungskosten für die Schweizer Kernanlagen sind in Schweizer Franken ausgewiesen. Erfahrungen aus dem Rückbau des Kernkraftwerks Mühleberg sowie aus der vorbereitenden Stilllegungsplanung des Kernkraftwerks Beznau zeigen, dass rund 15 Prozent der Stilllegungsarbeiten überwiegend aus dem Euro-Raum bezogen werden.

Ausländische Firmen kommen insbesondere für folgende Aufgaben bei der Stilllegung der Schweizer Kernanlagen als Vertragspartner infrage:

- Lieferung hochabschirmender Behälter für die Lagerung radioaktiver Abfälle.
- Bereitstellung von Fernhantierungseinrichtungen für die Demontage der Einbauten des Reaktordruckbehälters sowie des Reaktordruckbehälters selbst.
- Bereitstellung von Verfahren zur Systemdekontamination.
- Personelle Unterstützung bei der Planung und Durchführung des Rückbaus.

A Anhänge

A.1 Projektstrukturplan

In der Kostenstudie 2016 wurde die Kostenstruktur für den Bereich Stilllegung weiterentwickelt und angepasst. Damit wurde einerseits eine verbindliche Basis für die Kostenplanung der Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg geschaffen. Andererseits wurde eine für die Schweizer Kernanlagen allgemein anwendbare Kostenstruktur festgelegt, die sich durchgehend in der Kostenplanung, -steuerung und -kontrolle anwenden lässt und so aussagekräftige Kostenvergleiche ermöglicht. Die mit der Kostenstudie 2016 eingeführte Kostenstruktur orientiert sich an den Anforderungen der Betreiber und des Stilllegungsfonds in der Projektabwicklung. Sie weist im Gegensatz zu früheren Kostenstrukturen eine rein funktionale Gliederung auf der Ebene der Hauptaktivitäten auf.

Die zugrunde gelegte Kostenstruktur ist auf die Erfordernisse der Projektabwicklung ausgerichtet. Die Gliederung in einzelne Massnahmen erfolgt auf den nachgelagerten Gliederungsebenen. Weiter wird die Projektleitung aufgrund der Bedeutung für das Gesamtprojekt in einem eigenen funktionalen Paket zusammengefasst. Die Kostenstruktur ist bis zur dritten Gliederungsebene fixiert und für alle Kernanlagen einheitlich. Ab der vierten Gliederungsebene ist die Definition der Kostenstruktur aus abwicklungstechnischer Sicht betreiberindividuell festgelegt.

Die Gesamtheit der Stilllegungsaktivitäten ist in der verwendeten Projektstruktur in acht funktionalen Paketen abgebildet. Sie geben den Gesamtumfang der Stilllegungsmassnahmen wieder. Für die Ermittlung der Stilllegungskosten werden die aufgeführten Massnahmen in Arbeits- und Kostenschritte zusammengefasst. Die Inhalte der funktionalen Pakete sind nachfolgend kurz erläutert.

Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung

Für die Stilllegung muss der Betreiber der Kernanlage der zuständigen Aufsichtsbehörde innerhalb einer von dieser festgesetzten Frist ein Projekt für die vorgesehene Stilllegung vorlegen. Dieses Stilllegungsprojekt legt für die Stilllegung die Phasen und den Zeitplan, die einzelnen Schritte von Demontage und Abriss, die Schutzmassnahmen, den Personalbedarf und die Organisation, die Entsorgung der radioaktiven Abfälle, die Gesamtkosten und die Sicherstellung der Finanzierung durch die Betreiber dar[53].

Die zum Stilllegungsprojekt einzureichenden Unterlagen sind in der Kernenergieverordnung[54] festgelegt. Hierzu gehören:

- die Beschreibung und Auswahl der Stilllegungsvariante.
- die Ermittlung des radiologischen Zustands der Anlage.
- die Darlegung der einzelnen Massnahmen des Rückbaus.
- die Beschreibung des Freigabeverfahrens.
- die Beschreibung der Sicherungsmassnahmen und Störfallbetrachtungen.
- Ausführungen zur Personalorganisation und der erforderlichen Anzahl an geeignetem und fachlich ausgewiesenem Personal.
- das Qualitätsmanagementprogramm.
- ein Umweltverträglichkeitsbericht.
- die Zusammenstellung sämtlicher für die Stilllegung anfallender Kosten und der Nachweis für die Sicherstellung der Finanzierung.

Das zuständige Departement wird in einer Stilllegungsverfügung die Stilllegungsarbeiten anordnen und zudem festlegen, welche Arbeiten einer Freigabe durch die Aufsichtsbehörde bedürfen.

[53] Art. 27 Abs. 2 KEG [1].
[54] Art. 45 KEV [8].

Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – standortbezogen

In diesem funktionalen Paket werden die zur Vorbereitung des Rückbaus notwendigen Umbaumassnahmen und Neueinrichtungen zusammengefasst.

