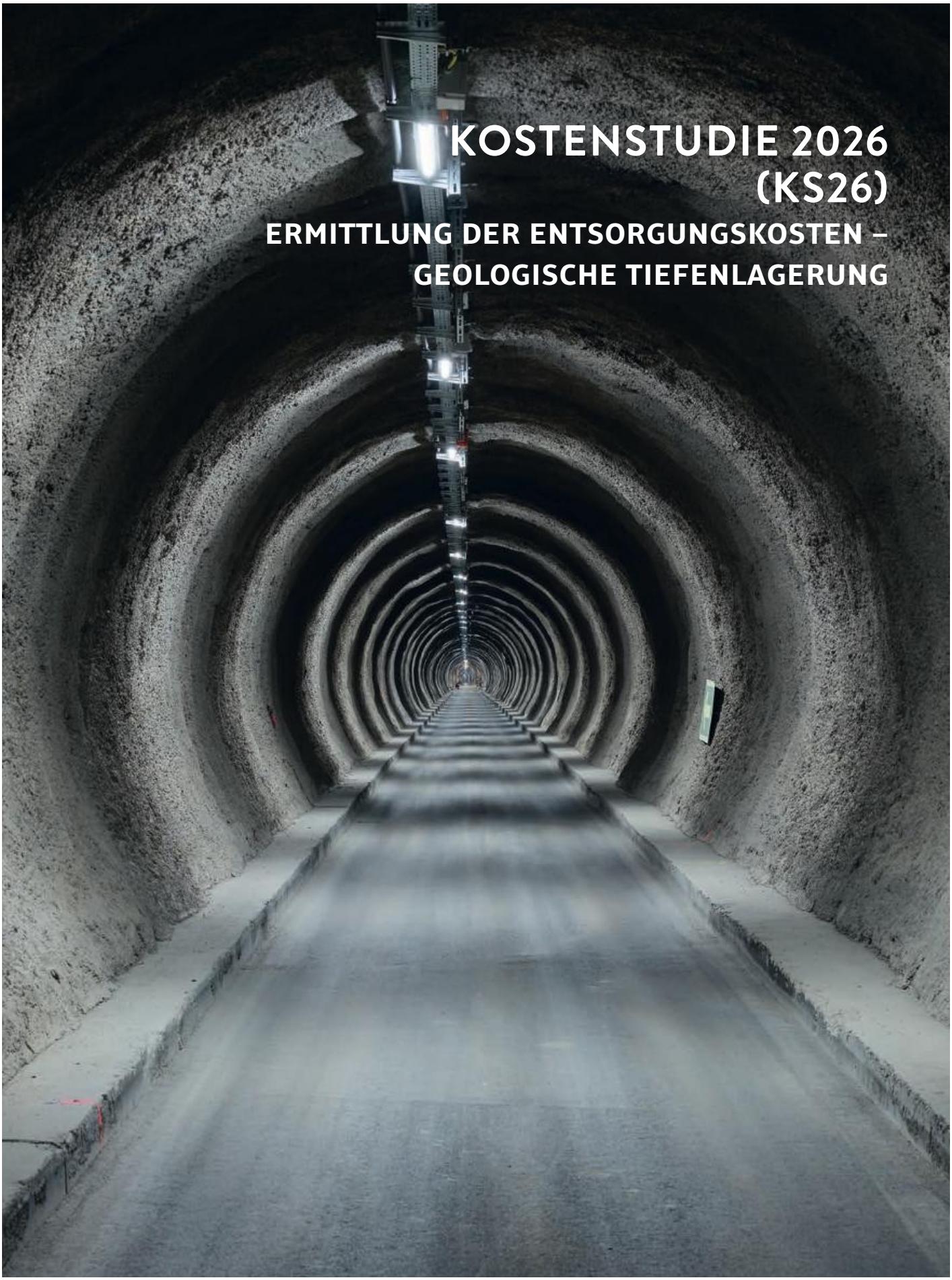
SWISSNUCLEAR



KOSTENSTUDIE 2026 (KS26)

ERMITTLUNG DER ENTSORGUNGSKOSTEN – GEOLOGISCHE TIEFENLAGERUNG

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

30. September 2026

Zusammenfassung

Das Kernenergiegesetz sieht einen Stilllegungs- und einen Entsorgungsfonds vor; die Eigentümer von Kernanlagen leisten Beiträge an beide Fonds[a]. Diese Fonds müssen bei Ausserbetriebnahme der Kernanlagen über ausreichende finanzielle Mittel verfügen, um die nach diesem Zeitpunkt anfallenden Stilllegungs- und Entsorgungskosten zu decken.

Um dies sicherzustellen, ist eine umfassende Ermittlung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten nötig. Auf Basis dieser Kostenermittlungen lassen sich die Beiträge bemessen, welche die Betreiber der Kernanlagen für die Stilllegung und die nukleare Entsorgung zurückstellen sowie in den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds einzahlen müssen. Diese 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 buchhalterischen Rückstellungen der Betreiber sowie der Fondsbeiträge für die Jahre 2022 bis 2026.

Im Jahr 2023 beauftragten die Betreiber 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. Die Dokumentation zur Kostenstudie 2026 besteht aus dem Mantelbericht [3], dem hier vorliegenden Bericht zu den Entsorgungskosten für die geologische Tiefenlagerung, dem Bericht zu den Entsorgungskosten für Zwischenlagerung, Transporte, Behälter und Wiederaufarbeitung [4] sowie den Berichten zu den Stilllegungskosten [5] und 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 prüfen.

Die Vorgaben für die Erstellung der Kostenstudie 2026 beinhalten auch Weisungen, wie mit Prognoseungenauigkeiten und Risiken umzugehen ist. Dazu wurde die mit der Kostenstudie 2016 eingeführte Kostengliederung vorgegeben. Die Kostenermittlungen basieren auf dem rechtlichen und regulatorischen Rahmen per 1. Januar 2025. Kostenstudien werden jeweils zum Geldwert des Berechnungsjahres durchgeführt.

Das Entsorgungsprogramm 2026 bildet den gegenwärtigen Stand der Planung zur geologischen Tiefenlagerung ab und stützt sich dabei auf die im Jahr 2024 eingereichten Rahmenbewilligungsgesuche ab. Das Entsorgungsprogramm 2026 geht von der Realisierung des geologischen Tiefenlagers am Standort Haberstal (vormals «Nördlich Lägern») mit der Brennelementverpackungsanlage am Standort Zwilag in Würenlingen aus.

Die Kostenstudie 2026, das Entsorgungsprogramm 2026 [7] sowie der Forschungs- und Entwicklungsplan [8] sind unter Berücksichtigung ihrer unterschiedlichen Zielsetzungen und Referenzszenarien inhaltlich aufeinander abgestimmt und werden im gleichen Zeitraum bei der Verwaltungskommission beziehungsweise beim Bundesrat eingereicht.

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

Seit der Kostenstudie 2021 wurden folgende Fortschritte für die geologische Tiefenlagerung durch die Nagra erzielt:

- Die Tiefbohrkampagne zur Untersuchung der Standortvarianten für ein geologisches Tiefenlager wurde 2021 abgeschlossen.
- Die Standorte für das geologische Tiefenlager und für die Brennelementverpackungsanlage wurden 2022 angekündigt.
- Die Unterlagen zu den Rahmenbewilligungsgesuchen für das geologische Tiefenlager und die Brennelementverpackungsanlage wurden 2024 eingereicht und 2025 veröffentlicht.
- Das KS26-Basisprojekt ist ein Kombilager für hochaktive sowie schwach- und mittelaktive Abfälle mit einem gemeinsamen Zugang für beide Abfallströme.

Die Kostenermittlung für die geologische Tiefenlagerung der Kostenstudie 2026 baut auf diesen Errungenschaften auf und wird in diesem Bericht erläutert.

Es werden zwei beispielhafte Projektausführungen für die geologische Tiefenlagerung betrachtet: das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive. Das Ergebnis der Kostenermittlung ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Gesamtkosten der geologischen Tiefenlagerung der Kostenstudie 2026 mit Aufteilung auf die Entsorgungspflichtigen für die beiden Projektausführungen KS26-Basisprojekt und KS26-Perspektive sowie die vorgeschlagene Gewichtung der KS26-Perspektive.

Kosten des geologischen Tiefenlagers	KKB	KKM	KKG	KKL	Bund	Total
Gesamtkosten KS26-Basisprojekt	**2'846**	**1'272**	**3'079**	**3'961**	**915**	**12'076**
zukünftige Gesamtkosten ab 2026	2'411	1'063	2'522	3'289	739	10'026
Aufgelaufene Kosten bis 2025	435	209	557	672	176	2'050
Gesamtkosten KS26-Perspektive	**2'491**	**1'155**	**2'930**	**3'786**	**915**	**11'279**
zukünftige Gesamtkosten ab 2026	2'055	946	2'373	3'114	739	9'230
Aufgelaufene Kosten bis 2025	435	209	557	672	176	2'050
Gesamtkosten KS26-Basisprojekt mit Chance KS26-Perspektive (20 %)	**2'775**	**1'249**	**3'049**	**3'926**	**915**	**11'916**
zukünftige Gesamtkosten ab 2026	2'340	1'039	2'492	3'254	739	9'867
Aufgelaufene Kosten bis 2025	435	209	557	672	176	2'050

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
KS26: Kostenstudie 2026.
KS26-Basisprojekt: Dargestellt ist eine 60-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
KS26-Perspektive: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Die KS26-Perspektive verursacht Mehrkosten ausserhalb der Kostenstruktur der geologischen Tiefenlagerung von rund 237 Mio. CHF (Gesamtkosten), die in den obigen Werten nicht enthalten sind.

Das KS26-Basisprojekt ist eine Projektausführung, die eng mit dem Rahmenbewilligungsgesuche-Beispielprojekt verknüpft ist. Die KS26-Perspektive zeigt demgegenüber, wie sich das Vorhaben in sicherheitstechnischer, raumplanerischer und ökologischer Hinsicht weiterentwickelt unter Einhaltung derselben Sicherheitsvorgaben für Bau, Betrieb und Langzeitentwicklung. Die Projektausführungen der Kostenstudie 2026 liegen innerhalb des Rahmens für die Entwicklung von Terradura, das geologische Tiefenlager im Zürcher Unterland, den die Nagra zur Festlegung mit der Rahmenbewilligung vorgeschlagen hat und der im Entsorgungsprogramm 2026 dargelegt ist. Zum Zeitpunkt der Erstellung der Kostenstudie 2026 wird der Reifegrad der KS26-Perspektive tiefer als derjenige des KS26-Basisprojektes eingestuft. Aus diesem Grund wird die KS26-Perspektive bei den Gesamtkosten mit einer Gewichtung von 20 Prozent berücksichtigt.

Die nächste Kostenstudie ist für 2031 vorgesehen.

Inhalt

Zusammenfassung II

Abbildungsverzeichnis VI

Tabellenverzeichnis VI

1 Ausgangslage 1
1.1 Einleitung . . . 1
1.2 Sicherstellung der Finanzierung von Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung . . . 1
1.2.1 Verursacherprinzip . . . 1
1.2.2 Finanzierung der Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten . . . 2
1.2.3 Rückstellungen für Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten . . . 3
1.2.4 Kostenstudien der Stilllegungs- und Entsorgungspflichtigen . . . 4
1.3 Mit der Entsorgung beauftragte Organisationen . . . 4
1.3.1 Betreiber der Kernanlagen . . . 4
1.3.2 Zwilag . . . 4
1.3.3 Nagra . . . 5
1.3.4 Swissnuclear . . . 5
1.3.5 Bund . . . 5
1.4 Entsorgungsprogramm . . . 6
1.5 Forschungs- und Entwicklungsplan . . . 8
1.6 Radioaktive Abfälle nach Abfallsorten . . . 8
1.7 Berücksichtigung der Kosten für die Tiefenlagerung von Stilllegungsabfällen . . . 9
1.8 Realisierungsprogramm der Entsorgung und zeitliche Gliederung . . . 10

2 Vorgaben und Annahmen 11
2.1 Rechtliche und behördliche Vorgaben . . . 11
2.2 Annahmen aus dem Entsorgungsprogramm und aus dem Vorhaben «Geologisches Tiefenlager» 11

3 Methodik der Kostenermittlung 13
3.1 Kostenstruktur . . . 13
3.2 Kostengliederung . . . 13
3.2.1 Vorgaben zur Kostengliederung . . . 14
3.2.2 Umsetzung der Kostengliederung . . . 16
3.3 Behandlung von Prognoseungenauigkeiten und Risiken . . . 17
3.4 Risikomanagement . . . 18
3.4.1 Umgang mit Abweichungen vom Vorhaben . . . 18
3.4.2 Strategische Massnahmen . . . 19
3.4.3 Organisatorische Massnahmen . . . 19
3.4.4 Technische und weitere Massnahmen . . . 19

4 Das Vorhaben «Geologische Tiefenlager» 20
4.1 Übersicht . . . 20
4.2 Projektausführungen innerhalb des Projektperimeters . . . 21
4.3 Realisierungsplan . . . 21
4.4 Das KS26-Basisprojekt . . . 23
4.4.1 Übersicht . . . 23
4.4.2 Oberflächeninfrastruktur Haberstal . . . 23
4.4.3 Oberflächeninfrastruktur Würenlingen . . . 25
4.4.4 Zugang nach Untertag und Bauwerke auf Lagerebene . . . 27
4.5 Die KS26-Perspektive . . . 30
4.5.1 Übersicht . . . 30
4.5.2 Oberflächeninfrastruktur Haberstal . . . 31
4.5.3 Oberflächeninfrastruktur Würenlingen . . . 31
4.5.4 Zugang nach Untertag und Bauwerke auf Lagerebene . . . 32
4.6 Die Hauptaktivitäten . . . 33

4.7 Bewertung der Unterlagen für die Kostenermittlung 34

5 Resultate der Ermittlung der Entsorgungskosten für das geologische Tiefenlager 36
5.1 Ausgangskosten 36
5.2 Kosten zur Risikominderung 38
5.3 Basiskosten 39
5.4 Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten 40
5.5 Kostenzuschläge für Gefahren 41
5.6 Kostenabzüge für Chancen 42
5.7 Nicht berücksichtigte Gefahren und Chancen 43
5.8 Genereller Sicherheitszuschlag 44
5.9 Kosten der Stilllegungsabfälle 44
5.10 Qualitatives Szenario «70 Jahre» 44
5.11 Gesamtkosten 45
5.11.1 Überblick 45
5.11.2 Gesamtkosten der KS26-Perspektive 45
5.11.3 Vergleich der Kostenstudie 2026 mit der Kostenstudie 2021 46
5.11.4 Aufteilung der Gesamtkosten auf die Entsorgungspflichtigen 47

A Anhänge 50
A.1 Ergänzende Informationen 50
A.2 Referenzen 61
A.3 Abkürzungen 62

Abbildungsverzeichnis

1 Übergeordnete Elemente der Entsorgung in der Schweiz. 7

2 Betriebs- und Stilllegungszeiten der wichtigsten Anlagen des Entsorgungspfades für das Basisszenario. 10

3 Kostengliederung für die Kostenstudie 2026. 14

4 Projektperimeter am Standort Haberstal mit vorläufigem Schutzbereich bis in den Untergrund. 21

5 Realisierungsplan für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive. 23

6 Übersichtsplan der modellhaften Anordnung der Oberflächeninfrastruktur des KS26-Basisprojektes am Standort Haberstal. 24

7 Übersichtsplan der modellhaften Anordnung der Oberflächeninfrastruktur am Standort Würenlingen. 26

8 Anlagenkonzept der untertägigen Anlagen und Bauten für das KS26-Basisprojekt. 28

9 Gegenüberstellung der prognostizierten lithologischen Einheiten in den geplanten Zugangsbauwerken des KS26-Basisprojektes. 29

10 Übersichtsplan der modellhaften Anordnung der Oberflächeninfrastruktur der KS26-Perspektive am Standort Haberstal. 31

11 Systemskizze für die untertägigen Anlagenelemente und Bauten des Tiefenlagers gemäss KS26-Perspektive. 32

Tabellenverzeichnis

1 Gesamtkosten der geologischen Tiefenlagerung der Kostenstudie 2026. III

2 Betriebsdauer der KKW für die Kostenstudie 2026. 2

3 Abfallmengen für 60 Jahre Betrieb KKB, 47 Jahre KKM sowie 50 Jahre KKG und KKL. . 9

4 Geometrische Kennzahlen für die Oberflächeninfrastruktur Haberstal des KS26-Basisprojektes. 25

5 Geometrische Kennzahlen für die Infrastruktur in Würenlingen im Scope der geologischen Tiefenlagerung. 27

6 Geometrische Kennzahlen für den Zugang nach Untertag und für die Bauwerke auf Lagerebene des KS26-Basisprojektes. 30

7 Geometrische Kennzahlen für den Zugang nach Untertag und für die Bauwerke auf Lagerebene der KS26-Perspektive. 33

8 Ausgangskosten für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive. 37

9 Kosten zur Risikominderung für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive. 38

10 Basiskosten für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive. 39

11 Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten beim Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive. . . . 40

12 Kostenzuschläge für Gefahren beim Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive. . . . 41

13 Kostenabzüge für Chancen beim Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive. . . . 42

14 Gesamtkosten für das Vorhaben geologisches Tiefenlager unter anteiliger Berücksichtigung der Gesamtkosten des KS26-Basisprojektes und der KS26-Perspektive. . . . 45

15 Vergleich der Gesamtkosten der Kostenstudie 2026 und Kostenstudie 2021. . . . 46

16 Durch die Entsorgungspflichtigen zu tragende Anteile an den zukünftigen Fixkosten des Tiefenlagers. . . . 48

17 Gesamtkosten für das geologische Tiefenlager und Vergleich mit den Gesamtkosten der Kostenstudie 2021. . . . 49

18 Abfallmengen des KS26-Basisprojektes für Szenario 1. . . . 50

19 Abfallmengen des KS26-Basisprojektes für Szenario 2. . . . 51

20 Abfallmengen der KS26-Perspektive für Szenario 2. . . . 52

21 Gesamtkosten für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt für die KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2. . . . 53

22 Ausgangskosten für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt für die KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2. . . . 54

23 Kosten zur Risikominderung für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt für die KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2. . . . 55

24 Basiskosten für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt für die KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2. . . . 56

25 Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten beim Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt in den KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2. . . . 57

26 Kostenzuschläge für Gefahren beim Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt in den KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2. . . . 58

27 Kostenabzüge für Chancen beim Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt in den KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2. . . . 59

28 Durch die Entsorgungspflichtigen zu tragende Anteile an den zukünftigen Fixkosten des Tiefenlagers. . . . 60

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 [5].
- Ermittlung der Entsorgungskosten – Zwischenlagerung, Transporte, Behälter und Wiederaufarbeitung [4].
- Ermittlung der Entsorgungskosten – Geologische Tiefenlagerung (dieser Bericht).

Der Mantelbericht [3] erläutert die Rahmenbedingungen der Kostenstudie 2026 und fasst die wichtigsten Resultate der vier Teilberichte zusammen. Der vorliegende Bericht präzisiert die Rahmenbedingungen und Vorgaben hinsichtlich der geologischen Tiefenlagerung. Die Ermittlung der Kosten des geologischen Tiefenlagers wird gemäss der vorgegebenen Kostenstruktur und Kostengliederung vorgenommen.

Die Ausgangslage für die Stilllegung von Kernanlagen einschliesslich des Nachbetriebs, der Entsorgung der radioaktiven Abfälle sowie der Bereitstellung der finanziellen Mittel ist in Kapitel 1 dargelegt. In Kapitel 2 sind die Annahmen und Rahmenbedingungen für die geologische Tiefenlagerung beschrieben und in Kapitel 3 die Methodik der Kostenermittlung. Kapitel 4 beschreibt die beiden Projektausführungen für das Vorhaben der geologischen Tiefenlagerung, die der Kostenstudie 2026 zugrunde liegen: das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive. Die Ergebnisse der Ermittlung der Kosten des geologischen Tiefenlagers sind in Kapitel 5 dargestellt. Die Berichte zur Kostenstudie 2026 enthalten zahlreiche Fachbegriffe. Diese wurden in einem Glossar [9] zusammengestellt und erläutert. Das Glossar ist Bestandteil der Kostenstudie.

1.2 Sicherstellung der Finanzierung von Nachbetrieb, Stilllegung und Entsorgung

Das Kernenergiegesetz [1], die Kernenergieverordnung [10], die Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung [2], das Strahlenschutzgesetz [11] und die Strahlenschutzverordnung [12] 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 gebracht worden sind und die finanziellen Mittel für die Beobachtungsphase und den allfälligen Verschluss sichergestellt sind.