Für die Stilllegung werden so weit möglich vorhandene Betriebssysteme eingesetzt, jedoch sind für die Demontagen und die Entsorgung einige Vorbereitungsarbeiten am Standort und in den Gebäuden notwendig. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um:

- Modifikationen und Neueinrichtungen an der Infrastruktur, um sie an die Anforderungen der Stilllegung anzupassen.
- Modifikationen verschiedener Einrichtungen (zum Beispiel Brandschutz, Lüftung, Abwasser, Hebezeuge, Transportmittel), eventuell auch Neueinrichtungen.
- In begrenztem Umfang auch bauliche Ergänzungen beziehungsweise Umbauten (zum Beispiel Vergrösserung von Durchgängen).
- Einrichtung verschiedener Lagerplätze.
- Beschaffung der Geräte und Einrichtungen für Dekontamination, Konditionierung und Entsorgung, Freimessanlage.

Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen für den Rückbau – blockbezogen

Die Kosten für Massnahmen zur Ausserbetriebnahme von nicht mehr benötigten Systemen sowie die für systemtechnische Anpassungen und Ersatzsysteme sind in diesem Paket zusammengefasst. Bei Kernkraftwerken kann die Ausserbetriebnahme von Systemen direkt nach der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) im Rahmen der noch geltenden Betriebsbewilligung durchgeführt werden.

Um die Dosisleistung in der Anlage zu reduzieren und damit die Rückbauarbeiten zu vereinfachen, werden Kreisläufe allenfalls dekontaminiert. Die bei der Dekontamination anfallenden radioaktiven Abfälle werden entsprechend dem Schweizer Regelwerk[55] konditioniert, gegebenenfalls unter Verwendung von Gussbehältern. Die Kosten für die Konditionierung und die Behälter werden dem funktionalen Paket «Behandlung, Verpackung, Entsorgung, einschliesslich Endlagerung» zugeordnet.

Im Rahmen des Rückbaus werden verschiedene Systeme zwar weiterhin benötigt, jedoch nicht in derselben Dimension wie während des Betriebs. Um sowohl den Instandhaltungsaufwand als auch den Aufwand für wiederkehrende Prüfungen einzusparen, werden neue Systeme installiert. Darunter können zum Beispiel Systeme wie Heizung, Abwasser oder Druckluftversorgung fallen.

Abbau der Komponenten und Einrichtungen

Im funktionalen Paket «Abbau der Komponenten und Einrichtungen» werden kostenmässig alle Projekte zusammengefasst, die von der Vorbereitung des Abbaus bis zur Nachweisführung der Kontaminationsfreiheit der Gebäude und des Geländes der kontrollierten Zone notwendig sind. Die einzelnen Projekte in diesem funktionalen Paket werden nach einem gleichartigen, standardisierten Vorgehen gegliedert:

- Vorlaufende Planung (Vor- und Konzeptplanung, Vergabe, Detailplanungen).
- Projektbegleitende Massnahmen (Projekt- und Bauleitung, Aufsicht vor Ort, Strahlenschutz vor Ort, interner Transport, begleitende Dekontamination, Durchführungsplanung, Gerüstbau).
- Vorbereitungsarbeiten, zum Beispiel systemtechnische oder bautechnische Massnahmen.
- Durchführung, zum Beispiel Demontage Komponenten im Reaktorgebäude, Teildemontage Infrastruktur Reaktorgebäude.

[55] ENSI-B05 [19] und Vereinbarungen mit der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra).

Jeder einzelne dieser Projektschritte wird gesondert kalkuliert. Inhaltlich lassen sich folgende Projekte unterscheiden:

- «Abbau Vorlaufend / Mobil» beinhaltet frühzeitige Massnahmen zur Vorbereitung auf den Abbau von Komponenten und Einrichtungen wie das Entfernen mobiler Einrichtungen, das Abisolieren von Systemen, Asbestentsorgung und Gefahrstoffsanierung.

- Der Abbau kontaminierter Einrichtungen und Systeme, die für die Demontage der aktivierten Teile nicht mehr benötigt werden. Die Projekte werden anlagenspezifisch definiert und kalkuliert. Solche in der Kostenstudie berücksichtigte anlagespezifische Projekte betreffen beispielsweise die Brennelementwechselmaschine, Lagergestelle im Brennelementbecken, Hauptkühlmittelleitungen und -pumpen, Motoren, Dampferzeuger, Druckhalter und Abblasebehälter, Komponenten im Reaktorgebäude, Komponenten im Ringraum, Komponenten im Hilfsanlagengebäude, Komponenten im Nasslager einschliesslich Kühltürme und andere.

- Zum Abbau aktivierter Komponenten und Einrichtungen gehören die Demontage des Reaktordruckbehälters und seiner Einbauten sowie des biologischen Schilds. Die Demontage der Einbauten erfolgt aufgrund der Aktivierung der Bauteile fernbedient und unter Wasser. Nach der Installation der Zerlegeeinrichtungen und der Montage eines abgeschirmten Steuerhauses erfolgt der Rückbau von oben nach unten. Zur Ermittlung der Kosten für die Projektdurchführung werden folgende Kostenbestandteile einzeln kalkuliert:
  - Einrichten der Baustelle, Druckbehälter-Deckel abheben und absetzen.
  - Demontieren Steuerstabführungseinsätze, oberes Kerngerüst, Kernumfassung, Kernbehälter und unterer Rost mit Stauplatte.
  - Auflösen der Baustelle.
- Nach den Einbauten erfolgt die Demontage des Reaktordruckbehälters selbst. Folgende Massnahmen werden in der Kalkulation berücksichtigt:
  - Einrichten Baustelle.
  - Verpacken Reaktordruckbehälter-Bolzen / Muttern / Unterlegscheiben.
  - Zerlegen des Reaktordruckbehälterdeckels.
  - Demontage / Zerlegen Reaktordruckbehälterflansch inklusive Stutzenring.
  - Demontage / Zerlegen konischer Schuss unter Stutzenring.
  - Demontage / Zerlegen zylindrische Schüsse.
  - Zerlegen Kalotte.
  - Demontage Reaktordruckbehälterisolierung und als letzter Schritt.
  - das Auflösen der Baustelle.
- Beim Rückbau des biologischen Schilds fallen folgende Arbeiten an:
  - Einrichten Baustelle.
  - Demontage Isolierung Unterteil.
  - Demontage Biologischer Schild inklusive Liner.
  - Schreddern des Biologischen Schildes inklusive Liner.
  - Auflösen der Baustelle.
- Jede Arbeit wird einzeln kalkuliert und kostenmässig berücksichtigt.

- Nach Abschluss der aktivierten Abbauarbeiten werden die Betonstrukturen des Brennelementbeckens und des Reaktorraums unter nuklearen Bedingungen herausgebrochen. Die Kosten für die damit im Zusammenhang stehenden Arbeiten werden in der Projektgruppe «Abbau Betonstrukturen» ausgewiesen.

- Der Abbau der restlichen Einrichtungen schliesst sich an die Demontage der aktivierten Komponenten und Einrichtungen an. Dieser beinhaltet die Demontage der noch vorhandenen Systeme und Komponenten wie elektrische Einrichtungen, Kabel / Kabelpritschen, Hebezeuge, Lüftungsanlage und Stahlbau.

- Der Abbau ausserhalb der kontrollierten Zone betrifft die Demontage der konventionellen Einrichtungen am Standort. In der Kalkulation werden neben den Demontagekosten auch die Deponiekosten inklusive Transport und Erlöse aus dem Verkauf von ausgebautem Material berücksichtigt.

- Die Projekte zur Dekontamination der Gebäude umfassen die Summe der Kosten aller Massnahmen zur Dekontamination und Freimessung der Gebäudestrukturen in der kontrollierten Zone. Die Kosten hierfür wurden nach folgendem Schema ermittelt: Detailplanung, Unterlagenerstellung, Gerätekosten, projektbegleitende Massnahmen, Dekontamination, Dekontamination der Gebäudeoberflächen (Abtrag), Handling Oberflächenabtrag, Freigabemessung und Freigabeverfahren.

- Die Projekte «Auszonung der Gebäude und Nachweisführung Areal sowie ex Areal» beinhalten die Kosten für die Nachweisführung der Kontaminationsfreiheit der Gebäude und des Geländes der kontrollierten Zone.

Behandlung und Verpackung

Nach der Demontage der Einrichtungen werden die demontierten Teile bereits am Entstehungsort (Einbauort) grob vorsortiert und zur weiteren Behandlung gegeben. Danach erfolgt nach einer entsprechenden Freimessung[56] die radiologische Befreiung oder, falls eine radiologische Befreiung nicht möglich ist, die Konditionierung als radioaktiver Abfall. Das funktionale Paket Behandlung und Verpackung beinhaltet im Wesentlichen die Kalkulation der Kosten für folgende Aktivitäten:

- Nachzerlegen und Behandlung mit den Teilschritten Nachzerlegung Primärmaterial, Kabel Schreddern, begleitende Massnahmen, Wartung und Instandhaltung.
- Dekontamination von Einzelteilen mit den Teilschritten Dekontamination von Primärmaterial, Behandlung Sekundärabfälle (Verdampfen), begleitende Massnahmen, Wartung und Instandhaltung.
- Konditionierung und Verpackung mit den Teilschritten, Hochdruck-Pressen-Primärabfälle, Hochdruck-Pressen-Sekundärabfälle, Konditionierung und Verpackung radioaktiver Abfall, Abfallbehälter, externe Bearbeitung (inklusive Transport), Transportkosten geologisches Tiefenlager, zuteilbare Kosten geologisches Tiefenlager, begleitende Massnahmen, Wartung und Instandhaltung.
- Befreiung, konventionelle Entsorgung, Erlöse mit den Teilschritten Befreiung Reststoffe, konventionelle Entsorgung (kostenneutral), konventionelle Entsorgung (Deponiegebühren), Erlöse, begleitende Massnahmen, Wartung und Instandhaltung.
- Abbau Einrichtungen zum Rückbau und zur Materialbearbeitung mit den Teilschritten Demontage Servicebereich Maschinenhaus, Erlöse aus dem Verkauf der Einrichtungen.

Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen

Das funktionale Paket «Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen» beinhaltet die erforderlichen Aufwendungen für die Beseitigung der gesamten Gebäudestrukturen (inklusive aller Fundamente) und die Rekultivierung des Geländes. Die hier ermittelten Kosten betreffen den Abbruch und die Beseitigung aller Gebäude und Gebäudestrukturen der kontrollierten und nicht kontrollierten Zone sowie die Erlöse aus dem Verkauf von Materialien.

[56] ENSI-B04 [18].

Rückbaubetrieb

Das funktionale Paket Rückbaubetrieb umfasst alle Leistungen, um den Betrieb der Baustelle zu ermöglichen und aufrechtzuerhalten. In diesem funktionalen Paket sind die erforderlichen Betriebs- und Unterhaltssachkosten sowie die übrigen Aufwendungen zusammengefasst. Hierzu gehört auch die Bewachung der Anlage, bis alle nuklearen Gefahrenquellen daraus entfernt sind; die Aufhebung von Sicherungsmassnahmen unterliegt der Freigabe gemäss Stilllegungsverfügung[57]. Für die vorliegende Kostenermittlung wird angenommen, dass die Behörden beziehungsweise die von ihnen beauftragten Gutachter den Fortgang der Arbeiten permanent überwachen. Die wesentlichen Aufwendungen sind in den folgenden Paketen zusammengefasst:

- Verwaltung / Administration (Kraftwerksleitung, Verwaltung, Technische Dienste, Notfallorganisation, Informatik).
- Überwachung (Strahlenschutz, Personenüberwachung, Dosimetrie, Umgebungsüberwachung, Arbeitsschutz, Brandschutz, Kontrollbereichseingang, Abfallentsorgung, radiochemisches Labor).
- Sicherung / Arealüberwachung (Leitung Sicherung, Wachmannschaft, Pforte).
- Behördliche Begleitung des Betriebs (Aufsichtsbehörde, Gutachten, Abnahmen).
- Fachabteilung Betrieb Anlagen (Betrieb, Kommandoraum, Aus- und Weiterbildung, Maschinentechnik, Elektrotechnik, Leittechnik, Bautechnik, Feuerwehr).
- Werkstätten (Maschinentechnik, Elektrotechnik, Leittechnik, Schweisserei, Atemschutzwerkstatt, Gerüstbau, heisse Wäscherei, Sanitärbereich, Reinigung Kontrollbereich).
- Laufende Prüfung und Instandhaltung (Maschinentechnik, Elektrotechnik, Leittechnik, Bautechnik).
- Instandhaltungsprojekte (Maschinentechnik, Elektrotechnik, Leittechnik, Bautechnik).
- Betrieb IT (Hardware, Software, Lizenzen, IT-Projekte).
- Betriebs- und Unterhaltssachkosten (Strom, Heizöl, Hilfs- und Betriebsstoffe, Wasser, nukleare Versicherungen, Sach- und Vermögensversicherungen, Abgaben, Beiträge, Gebühren, Reisekosten, Repräsentationskosten, Vergütung und Spesen, Mieten und Benutzungsentschädigungen, Dokumentation, Gutachten, Studien, Beratung und Dienstleistungen, Betriebskleidung, Post, Rundfunk, Telefon, Büromaterial, Einrichtungen, Büro- und Verwaltungsaufwand).
- Betrieb Lagereinrichtungen (Lager Brennelemente, Lager radioaktive Abfälle, Materiallager, Notfalllager).
- Sonstige betriebliche Aufwendungen (allgemeine Dienstleistungen, Aussenanlagen, Fuhrpark, Anlagenreinigung konventionell, Abfallentsorgung konventionell, Supportleistungen Konzern, Konzessionsabgaben, Gebäudeinstandhaltung, Personalrestaurant, Betriebs- und Geschäftsausstattungen, Öffentlichkeitsarbeit, Erlöse).
- Die Höhe der Aufwendungen ist an bestimmte Rückbaufortschritte geknüpft, um den Fortgang der Stilllegung entsprechend zu berücksichtigen.

[57] Art. 26 Abs. 2 Bst. e KEG [1] in Verbindung mit Art. 47 Bst. e KEV [8].

Projektleitung Rückbau

In diesem funktionalen Paket sind die übergeordneten Tätigkeiten, wie zum Beispiel die Anlagen- und Projektleitung, die Projektkoordination (zum Beispiel Betreuung und Steuerung der Fremdfirmen) und die übergeordnete Bauleitung, zusammengefasst.

Tabelle 69 gibt eine Übersicht der für die Kostenstudie 2026 vorgegebenen Projektstruktur.

Tabelle 69: Funktionale Pakete zur Planung und Kostenermittlung der Stilllegungskosten.

Projekt- und Kostenstruktur für die Stilllegung [a]
Stilllegungsprojekt und Erwirkung Stilllegungsverfügung
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen - Standortbezogen
Vorbereitungs- und Umbaumassnahmen - Blockbezogen
Abbau der Komponenten und Einrichtungen
Behandlung und Verpackung
Konventioneller Abbruch Gebäudestrukturen
Rückbaubetrieb
Projektleitung Rückbau

a) Die verwendete Kostenstruktur für die Stilllegung der Zwischenlager ist analog aufgebaut wie diejenige für die Kernkraftwerke.