[1] Art. 31 Abs. 1 KEG [1].
[2] Art. 27 StSG [11].
[3] Art. 31 Abs. 2 Bst. a KEG [1].

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

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. Vor der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs anfallende Entsorgungskosten werden durch die Betreiber direkt bezahlt.

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 endgültiger Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke anfallenden Entsorgungskosten zu decken. Die Bemessung der in den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds zu leistenden Beiträge sowie der Rückstellungen der Betreiber für die Stilllegung und die Entsorgung erfolgt auf Basis einer umfassenden Berechnung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten. Diese Kosten müssen gemäss Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung[6] alle fünf Jahre neu ermittelt werden. Als Berechnungsgrundlagen für die Höhe der Nachbetriebs-, Stilllegungs- und Entsorgungskosten werden entsprechend den Vorgaben für die Erstellung der Kostenstudie 2026 die Szenarien für die Kernkraftwerk-Betriebsdauer (KKW-Laufzeitszenarien) in Tabelle 2 angenommen[7].

Tabelle 2: Betriebsdauer der KKW für die Kostenstudie 2026; die Szenarien entsprechen den STENFO-Vorgaben.

Betriebsdauer der Kernkraftwerke in Jahren	Basisszenario	Szenario 1	Szenario 2
KKW Beznau	60	63	63
KKW Mühleberg	47	47	47
KKW Gösgen	50	50	60
KKW Leibstadt	50	50	60

Für die Darstellung der Kosten in Kapitel 5 (Resultate der Kostenermittlungen) wurde für das KS26-Basisprojekt das Basisszenario gewählt. Die Resultate für das Szenario 1 und das Szenario 2 sind im Anhang A.1 angefügt. Die Kosten der KS26-Perspektive wurden für das Szenario 2 ermittelt.

Die Betriebsdauer der Schweizer KKW ist gesetzlich nicht befristet. Voraussetzung für den Weiterbetrieb ist die Erfüllung der gesetzlichen und behördlichen Sicherheitsanforderungen. Eine qualitative Aussage zu den Kosten der geologischen Tiefenlagerung bei einer 70-jährigen Betriebsdauer der KKW Leibstadt und Gösgen ist in Abschnitt 5.10 enthalten.

[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].
[6] Art. 4 Abs. 1 SEFV [2] .
[7] Die gemäss Art. 4 Abs. 3 SEFV [2] vorgesehene Anpassung der Betriebsdauer der Kernkraftwerke (KKW) wurde für die Kostenstudie 2026 von der Verwaltungskommission in Anspruch genommen.

Jeder Beitragspflichtige hat gegenüber den Fonds einen Anspruch im Umfang seiner geleisteten Beiträge, einschliesslich des Kapitalertrags und abzüglich des Aufwands[8]. Zusätzlich zur Einzahlungspflicht sieht das Kernenergiegesetz eine Nachschusspflicht der Betreiber vor[9]. Reicht der Anspruch eines Beitragspflichtigen an einen der Fonds zur Deckung der Kosten nicht aus, deckt der Beitragspflichtige die verbleibenden Kosten aus eigenen Mitteln[10]. Weist der Beitragspflichtige nach, dass seine Mittel nicht ausreichen, deckt der Stilllegungs- beziehungsweise der Entsorgungsfonds die verbleibenden Kosten mit seinen gesamten Mitteln[11]. Übersteigen die Zahlungen eines Fonds zu Gunsten eines Berechtigten dessen Anspruch, muss er dem Fonds den Differenzbetrag samt einem marktüblichen Zins zurückbezahlen[12]. Kann der Berechtigte die Rückerstattung nicht leisten, so müssen die übrigen Beitragspflichtigen und Anspruchsberechtigten des entsprechenden Fonds für den Differenzbetrag aufkommen[13]. Ist die Deckung des Differenzbetrags für die Nachschusspflichtigen wirtschaftlich nicht tragbar, beschliesst die Bundesversammlung, ob und in welchem Ausmass sich der Bund an den nicht gedeckten Kosten beteiligt[14].

Die beiden Fonds stehen unter der Aufsicht des Bundesrats[15]. Eine von diesem ernannte Verwaltungskommission[16] 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[17].

Mit der Einrichtung des Stilllegungs- und des Entsorgungsfonds besteht zusätzlich zur gesetzlichen Kostentragungspflicht der Betreiber der Kernanlagen ein Sicherungsinstrument zur Gewährleistung, dass dem Verursacherprinzip konsequent Rechnung getragen wird. Es ist nicht nur sichergestellt, dass die Kosten zum Rückbau der Kernanlagen und 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.

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[18] 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[19], 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[20].

[8] Art. 78 Abs. 1 KEG [1].
[9] Art. 80 KEG [1].
[10] Art. 79 Abs. 1 KEG [1].
[11] Art. 79 Abs. 2 KEG [1].
[12] Art. 80 Abs. 1 KEG [1].
[13] Art. 80 Abs. 2 KEG [1].
[14] Art. 80 Abs. 4 KEG [1].
[15] Art. 29 SEFV [2].
[16] Art. 81 Abs. 2 KEG [1]; Art. 20a Abs. 1 SEFV [2].
[17] Art. 20b Abs. 1, Art. 21 Abs. 2 und 4 sowie Art. 21a Abs. 1 SEFV [2].
[18] Art. 960e Obligationenrecht (OR [13]), IFRS [14] beziehungsweise Swiss GAAP FER [15].
[19] Art. 23 Bst. c SEFV [2].
[20] Art. 82 Abs. 2 und 3 KEG [1]; Art. 19 Abs. 1 und 2 SEFV [2].

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 Rückstellungen und Fondsbeiträge der Stilllegungs- und Entsorgungspflichtigen in den Jahren 2022 bis 2026.

Die Betreiber 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 eingehend überprüfen.

1.3 Mit der Entsorgung beauftragte Organisationen

1.3.1 Betreiber der Kernanlagen

Die Betreiber der Kernanlagen tragen die Gesamtverantwortung für die Entsorgung. Operationell übernehmen sie die Verantwortung für die Konditionierung der Betriebsabfälle und deren Zwischenlagerung, für den Brennstoffkreislauf einschliesslich der Beschaffung der Transport- und Lagerbehälter, die Stilllegung der Kernanlagen und sind beteiligt an der Planung und Projektierung, am Bau und Betrieb sowie am Verschluss des geologischen Tiefenlagers.

Die Entsorgungspflicht der Betreiber der Schweizer Kernkraftwerke endet, sobald die Abfälle in ein geologisches Tiefenlager gebracht worden und die finanziellen Mittel für die Beobachtungsphase und den allfälligen Verschluss sichergestellt sind[21]. Darüber hinaus ist der Betreiber eines geologischen Tiefenlagers verpflichtet, beim Verschluss alle offenen Teile des Tiefenlagers zu verfüllen und die für die Langzeitsicherheit und die Sicherung massgebenden Teile zu versiegeln[22].

Für die Bearbeitung spezifischer Themen haben die Betreiber Organisationen gegründet. Dazu gehören die Zwilag Zwischenlager Würenlingen AG (Zwilag), die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) und swissnuclear. Deren Aufgaben sind unten beschrieben.

1.3.2 Zwilag

Die Zwilag Zwischenlager Würenlingen AG (Zwilag) wurde 1990 von den Kernkraftwerk-Betreibergesellschaften gegründet und handelt in deren Auftrag. Der Zweck der Gesellschaft ist der Betrieb von Entsorgungsanlagen und die Bereitstellung von Zwischenlagerkapazitäten für alle Kategorien von radioaktiven Abfällen. Die Zwilag nimmt alle Arten von radioaktiven Abfällen der Schweiz entgegen. Diese stammen aus den Kernkraftwerken (Betriebsabfälle und abgebrannte Brennelemente), aus der Wiederaufarbeitung sowie aus Medizin, Industrie und Forschung. Die Zwilag konditioniert die Abfälle oder führt sie direkt der Zwischenlagerung zu.

Die Abfälle können am Standort der Zwilag dank der Kombination von Abfallbehandlungsanlagen und Zwischenlagern optimal zusammengeführt, verarbeitet, verpackt und überwacht werden. Die Zwilag betreibt Abfallbehandlungsanlagen wie die Plasma- und die Konditionierungsanlage, eine Umladestation Schiene–Strasse sowie eine Behälterlagerhalle für abgebrannte Brennelemente und hochaktive Abfälle. Hinzu kommen ein Lager für Abfälle, die aufgrund ihrer Strahlung eine dickwandige Abschirmung erfordern, eine Lagerhalle für Abfälle ohne entsprechenden Abschirmungsbedarf und eine heisse Zelle. In dieser können Lagerbehälter überprüft und repariert sowie Brennelemente inspiziert oder umgeladen werden.

[21] Art. 31 Abs. 2 Bst. a KEG [1].
[22] Art. 69 KEV [10].

Die Zwilag gewährleistet mit ihren vorhandenen Lager- und Verarbeitungskapazitäten die sichere Behandlung und Zwischenlagerung der anfallenden Betriebs- und Stilllegungsabfälle der Kernkraftwerke sowie die sichere Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente bis zu deren Einlagerung in das geologische Tiefenlager.

1.3.3 Nagra

Die Entsorgungspflichtigen gründeten 1972 die Nagra, um alle Aufgaben für die Umsetzung des geologischen Tiefenlagers zu übernehmen. Die Organisation der Nagra ist flexibel aufgebaut und wird auf die jeweiligen Bedürfnisse ausgerichtet, sodass hieraus letztlich eine geeignete Betriebsorganisation hervorgeht. Im Jahr 2024 hat die Nagra dazu zwei hundertprozentige Tochtergesellschaften gegründet, die für Bau und Betrieb des Tiefenlagers – die Nagra gTL AG – sowie für Bau und Betrieb der Brennelementverpackungsanlage – die Nagra BEVA AG – zuständig sein werden.

Die Vorbereitung des geologischen Tiefenlagers umfasst neben der Planung und Projektierung der notwendigen Anlagen auch die Durchführung von erdwissenschaftlichen Abklärungen sowie der erforderlichen Forschung und Entwicklung, die Erarbeitung der notwendigen Sicherheitsnachweise und weiterer Unterlagen für die verschiedenen Bewilligungsverfahren sowie die Begleitung dieser Verfahren, beispielsweise durch die Beantwortung von Behördenanfragen, und die transparente Information der Öffentlichkeit.

Weiter ist die Nagra mit der Inventarisierung der radioaktiven Abfälle der Schweiz aus Kernkraftwerken, aus Medizin, Industrie und Forschung sowie der abgebrannten Brennelemente betraut. Die Nagra erarbeitet auch das modellhafte Inventar der in Zukunft ins geologische Tiefenlager einzulagernden radioaktiven Abfälle.

1.3.4 Swissnuclear

Swissnuclear wahrt, koordiniert und vertritt die gemeinsamen Interessen der Betreiber der Kernanlagen in nuklearen Belangen (betreffend Forschung und Ausbildung, Strategie Entsorgung, Kompetenzerhalt und Erfahrungsaustausch, Kommunikation und Public Affairs, Vertretung in internationalen Gremien) sowie in weiteren technischen Belangen gegenüber nationalen und internationalen Behörden, Organisationen und Verbänden wie auch der Politik und der Öffentlichkeit. Zu den Aufgaben gehört auch die Ermittlung der Kosten für die Stilllegung der Kernanlagen am Ende ihrer Betriebszeit und die Entsorgung der in der Schweiz anfallenden beziehungsweise von Schweizer Unternehmen verursachten radioaktiven Abfälle. Swissnuclear erstellt dazu im Auftrag der Betreiber der Kernanlagen alle fünf Jahre eine Kostenstudie. Dies erfolgt in Zusammenarbeit mit den für die nukleare Entsorgung in der Schweiz verantwortlichen Organisationen und unter Berücksichtigung der von der Verwaltungskommission festgelegten Vorgaben.

1.3.5 Bund

Die Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF) gehen nach der gebührenpflichtigen Abgabe in das Eigentum des Bundes über, der damit die Entsorgungspflicht für diese Abfälle übernimmt. Zudem ist er Eigentümer der in seinen Organisationen, zum Beispiel in Forschungsanlagen, anfallenden Abfälle. Die Verantwortung für die Konditionierung, die Zwischenlagerung und das Verbringen der eigenen und übernommenen Abfälle in das geologische Tiefenlager liegt ebenfalls beim Bund. Aufgrund dieser Aufgaben ist er auch Genossenschafter der Nagra.

1.4 Entsorgungsprogramm

Die Entsorgungspflichtigen müssen gemäss KEG ein Entsorgungsprogramm erstellen[23]. Dieses wird von den zuständigen Bundesbehörden geprüft und auf Antrag des Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) vom Bundesrat genehmigt. Im Entsorgungsprogramm haben die Entsorgungspflichtigen Angaben zu machen über die Menge und Art der radioaktiven Abfälle, die benötigten geologischen Tiefenlager einschliesslich ihres Sicherheits- und Lagerkonzeptes, die Zuteilung der radioaktiven Abfälle auf die geologischen Tiefenlager, den Realisierungsplan zur Erstellung, zum Betrieb und Verschluss der geologischen Tiefenlager, die Dauer und die benötigte Kapazität der zentralen und dezentralen Zwischenlager, die Finanzierung der Entsorgung und das Informationskonzept im Hinblick auf die Realisierung der benötigten geologischen Tiefenlager[24].

Das Entsorgungsprogramm wird periodisch an die sich ändernden Gegebenheiten angepasst. Die Einhaltung des Entsorgungsprogramms wird von den Bundesbehörden überwacht.

Die Kostenstudie 2026 und das Entsorgungsprogramm 2026 (EP26) [7] wurden 2026 inhaltlich aufeinander abgestimmt und im gleichen Zeitraum beim Bund eingereicht. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Zielsetzungen verwenden die beiden Berichte unterschiedliche Referenzszenarien. Innerhalb vergleichbarer Szenarien sind die zugrunde gelegten Abfallmengen aufeinander abgestimmt. Das Entsorgungsprogramm 2026 bildet den gegenwärtigen Stand der Planung zur geologischen Tiefenlagerung ab und stützt sich dabei auf die im Jahr 2024 eingereichten Rahmenbewilligungsgesuche ab. Das Entsorgungsprogramm 2026 geht von der Realisierung des geologischen Tiefenlagers am Standort Haberstal (vormals «Nördlich Lägern») mit der Brennelementverpackungsanlage am Standort Zwilag in Würenlingen aus. Das geplante geologische Tiefenlager am Standort Haberstal im Zürcher Unterland heisst Terradura.

Darauf aufbauend geht die Kostenstudie 2026 von modellhaften, aber konkreten Projektausführungen aus, welche die Vorgaben der Verwaltungskommission bezüglich Standort gemäss Kapitel 4 umsetzen und einen Detaillierungsgrad aufweisen, der die Nachvollziehbarkeit der Kostenermittlung unter Berücksichtigung von Chancen und Gefahren ermöglicht. Die Kostenstudie trifft zu diesem Zweck modellhafte Annahmen, die mit dem Entsorgungsprogramm vereinbar sind, jedoch keine vorzeitigen Festlegungen zu späteren Entscheidungen auf dem Weg zur geologischen Tiefenlagerung bedeuten.

Das im Entsorgungsprogramm abgehandelte Entsorgungskonzept ist in Abbildung 1 dargestellt und wird nachfolgend kurz beschrieben. Abgebrannte Brennelemente wurden bis 2006 teilweise in die Wiederaufarbeitung gegeben – entweder nach Frankreich (La Hague) oder nach England (Sellafield). Alle Abfälle aus der Wiederaufarbeitung wurden in die Schweiz zurückgeführt und im zentralen Zwischenlager Würenlingen zwischengelagert. Aufgrund eines Moratoriums zur Wiederaufarbeitung werden seit 2006 die abgebrannten Brennelemente ohne Vorbehandlung in Transport- und Lagerbehälter geladen und im zentralen Zwischenlager Würenlingen beziehungsweise im Zwischenlager Beznau zwischengelagert, nachdem sie in den Brennelementlagerbecken der Kernkraftwerke beziehungsweise im Nasslager des Kernkraftwerks Gösgen genügend abgekühlt sind. Das Kernenergiegesetz untersagt seit 2018 die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente.

Die während des Betriebs der Kernkraftwerke anfallenden radioaktiven Betriebsabfälle werden entweder bei den Werken konditioniert und im Falle des Zwischenlagers Beznau auch dort zwischengelagert oder aber am Standort Zwilag konditioniert und anschliessend im zentralen Zwischenlager Würenlingen zwischengelagert.

Die aus dem Bereich Medizin, Industrie und Forschung anfallenden Abfälle werden ans Paul Scherrer Institut (PSI) geliefert, dort konditioniert[25] und dann im Bundeszwischenlager (auf dem Gelände des PSI) zwischengelagert. Das PSI führt diese Aufgabe im Auftrag des Bundes durch.

Die Kernkraftwerke, Forschungsanlagen und Infrastrukturanlagen werden nach endgültiger Einstellung des Leistungsbetriebs zurückgebaut und die anfallenden radioaktiven Abfälle konditioniert und zwischengelagert oder – wenn dies mit dem Realisierungsplan des geologischen Tiefenlagers kompatibel ist – direkt in das geologische Tiefenlager gebracht.

[23] Art. 32 Abs. 1 KEG [1].
[24] Art. 52 KEV [10]. In diesem Artikel der KEV wird von «geologischen Tiefenlagern» in der Mehrzahl gesprochen.
[25] Gewisse Abfälle werden im Auftrag des Bundes in Anlagen der Zwilag konditioniert.

Nach Betriebsaufnahme des geologischen Tiefenlagers werden die radioaktiven Abfälle aus den Zwischenlagern oder direkt vom Anlagenstandort in das geologische Tiefenlager gebracht und dort eingelagert. Der Verschluss des geologischen Tiefenlagers erfolgt schrittweise. Während des Betriebs werden volle Lagerkammern oder Lagerstollen fortlaufend verschlossen. Die Stilllegung eines Teils der Oberflächenanlage erfolgt nach Abschluss der Einlagerung allfälliger Stilllegungsabfälle der Verpackungsanlagen. Nach 50 Jahren der Beobachtung[26] werden die bis dann noch offenen untertägigen Anlagen, Zugänge nach Untertag und Objekte der Oberflächenanlage verschlossen beziehungsweise zurückgebaut.

Die im Entsorgungsprogramm 2026 beschriebenen Sicherheits- und Lagerkonzepte für das geologische Tiefenlager berücksichtigen die rechtlichen und behördlichen Vorgaben und setzen insbesondere das gesetzlich verankerte Konzept des geologischen Tiefenlagers um.

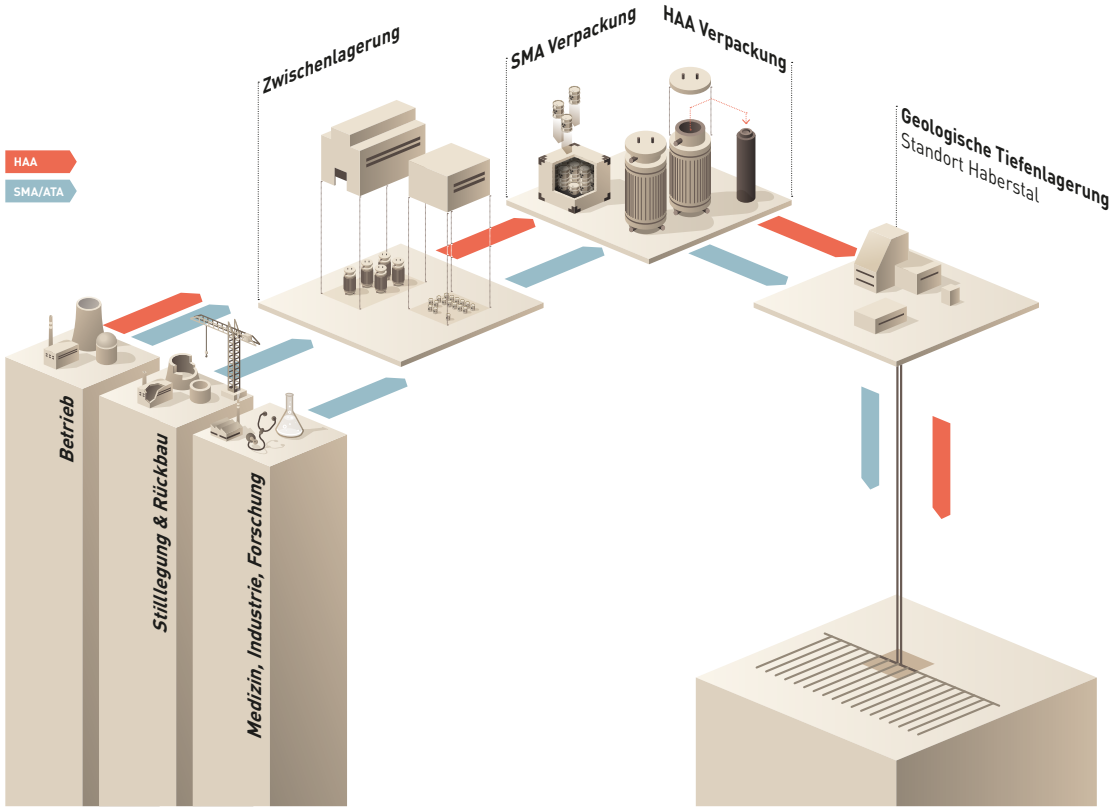


Abbildung 1: Übergeordnete Elemente der Entsorgung in der Schweiz.

Modellhafte Darstellung der Entsorgung des radioaktiven Abfalls in der Schweiz. Die radioaktiven Abfälle aus dem Betrieb der Kernkraftwerke, aus der Stilllegung der Kernkraftwerke und aus dem Bereich Medizin, Industrie und Forschung werden zwischengelagert und vor der Einlagerung in das geologische Tiefenlager endlagergerecht bereitgestellt. Soweit erforderlich, werden sie hierzu verpackt beziehungsweise umverpackt. Das geologische Tiefenlager besteht aus einem Lagerteil für hochaktive Abfälle (HAA) sowie einem Lagerteil für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA), in denen die jeweiligen Abfallarten sicher eingelagert werden.

[26] Art. 3 Abs. 2 Bst. c SEFV [2].

1.5 Forschungs- und Entwicklungsplan

Der Forschungs- und Entwicklungsplan (RD&D-Plan) [8] wird zusammen mit dem Entsorgungsprogramm vom Bundesrat genehmigt. Der RD&D-Plan beschreibt die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, die ausgeführt werden müssen, um das geologische Tiefenlager weiterzuentwickeln. Dadurch werden die Grundlagen für die realisierungsrelevanten Entscheide zum geologischen Tiefenlager rechtzeitig gelegt. Der RD&D-Plan stellt die Basis für die Ermittlung verschiedener Kostenpositionen dar. Die Kosten der entsprechenden Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sind Teil der Kostenstudie.

1.6 Radioaktive Abfälle nach Abfallsorten

Herkunft, Art und Menge der in der Schweiz zu entsorgenden radioaktiven Abfälle sind bekannt. Die entstehenden Abfälle werden laufend charakterisiert, konditioniert und in einer Datenbank inventarisiert. Bei der Datenbank handelt es sich um das Informationssystem für radioaktive Materialien (ISRAM), das von allen Schweizer Kernkraftwerken, dem Paul Scherrer Institut (PSI), der Zwilag und der Nagra verwendet wird. Es enthält die Daten zu sämtlichen konditionierten radioaktiven Abfällen der Schweiz und damit das Inventar der heute bereits vorhandenen, künftig einmal in ein geologisches Tiefenlager zu verbringenden Abfälle.

Die erst in Zukunft anfallenden radioaktiven Abfälle werden in einem modellhaften Inventar (MIRAM) geführt. Damit ist eine zuverlässige Basis für die Planung und Realisierung der benötigten Infrastruktur sowie deren Finanzierung vorhanden.

Laut Kernenergieverordnung[27] werden die radioaktiven Abfälle[28] in der Schweiz in folgende, am Gefährdungspotenzial orientierte Abfallkategorien eingeteilt:

- Hochaktive Abfälle (HAA):
  - abgebrannte Brennelemente (BE), die nicht weiterverwendet werden;
  - verglaste Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung (WA) von abgebrannten Brennelementen.
- Alphatoxische Abfälle (ATA):
  - Abfälle, deren Gehalt an Alphastrahlern den Wert von 20'000 Bq/g konditionierter Abfall übersteigt.
- Schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA).

Für die Kostenstudie werden die radioaktiven Abfälle zusätzlich nach ihrer Herkunft und Entstehungsart in Abfallsorten gegliedert. Unterschieden werden abgebrannte Brennelemente (BE), Wiederaufarbeitungsabfälle der Kernkraftwerke (WA), Betriebsabfälle der Kernkraftwerke (BA), Reaktorabfälle der Kernkraftwerke (RA), Stilllegungsabfälle der Kernkraftwerke (SA), Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF) sowie Abfälle aus Betrieb und Stilllegung der Verpackungsanlagen am Standort Zwilag (VA).

Die Abfallsorten lassen sich den Abfallkategorien gemäss Kernenergieverordnung zuordnen. Zu den hochaktiven Abfällen zählen die abgebrannten Brennelemente, ein Teil der Wiederaufarbeitungsabfälle sowie ein kleiner Teil der Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung. Der Kategorie alphatoxische Abfälle können je nach Gehalt an Alphastrahlern grundsätzlich Abfälle verschiedener Abfallsorten zugeordnet werden. Im Abfallmengengerüst der Kostenstudie 2026 finden sich alphatoxische Abfälle insbesondere unter den Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung und den Wiederaufarbeitungsabfällen sowie zu einem kleinen Teil unter den Stilllegungsabfällen aus dem ehemaligen Versuchsatomkraftwerk Lucens. Alle radioaktiven Abfälle, die weder hochaktiv noch alphatoxisch sind, zählen zu den schwach- und mittelaktiven Abfällen. Dies ist der Hauptteil des radioaktiven Abfallvolumens in der Schweiz.

[27] Art. 51 KEV [10].

[28] Es ist zu beachten, dass gemäss Strahlenschutzverordnung [12] (Anhang 1) Stoffe nur dann als radioaktive Stoffe zu betrachten sind, wenn sie Radionuklide enthalten, deren Aktivität die in der Strahlenschutzverordnung festgesetzten Freigrenzen übersteigt.

Für die geologische Tiefenlagerung ist insbesondere die Zuordnung dieser Abfälle zu den beiden Lagerteilen relevant. Die hochaktiven Abfälle werden im HAA-Lagerteil eingelagert. Die schwach- und mittelaktiven sowie die alphatoxischen Abfälle werden dem SMA-Lagerteil zugeordnet.

Unter den aktuellen Betriebsdauerannahmen ergibt sich das in Tabelle 3 aufgeführte Abfallmengengerüst, gegliedert nach Abfallkategorien gemäss Kernenergieverordnung und nach Herkunft der Abfälle.

Tabelle 3: Abfallmengen für 60 Jahre Betrieb KKB, 47 Jahre KKM sowie 50 Jahre KKG und KKL.

Basisszenario KS26-Basisprojekt		Herkunft							Total
		BE (KKW)	WA (KKW)	BA (KKW)	RA (KKW)	SA (KKW)	MIF	VA	
Kategorie nach KEV	HAA	1'213 [1]	114 [2]				11 [5]		1'337
		(6'721) [3]	(375)				(23)		(7'119)
	ATA		99 [2]			25	141		265
			(433)			(25)	(477)		(935)
	SMA			9'961 [4]	338	23'185	9'523 [6]	191	43'198
				(30'554)	(952)	(28'350)	(14'715) [6]	(698)	(75'270)
	Total	**1'213**	**213**	**9'961**	**338**	**23'210**	**9'674**	**191**	**44'801**
		(6'721)	**(808)**	**(30'554)**	**(952)**	**(28'376)**	**(15'215)**	**(698)**	**(83'324)**

Angaben in m^3. Abweichungen sind rundungsbedingt.
Basisszenario des KS26-Basisprojektes: Dargestellt ist eine 60-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
HAA = Hochaktive Abfälle, ATA = Alphatoxische Abfälle, SMA = Schwach- und mittelaktive Abfälle, BE = abgebrannte Brennelemente,
WA = Wiederaufarbeitungsabfälle, BA = Betriebsabfälle, RA = Reaktorabfälle, SA = Stilllegungsabfälle,
MIF = Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung, VA = Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung der Verpackungsanlagen am Standort Zwilag.

Die Herkunftskategorie VA umfasst Abfälle aus Betrieb und Stilllegung der Verpackungsanlagen am Standort Zwilag. In der Kostenstudie 2021 wurde diese Herkunftskategorie noch als OFA bezeichnet, da die Verpackung der Abfälle damals als Teil der Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers vorgesehen war.

Volumen der angelieferten beziehungsweise konditionierten Abfälle und das in Endlagerbehälter verpackte Volumen in Klammern. Die Angaben sind gegliedert nach Kategorien der Kernenergieverordnung mit zusätzlicher Gliederung nach Herkunft der Abfälle. Abgebrannte Brennelemente (BE) werden vor ihrer Einlagerung in die Lagerstollen des HAA-Lagerteils ohne weitere Behandlung in Endlagerbehälter verpackt. Die Angabe in Klammern ist das verpackte Volumen, wobei wegen der Begrenzung der maximal zulässigen Wärmeleistung der Behälter teilweise Leerstellen zu berücksichtigen sind.

[1] Entspricht rund 2'500 Tonnen Uran.
[2] Diese Abfälle resultieren aus der Wiederaufarbeitung von 1'139 Tonnen Uran.
[3] Bei einer vollständigen Beladung der Endlagerbehälter (ohne Berücksichtigung von Leerstellen) würde ein Volumen von 6'717 m^3 resultieren.
[4] Hier sind 1'621 m^3 konditionierter Abfall aus der TLB-Entsorgung enthalten, was einem verpackten Volumen von 1'873 m^3 entspricht.
[5] Brennelemente des Diorit-Forschungsreaktors und Pressbüchsen aus dem PSI Hotlabor.
[6] Diese Angaben umfassen auch 112 m^3 konditionierten Abfall aus dem CERN, was einem verpackten Volumen von 399 m^3 entspricht.

1.7 Berücksichtigung der Kosten für die Tiefenlagerung von Stilllegungsabfällen

Stilllegungsabfälle fallen im Rahmen der Stilllegung der Kernkraftwerke und der übrigen Kernanlagen an. Die Kosten für die Stilllegung der Kernanlagen sowie für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle im SMA-Lagerteil des geologischen Tiefenlagers inklusive Transporte werden separat und unabhängig von der in diesem Bericht beschriebenen Kostenermittlung bestimmt und sind durch Beitragszahlungen der Betreiber an den Stilllegungsfonds sicherzustellen. Die im Rahmen der Kostenstudie 2026 durchgeführte Berechnung der Stilllegungskosten [5] enthält somit auch die Kosten der Entsorgung der Stilllegungsabfälle im SMA-Lagerteil. Diese Kosten werden auf Basis der Grenzkosten für den SMA-Lagerteil ermittelt. Es wird dabei angenommen, dass den Stilllegungskosten nur die für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle zusätzlich erforderlichen Aufwendungen, wie zum Beispiel für das Auffahren von weiteren Lagerkavernen und für die Verfüllung und Versiegelung dieser Lagerkavernen, zugerechnet werden. Alle anderen Kosten des SMA-Lagerteils hingegen werden den Entsorgungskosten zugeordnet.

Bei den in diesem Bericht aufgeführten Zahlen handelt es sich um die Kosten für das geologische Tiefenlager ohne die Grenzkosten der Stilllegungsabfälle für die geologische Tiefenlagerung.

1.8 Realisierungsprogramm der Entsorgung und zeitliche Gliederung

Die Kosten für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle werden seit der Gründung der Nagra im Jahr 1972 erfasst. Die Zeitdauer, über die sich die Zahlungen erstrecken, hängt hauptsächlich von der Betriebsdauer der Kernkraftwerke und von der zeitlichen Ausdehnung des Entsorgungspfads ab.

Abbildung 2 zeigt die angenommenen Betriebs- und Stilllegungszeiten der wichtigsten Anlagen auf dem Entsorgungspfad. Die detaillierten Betriebs- und Stilllegungszeiten der Kernkraftwerke und der Einrichtungen zur Zwischenlagerung sind im Bericht zu den Nachbetriebskosten [6] dargestellt. Der Realisierungsplan des geologischen Tiefenlagers wird in Abschnitt 4.3 erläutert.

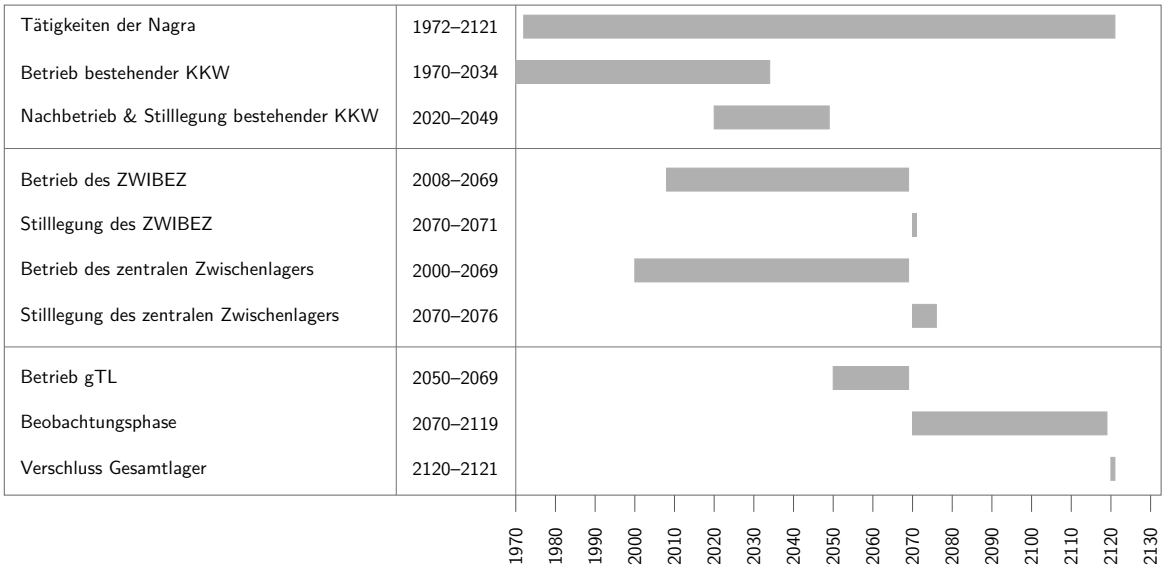


Abbildung 2: Betriebs- und Stilllegungszeiten der wichtigsten Anlagen des Entsorgungspfades für das Basisszenario (vereinfachte Darstellung).

2 Vorgaben und Annahmen

Für die Ermittlung der voraussichtlichen Kosten von komplexen Infrastrukturprojekten müssen Annahmen getroffen und Rahmenbedingungen festgelegt werden. Darüber hinaus hängt das Ergebnis der Berechnungen auch von den gültigen Gesetzen und Verordnungen sowie von den zu beachtenden Vorschriften, Normen und Richtlinien ab. In den nachstehenden Kapiteln 2.1 und 2.2 werden die Prämissen für die vorliegende Kostenstudie dargelegt.

Die Kosten für das geologische Tiefenlager werden gestützt auf die Angaben im Entsorgungsprogramm, auf die aktuellen technisch-wissenschaftlichen Erkenntnisse und auf die im Zeitpunkt der Berechnung gültigen Preise ermittelt[29].

Bei der Ermittlung der Kosten sind neben den im Entsorgungsprogramm enthaltenen Angaben auch die Vorgaben der Verwaltungskommission für die Kostenstudie 2026 umzusetzen. Diese betreffen die Darstellung der Kosten gemäss einer vorgegebenen Kostenstruktur (Kapitel 3.1), die Berücksichtigung und detaillierte Darstellung von Prognoseungenauigkeiten und Risiken (Gefahren und Chancen) und eines Sicherheitszuschlags im Rahmen der Umsetzung der vorgegebenen Kostengliederung (Kapitel 3.2) sowie weitere Vorgaben der Verwaltungskommission für die Kostenermittlung. Weitere Angaben zum gegenwärtigen Stand der Standortwahl, die für die Berechnung der Kosten relevant sind, und weitere für die Kostenermittlung wichtige Grundlagen und Annahmen werden dem Entsorgungsprogramm entnommen; auf diese wird in Kapitel 2.2 und Kapitel 4.1 verwiesen.

2.1 Rechtliche und behördliche Vorgaben

Als Grundlage für die vorliegende Ermittlung der Entsorgungskosten für die Schweizer Kernanlagen dienen die per 1. Januar 2025 rechtsgültigen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Vorschriften, Normen und Regeln. Diese sind im Glossar [9] aufgeführt, in dem auch die verwendeten Fachbegriffe definiert werden.

Dazu werden berücksichtigt:

- Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins (SIA).
- Technische Normen des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV).
- Sicherheitstechnische Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA).
- Brandschutzrichtlinien der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF).

2.2 Annahmen aus dem Entsorgungsprogramm und aus dem Vorhaben «Geologisches Tiefenlager»

Das Entsorgungsprogramm 2026 bildet den gegenwärtigen Stand der Planung zur Realisierung des geologischen Tiefenlagers ab und geht von dessen Realisierung am Standort Haberstal mit der Brennelementverpackungsanlage am Standort Zwilag in Würenlingen aus. Es enthält insbesondere:

- Das modellhafte Inventar der radioaktiven Abfälle (Mengengerüst, detaillierte Angaben zu den Eigenschaften).
- Das Sicherheits- und Lagerkonzept für die Nachverschlussphase.
- Den Rahmen für die Entwicklung des geologischen Tiefenlagers Terradura, den die Nagra zur Festlegung mit der Rahmenbewilligung vorschlägt.
- Den Realisierungsplan mit den wichtigen Entscheidungspunkten und übergeordneten Aktivitäten.

[29] Art. 4 SEFV [2].

Für die transparente und nachvollziehbare Berechnung der Kosten muss die Kostenstudie von konkreten, aber modellhaften Projektausführungen ausgehen. Diese Projektausführungen sind in einem Detaillierungsgrad darzustellen, der eine nachvollziehbare Kostenermittlung erlaubt. Dazu müssen für die im Entsorgungsprogramm [7] aufgeführten, heute noch offenen Entscheide modellhafte Annahmen getroffen werden, ohne jedoch diese Entscheide damit vorwegzunehmen. Um die Ungewissheiten bei der zukünftigen Realisierung in den Kosten zu berücksichtigen, werden für die Kostenberechnung auch plausible Varianten zu diesen Entscheiden als Gefahren beziehungsweise Chancen berücksichtigt.

Das KS26-Basisprojekt ist ein Kombilager am Standort Haberstal mit der Brennelementverpackungsanlage am Standort Zwilag in Würenlingen. Der Freiraum der Projektentwicklung innerhalb des Rahmens, der vom Rahmenbewilligungsgesuch (RBG) festgelegt ist, wird von der KS26-Perspektive modellhaft dargestellt. Beide Projektausführungen sind in Kapitel 4 beschrieben.

Aus dem Entsorgungsprogramm [7] und der Beschreibung der Projektausführungen in Kapitel 4 ergeben sich für das Vorgehen der Kostenermittlung die folgenden Hinweise:

- Der Kenntnisstand und die Belastbarkeit der vorhandenen Informationen zum vorgeschlagenen Standort, zu den verwendeten Konzepten sowie zu den mit der Realisierung verbundenen Tätigkeiten zeigen, dass modellhafte sichere und machbare Aktivitäten und Objekte festgelegt und für die Kostenstudie 2026 genügend detailliert spezifiziert werden können, um mit einem «Bottom-up»-Verfahren eine Kostenermittlung abzuleiten.

- Die Methodik berücksichtigt bei der Berechnung der Gesamtkosten sowohl das KS26-Basisprojekt als auch die KS26-Perspektive. Die Kosten für die beiden Projektausführungen sind entsprechend den Grundsätzen der Kostengliederung zur Ableitung der Bemessungsgrundlage für die Festlegung der Fondsbeiträge zu berücksichtigen.

- Parallel zum Betrieb des geologischen Tiefenlagers werden auch das zentrale Zwischenlager Würenlingen und weitere Anlagen der Zwilag noch in Betrieb sein. Dies ermöglicht es, Synergien miteinzubeziehen.

3 Methodik der Kostenermittlung

In der Kostenstudie 2016 wurden 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.

Für das geologische Tiefenlager bilden die beiden Projektausführungen «KS26-Basisprojekt» und «KS26-Perspektive» in der Kostenstruktur die oberste Ebene. Die Projektausführungen werden in Kapitel 4 vorgestellt.