A.2 Einfluss längerer Betriebsdauern auf die Stilllegungskosten

Die Rückbaukosten werden im Wesentlichen vom radiologischen Zustand der jeweiligen Anlage zum Zeitpunkt der Stilllegung bestimmt.

Die Erfahrungen aus dem Rückbau von Kernkraftwerken zeigen, dass die einsetzbaren Techniken und die Vorgehensweise bei der Demontage weitgehend vom radioaktiven Inventar und den örtlichen Dosisleistungen bestimmt werden. Von der Aktivität der radioaktiven Nuklide hängt ausserdem ab, welche Entsorgungs- und Verwertungsmöglichkeiten genutzt werden können.

Das für die Stilllegung relevante radioaktive Inventar setzt sich aus drei Bestandteilen zusammen:

- Aktivierung: Durch Neutronenstrahlung aktiviertes Material des Reaktordruckbehälters, seiner Einbauten, des biologischen Schildes sowie, in geringem Umfang, aktivierte Teile des Primärsystems.
- Innere Kontamination: Durch radioaktive Medien während des Betriebs kontaminierte Systeme und Komponenten.
- Äussere Kontamination: Durch luftgetragene Partikel während des Betriebs und gegebenenfalls auch während des Rückbaus kontaminierte Systeme, Komponenten und Gebäudestrukturen.

Zur Ermittlung des Aktivierungsaufbaus an den oben genannten Komponenten gibt es geprüfte und durch Messungen verifizierte Berechnungsmodelle. Mit diesen lässt sich nachweisen, dass sich das durch Neutronenstrahlung aktivierte Inventar bereits nach einigen Jahren auf einem weitgehend konstanten Niveau einpendelt. Der Aufbau der Aktivierung durch Neutronenstrahlung wird durch das Abklingen der einzelnen Nuklide zunehmend ausgeglichen, bis eine Sättigung eintritt. Eine Verlängerung der Betriebsdauer hat daher keinen wesentlichen Einfluss auf das Aktivitätsniveau. Demnach ändern sich auch die Stilllegungskosten aufgrund der Aktivierung nicht wesentlich. Dies gilt auch für längere Betriebsdauern von beispielsweise 70 Jahren.

Der Aufbau der Kontamination während des Betriebs ist weniger eindeutig zu bestimmen als der Aufbau der Aktivierung. Grundsätzlich ist von einem Aufbau der Kontamination auszugehen. Gleichzeitig können Revisions- und Dekontaminationsmassnahmen sowie der Austausch von Komponenten auch zu einer Abnahme der Kontamination führen. Eine Verlängerung der Betriebsdauer verändert das Kontaminationsniveau deshalb voraussichtlich nur unwesentlich. Dies gilt entsprechend auch für längere Betriebsdauern.

Der technische Zustand eines Kernkraftwerks wird durch die Anforderungen an den sicheren Betrieb bestimmt. Werden während des Betriebs technische Mängel festgestellt, werden diese durch Reparatur oder Austausch von Komponenten behoben. Revisionsmassnahmen gewährleisten zudem eine regelmässige Überprüfung. Eine Verlängerung der Betriebsdauer wirkt sich daher bei einem planmässigen Betrieb voraussichtlich nicht nennenswert auf die zu erwartenden Rückbaukosten aus.

A.3 Ergebnisse der Kostenstudie gemäss den ISDC der OECD

Die Anwendung von verbindlichen Kostenstrukturen schafft die Voraussetzungen für eine transparente, vergleichbare sowie in der Projektabwicklung effiziente Kostenerfassung und -darstellung. Damit soll insbesondere sichergestellt werden, dass keine materiellen Abweichungen im Ausweis der Kosten zwischen Kostenplanung und Projektabwicklung entstehen und so Kostenermittlung und effektiver Kostenanfall im Zeitverlauf vergleichbar sind. Weiter sollen die Kostenstrukturen internationale Vergleiche der Projekte ermöglichen.

Mit der International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations [20], deren Entwicklung von der International Atomic Energy Agency (IAEA), der Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) und der European Commission (EC) initiiert und koordiniert worden ist, existiert eine standardisierte Kostenstruktur für den Rückbau kerntechnischer Anlagen. Grundsätzlich baut die International Structure for Decommissioning Costing dabei auf die Ausarbeitungen der International Atomic Energy Agency zur Abwicklung einer Stilllegung in Phasen und auf die Klassifizierung radioaktiver Abfälle auf.

Die Arbeitsgruppe von swissnuclear zur Überprüfung der Kostenstrukturen für die Kostenstudie 2026 hat die Anwendbarkeit der International Structure for Decommissioning Costing untersucht und ist dabei zum Schluss gekommen, dass die in den International Structure for Decommissioning Costing propagierten Kostenstrukturen international nicht sehr weit verbreitet angewendet werden und gemessen an den Anforderungen der Kommission und der Betreiber der Kernanlagen Defizite aufweisen. Deshalb wurde für die Kostenstudie 2026 die International Structure for Decommissioning Costing nur zur ergänzenden Darstellung der Ergebnisse berücksichtigt. In Tabelle 70 bis Tabelle 75 sind die Basiskosten und die Gesamtkosten für das Stilllegungsziel 3 mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese» dargestellt.

Tabelle 70: Basiskosten und Gesamtkosten gemäss den ISDC für die Stilllegung von KKB.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Stilllegungsziel 3 [a]	
	Basiskosten	Gesamtkosten [b]
Rückbau Kernkraftwerk (inkl. Abklinglagerung)	**825.3**	**1'118.6**
Pre-decommissioning actions	14.3	33.4
Facility shutdown activities	4.8	6.2
Additional activities for safe enclosure or entombment	-	-
Dismantling activities within the controlled area	156.6	205.1
Waste processing, storage and disposal	240.5	314.9
Site infrastructure and operation	119.9	163.9
Conventional dismantling, demolition and site restoration	53.5	70.1
Project management, engineering and support	188.5	263.1
Research and development	-	-
Fuel and nuclear material	-	-
Miscellaneous expenditures	47.2	61.8

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
[a] Stilllegungsziel 3: Vollständiger Rückbau einschliesslich Entfernung sämtlicher Fundamente mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese».
[b] Enthalten sind die aufgelaufenen Kosten, Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Risiken sowie ein genereller Sicherheitszuschlag von 5 Prozent.

Tabelle 71: Basiskosten und Gesamtkosten gemäss den ISDC für die Stilllegung von KKM.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Stilllegungsziel 3 [a]	
	Basiskosten	Gesamtkosten [b]
Rückbau Kernkraftwerk (inkl. Abklinglagerung)	**311.5**	**731.5**
Pre-decommissioning actions	-	7.4
Facility shutdown activities	0.5	5.6
Additional activities for safe enclosure or entombment	-	-
Dismantling activities within the controlled area	61.4	165.5
Waste processing, storage and disposal	56.5	166.3
Site infrastructure and operation	46.4	89.1
Conventional dismantling, demolition and site restoration	15.6	18.9
Project management, engineering and support	117.7	230.4
Research and development	-	-
Fuel and nuclear material	-	-
Miscellaneous expenditures	13.4	48.4

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
[a] Stilllegungsziel 3: Vollständiger Rückbau einschliesslich Entfernung sämtlicher Fundamente mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese».
[b] Enthalten sind die aufgelaufenen Kosten, Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Risiken sowie ein genereller Sicherheitszuschlag von 2 Prozent.

Tabelle 72: Basiskosten und Gesamtkosten gemäss den ISDC für die Stilllegung von KKG.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Stilllegungsziel 3 [a]	
	Basiskosten	Gesamtkosten [b]
Rückbau Kernkraftwerk (inkl. Abklinglagerung)	**658.0**	**918.6**
Pre-decommissioning actions	18.0	25.1
Facility shutdown activities	3.8	5.3
Additional activities for safe enclosure or entombment	-	-
Dismantling activities within the controlled area	109.0	152.2
Waste processing, storage and disposal	124.5	173.9
Site infrastructure and operation	147.0	205.3
Conventional dismantling, demolition and site restoration	42.7	59.6
Project management, engineering and support	168.1	234.7
Research and development	-	-
Fuel and nuclear material	-	-
Miscellaneous expenditures	44.8	62.6

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
[a] Stilllegungsziel 3: Vollständiger Rückbau einschliesslich Entfernung sämtlicher Fundamente mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese».
[b] Enthalten sind die aufgelaufenen Kosten, Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Risiken sowie ein genereller Sicherheitszuschlag von 5 Prozent.

Tabelle 73: Basiskosten und Gesamtkosten gemäss den ISDC für die Stilllegung von KKL.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Stilllegungsziel 3 [a]	
	Basiskosten	Gesamtkosten [b]
Rückbau Kernkraftwerk (inkl. Abklinglagerung)	**803.6**	**1'091.2**
Pre-decommissioning actions	18.1	24.6
Facility shutdown activities	3.9	5.3
Additional activities for safe enclosure or entombment	-	-
Dismantling activities within the controlled area	145.8	197.9
Waste processing, storage and disposal	217.9	295.9
Site infrastructure and operation	124.8	169.5
Conventional dismantling, demolition and site restoration	62.3	84.7
Project management, engineering and support	214.4	291.1
Research and development	-	-
Fuel and nuclear material	-	-
Miscellaneous expenditures	16.3	22.2

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
[a] Stilllegungsziel 3: Vollständiger Rückbau einschliesslich Entfernung sämtlicher Fundamente mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese».
[b] Enthalten sind die aufgelaufenen Kosten, Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Risiken sowie ein genereller Sicherheitszuschlag von 5 Prozent.