Die Kosten für das geologische Tiefenlager sind gemäss folgender Hierarchie in einzelne Kostenebenen zu gliedern:

1. Gesamtkosten für die jeweilige Projektausführung. Dies umfasst die Kosten für die Vorbereitung, den Bau, den Betrieb und den Verschluss des jeweiligen Lagers mit allen zugehörigen Aktivitäten.
2. Für jede Projektausführung werden die Kosten der erforderlichen Hauptaktivitäten separat aufgeführt. Es sind die folgenden Hauptaktivitäten zu berücksichtigen (mit Positions-Nummer in Klammern):
    1. Erdwissenschaftliche Arbeiten (Pos. 1000),
    2. Sicherheit und Systemanalysen (Pos. 2000),
    3. Radioaktive Materialien (Pos. 3000),
    4. Anlagenplanung und -bau (Pos. 4000),
    5. Anlagenbetrieb (Pos. 5000),
    6. Forschung und Entwicklung (Pos. 6000),
    7. Stilllegung, Rückbau und Verschluss der Anlagen (Pos. 7000),
    8. Allgemeine Kosten, insbesondere die Aufwendungen für die Geschäftsstelle (Pos. 8000),
    9. Behördentätigkeiten und Gebühren (Pos. 9000).
3. Objektgruppen: Für die Hauptaktivitäten «Anlagenplanung und -bau» (Pos. 4000), «Anlagenbetrieb» (Pos. 5000) und «Stilllegung, Rückbau und Verschluss der Anlagen» (Pos. 7000) kann zumindest ein Teil der Kosten spezifischen Objekten zugeordnet werden. Diese Objekte werden in Objektgruppen zusammengefasst. Folgende Objektgruppen werden verwendet:
    1. Oberflächeninfrastruktur,
    2. Zugang nach Untertag,
    3. Bauwerke auf Lagerebene.

Die Objekte der verschiedenen Objektgruppen sind nicht festgeschrieben und können aus mehreren Elementen bestehen.

3.2 Kostengliederung

Die Kostengliederung soll die bei Kostenermittlungen unvermeidlichen Risiken und Ungewissheiten berücksichtigen. Die Kostengliederung ist vom Begriff der Kostenstruktur abzugrenzen. Während die Kostenstruktur aus dem modellhaften Projektstrukturplan abgeleitet wird, bezieht sich die Kostengliederung auf die Zusammensetzung der Gesamtkosten und beinhaltet neben den 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, siehe Abbildung 3.

3.2.1 Vorgaben zur Kostengliederung

Die Verwaltungskommission hat die in Abbildung 3 dargestellten und nachfolgend beschriebenen Kostenzuschläge und Kostenniveaus definiert[30]:

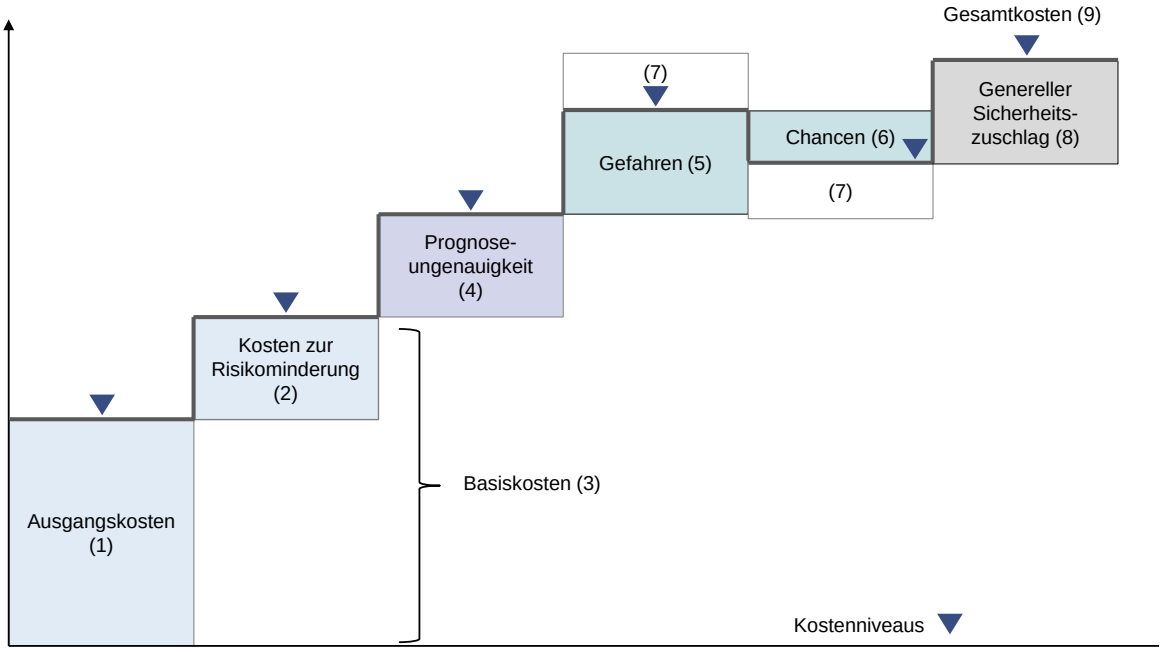


Abbildung 3: Kostengliederung für die Kostenstudie 2026.

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.

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).

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

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 sowie 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 (sogenannte «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, weshalb 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.

Ausgangspunkt für die Berechnung der Gesamtkosten sind die Vorhabensbeschreibungen, welche die technisch-wissenschaftliche Vorbereitung, die bauliche Realisierung der Anlagen, den Betrieb und den Verschluss der Anlagen sowie die diversen Aktivitäten darlegen, die sich aus den gegebenen Rahmenbedingungen im technischen/planerischen, gesellschaftlichen und politischen Umfeld des aktuellen Planungsstands ergeben.

Die Kosten werden zu Marktpreisen mit Preisbasis 1. Januar 2026 ermittelt. Absehbare Kostenfolgen aus Veränderungen der rechtlichen und behördlichen Vorgaben werden als Gefahren oder Chancen berücksichtigt.

Ausgangskosten, Kosten zur Risikominderung und Basiskosten

Den Basiskosten liegen demzufolge definierte Annahmen für das «Bausoll» der Projektausführungen (Qualitätsziele), den Projektablauf (Zeitziele), die Marktverhältnisse sowie das gesetzliche und regulatorische Umfeld zugrunde. Die Basiskosten sind aufgrund ihrer Abhängigkeit vom Markt und vom politischen und gesellschaftlichen Geschehen an einen Zeitpunkt gebunden, ebenso an den zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Kenntnis- und Projektstand. Die Basiskosten setzen sich aus den Kosten für die genannte Projektausführung (Ausgangskosten) und den Kosten, die durch Massnahmen zur Minderung der Kostenrisiken anfallen, zusammen. Risikomindernde Massnahmen sind Leistungen für Vorsichtsmassnahmen, die einen planmässigen Projektablauf gewährleisten sollen. Die Basiskosten umfassen die zukünftigen Kosten für alle notwendigen Objekte und Aktivitäten gemäss dem aktuellen Kenntnisstand des Projekts. Dabei wird der planmässige Ablauf des Projekts unter den erwarteten Bedingungen vorausgesetzt.

Kostenzuschlag für Prognoseungenauigkeiten

Die erkannten Ungenauigkeiten können verschiedene Ursachen haben. Einerseits können die zu erbringenden Leistungen nicht alle genau erfasst oder ihre Kosten dafür nicht genau berechnet werden. Die Kostenermittlungen unterliegen einer Streuung. Andererseits sind die erfahrungsgemäss bei der Leistungserbringung zu erwartenden kleineren Abweichungen (wie zum Beispiel erschwerte technische Bedingungen, ungeplante Maschinenausfälle, Abweichungen bei der Beschaffung) Folgen von Ungenauigkeiten bei der Prognose der zukünftigen Abläufe und Bedingungen. Diese kleineren Abweichungen sind wegen Ungewissheiten nicht im Detail bekannt und werden deshalb über einen Zuschlag bei der entsprechenden Leistung erfasst. Die Kosten infolge Prognoseungenauigkeit werden als Zuschlag auf die Basiskosten ausgewiesen.

Kostenzuschläge für Gefahren und Kostenabzüge für Chancen

Die erkannten Gefahren und Chancen haben im Gegensatz zu den vorangehenden Kostenpositionen eine Eintrittswahrscheinlichkeit. In der Kostenberechnung sind somit sowohl die Kosten für jedes dieser Ereignisse als auch dessen Eintrittswahrscheinlichkeit zu berücksichtigen. Der Risikowert einer Gefahr oder Chance ist das Produkt aus deren Folgekosten und der Eintrittswahrscheinlichkeit.

Kostenfolgen von nicht berücksichtigten Gefahren und Chancen

Gefahren und Chancen mit sehr geringer Eintrittswahrscheinlichkeit werden bei der Ermittlung der Kosten nicht berücksichtigt. Sie werden jedoch ausgewiesen und soweit möglich bezüglich des Ausmasses ihrer Kosten und ihrer Relevanz charakterisiert. Zu den nicht berücksichtigten Chancen gehören auch mögliche Projektoptimierungen, bei denen die heutige Projektreife noch nicht ausreicht, um sie in der jetzigen Kostenstudie zu berücksichtigen, die aber in zukünftigen Studien durchaus zum Tragen kommen könnten.

Genereller Sicherheitszuschlag

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

Gesamtkosten

Die Gesamtkosten setzen sich zusammen aus den Basiskosten, den Zuschlägen für Prognoseungenauigkeiten, Zuschlägen für Gefahren und Abzügen für Chancen sowie dem generellen Sicherheitszuschlag.

3.3 Behandlung von Prognoseungenauigkeiten und Risiken

Die Kostenermittlungsmethodik soll eine zuverlässige Bestimmung der Gesamtkosten ermöglichen mit stufengerechter Berücksichtigung von Zuschlägen für Prognoseungenauigkeiten und Risiken. Mit einer deterministischen Aufrechnung allein können die Auswirkungen der Zuschläge nicht in angemessener Weise abgebildet werden. Deshalb werden die Zuschlagsberechnungen mit probabilistischen Methoden durchgeführt. Diese Methoden berücksichtigen die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Eingangsgrössen. Im vorliegenden Fall sind die Kostenelemente die Eingangsgrössen.

In Kostenelementen werden Kostenpositionen für geplante Leistungen zusammengefasst, die bezüglich wichtiger Abweichungen vom gleichen Ereignis beziehungsweise Phänomen ausgelöst werden und deshalb hinsichtlich Kostenfolgen korreliert sind. Die einzelnen Kostenpositionen der Basiskosten werden deterministisch aufsummiert. Allenfalls wird ein Teil dieser Kosten den risikomindernden Massnahmen zugeordnet. Es werden Kostenelemente für Prognoseungenauigkeiten und für Risiken berücksichtigt.

Jedem Kostenelement werden zur Berücksichtigung der Kostenzuschläge ein minimaler Wert, ein Erwartungswert, ein maximaler Wert und eine Verteilung der Werte zwischen den beiden Extrema zugeordnet. Mittels Monte-Carlo-Simulation werden die Kostenelemente stufenweise zu Gesamtkosten mit einer zugehörigen Wahrscheinlichkeitsverteilung zusammengeführt. Der resultierende Kostenverlauf erlaubt die Ermittlung des wahrscheinlichsten Werts für die Gesamtkosten. Um einen Vertrauensbereich abzudecken, in dem die Kosten mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zu liegen kommen, können die entsprechenden Kosten aus diesen Resultaten herausgelesen werden.

Die erwarteten Zusatzkosten werden als Zuschlag für Prognoseungenauigkeiten in der Berechnung der Gesamtkosten berücksichtigt. Aus der Zusammenführung der Kostenelemente aus Gefahren und Chancen resultiert ein Zuschlag oder gegebenenfalls ein Abzug für Einzelrisiken.

Die Aufsummierung der Basiskosten und der Zuschläge (gegebenenfalls Abzüge) für Prognoseungenauigkeiten und Risiken führt zusammen mit den bereits aufgelaufenen Kosten zu den voraussichtlichen Kosten des Vorhabens für die jeweilige Projektausführung auf der Basis des aktuellen Planungsstands. Dazu wird der generelle Sicherheitszuschlag addiert. Hiermit wird der Zuschlag für das «Unbekannte» berücksichtigt, wie er heute teilweise bei Kostenberechnungen für Grossprojekte verwendet wird. Die Notwendigkeit beziehungsweise der Umfang eines solchen Zuschlags hängt von den Eigenschaften der einzelnen Kostenelemente des Projekts (etwa Kenntnisstand und Komplexität) und von den für diese Kostenelemente schon eingerechneten Zuschlägen für Prognoseungenauigkeiten und Gefahren ab.

Im Rahmen der periodischen Aktualisierung der Kostenstudie (alle fünf Jahre) werden die Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten und Gefahren beziehungsweise die Abzüge für Chancen jeweils neu beurteilt und bewertet. Es wird geprüft, ob neue Erkenntnisse die Anpassung der Zuschläge beziehungsweise Abzüge erfordern. Die zum Zeitpunkt der jeweiligen Kostenberechnung bestehende Planungssituation (Fortschritt der Projektentwicklung, Kostenentwicklung und Risikosituation) wird für die Festlegung der Zuschläge für Ungenauigkeiten und Gefahren beziehungsweise der Abzüge für Chancen herangezogen.

Schliesslich ist zu beachten, dass unbekannte seltene Ereignisse mit grossen Kostenfolgen (sogenannte «Black Swan»-Ereignisse) gemäss Vorgabe der Verwaltungskommission bei der Ermittlung der Gesamtkosten nicht zu berücksichtigen sind.

3.4 Risikomanagement

3.4.1 Umgang mit Abweichungen vom Vorhaben

Die für die Kosten relevanten Abweichungen zum Vorhaben geologisches Tiefenlager sind bei der Realisierung ein wichtiges Element für die Höhe der Gesamtkosten und müssen aktiv überwacht und – wenn möglich – positiv beeinflusst werden. Die betrachteten Abweichungen haben zwischen den beiden Projektausführungen grosse Gemeinsamkeiten, sind aber aufgrund von Unterschieden in den Realisierungsdetails nicht identisch.

Gefahren und Chancen sind vermutete Einzelrisiken, die eher selten auftreten und deren Eintrittswahrscheinlichkeit höchstens 50 Prozent beträgt. Ihre Eintrittswahrscheinlichkeit ist in der Regel nicht genau bekannt und muss mit geeigneten Überlegungen ermittelt werden. Ihre Realisation hat ebenfalls Kosten zur Folge (negative oder positive).

Zu den für die Kosten relevanten Abweichungen gehören auch Projektvarianten zum KS26-Basisprojekt und zur KS26-Perspektive. Diese werden in der Kostenstudie 2026 wie Chancen oder Gefahren behandelt, sind aber eigentlich keine Risiken, da ihre Realisation das Ergebnis eines geplanten Entscheidungsprozesses ist, der früh in die Wege geleitet werden kann[31].

Die Differenzierung in Bezug auf Auftreten, Anzahl, Kostenfolgen und Behandlung (Vermeidung/Förderung) von kostenrelevanten Abweichungen verlangt eine Identifikation der diesbezüglich relevanten Projektrisiken. In einem Risikoregister werden die kostenwirksamen Abweichungen erfasst und der Umgang mit diesen Abweichungen aufgezeigt. Das Risikoregister und Kostenfolgen der Risiken werden laufend dem aktuellen Projektstand angepasst.

Die Verwendung eines systematischen Risikomanagements ist eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung des Vorhabens geologische Tiefenlagerung im gegebenen Kostenrahmen. Dazu wird eine Reihe von Massnahmen umgesetzt mit dem Ziel, Gefahren zu vermeiden oder zu reduzieren und Chancen zu fördern und zu nutzen. Für gewisse Aspekte müssen die Massnahmen so eingesetzt werden und zuverlässig wirksam sein, dass sie bezüglich ihrer Wirkung zu eigentlichen Voraussetzungen für die Abwicklung des Projekts werden.

Die vorgesehenen Massnahmen gehen davon aus, dass das Vorhaben in einem gesellschaftlich, politisch und planerisch stabilen Umfeld und mit dem entsprechenden gesellschaftlichen Willen zur Entsorgung mittels Tiefenlagerung realisiert wird. Für die Massnahmen sind die von Dritten, also von Behörden und Politik, vorgegebenen generellen Rahmenbedingungen, insbesondere rechtliche und behördliche Vorgaben, sowie deren geeignete Anwendung im Sachplanverfahren, im Rahmenbewilligungsverfahren und in weiteren Bewilligungsschritten Voraussetzung. Diese stellen die Realisierung sicher. Die Massnahmen sind nachfolgend charakterisiert.

Ein Teil dieser Massnahmen ist mit Kosten verbunden. Diese Kosten sind Aufwendungen für die Sicherstellung einer erfolgreichen Projektrealisation und im Folgenden als Kosten zur Risikominderung bezeichnet. Sie werden in Abschnitt 3.2.2 spezifiziert.

[31] Zu diesen Varianten gehören bspw. die Gefahr der «Mehrkosten für das Besucherwesen während Bau und Betrieb» oder die Chance der «Internationalen Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung», deren kostenmässige Ausprägung dannzumal gesteuert werden kann.

3.4.2 Strategische Massnahmen

Die strategischen Massnahmen betreffen den übergeordneten Umgang mit dem politischen und planerischen Umfeld des Vorhabens. Dazu gehört ein geeigneter, mit den relevanten Stellen abgestimmter Realisierungsplan. Dadurch wird sichergestellt, dass Gefahren beziehungsweise Chancen frühzeitig erkannt, die Entscheide und Bewilligungen schrittweise erarbeitet und die Bevölkerung sowie die Interessengruppen angemessen einbezogen werden. Das Standortwahlverfahren gemäss Sachplan und die weiteren Bewilligungsschritte erfolgen in einem geeigneten technischen und planerischen Ablauf. Die dafür vorzusehenden technischen und weiteren Massnahmen sind in Kapitel 3.4.4 beschrieben.

3.4.3 Organisatorische Massnahmen

Organisatorische Massnahmen schaffen für die Nagra die notwendigen Voraussetzungen, um das Vorhaben geologische Tiefenlagerung unter den gegebenen Rahmenbedingungen und gemäss der vorgesehenen Strategie umzusetzen. Sie zielen auf geeignete Rahmenbedingungen in Bezug auf personelle und finanzielle Mittel. Dafür wird genügend Personal mit der erforderlichen Fachkenntnis und -kompetenz eingestellt, das die notwendigen Abklärungen, Projektentwicklungen und Bewilligungsverfahren gemäss dem Stand von Wissenschaft und Technik durchführt, entsprechende Aufträge in geeigneter Form und zeitgerecht vergibt und begleitet sowie die dazu notwendigen Kosten realistisch ermittelt.

Organisatorische Massnahmen stellen sicher, dass die erforderlichen Voruntersuchungen, Bewilligungsverfahren und Leistungen für Bau, Betrieb, Überwachung und Verschluss des geologischen Tiefenlagers und die dazu notwendigen Arbeitspakete (Beschaffung, Abwicklung) in der vorgegebenen Qualität, zeitgerecht und kosteneffizient abgewickelt werden. Ebenso ist gewährleistet, dass die relevanten Interessensgruppen (Behörden, Politik, Öffentlichkeit) so begleitet werden, dass ihnen wichtige Informationen und der Gesamtkontext in verständlicher Weise zugänglich sind.

3.4.4 Technische und weitere Massnahmen

Die Nagra sieht eine Reihe von technischen und weiteren Massnahmen vor, um die Kostenrisiken für die Realisierung der erarbeiteten Lagerkonzepte klein zu halten. Diese Massnahmen dienen insbesondere der Zusammenarbeit, dem Erfahrungsgewinn und der Interaktion mit Interessengruppen. Kontakte zu nationalen und internationalen Fachgremien und zu Schwesterorganisationen werden aktiv gesucht und gepflegt. Zum Aufbau und Erhalt des Verständnisses für das Projekt informiert die Nagra die Öffentlichkeit umfassend.

Das hier diskutierte Risikomanagement ist primär auf die Erfassung von Informationen zu Risiken mit Kostenfolgen ausgerichtet. Risiken in Bezug auf Strahlenschutz, nukleare Sicherheit, Personensicherheit und Schutz der Umwelt während Vorbereitung, Bau, Betrieb und Verschluss des geologischen Tiefenlagers werden in separaten spezifischen Analysen ausserhalb der Kostenstudien beurteilt. Deren Kosten sowie die Kosten für die geeignete Auslegung der Anlagen und Abläufe sind in den Basiskosten enthalten.

4 Das Vorhaben «Geologische Tiefenlager»

4.1 Übersicht

Die Arbeiten zum Vorhaben «Geologisches Tiefenlager» laufen seit Ende der 1970er-Jahre. Das Forschungs- und Entwicklungsprogramm hat zu einer soliden technisch-wissenschaftlichen Basis geführt. Der gemäss Kernenergiegesetz geforderte Nachweis der Machbarkeit der sicheren Entsorgung (Entsorgungsnachweis gemäss Art. 106 KEG) wurde für das SMA-Lager 1988 und für das HAA-Lager 2006 basierend auf den Unterlagen der Nagra und den umfangreichen Überprüfungen durch die Behörden vom Bundesrat als erbracht anerkannt.

Das Standortauswahlverfahren gemäss «Sachplan Geologische Tiefenlager» (SGT, [16]) ist seit 2008 im Gang. In Etappe 1 des Sachplanverfahrens wurden ausgehend von einer «weissen Karte Schweiz», bei der die ganze Schweiz in die Beurteilung der Standortmöglichkeiten einbezogen wurde, mit Priorität auf die Sicherheit von der Nagra drei Standortgebiete für das HAA-Lager beziehungsweise sechs Standortgebiete für das SMA-Lager für die weiteren Untersuchungen vorgeschlagen. Im November 2011 stimmte der Bundesrat basierend auf einer umfangreichen Begutachtung durch die Behörden und einer ausführlichen Anhörung diesen Vorschlägen zu.

Ausgehend von den in SGT Etappe 1 festgelegten Standortgebieten evaluierte die Nagra im Rahmen der Etappe 2 in Zusammenarbeit mit den betroffenen Regionen und den Standortkantonen in jedem Standortgebiet ein breites Spektrum von Standortarealen für die Oberflächenanlage.

Basierend auf dieser Zusammenarbeit bezeichnete die Nagra in jedem Standortgebiet ein beziehungsweise zwei Standortareale und arbeitete für diese Planungsstudien aus. Parallel dazu vertiefte die Nagra die geologischen Unterlagen und nahm basierend darauf eine weitere Einengung vor. Der Bundesrat stimmte im November 2018 mit Abschluss von SGT Etappe 2 einem Verfahrensergebnis zu, nach dem nur noch Standortgebiete mit Opalinuston weiter untersucht werden. Gleichzeitig entschied der Bundesrat, dass die geologischen Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost in SGT Etappe 3 weiter zu untersuchen sind. Alle drei Standortgebiete wurden für ein SMA-, ein HAA- oder ein Kombilager vertieft untersucht. Die für den Sachplan und die vorangehenden Phasen durchgeführten umfangreichen Studien und Abklärungen führten zu einem guten Kenntnisstand, der es erlaubt, die Standortmöglichkeiten in der Schweiz für geologische Tiefenlager umfassend zu beurteilen.

Seit der Kostenstudie 2021 wurden folgende Fortschritte für die geologische Tiefenlagerung durch die Nagra erzielt:

- Die Tiefbohrkampagne zur Untersuchung der Standortvarianten für ein Tiefenlager wurde 2021 abgeschlossen.
- Die Standorte für das geologische Tiefenlager und für die Brennelementverpackungsanlage wurden 2022 angekündigt.
- Die Unterlagen zu den Rahmenbewilligungsgesuchen für das geologische Tiefenlager und die Brennelementverpackungsanlage wurden 2024 eingereicht und 2025 veröffentlicht.
- Das KS26-Basisprojekt ist ein Kombilager für hochaktive sowie schwach- und mittelaktive Abfälle mit einem gemeinsamen Zugang für beide Abfallströme.

Im Rahmen der Kostenstudie 2026 ist demnach in Übereinstimmung mit den Rahmenbewilligungsgesuche-Anträgen ein geologisches Tiefenlager mit einem HAA- und einem SMA-Lagerteil vorgesehen. Damit werden alle Abfallsorten im gleichen Standortgebiet eingelagert. Dies ermöglicht es, die Oberflächeninfrastruktur und die Zugangsbauwerke nach Untertag für die Lagerung von SMA und HAA gemeinsam zu nutzen[32].

Die Einreichung der Rahmenbewilligungsgesuche (RBG) im November 2024 schloss die Phase Standortwahl ab. Die Gesuche betreffen ein geologisches Tiefenlager am Standort Haberstal und die Brennelementverpackungsanlage am Standort Zwilag in Würenlingen. Die Verwaltungskommission gab demnach vor, dass für die Kostenstudie 2026 der Standort Haberstal (Nördlich Lägern) zu wählen ist.

[32] Diese Anordnung des Tiefenlagers wird als Kombilager bezeichnet. Die Bezeichnung dient insbesondere der Abgrenzung von den früher verfolgten Varianten mit Einzellagern für die verschiedenen Abfallkategorien.

4.2 Projektausführungen innerhalb des Projektperimeters

Das Vorhaben für die geologische Tiefenlagerung befindet sich bezüglich Realisierung immer noch in einer frühen Phase; viele der notwendigen Entscheide bis zum Bau des Tiefenlagers sind noch ausstehend. Die Kostenermittlung der Kostenstudie 2026 stützt sich auf Modellannahmen, die diese Entscheide nicht vorwegnehmen.

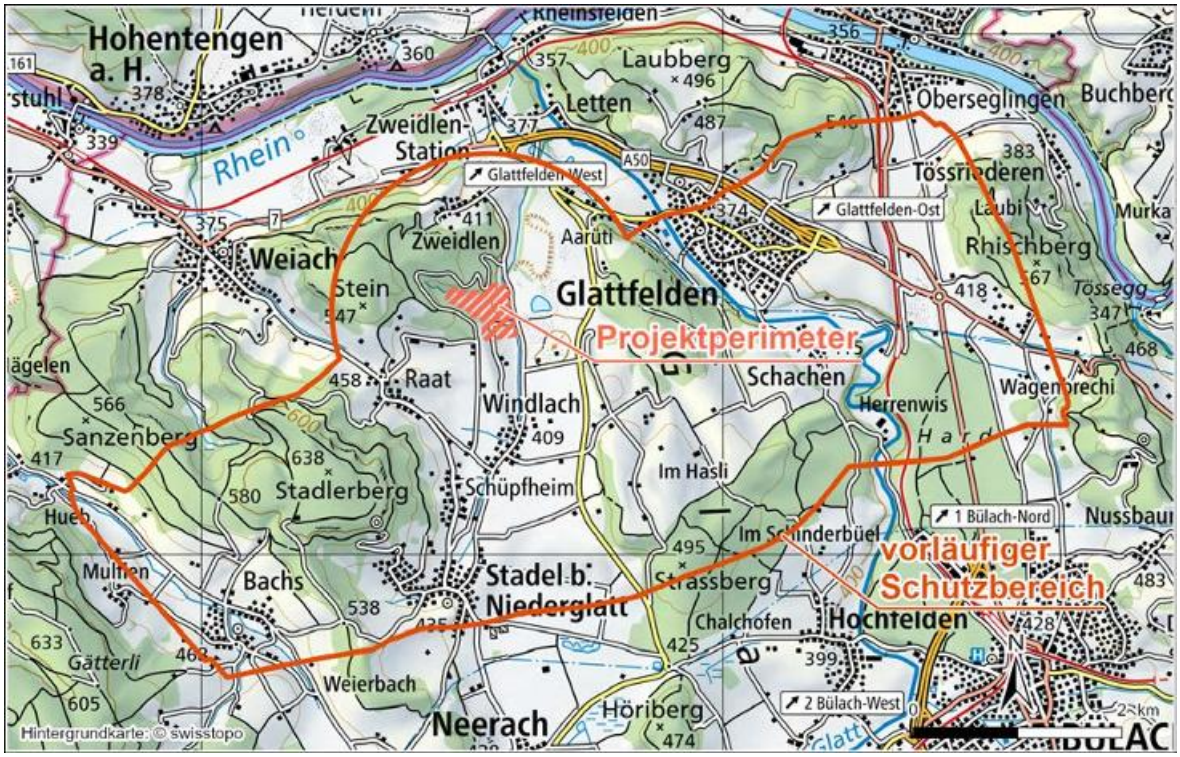


Abbildung 4: Projektperimeter am Standort Haberstal mit vorläufigem Schutzbereich bis in den Untergrund [17, Fig. 2-5].

Der Projektperimeter für die Oberflächenanlage befindet sich am Standort Haberstal, in der Gemeinde Stadel im Kanton Zürich (Abbildung 4). Die nächstgelegenen Siedlungen sind 750 Meter nördlich Zweidlen (Gemeinde Glattfelden) und 750 Meter südlich Windlach (Gemeinde Stadel). Im vorläufigen Schutzbereich werden die Lagerfelder des geologischen Tiefenlagers platziert. Der Projektperimeter ist das Resultat der Konkretisierung der Oberflächenanlage seit 2022. Die Kostenstudie 2026 stützt sich ab auf zwei Projektausführungen innerhalb dieses Projektperimeters: das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive.

Das KS26-Basisprojekt ist eine Projektausführung, die eng mit dem RBG-Beispielprojekt verknüpft ist. Die KS26-Perspektive zeigt demgegenüber, wie das Vorhaben in sicherheitstechnischer, raumplanerischer und ökologischer Hinsicht weiter verbessert werden kann unter Einhaltung derselben Sicherheitsvorgaben für Bau, Betrieb und Langzeitentwicklung. Die KS26-Perspektive nutzt den Handlungsspielraum, der im Entsorgungsprogramm 2026 aufgezeigt wird.

4.3 Realisierungsplan

In Abbildung 5 ist der Realisierungsplan für das Basisszenario des KS26-Basisprojekts und das Szenario 2 der KS26-Perspektive dargestellt. Der Realisierungsplan geht davon aus, dass die Rahmenbewilligungen nach einer allfälligen Volksabstimmung im Jahr 2031 rechtskräftig sind. Mit der Rahmenbewilligung werden die Grundzüge des Projekts festgelegt. Die detaillierte Planung und Auslegung der Anlagen erfolgt erst im Rahmen der weiteren Bewilligungsschritte gemäss der Kernenergiegesetzgebung.

Für das KS26-Basisprojekt wird von einer Betriebsaufnahme des Tiefenlagers im Jahr 2050 mit der Einlagerung der SMA ausgegangen. Für die Einlagerung der HAA erfolgt die Betriebsaufnahme im Jahr 2060. Zudem wird für die Beobachtungsphase eine Dauer von 50 Jahren angenommen[33]. Für die KS26-Perspektive wird ebenfalls von einem Beginn der Einlagerung der HAA im Jahr 2060 ausgegangen. Die Einlagerung der SMA erfolgt hingegen später, beginnend ab 2061. Der Verschluss verschiebt sich dadurch um drei Jahre.

Der Realisierungsplan im RBG ist mit dem hier beschriebenen Realisierungsplan der Kostenstudie 2026 in den wesentlichen Punkten übereinstimmend. Der Realisierungsplan berücksichtigt insbesondere:

- die gesetzlich und behördlich vorgegebenen Genehmigungen und Bewilligungen und die damit zusammenhängenden Entscheidungspunkte.
- die für diese Genehmigungen und Bewilligungen notwendigen Unterlagen und den Zeitbedarf für die Abwicklung der hierzu erforderlichen technisch-wissenschaftlichen Arbeiten.
- den Zeitbedarf für die behördlichen (Bewilligungs-)Verfahren.
- den Zeitbedarf für den Einbezug der verschiedenen Interessensgruppen in die Entscheidungsfindung.
- andere technisch bedingte zeitliche Rahmenbedingungen, beispielsweise die für Brennelemente notwendige Abklingzeit bis zur Einlagerung.

In der Umsetzung lassen sich nach Erteilung der Rahmenbewilligung die wesentlichen Tätigkeiten für die Realisierung der Tiefenlagerung unterteilen in:

- Erlangung der Baufreigabe für den ersten Bauabschnitt.
- Bau der Infrastruktur über- und untertage, insbesondere den zentralen Bereich Untertag.
- Bestätigung der Eignung des Standorts, der Eignungskriterien, und der Funktionstüchtigkeit sicherheitsrelevanter Techniken.
- Bau der Lagerteile und deren Betrieb, also Einlagerung von Abfällen.
- Verfüllung, Versiegelung und Verschluss der Lagerfelder zur Gewährleistung passiver Sicherheit sowie Rückbau der nicht mehr benötigten Anlagen.
- Monitoring gemäss dem integralen Überwachungsprogramm.
- Verfüllung, Versiegelung, Verschluss des Gesamtlagers und Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung.

Bis Ende des Einlagerungsbetriebs der HAA werden das zentrale Zwischenlager Würenlingen und die für dessen Betrieb erforderlichen Anlagen der Zwilag zur Verfügung stehen. Dementsprechend werden Synergien mit der Zwilag genutzt, sodass auch bei Verzögerungen bei der Realisierung des geologischen Tiefenlagers die Sicherheit der radioaktiven Abfälle ohne grossen Mehraufwand gewährleistet ist. Die Abfälle können weiterhin sicher im zentralen Zwischenlager Würenlingen[34] gelagert werden.

Für die Kostenermittlung wird davon ausgegangen, dass das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive mit heute vorhandener Technologie realisiert werden. Damit wird vermieden, sich auf Spekulationen darüber einzulassen, welche Fortschritte die Technologieentwicklung bis zum Realisierungszeitpunkt ermöglichen wird. Wo absehbar, kann eine solche Entwicklung als Chance qualitativ diskutiert werden. Ähnliches gilt für die Entwicklung der gesetzlichen und behördlichen Vorgaben, die gemäss Verwaltungskommission mit Stichtag 1. Januar 2025 berücksichtigt wurden.

Die Zeiten im Realisierungsplan gehen davon aus, dass es zu keinen relevanten Verzögerungen im Bewilligungsverfahren oder aus technischen Gründen kommt. Allfällige Verzögerungen werden als Gefahr bei der Ermittlung der Gesamtkosten berücksichtigt.

[33] Art. 3 Abs. 2 Bst. c SEFV [2].
[34] Ein Teil der radioaktiven Abfälle des KKB wird im Zwischenlager Beznau (ZWIBEZ) zwischengelagert.

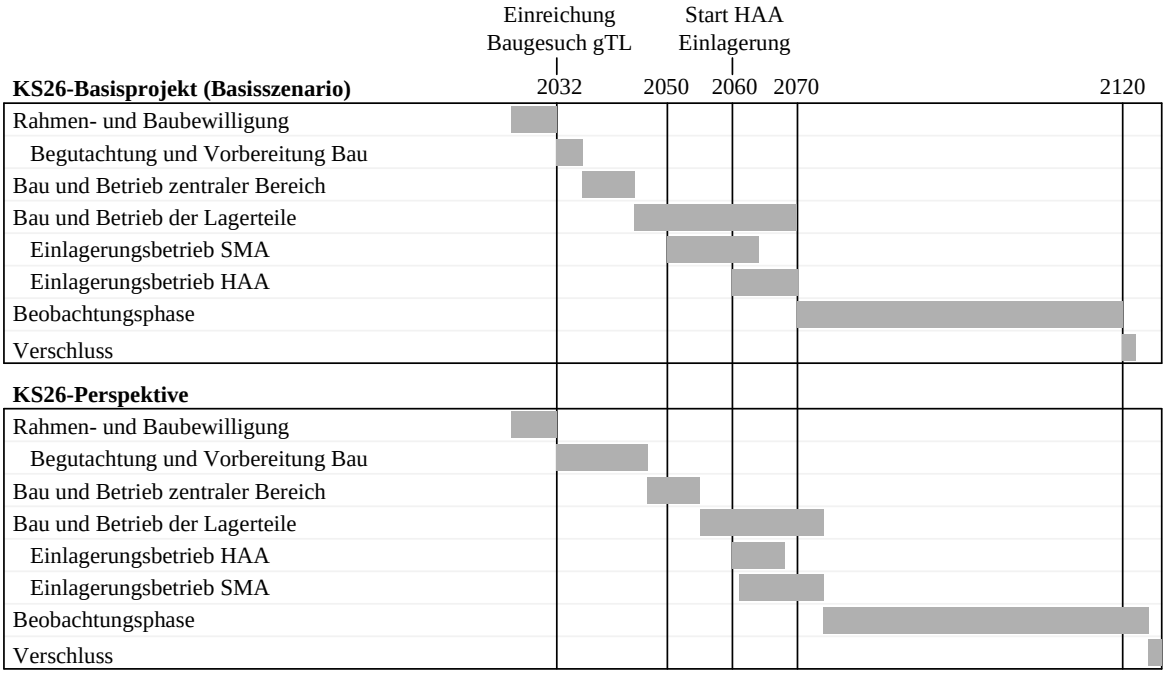


Abbildung 5: Realisierungsplan für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die für die Kostenstudie 2026 getroffenen modellhaften Annahmen bezüglich Anordnung und Ausgestaltung der verschiedenen Elemente des geologischen Tiefenlagers für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive beschrieben.

4.4 Das KS26-Basisprojekt

4.4.1 Übersicht

Das KS26-Basisprojekt ist eng an das RBG-Beispielprojekt angelehnt und bildet wie dieses eine modellhafte Umsetzung des Vorhabens der geologischen Tiefenlagerung ab.

Das KS26-Basisprojekt besteht aus der Infrastruktur an der Oberfläche (Objektgruppe Oberflächeninfrastruktur) mit der Oberflächenanlage und der Schachtkopfanlage sowie der Erschliessung. Diese Anlagen dienen auch dem Zugang nach Untertag (Objektgruppe Zugang nach Untertag) zu den Bauwerken auf Lagerebene (Objektgruppe Bauwerke auf Lagerebene). Die Bauwerke auf Lagerebene umfassen den zentralen Bereich, die Pilotlager und die Hauptlager für HAA und SMA, die Testbereiche sowie die für den Bau, Betrieb und Verschluss notwendigen weiteren Bauwerke. Diese Bauwerke sind gemäss aktueller Planung etwa mittig im Opalinuston angeordnet.

4.4.2 Oberflächeninfrastruktur Haberstal

Die Oberflächeninfrastruktur des KS26-Basisprojektes besteht aus dem Standortareal mit der Oberflächenanlage, dem Schachtkopfareal mit den Schachtkopfanlagen sowie den Erschliessungsbauwerken. Abbildung 6 zeigt eine Übersicht dieser Anlagenteile.

Die radioaktiven Abfälle werden vor dem Transport nach Haberstal endlagergerecht bereitgestellt. Soweit erforderlich, werden sie hierzu in den vorgesehenen Verpackungsanlagen am Standort Zwilag verpackt beziehungsweise umverpackt. Auf der Oberflächenanlage am Standort Haberstal werden nur endlagergerecht verpackte, verschlossene und kontaminationsfreie Endlagerbehälter empfangen. Die Endlagerbehälter werden über den in Abbildung 6 mit 1 bezeichneten Einlagerungsschacht nach Untertag transportiert.

Abbildung 6: Übersichtsplan der modellhaften Anordnung der Oberflächeninfrastruktur des KS26-Basisprojektes am Standort Haberstal.

In Tabelle 4 befinden sich Angaben zu geometrischen Kennzahlen der Oberflächeninfrastruktur, die für die Kosten direkt relevant sind. Es sind dies Angaben zu den Flächen der Areale und der Kubatur in den verschiedenen Phasen der Realisierung.

Tabelle 4: Geometrische Kennzahlen für die Oberflächeninfrastruktur Haberstal des KS26-Basisprojektes.

KS26-Basisprojekt	
Funktionsbereiche gem. Übersichtsplan [m^2]	**232'000**
Zugang und Erschliessung	110'000
Bau und Betrieb	48'000
Service und Logistik	30'000
Einlagerung mit Sicherungsparameter	24'000
Temporäre Installationsflächen	20'000
Umbauter Raum der Gebäude [m^3]	**168'448**
Zugang und Erschliessung	160
Bau und Betrieb	47'936
Service und Logistik	54'555
Einlagerung mit Sicherungsparameter	65'797
Temporäre Installationsflächen	0

4.4.3 Oberflächeninfrastruktur Würenlingen

Die Verpackungsanlagen sind am Standort Zwilag in Würenlingen vorgesehen. Dieses Konzept ist Bestandteil des eingereichten Rahmenbewilligungsgesuchs. Damit werden Synergien mit der Zwilag in Bezug auf das vorhandene Know-how und die bestehende Konditionierungsanlage genutzt. In der Kostenstudie 2026 sind darüber hinaus folgende Themen in den Basiskosten bereits berücksichtigt:

- Umnutzung von Gebäuden der Zwilag zum Zwecke der Realisierung der Verpackungsanlagen.
- Zusammenarbeit bei Sicherung, Bewachung und Sicherheit des Areals.
- Unterhalt von Gebäuden.
- Prozesse und Werkzeuge für Annahme und Logistik, einschliesslich Pufferlagerung, Betriebs- und Verbrauchsmaterialien.
- Behandlung der Transport- und Lagerbehälter (TLB) als Kampagne durch Zwilag-Personal.

Weitere Synergien, etwa Massnahmen zur Reduktion des verpackten Abfallvolumens oder zum administrativen Zusammenschluss von Organisationseinheiten, sind als Chance zu betrachten.