Tabelle 74: Basiskosten und Gesamtkosten gemäss den ISDC für die Stilllegung des ZWIBEZ.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Stilllegungsziel 3 [a]	
	Basiskosten	Gesamtkosten [b]
Stilllegung und Rückbau Zwischenläger	**5.6**	**7.0**
Pre-decommissioning actions	1.2	1.5
Facility shutdown activities	-	-
Additional activities for safe enclosure or entombment	-	-
Dismantling activities within the controlled area	-	-
Waste processing, storage and disposal	0.6	0.8
Site infrastructure and operation	0.1	0.1
Conventional dismantling, demolition and site restoration	1.9	2.4
Project management, engineering and support	1.0	1.2
Research and development	-	-
Fuel and nuclear material	0.6	0.8
Miscellaneous expenditures	0.2	0.3

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
[a] Stilllegungsziel 3: Vollständiger Rückbau einschliesslich Entfernung sämtlicher Fundamente mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese».
[b] Enthalten sind die aufgelaufenen Kosten, Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Risiken sowie ein genereller Sicherheitszuschlag von 5 Prozent.

Tabelle 75: Basiskosten und Gesamtkosten gemäss den ISDC für die Stilllegung des zentralen Zwischenlagers Würenlingen.

Arbeitspaket-Bezeichnung	Stilllegungsziel 3 [a]	
	Basiskosten	Gesamtkosten [b]
Rückbau Kernkraftwerk (inkl. Abklinglagerung)	**145.5**	**193.9**
Pre-decommissioning actions	2.8	3.8
Facility shutdown activities	0.2	0.3
Additional activities for safe enclosure or entombment	-	-
Dismantling activities within the controlled area	17.5	23.3
Waste processing, storage and disposal	14.3	19.0
Site infrastructure and operation	27.7	36.9
Conventional dismantling, demolition and site restoration	18.7	24.9
Project management, engineering and support	42.7	56.9
Research and development	-	-
Fuel and nuclear material	-	-
Miscellaneous expenditures	21.6	28.8

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
[a] Stilllegungsziel 3: Vollständiger Rückbau einschliesslich Entfernung sämtlicher Fundamente mit 15 Prozent Chance «Braune Wiese».
[b] Enthalten sind die aufgelaufenen Kosten, Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Risiken sowie ein genereller Sicherheitszuschlag von 5 Prozent.

A.4 Referenzen

[1] *SR 732.1 Kernenergiegesetz (KEG) vom 21. März 2003 (Stand am 1. Januar 2024)*.

[2] *SR 732.17 Verordnung über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen (Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung, SEFV) vom 7. Dezember 2007 (Stand am 7. November 2024)*.

[3] *Kostenstudie 2026 (KS26) Mantelbericht*. swissnuclear Bericht SN-AN-26.398. swissnuclear, 2026.

[4] *Kostenstudie 2026 (KS26) Ermittlung der Entsorgungskosten – Geologische Tiefenlagerung*. swissnuclear Bericht SN-AN-26.402. swissnuclear, 2026.

[5] *Kostenstudie 2026 (KS26) Ermittlung der Entsorgungskosten – Zwischenlagerung, Transporte, Behälter und Wiederaufarbeitung*. swissnuclear Bericht SN-AN-26.401. swissnuclear, 2026.

[6] *Kostenstudie 2026 (KS26) Ermittlung der Nachbetriebskosten der Schweizer Kernkraftwerke*. swissnuclear Bericht SN-AN-26.399. swissnuclear, 2026.

[7] *Kostenstudie 2026 (KS26) Abkürzungen, Begriffe, Glossar*. swissnuclear Bericht SN-AN-26.403. swissnuclear, 2026.

[8] *SR 732.11 Kernenergieverordnung (KEV) vom 10. Dezember 2004 (Stand am 1. Juli 2024)*.

[9] *SR 814.50 Strahlenschutzgesetz (StSG) vom 22. März 1991 (Stand am 1. Juli 2023)*.

[10] *SR 814.501 Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 26. April 2017 (Stand am 1. Januar 2022)*.

[11] *Decommissioning Strategies for Facilities Using Radioactive Material*. Safety Reports Series No. 50. STI/PUB/1281. ISBN 92-0-113206-9. International Atomic Energy Agency IAEA, 2007.

[12] *Decommissioning of Facilities*. General Safety Requirements GSR Part 6. STI/PUB/1652. ISBN 978-92-0-102614-9. International Atomic Energy Agency IAEA, 2014.

[13] *Cost of Decommissioning Nuclear Power Plants*. NEA No. 7201. OECD Nuclear Energy Agency NEA, 2016.

[14] *Financial Aspects of Decommissioning*. IAEA-TECDOC 1476. Report by an expert group. ISBN 92-0-110905-9. International Atomic Energy Agency IAEA, November 2005.

[15] *Cost Estimating Guide*. DOE G 413.3-21A. U.S. Department of Energy DOE, Juni 2018.

[16] *DIN EN ISO 9001:2015-11 Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen (ISO 9001:2015); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 9001:2015. Geändert durch DIN EN ISO 9001/A1:2024-11. Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin*.

[17] *Allgemeine Anforderungen an die Qualitätssicherung. Der Kerntechnische Ausschuss KTA. KTA 1401, Fassung 2017-11*.

[18] *Befreiung von Kontroll- und Überwachungsbereichen sowie Materialien von der Bewilligungspflicht und Aufsicht*. Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen B04/d. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, November 2018.

[19] *Konditionierung radioaktiver Abfälle*. Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen B05/d. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Februar 2007. Änderung vom 2. März 2023.