Das Areal der Zwilag befindet sich auf Gemeindegebiet von Würenlingen im Kanton Aargau und liegt in unmittelbarer Nachbarschaft des Geländes Ost des Paul Scherrer Instituts (PSI). Es ist im Norden und Osten von Wald, im Westen von der Aare und im Süden durch das Gelände Ost des PSI begrenzt. Die Brennelementverpackungsanlage kommt im südöstlichen Teil des Areals der Zwilag und in einem daran angrenzenden Waldareal zu liegen.

Der Projektperimeter setzt sich aus dem Anlagenperimeter, dem Eingliederungssaum und der Installationsfläche zusammen. Er legt den Standort beziehungsweise die ungefähre Lage der Brennelementverpackungsanlage als wichtigstes Objekt auf dem Anlagenperimeter fest. Die Verpackungsanlagen für SMA sind auf demselben Areal vorgesehen und werden als Bau oder Umbau entsprechender Objekte realisiert. Der Übersichtsplan der Anlagen in Würenlingen ist in Abbildung 7 ersichtlich.

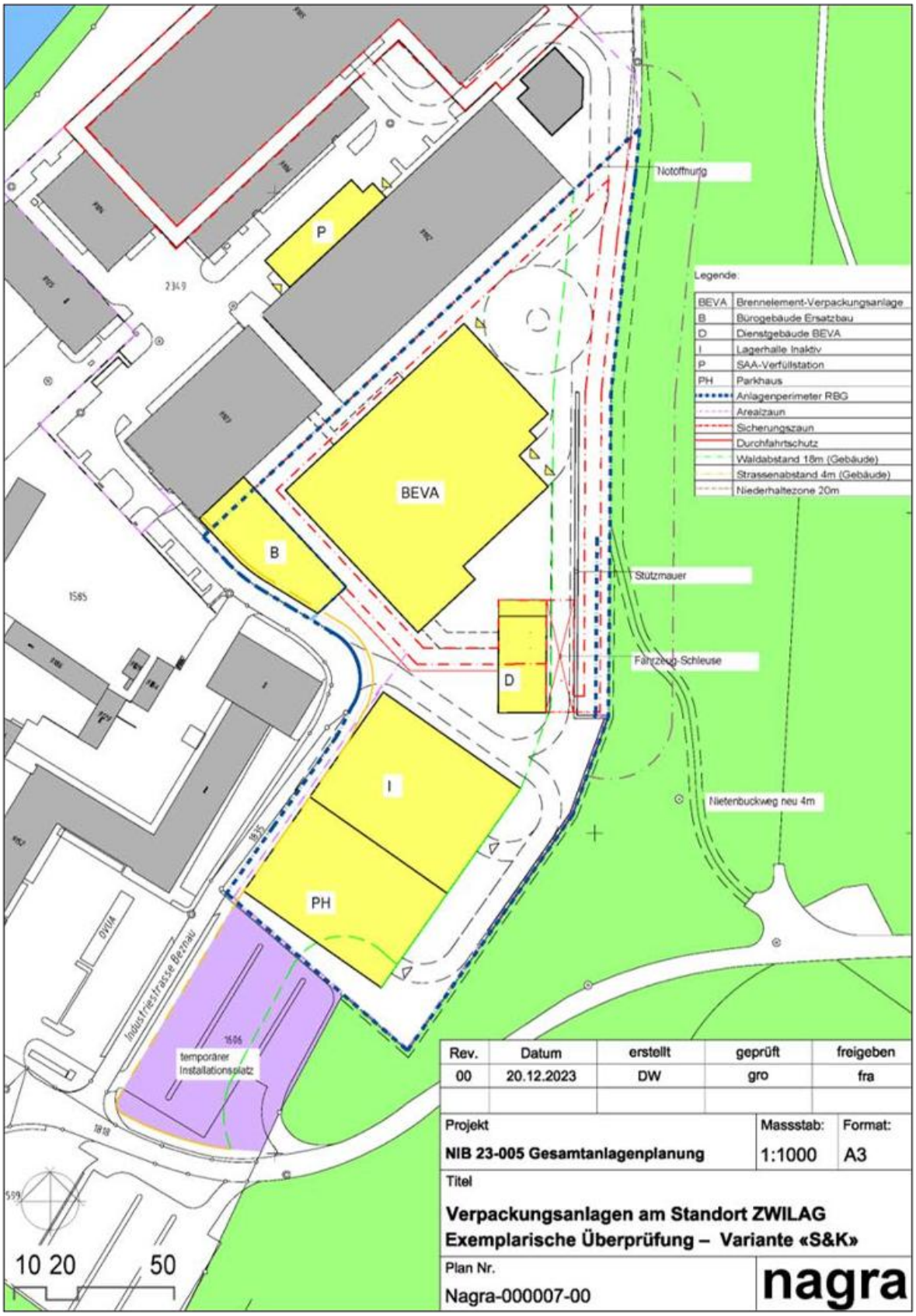


Abbildung 7: Übersichtsplan der modellhaften Anordnung der Oberflächeninfrastruktur am Standort Würenlingen.

Die Transporte, die sich aus dieser Anordnung der Verpackungsanlagen ergeben, sind im Bericht zur Ermittlung der Entsorgungskosten für Zwischenlagerung, Transporte, Behälter und Wiederaufarbeitung [4] berücksichtigt. Die geometrischen Daten der Anlagen sind in Tabelle 5 dargestellt. Die erwähnte Gebäudekubatur wird dabei massgeblich von der Brennelementverpackungsanlage geprägt.

Tabelle 5: Geometrische Kennzahlen für die Infrastruktur in Würenlingen im Scope der geologischen Tiefenlagerung.

KS26-Basisprojekt und KS26-Perspektive	
Projektperimeter total [m^2]	**29'100**
Areal	29'100
Umbauter Raum der Gebäude [m^3] (ohne Umbau bestehender Objekte)	**203'000**
Neubauten	203'000

4.4.4 Zugang nach Untertag und Bauwerke auf Lagerebene

Die Zugangsbauwerke stellen die Verbindung zwischen der Oberfläche und den Bauten auf Lagerebene sicher. Aus Sicherheitsgründen (Flucht, Intervention, redundante Versorgung und Entsorgung) stehen immer mindestens zwei räumlich getrennte Zugänge nach Untertag zur Verfügung. Aus baulichen, betrieblichen und betriebssicherheitstechnischen Gründen sind folgende, funktional getrennte Zugänge geplant:

- Einlagerungsschacht: Einlagerung der Abfälle.
- Bau- und Betriebsschacht: Bautätigkeiten und konventioneller Betrieb.
- Lüftungsschacht: Frischluftzufuhr.

Die Bauten auf Lagerebene eines Kombilagers lassen sich generell in folgende Kategorien einteilen, die sich auch im KS26-Basisprojekt wiederfinden:

- HAA-Lagerteil (HAA-Bau-, Betriebs- und Lüftungstunnel sowie HAA-Umladebereich und -Lagerstollen).
- SMA-Lagerteil (SMA-Lüftungs- und -Betriebstunnel sowie SMA-Abzweiger und -Lagerkavernen).
- Testbereiche.
- Zentraler Bereich.

Sowohl das HAA- als auch das SMA-Pilotlager sind Bestandteile der entsprechenden Lagerteile und werden in einen Bereich des Wirtgesteins eingebettet, der den Sicherheitsanforderungen an die Hauptlager entspricht und den langfristigen Einschluss der Abfälle gewährleisten kann («natürliche Barriere»). Der Zugang nach Untertag und die Bauwerke auf Lagerebene sind in Abbildung 8 ersichtlich.

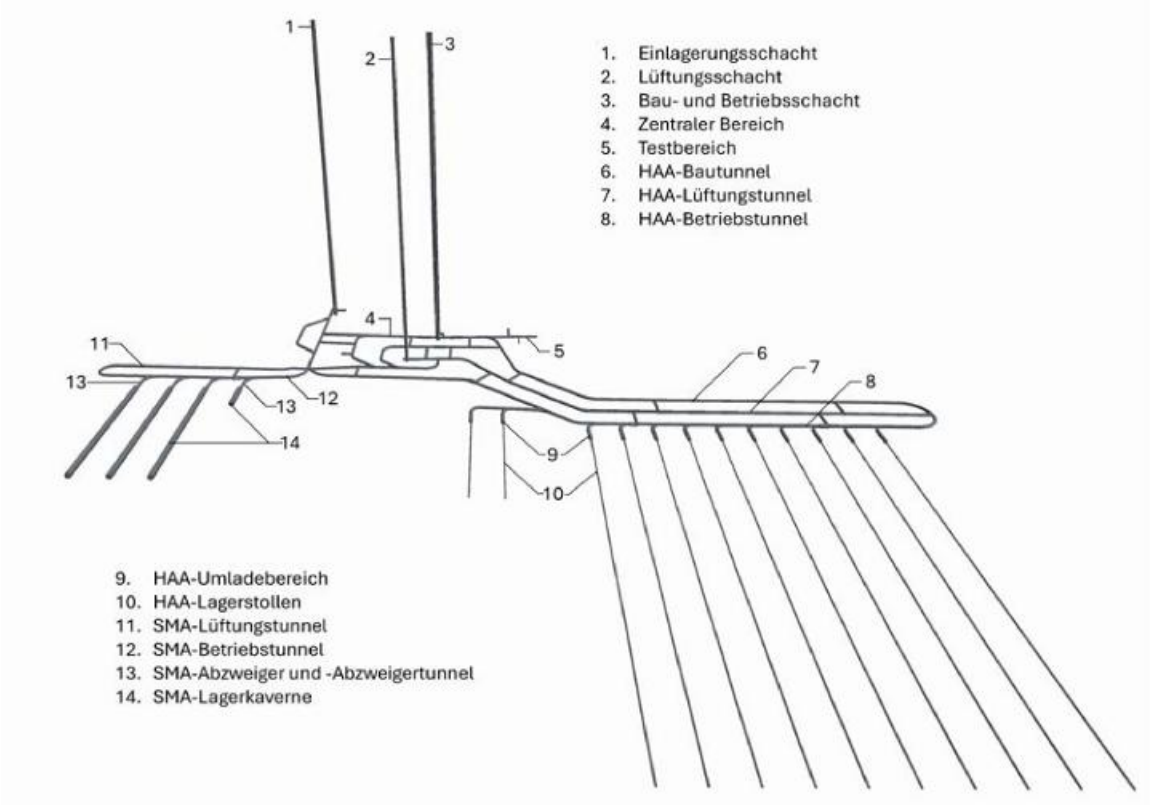


Abbildung 8: Anlagenkonzept der untertägigen Anlagen und Bauten für das KS26-Basisprojekt.

In Abbildung 9 befindet sich ein Profil mit dem räumlichen Verlauf der Achse der Schächte. Das Profil zeigt, dass die Schächte zuerst die Untere Süsswassermolasse sowie anschliessend die Malmkalke und den «Braunen Dogger» durchfahren, bevor sie etwa mittig im Opalinuston auf der Lagerebene enden, wo sich die untertägigen Anlagen befinden.

Die für die Kosten relevanten geometrischen Kennzahlen zum Zugang nach Untertag und zu den Bauwerken auf Lagerebene sind in Tabelle 6 abgebildet. Die Zahlen zeigen, dass die Stollenlänge der HAA-Lagerstollen etwa gleich gross ist wie die Länge aller anderen Bauwerke.

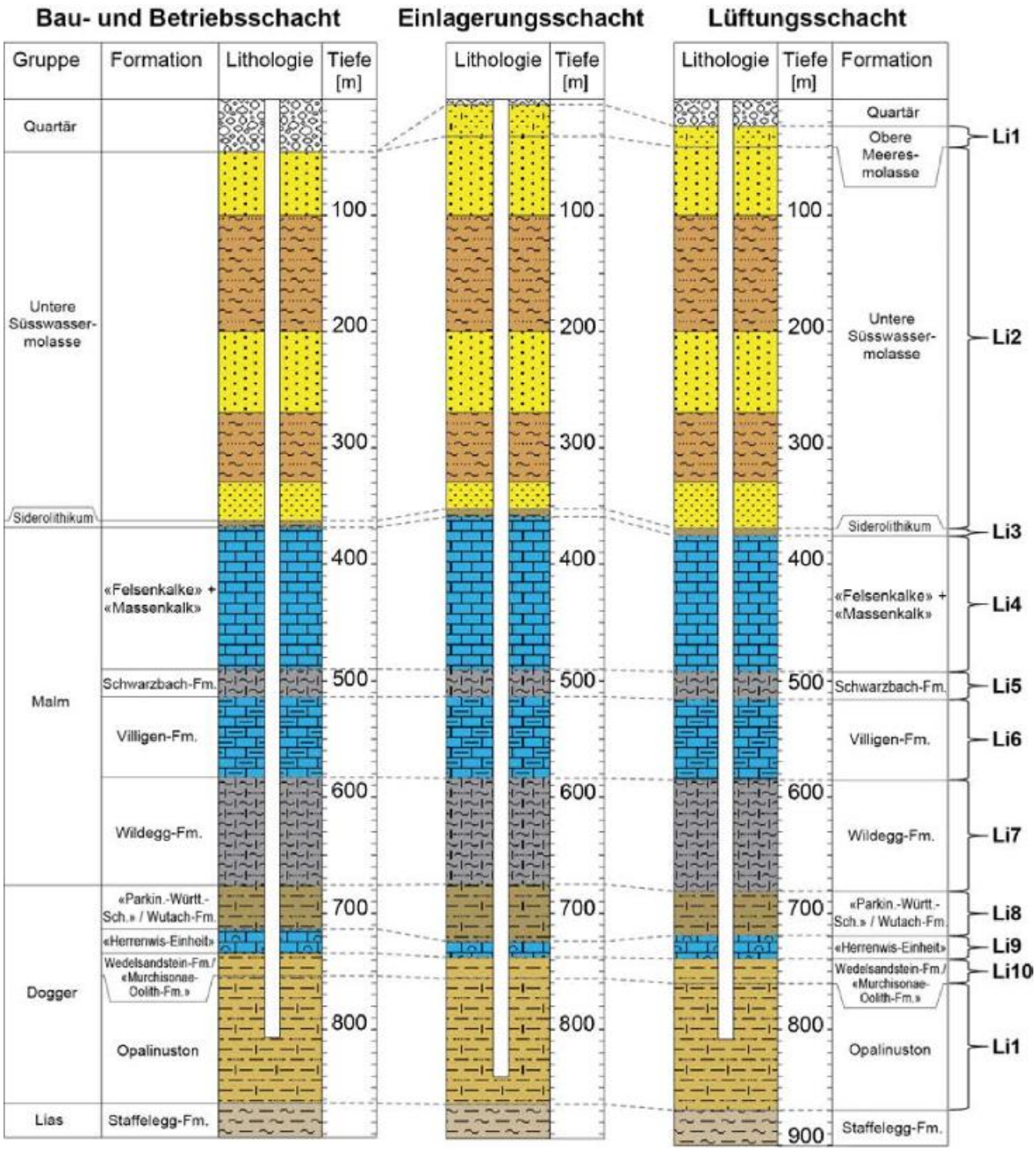


Abbildung 9: Gegenüberstellung der prognostizierten lithologischen Einheiten in den geplanten Zugangsbauwerken des KS26-Basisprojektes [18].

Tabelle 6: Geometrische Kennzahlen für den Zugang nach Untertag und für die Bauwerke auf Lagerebene des KS26-Basisprojektes.

KS26-Basisprojekt	
Zugang nach untertag: Teufe [m]	**2'517**
Bau- und Betriebsschacht	829
Lüftungsschacht	832
Einlagerungsschacht	856
Zugang nach untertag: Ausbruchvolumen [m^3]	**280'776**
Bau- und Betriebsschacht	121'805
Lüftungsschacht	55'857
Einlagerungsschacht	103'114
Bauwerke auf Lagerebene: Länge [m]	**20'936**
Lagerstollen HAA (inkl. Ablade-/Umladebereiche)	10'137
übrige Bauwerke	10'799
Bauwerke auf Lagerebene: Ausbruchvolumen [m^3]	**900'834**
Lagerstollen HAA (inkl. Ablade-/Umladebereiche)	167'867
übrige Bauwerke	732'967

4.5 Die KS26-Perspektive

4.5.1 Übersicht

Das KS26-Basisprojekt ist eine Projektausführung, die eng mit dem RBG-Beispielprojekt verknüpft ist. Die KS26-Perspektive zeigt demgegenüber, wie sich das Vorhaben in sicherheitstechnischer, raumplanerischer und ökologischer Hinsicht weiterentwickelt unter Einhaltung derselben Sicherheitsvorgaben für Bau, Betrieb und Langzeitentwicklung. Die KS26-Perspektive liegt innerhalb des Rahmens für die Entwicklung von Terradura, das geologische Tiefenlager im Zürcher Unterland, den die Nagra zur Festlegung mit der Rahmenbewilligung vorgeschlagen hat und der im Entsorgungsprogramm 2026 dargelegt ist. Die Sicherheitsmarge der KS26-Perspektive ist sehr hoch, wobei bei der weiteren Optimierung der Projektausführung ein ähnliches oder höheres Sicherheitsniveau angestrebt wird im Vergleich zum Beispielprojekt, das dem Rahmenbewilligungsgesuch zugrunde gelegt wurde.

Wie das KS26-Basisprojekt (siehe Abschnitt 4.4.1), besteht auch die KS26-Perspektive aus den Objektgruppen Oberflächeninfrastruktur, Zugang nach Untertag und Bauwerke auf Lagerebene. Hier wird auf die wichtigsten Unterschiede eingegangen.

4.5.2 Oberflächeninfrastruktur Haberstal

Die Anordnung der Funktionsbereiche und Objekte der Oberflächeninfrastruktur der KS26-Perspektive ist in Abbildung 10 abgebildet. Diese unterscheidet sich von der entsprechenden Anordnung des KS26-Basisprojektes in Abbildung 6 nur darin, dass kein Lüftungsschacht vorhanden ist (siehe auch Abschnitt 4.5.4).

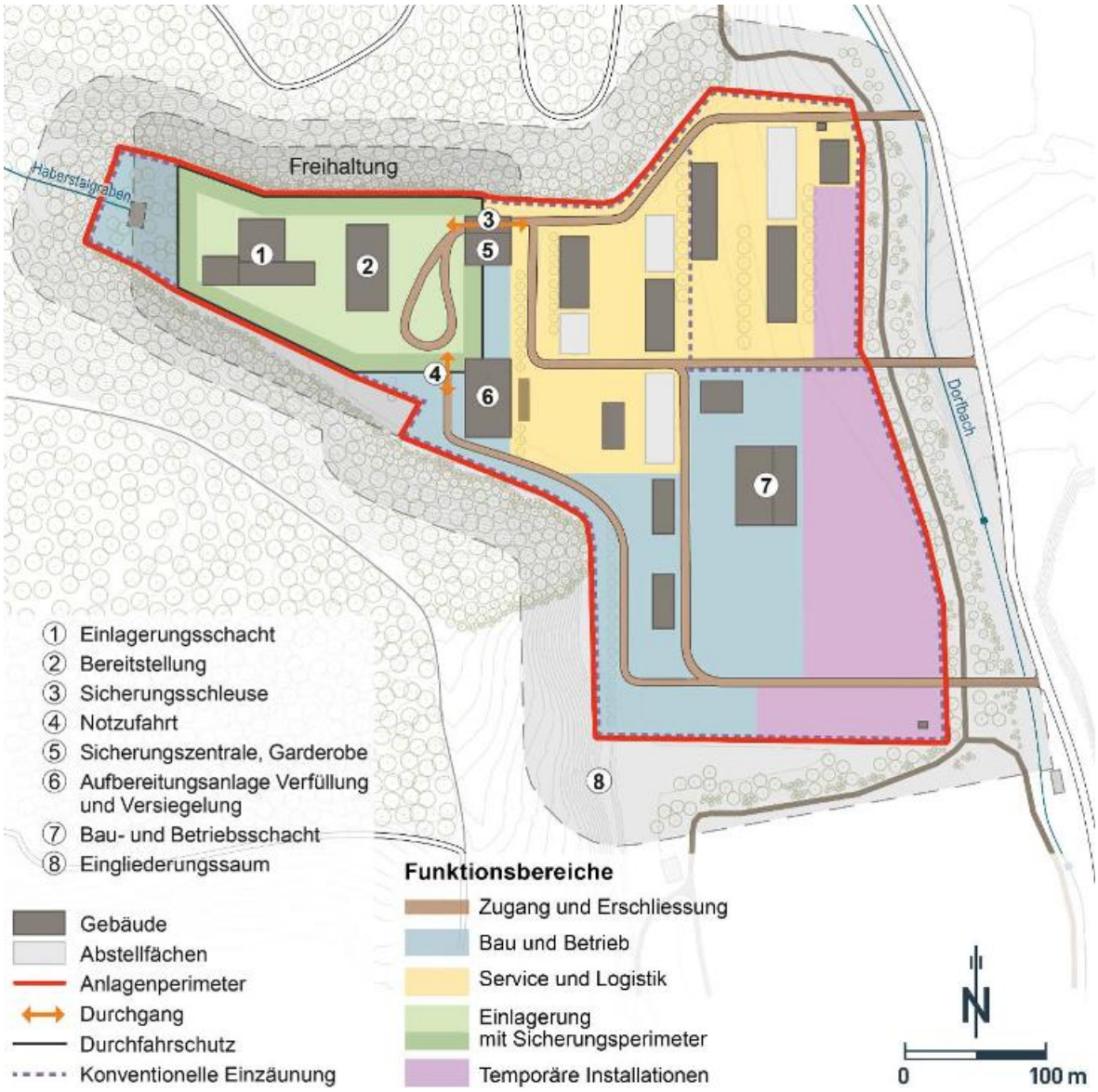


Abbildung 10: Übersichtsplan der modellhaften Anordnung der Oberflächeninfrastruktur der KS26-Perspektive am Standort Haberstal.

4.5.3 Oberflächeninfrastruktur Würenlingen

Die KS26-Perspektive wird in Bezug auf die Infrastruktur in Würenlingen ähnlich modelliert wie das KS26-Basisprojekt. Die Anordnung von Abbildung 7 sowie die geometrischen Daten von Tabelle 5 sind daher auch für die KS26-Perspektive gültig.

4.5.4 Zugang nach Untertag und Bauwerke auf Lagerebene

Die Funktion der Zugangsbauwerke für die KS26-Perspektive ist dieselbe wie beim KS26-Basisprojekt. Für die KS26-Perspektive wird der Zugang mit zwei Schächten modelliert. Abbildung 11 zeigt deren Anordnung. Die Sicherheitsaspekte sind auch hiermit erfüllt, weil immer zwei räumlich getrennte Zugänge nach Untertag zur Verfügung stehen. Die Schächte werden folgendermassen bezeichnet:

- Einlagerungsschacht: Einlagerung der Abfälle, Abluftauslass.
- Bau- und Betriebsschacht: Bautätigkeiten und konventioneller Betrieb, Frischluftzufuhr.

Die Geologie entlang der Zugangsbauwerke entspricht derjenigen in Abbildung 9, weil der Einlagerungs- sowie der Bau- und Betriebsschacht am selben Ort wie beim KS26-Basisprojekt modelliert sind. Der in Abbildung 9 dargestellte Lüftungsschacht ist bei der KS26-Perspektive nicht vorhanden. Dessen Funktion wird von den beiden anderen Schächten übernommen.

Die Bauten auf Lagerebene der KS26-Perspektive können in denselben Kategorien eingeteilt werden wie beim KS26-Basisprojekt, wobei die Hauptunterschiede in der Einlagerung von HAA in Tunnel kleineren Durchmessers und in der Ausnützung verschiedener Tunnelabschnitte zur Einlagerung von SMA liegen.

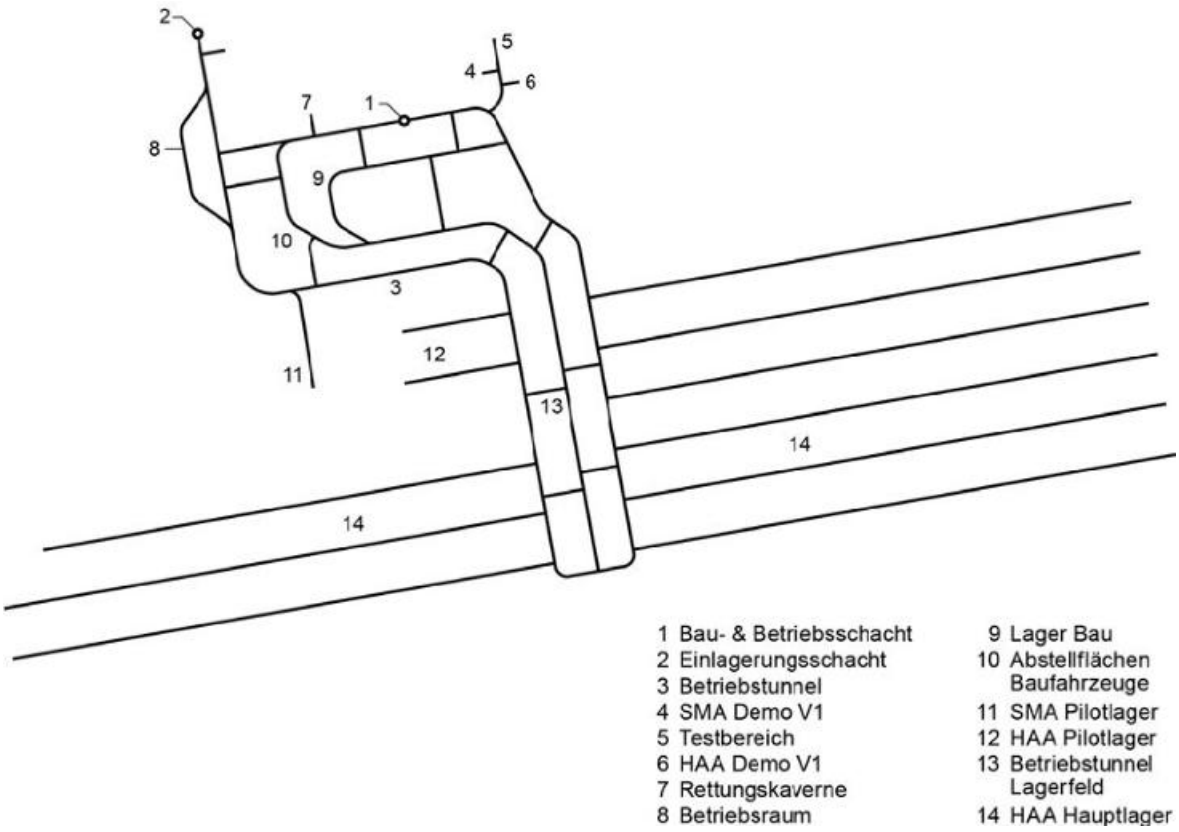


Abbildung 11: Systemskizze für die untertägigen Anlagenelemente und Bauten des Tiefenlagers gemäss KS26-Perspektive.

Die geometrischen Kennzahlen zum Zugang nach Untertag und zu den Bauwerken auf Lagerebene sind in Tabelle 7 abgebildet. Im Vergleich zum KS26-Basisprojekt kann festgestellt werden, dass das gesamte Ausbruchvolumen kleiner ist dank der kompakteren Bauweise der untertägigen Anlagen. Die HAA-Lagerstollenlänge ist aufgrund eines unterschiedlichen HAA-Endlagerbehälters kürzer. Das Ausbruchvolumen der HAA-Lagerstollen ist kleiner, weil das Konzept der Mikrotunnel modelliert wurde.

Tabelle 7: Geometrische Kennzahlen für den Zugang nach Untertag und für die Bauwerke auf Lagerebene der KS26-Perspektive.

KS26-Perspektive	
Zugang nach untertag: Teufe [m]	**1'686**
Bau- und Betriebsschacht	829
Einlagerungsschacht	856
Zugang nach untertag: Ausbruchvolumen [m^3]	**224'919**
Bau- und Betriebsschacht	121'805
Einlagerungsschacht	103'114
Bauwerke auf Lagerebene: Länge [m]	**16'890**
Lagerstollen HAA (inkl. Ablade-/Umladebereiche)	8'987
übrige Bauwerke	7'903
Bauwerke auf Lagerebene: Ausbruchvolumen [m^3]	**735'084**
Lagerstollen HAA (inkl. Ablade-/Umladebereiche)	57'385
übrige Bauwerke	677'699

4.6 Die Hauptaktivitäten

Ein weiteres wichtiges Element des Vorhabens geologisches Tiefenlager sind die für die Realisierung notwendigen Hauptaktivitäten. Diese Hauptaktivitäten werden nachfolgend stichwortartig beschrieben.

- Erdwissenschaftliche Arbeiten: Erarbeitung von Studien, Durchführung von Feldarbeiten, einschliesslich baubegleitender Charakterisierung und Baugrundüberwachung sowie der Auswertungen; Synthesen und Vorbereitung von Gesuchsunterlagen; Monitoring, bestehend aus Experimenten und Standortmonitoring, Erdbebenüberwachung, Geodäsie, Umweltmonitoring, Pilotlager und Versuchen in den Testbereichen; Geodaten-Management.

- Sicherheit und Systemanalysen: Erstellung von Sicherheitsberichten zur periodischen Überprüfung der Sicherheit; Beiträge zur Entscheidungsfindung im Rahmen der Realisierung der Lager; Vorbereitung von Gesuchsunterlagen.

- Radioaktive Materialien: Beratung der Abfallverursacher bezüglich Abfallkonditionierung und Charakterisierung; Nachführung der Dokumentation der radioaktiven Abfälle; Prüfung der Endlagerfähigkeit und bei Bedarf Initialisierung von Korrekturmassnahmen; Führung des Abfallinventars, einschliesslich Informationen über künftig anfallende Abfälle; Berichterstattung; Vorbereitung von Gesuchsunterlagen; Planung der Abfallanlieferung.

- Anlagenplanung und Anlagenbau: stufengerechte Planung, einschliesslich raumplanerischer Abstimmung, Umweltverträglichkeitsprüfung und Umweltbaubegleitung; Projektierung und Ausführungsbegleitung der Bauwerke unter Berücksichtigung der damit verbundenen Abläufe, namentlich Erstellung, Betrieb und Verschluss; Vorbereitung von Gesuchsunterlagen; Erstellung der Bauwerke, bestehend aus Rohbauten Untertag und an der Oberfläche mit den notwendigen Installationen und Ausrüstungen; Erstellung der Ausschreibungsunterlagen und Auftragsbegleitung bis zur Inbetriebnahme.

- Anlagenbetrieb: Betrieb der Anlagen in allen Phasen; Eingangskontrolle und Verpackung der Abfälle in Endlagerbehälter; Einlagerung der Endlagerbehälter, einschliesslich Verfüllung der Lagerkammern und deren Verschluss in der Einlagerungsphase; Entgegennahme und Vorbereitung der Endlagerbehälter sowie von Verfüll- und Versiegelungsmaterial; Unterhalt und Erhaltungsmassnahmen, bestehend aus Unterhalt und Erneuerung; Anlagensicherung und Überwachung.

- Stilllegung, Rückbau und Verschluss der Anlagen: stufengerechte Planung, Projektierung und Ausführungsbegleitung der Stilllegungs- und Rückbauarbeiten; Stilllegung und Demontage von Installationen; Abbruch von Bauwerken und Entsorgung der Abbruchmaterialien; Verfüllung und Versiegelung von untertägigen Bauten; Rekultivierung der Umgebung.

- Forschung und Entwicklung: Studien, Experimente sowie Versuche in Forschungsfelslabors; Planung und Durchführung von Versuchen in Testbereichen.

- Allgemeine Kosten, insbesondere Aufwendungen für die Führung der Geschäftsstelle, für die technisch-administrative Führung des Vorhabens, für Öffentlichkeitsarbeiten und Kommunikation sowie für Versicherungen.

- Behördentätigkeiten und Gebühren: Begutachtung von Gesuchen, Bewilligungsverfahren, Begleitung der Arbeiten sowie Gebühren, insbesondere von Bundesbehörden und Kantonen. Zu beachten ist, dass die Abgeltungen und Kompensationen für die Standortregionen in der Kostenstudie 2026 separat ausgewiesen werden und ihre Höhe modellhaft sowie ohne präjudizierende Wirkung auf die laufenden Verhandlungen zu verstehen ist.

- Internationale Zusammenarbeit und Wissensaustausch: Beobachtung relevanter internationaler Entwicklungen in der geologischen Tiefenlagerung, fachlicher Austausch mit ausländischen Entsorgungsorganisationen und internationalen Fachgremien sowie Prüfung der Übertragbarkeit neuer Erkenntnisse auf das Schweizer Entsorgungsprogramm und das Vorhaben geologisches Tiefenlager.

4.7 Bewertung der Unterlagen für die Kostenermittlung

Die Nagra arbeitet seit über 50 Jahren auf dem Gebiet der geologischen Tiefenlagerung und hat seit Anfang der 1980er-Jahre regelmässig Kostenberechnungen für geologische Tiefenlager durchgeführt. Diese Kostenberechnungen wurden jeweils von unabhängiger Stelle geprüft.

Die verschiedenen Kostenelemente für die Vorbereitung und Realisierung des geologischen Tiefenlagers sind gut bekannt. Für alle Kostenelemente gibt es Erfahrungszahlen, die entweder direkt anwendbar sind oder zumindest eine gute Grundlage für die zu erwartenden Kosten bilden. Die in die Kostenermittlungen eingeflossenen Erfahrungswerte stammen aus vergleichbaren Bauten in der Schweiz und im Ausland. Die Bauwerke der Oberflächenanlagen sind direkt mit bestehenden Bauten vergleichbar, beispielsweise mit der Zwilag. Die Verpackungsanlage für Brennelemente und hochaktive Abfälle kann mit der Umladezelle in der Zwilag verglichen werden. Die Verpackungsanlagen für schwach- und mittelaktive Abfälle sind grob mit entsprechenden Anlagen bei Kernkraftwerken vergleichbar. Die Anlagen zur Behandlung von Betriebsabfällen können direkt mit entsprechenden bestehenden Anlagen verglichen werden. Das Elektrogebäude mit Energieversorgung, Ersatzstrom und Schaltanlagen ist direkt mit solchen Anlagen für konventionelle Bauten vergleichbar. Für die konventionellen Gebäude, namentlich Administrationsgebäude, Besucherzentrum, Garagen und Betriebsfeuerwehr, bestehen zahlreiche Vergleichsbeispiele. Für die Ermittlung der diesbezüglichen Kosten wird auf Erfahrungen mit entsprechenden Bauten und Ausrüstungen abgestützt.

Auch die Objekte der Untertageanlagen des geologischen Tiefenlagers sind direkt mit bestehenden Bauwerken vergleichbar. Der Zugangstunnel, die Bau- und Betriebstunnel sowie die Lagerstollen, Lagertunnel und Lagerkavernen können mit Tunneln und Lüftungskavernen für Verkehrsbauten sowie mit Stollen und Kavernen von Wasserkraftanlagen verglichen werden. Gleiches gilt für Schächte, etwa für Lüftungsschächte von Verkehrsbauten oder den Schacht Sedrun der AlpTransit Gotthard. Zudem liegen umfangreiche Erfahrungen aus dem Bergbau vor.

Bei der Ermittlung der entsprechenden Kosten für das geologische Tiefenlager wird auf Erfahrungen mit vergleichbaren Bauwerken zurückgegriffen. Dabei werden auch die geologischen Verhältnisse berücksichtigt. Punktuell werden Unternehmen für Berechnungen beigezogen. Damit ist sichergestellt, dass die vorhandenen umfangreichen Erfahrungen genutzt werden.

Bei den Betriebskosten für das geologische Tiefenlager wird zwischen Personalkosten, Kosten für Produktionsmaterial, insbesondere Endlagerbehälter und Verfüllmaterial, Kosten für Betriebsmittel, namentlich Energie, Wasser und Abwasser, sowie Unterhalts- und Erneuerungskosten unterschieden. Der notwendige Personalbestand lässt sich mit dem Personalbestand für analoge Prozesse vergleichen, etwa mit der Umladung von Brennelementen oder der Konditionierung. Die Kosten für Produktionsmaterial lassen sich mit Offerten und Abrechnungen für entsprechende Materialien und Bauteile vergleichen. Auch für Betriebsmittel gibt es Vergleichswerte. Für den Unterhalt und die Erneuerung wird von einem aus Erfahrung abgeleiteten Plan ausgegangen.

Die Verschlusskosten setzen sich zusammen aus den Kosten für die Stilllegung und den Abbruch der Oberflächenanlagen, die Demontage der Ausrüstung Untertag, die Kosten für Produktionsmittel, insbesondere Verfüll- und Versiegelungsmaterial, sowie aus den Kosten für das Einbringen der Verfüll- und Versiegelungsmaterialien. Für alle Elemente kann auf Vergleichszahlen, etwa zur Stilllegung von Zwischenlagern, Umladeanlagen und Konditionieranlagen, auf Offerten für Produktionsmittel oder auf Erfahrungswerte zum Einbringen von Verfüll- und Versiegelungsmaterialien, insbesondere aus dem Bergbau, abgestützt werden.

Die Tätigkeiten zur Vorbereitung des geologischen Tiefenlagers sind von ihrer Natur her ähnlich zu den derzeit laufenden Arbeiten der Nagra:

- Geologische Untersuchungen: geologische Standortcharakterisierung, insbesondere Seismik und Bohrungen; geologische Charakterisierung von Untertagbauten, vergleichbar mit entsprechenden Arbeiten in Felslabors; regionale Überwachung; Untersuchungen in Felslabors.
- Durchführung von Systemanalysen zur Bewertung der Sicherheit; Erstellung von Sicherheitsberichten, einschliesslich Erarbeitung der dafür notwendigen Grundlagen.
- Charakterisierung der radioaktiven Abfälle und Führung des Inventars der radioaktiven Abfälle.
- Vorbereitung der Lagerprojekte, insbesondere Projektierung.
- Forschung und Entwicklung: Studien, Laboruntersuchungen, Versuche in Felslabors, Herstellung von Prototypen und Durchführung von Demonstrationsversuchen zu Behältern, Einlagerungsvorgang und Rückholung.
- Führung einer Geschäftsstelle mit Kommunikationsaufgaben, Management, Administration und Versicherungen.

Ein Teil dieser Aktivitäten läuft auch in den Phasen des Lagerbaus, des Lagerbetriebs und des Lagerverschlusses weiter. Über den Horizont des Realisierungsplanes nimmt der Fokus auf Bau- und Betriebsabläufe zu, was in den Kostenermittlungen berücksichtigt ist.

Für die Abschätzung des Umfangs des benötigten Personals für die Realisierung und den Betrieb des Tiefenlagers kann auf die bei der Nagra vorhandenen Erfahrungen, insbesondere den Vergleich mit dem heutigen Personalbestand und die Abschätzung der zeitlichen Entwicklung, auf Erfahrungen bei anderen mit Grossprojekten betrauten Organisationen sowie auf Erfahrungen bei in Betrieb stehenden Anlagen, abgestützt werden. Die Kosten für Drittleistungen können für alle oben aufgeführten Aufgaben direkt mit Erfahrungszahlen der Nagra, namentlich Offerten und Abrechnungen durchgeführter Projekte, verglichen werden.

5 Resultate der Ermittlung der Entsorgungskosten für das geologische Tiefenlager

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Ermittlung der Entsorgungskosten für das geologische Tiefenlager dargestellt. Für das KS26-Basisprojekt werden die Ergebnisse des Basisszenarios und für die KS26-Perspektive diejenigen des Szenarios 2 ausgewiesen. Die Ergebnisse der Szenarien 1 und 2 des KS26-Basisprojektes sind ergänzend im Anhang A.1 dargestellt.

5.1 Ausgangskosten

Die Kosten für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive umfassen die technisch-wissenschaftliche Vorbereitung, die bauliche Realisierung der Anlagen, den Betrieb und den Verschluss der Anlagen sowie die diversen Aktivitäten, die sich aus den Rahmenbedingungen im Umfeld ergeben. Die Ausgangskosten setzen sich aus den Kosten für das genannte Vorhaben zusammen. Dabei wird der planmässige Ablauf des Vorhabens unter den erwarteten Bedingungen vorausgesetzt.

Tabelle 8 enthält die Ausgangskosten für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive, aufgeschlüsselt nach den Hauptaktivitäten und Objektgruppen gemäss Abschnitt 3.1. Der Hauptbeitrag zu den Ausgangskosten kommt vom Anlagenbau, dem Betrieb und der Stilllegung, dem Rückbau und dem Verschluss der Anlagen.

Tabelle 8: Ausgangskosten für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive.