[20] *International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations*. NEA No. 7088. OECD Nuclear Energy Agency NEA, 2012.

A.5 Abkürzungen

A	
A&K	Abgeltungen und Kompensationen
ADR	Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse
AK	Ausgangskosten
AMG	Abfallmengengerüst
ATA	Alphatoxische Abfälle
B	
BA	Betriebsabfälle der Kernkraftwerke
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BAP	Baupreisindex
BE	(Abgebrannte) Brennelemente
BEB	Brennelementlagerbecken
BEVA	Brennelementverpackungsanlage
BFE	Bundesamt für Energie
BK	Basiskosten
BZL	Bundeszwischenlager für Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung
C	
CERN	Europäische Organisation für Kernforschung (European Organization for Nuclear Research)
D	
DIN	Deutsches Institut für Normung
E	
EABN	Endgültige Ausserbetriebnahme
EEB	Endgültige Einstellung des Betriebs
EELB	Endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs
EFV	Eidgenössische Finanzverwaltung
ELB	Endlagerbehälter
ELFB	Endlagerfähigkeitsbescheinigung
EN	Europäische Norm
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EP21	Entsorgungsprogramm 2021 der Entsorgungspflichtigen
EP26	Entsorgungsprogramm 2026 der Entsorgungspflichtigen
EVU	Energieversorgungsunternehmen
F	
FIP	Führung im Polizeieinsatz (Publikation des Schweizerischen Polizei-Instituts)
G	
gTL	Geologisches Tiefenlager
H	
HAA	Hochaktive Abfälle
HDW	Hochdruckwasser
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (heute: ENSI)
I	
IAEA	International Atomic Energy Agency
IBN	Inbetriebnahme
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IFRS	International Financial Reporting Standards
ISDC	International Structure for Decommissioning Costing of Nuclear Installations
ISO	International Organization for Standardization

ISRAM	Informationssystem für radioaktive Materialien

K

KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KHV	Kernenergiehaftpflichtverordnung
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk(e)
KS16	Kostenstudie 2016
KS21	Kostenstudie 2021
KS26	Kostenstudie 2026
KTA	Kerntechnischer Ausschuss

L

LIK	Landesindex der Konsumentenpreise

M

MCHF	Millionen Schweizer Franken (Mio. CHF)
Mg	Megagramm (Tonne)
MH	Maschinenhaus
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MIRAM	Modellhaftes Inventar radioaktiver Materialien
MWel	Megawatt elektrisch
MWth	Megawatt thermisch

N

Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NB	Nachbetrieb
NEA	Nuclear Energy Agency der OECD
NL	Standortgebiet Nördlich Lägern
NRG	Nuclear Research and Consultancy Group, heute Teil von NRG PALLAS

O

OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Co-operation and Development)
OFA	Oberflächenanlage
OK	Oberkante
OPA	Opalinuston
OR	Obligationenrecht

P

PB	Preisbasis
PB21	Preisbasis 01.01.2021
PB26	Preisbasis 01.01.2026
Pos.	Position
PSI	Paul Scherrer Institut
PSP	Projektstrukturplan
PSP-Element	Element im Projektstrukturplan
PU	Prognoseungenauigkeiten

R

RA	Reaktorabfälle
RBG	Rahmenbewilligungsgesuch
RBZ	Reststoffbearbeitungszentrum
RDB	Reaktordruckbehälter
RG	Reaktorgebäude

RID	Ordnung über die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter
RM	(Kosten für Massnahmen zur) Risikominderung
RSD	Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit Eisenbahnen und Seilbahnen

S

SA	Stilllegungsabfälle
SDR	Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse
SEFV	Verordnung über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen (Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung)
SEV	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein
SGT	Sachplan geologische Tiefenlager
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Siempelkamp NIS	Siempelkamp NIS Ingenieurgesellschaft mbH
SMA	Schwach- und mittelaktive Abfälle
STENFO	Stilllegungsfonds für Kernanlagen und Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke
STENFO VK	Verwaltungskommission der STENFO
StFV	Verordnung über den Schutz vor Störfällen
StSG	Strahlenschutzgesetz
StSV	Strahlenschutzverordnung
SUSAN	Spezielles Unabhängiges System zur Abfuhr der Nachzerfallswärme
Swiss GAAP FER	Schweizer Standards für die Rechnungslegung in Unternehmen

T

TAMG	Transportmengengerüst
TLB	Transport- und Lagerbehälter
TÜV	Technischer Überwachungsverein

U

US DOE	United States Department of Energy
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung

V

VA	Verpackungsanlage
VGB	Verband der Großkessel-Besitzer e. V., Fachverband der Strom- und Wärmeerzeugung als freiwilliger Zusammenschluss der Kraftwerksbetreiber und -hersteller
VKF	Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen

W

WA	Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Z

ZTBW	Zwischenlagerung, Transporte, Behälter und Wiederaufarbeitung
ZWIBEZ	Zwischenlager Beznau
Zwilag	Zwilag Zwischenlager Würenlingen AG

SWISSNUCLEAR

Postfach, 4601 Olten
info@swissnuclear.ch
www.swissnuclear.ch