Hauptaktivitäten / Objektgruppen	**Ausgangskosten**			
	KS26-Basisprojekt		**KS26-Perspektive**	
Erdwissenschaftliche Arbeiten	6%	369	6%	343
Sicherheit und Systemanalysen	2%	113	2%	112
Radioaktive Materialien	2%	95	2%	95
Anlagenplanung und –bau	40%	2'448	36%	1'951
Oberflächeninfrastruktur		*761*		*673*
Zugang nach Untertag		*562*		*430*
Bauwerke auf Lagerebene		*893*		*567*
Andere		*232*		*280*
Anlagenbetrieb	21%	1'293	19%	1'042
Oberflächeninfrastruktur		*509*		*481*
Zugang nach Untertag		*61*		*33*
Bauwerke auf Lagerebene		*134*		*49*
Andere		*589*		*480*
Forschung und Entwicklung	3%	207	4%	231
Stilllegung, Rückbau und Verschluss	5%	329	5%	298
Oberflächeninfrastruktur		*133*		*116*
Zugang nach Untertag		*102*		*80*
Bauwerke auf Lagerebene		*84*		*93*
Andere		*10*		*10*
Allgemeine Kosten	16%	1'013	19%	1'031
Behördentätigkeit, Gebühren	5%	292	6%	348
Total Ausgangskosten	**100%**	**6'160**	**100%**	**5'451**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
KS26-Basisprojekt: Dargestellt ist eine 60-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
KS26-Perspektive: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Ausgangskosten für Objektgruppen in kursiver Schrift.

5.2 Kosten zur Risikominderung

Risikomindernde Massnahmen haben das Ziel, Gefahren zu vermeiden oder zu reduzieren sowie Chancen zu erkennen und zu nutzen. Das dazu eingesetzte Risikomanagement sieht verschiedene Massnahmen vor, um Abweichungen klein zu halten oder zu verhindern. Dazu gehören strategische, organisatorische sowie technische und weitere Massnahmen, die in Kapitel 3.4 beschrieben sind.

Tabelle 9 enthält die Kosten zur Risikominderung für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive, aufgeschlüsselt nach den Hauptaktivitäten und Objektgruppen gemäss Abschnitt 3.1. Die Kosten zur Risikominderung für die Hauptaktivitäten «Erdwissenschaftliche Arbeiten», «Sicherheit und Systemanalysen», «Forschung und Entwicklung» und «Allgemeine Kosten» bilden den Hauptbeitrag zu dieser Kostenstufe.

Tabelle 9: Kosten zur Risikominderung für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive.

Hauptaktivitäten / Objektgruppen	**Kosten zur Risikominderung**			
	KS26-Basisprojekt		**KS26-Perspektive**	
Erdwissenschaftliche Arbeiten	21%	52	21%	51
Sicherheit und Systemanalysen	3%	7	4%	9
Radioaktive Materialien	3%	7	3%	8
Anlagenplanung und –bau	17%	42	15%	37
Oberflächeninfrastruktur		*34*		*29*
Zugang nach Untertag		*0*		*0*
Bauwerke auf Lagerebene		*8*		*8*
Andere		*0*		*0*
Anlagenbetrieb	5%	11	5%	12
Oberflächeninfrastruktur		*8*		*9*
Zugang nach Untertag		*0*		*0*
Bauwerke auf Lagerebene		*3*		*3*
Andere		*0*		*0*
Forschung und Entwicklung	6%	14	8%	19
Stilllegung, Rückbau und Verschluss	0%	0	0%	0
Oberflächeninfrastruktur		*0*		*0*
Zugang nach Untertag		*0*		*0*
Bauwerke auf Lagerebene		*0*		*0*
Andere		*0*		*0*
Allgemeine Kosten	45%	110	44%	109
Behördentätigkeit, Gebühren	0%	0	0%	0
Total Kosten zur Risikominderung	**100%**	**243**	**100%**	**245**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
KS26-Basisprojekt: Dargestellt ist eine 60-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
KS26-Perspektive: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Kosten zur Risikominderung für Objektgruppen in kursiver Schrift.

5.3 Basiskosten

Die Basiskosten setzen sich aus den Ausgangskosten und den Kosten zur Risikominderung zusammen. Die Gesamtkosten werden in Abschnitt 5.11 dargestellt. Tabelle 10 zeigt, dass innerhalb der Basiskosten die Ausgaben für die Anlagen (Anlagenplanung und -bau, Anlagenbetrieb und Stilllegung, Rückbau und Verschluss) den Schwerpunkt bilden und rund 60 Prozent der Basiskosten ausmachen.

Tabelle 10: Basiskosten für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive.

Hauptaktivitäten / Objektgruppen	**Basiskosten**			
	KS26-Basisprojekt		**KS26-Perspektive**	
Erdwissenschaftliche Arbeiten	7%	421	7%	394
Sicherheit und Systemanalysen	2%	120	2%	121
Radioaktive Materialien	2%	102	2%	103
Anlagenplanung und –bau	39%	2'490	35%	1'988
Oberflächeninfrastruktur		*795*		*703*
Zugang nach Untertag		*562*		*430*
Bauwerke auf Lagerebene		*901*		*575*
Andere		*232*		*280*
Anlagenbetrieb	20%	1'305	18%	1'053
Oberflächeninfrastruktur		*518*		*490*
Zugang nach Untertag		*61*		*33*
Bauwerke auf Lagerebene		*137*		*51*
Andere		*589*		*480*
Forschung und Entwicklung	3%	221	4%	250
Stilllegung, Rückbau und Verschluss	5%	329	5%	298
Oberflächeninfrastruktur		*133*		*116*
Zugang nach Untertag		*102*		*80*
Bauwerke auf Lagerebene		*84*		*93*
Andere		*10*		*10*
Allgemeine Kosten	18%	1'123	20%	1'140
Behördentätigkeit, Gebühren	5%	292	6%	348
Total Basiskosten	**100%**	**6'402**	**100%**	**5'696**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
KS26-Basisprojekt: Dargestellt ist eine 60-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
KS26-Perspektive: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Basiskosten für Objektgruppen in kursiver Schrift.

5.4 Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten

Tabelle 11 enthält die Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive, aufgeschlüsselt nach den Hauptaktivitäten. Diese betragen rund 20 Prozent der in Tabelle 10 ausgewiesenen Basiskosten. Innerhalb der Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten bilden Ausgaben für die Anlagen (Anlagenplanung und -bau, Anlagenbetrieb sowie Stilllegung, Rückbau und Verschluss) den Schwerpunkt, der rund 70 Prozent der Kostenzuschläge ausmacht.

Die KS26-Perspektive weist gegenüber dem KS26-Basisprojekt Unterschiede bei den Bau-, Einlagerungs- und Verfüllprozessen auf. Die zugrunde liegenden Technologien sind konzeptuell nachgewiesen und demonstriert, weisen jedoch einen geringeren Reifegrad auf als die entsprechenden Prozesse des KS26-Basisprojektes. Dies wird bei der Kostenermittlung durch leicht höhere Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten berücksichtigt.

Tabelle 11: Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten beim Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive.

Hauptaktivitäten / Objektgruppen	**Prognoseungenauigkeiten**			
	KS26-Basisprojekt		**KS26-Perspektive**	
Erdwissenschaftliche Arbeiten	7%	93	7%	86
Sicherheit und Systemanalysen	1%	17	2%	20
Radioaktive Materialien	1%	12	1%	12
Anlagenplanung und –bau	47%	588	49%	627
Oberflächeninfrastruktur		*162*		*176*
Zugang nach Untertag		*156*		*185*
Bauwerke auf Lagerebene		*246*		*235*
Andere		*24*		*30*
Anlagenbetrieb	17%	208	14%	176
Oberflächeninfrastruktur		*106*		*108*
Zugang nach Untertag		*7*		*4*
Bauwerke auf Lagerebene		*27*		*9*
Andere		*68*		*56*
Forschung und Entwicklung	5%	57	5%	66
Stilllegung, Rückbau und Verschluss	6%	72	7%	83
Oberflächeninfrastruktur		*19*		*16*
Zugang nach Untertag		*29*		*31*
Bauwerke auf Lagerebene		*23*		*35*
Andere		*1*		*1*
Allgemeine Kosten	11%	140	11%	141
Behördentätigkeit, Gebühren	5%	56	5%	67
Total Prognoseungenauigkeiten	**100%**	**1'243**	**100%**	**1'278**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
KS26-Basisprojekt: Dargestellt ist eine 60-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
KS26-Perspektive: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Prognoseungenauigkeiten für Objektgruppen in kursiver Schrift.

5.5 Kostenzuschläge für Gefahren

Tabelle 12 enthält die Kostenzuschläge für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive, aufgeschlüsselt nach den Hauptaktivitäten und Objektgruppen gemäss Abschnitt 3.1. Bei fast allen Hauptaktivitäten werden Gefahren identifiziert; ausgenommen sind die Hauptaktivitäten «Sicherheit und Systemanalysen» und «Radioaktive Materialien», bei denen die Ungewissheiten durch die Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten ausreichend abgedeckt sind. Die Kostenzuschläge für Gefahren betragen rund 20 Prozent der in Tabelle 10 ausgewiesenen Basiskosten.

Tabelle 12: Kostenzuschläge für Gefahren beim Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive.

Hauptaktivitäten / Objektgruppen	**Gefahren**			
	KS26-Basisprojekt		**KS26-Perspektive**	
Erdwissenschaftliche Arbeiten	0%	2	0%	2
Sicherheit und Systemanalysen	0%	0	0%	0
Radioaktive Materialien	0%	0	0%	0
Anlagenplanung und –bau	39%	483	46%	546
Oberflächeninfrastruktur		*44*		*67*
Zugang nach Untertag		*99*		*84*
Bauwerke auf Lagerebene		*93*		*226*
Andere		*247*		*169*
Anlagenbetrieb	17%	217	17%	208
Oberflächeninfrastruktur		*155*		*148*
Zugang nach Untertag		*2*		*5*
Bauwerke auf Lagerebene		*9*		*14*
Andere		*51*		*42*
Forschung und Entwicklung	1%	17	1%	18
Stilllegung, Rückbau und Verschluss	6%	71	6%	67
Oberflächeninfrastruktur		*3*		*6*
Zugang nach Untertag		*13*		*13*
Bauwerke auf Lagerebene		*36*		*32*
Andere		*19*		*16*
Allgemeine Kosten	35%	438	28%	336
Behördentätigkeit, Gebühren	1%	16	2%	19
Total Gefahren	**100%**	**1'245**	**100%**	**1'197**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
KS26-Basisprojekt: Dargestellt ist eine 60-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
KS26-Perspektive: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Kostenzuschläge der Gefahren für Objektgruppen in kursiver Schrift.

5.6 Kostenabzüge für Chancen

In Tabelle 13 sind die Risikowerte der berücksichtigten Chancen aufgeführt. Diese fallen gering aus und entsprechen rund 1 Prozent der in Tabelle 10 ausgewiesenen Basiskosten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich das Vorhaben beim derzeitigen Planungsstand auf konzeptioneller Ebene befindet, wie die KS26-Perspektive verdeutlicht. Die stufengerechte Ermittlung und Bezifferung von Chancen erfolgt, sobald die Projektierung des Vorhabens eine entsprechende Reife erreicht hat.

Tabelle 13: Kostenabzüge für Chancen beim Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt und die KS26-Perspektive.

Hauptaktivitäten / Objektgruppen	**Chancen**			
	KS26-Basisprojekt		**KS26-Perspektive**	
Erdwissenschaftliche Arbeiten	0%	0	0%	0
Sicherheit und Systemanalysen	0%	0	0%	0
Radioaktive Materialien	0%	0	0%	0
Anlagenplanung und –bau	58%	-38	56%	-30
Oberflächeninfrastruktur		*-8*		*0*
Zugang nach Untertag		*0*		*0*
Bauwerke auf Lagerebene		*0*		*0*
Andere		*-30*		*-30*
Anlagenbetrieb	35%	-22	37%	-20
Oberflächeninfrastruktur		*-22*		*-20*
Zugang nach Untertag		*0*		*0*
Bauwerke auf Lagerebene		*0*		*0*
Andere		*0*		*0*
Forschung und Entwicklung	2%	-1	3%	-2
Stilllegung, Rückbau und Verschluss	2%	-1	0%	0
Oberflächeninfrastruktur		*-1*		*0*
Zugang nach Untertag		*0*		*0*
Bauwerke auf Lagerebene		*0*		*0*
Andere		*0*		*0*
Allgemeine Kosten	3%	-2	3%	-2
Behördentätigkeit, Gebühren	0%	0	0%	0
Total Chancen	**100%**	**-65**	**100%**	**-53**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
KS26-Basisprojekt: Dargestellt ist eine 60-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
KS26-Perspektive: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Kostenabzüge der Chancen für Objektgruppen in kursiver Schrift.

5.7 Nicht berücksichtigte Gefahren und Chancen

Nachfolgend werden ausgewählte Chancen und Gefahren beschrieben, die nicht in den Gesamtkosten berücksichtigt wurden. Die Darstellung ist nicht abschliessend.

Gefahren

- Das Parlament oder das Volk lehnt die Erteilung der Rahmenbewilligung im Rahmen eines fakultativen nationalen Referendums ab.
  - Wird davon ausgegangen, dass nach einer Phase der Standortbestimmung und der Diskussion des weiteren Vorgehens dennoch ein geologisches Tiefenlager realisiert würde, das mit der heutigen Planung vergleichbar ist, blieben die Kostenfolgen begrenzt. Sie würden vor allem durch die Wartezeit bestimmt. Die bis dahin getätigten, nicht nutzbaren Ausgaben sind in dieser Projektphase vergleichsweise gering. Zudem können die bis zu diesem Zeitpunkt erarbeiteten Vorkenntnisse zu den Standortmöglichkeiten für künftige Arbeiten genutzt werden.
  - Da die grossen Investitionen zeitlich nach hinten verschoben werden und während dieser Zeit Zinserträge aus dem geäufneten Fonds anfallen, ergibt sich kein Bedarf an höheren Rückstellungen.
  - Diese Gefahr wird aufgrund des breit abgestützten Standortwahlverfahrens als sehr unwahrscheinlich eingestuft.
- Aufgabe des Standorts aufgrund ungünstiger geologischer Befunde.
  - In diesem Fall würde das Tiefenlager an einem anderen Standort realisiert. Die Kostenfolgen würden die Ausgaben für nicht nutzbare Investitionen umfassen. Dazu zählen insbesondere die Kosten für die Tests vor Ort, die bis zur Aufgabe des Standorts aufgelaufenen Kosten für den Bau des Lagers sowie die Kosten für Studien und Eigenleistungen des Projektes, die nicht wiederverwendet werden können.
  - Aufgrund der umfangreichen Untersuchungen vor dem Standortentscheid und vor Baubeginn wird diese Gefahr als sehr unwahrscheinlich eingeschätzt.
- Extremer Wassereinbruch während des Baus oder des Betriebs.
  - Die Kostenfolgen würden die Sanierung der Bauwerke oder eine Anpassung der Linienführung umfassen. Bei einem Wassereinbruch während des Betriebs ist der Anteil an offenen Bauwerksteilen dank der laufenden Verfüllung und Versiegelung der befüllten Lagerteile begrenzt.
  - Durch eine geeignete Anordnung der Schächte, eine geeignete Linienführung der Tunnel, eine baubegleitende Vorauserkundung, einen druckwasserhaltenden Ausbau, eine vorgängige geologische Erkundung sowie eine kontinuierliche Bauwerksüberwachung und einen laufenden Unterhalt wird ein extremer Wassereinbruch als sehr unwahrscheinlich eingeschätzt.
- Rückholung eines Teils der Endlagerbehälter nach Verschluss der Lagerkammern.
  - Gemäss Verfügung zum Entsorgungsprogramm 2016 muss die Nagra zusammen mit dem Baugesuch für ein geologisches Tiefenlager dem Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation einen Bericht einreichen, in dem die Kosten für die Rückholung der Abfälle während der Beobachtungsphase sowie die Kosten für die Rückholung nach dem Verschluss geschätzt werden. In beiden Fällen sind auch die Kosten für die Verbringung dieser Abfälle in ein Zwischenlager abzuschätzen.
  - Aufgrund der sehr umfangreichen Abklärungen vor Beginn der Einlagerung und der zahlreichen externen Überprüfungen im Rahmen der Bewilligungen wird diese Gefahr als sehr unwahrscheinlich eingeschätzt.

Chancen

- Unterschiedliche Einlagerungskonzepte, einschliesslich der Auslegung der technischen Barrieren, die eine weitere Reduktion des ökologischen Einflusses oder des Platzbedarfs ermöglichen, können erst berücksichtigt werden, wenn deren Reife eine Quantifizierung erlaubt

- Sämtliche Chancen, deren Beiträge sich erst mit der Detaillierung des Vorhabens zeigen, werden derzeit nicht berücksichtigt. Dies betrifft zum Beispiel die Verwendung von Automatisierungskonzepten, Alternativen bei den verwendeten Materialien und Optimierungen in der Logistik.

5.8 Genereller Sicherheitszuschlag

Die Vorgaben der Verwaltungskommission zum generellen Sicherheitszuschlag sind in Abschnitt 3.2.1 erwähnt.

In der Kostenstudie 2026 wird ein genereller Sicherheitszuschlag von 12.5 Prozent auf die Basiskosten berücksichtigt. Zusammen mit den Kostenzuschlägen für Prognoseungenauigkeiten und Gefahren sowie den Kostenabzügen für Chancen ergeben sich daraus die Gesamtkosten, wie in Abbildung 3 dargestellt. 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.

Der Zuschlag wurde analog der eingereichten Kostenstudie 2021 festgelegt. Die Methodik für die Kostenschätzung, das heisst die Kostenstrukturen und die Kostengliederung, wurde gegenüber der Kostenstudie 2016 und Kostenstudie 2021 nicht verändert, was eine Vergleichbarkeit der Zuschlagsniveaus gewährleistet. Somit entspricht auch das Toleranzniveau gegenüber allfälligen Kostenüberschreitungen demjenigen, das für die eingereichte Kostenstudie 2021 zugrunde gelegt worden ist. Es haben sich zwischen den Abgabeterminen für die beiden Kostenstudien 2021 und 2026 keine Erkenntnisse ergeben, die für eine abweichende Festlegung des generellen Sicherheitszuschlags sprechen.

5.9 Kosten der Stilllegungsabfälle

Eine Teilmenge des Abfallmengengerüstes wird gemäss Abschnitt 1.7 als Stilllegungsabfälle charakterisiert. Die Kosten der Einlagerung dieser Abfälle werden über den Stilllegungsfonds finanziert. In diesem Bericht sind, wie in den entsprechenden Kostentabellen vermerkt, die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten. Sie liegen bei rund 83 Millionen Franken für die Gesamtkosten des KS26-Basisprojekts im Basisszenario und bei rund 138 Millionen Franken für die Gesamtkosten der KS26-Perspektive in Szenario 2. Dieser Unterschied kommt dadurch zustande, dass die spezifisch der Abfallmenge zuteilbaren Lagerkosten in der KS26-Perspektive höher sind als beim KS26-Basisprojekt. Die KS26-Perspektive geht von einer Wiederverwendung von Tunnelabschnitten zur Einlagerung von SMA aus, die zuvor für die logistischen Prozesse verwendet werden. Dadurch weisen die entsprechenden Profile mehr Leerraum pro Tunnelmeter als beim KS26-Basisprojekt auf. Die Gesamtkosten der KS26-Perspektive sind dennoch dank der Wiederverwendung tiefer als bei der spezifischen Erstellung von Lagerteilen zur Einlagerung im KS26-Basisprojekt.

5.10 Qualitatives Szenario «70 Jahre»

Von der Verwaltungskommission wird eine qualitative Aussage zu den Kosten bei einer 70-jährigen Betriebsdauer der Kernkraftwerke Gösgen und Leibstadt, einer 63-jährigen Betriebsdauer des Kernkraftwerks Beznau und einer 47-jährigen Betriebsdauer des Kernkraftwerks Mühleberg erwartet. Ausgehend von Szenario 2 und den dazugehörigen Kostenermittlungen in Anhang A.1 hat ein längerer Betrieb der Kraftwerke direkten Einfluss auf die Menge der SMA (rund 5 Prozent mehr) und der Brennelemente (rund 20 Prozent mehr). Für die geologische Tiefenlagerung ergeben sich dadurch Gesamtkosten, die rund 2 Prozent höher als in Szenario 2 liegen. Dies gilt sowohl für die Projektausführung KS26-Basisprojekt als auch für die Projektausführung KS26-Perspektive.

5.11 Gesamtkosten

Die Gesamtkosten bilden die Grundlage für die Kostenverteilung auf die Entsorgungspflichtigen.

5.11.1 Überblick

Tabelle 14 zeigt einen Überblick der Kosten für das geologische Tiefenlager mit anteiliger Gewichtung der beiden Projektausführungen KS26-Basisprojekt und KS26-Perspektive. Weiter zeigt Tabelle 14 den Ansatz der entsorgungspflichtigen Betreiber, wie die beiden Kostenermittlungen zu berücksichtigen sind.

Die 20 Prozent Gewichtung der KS26-Perspektive wird dadurch motiviert, dass die Projektreife noch nicht den Stand des KS26-Basisprojektes erreicht hat.

Die Berücksichtigung der KS26-Perspektive mit einer Gewichtung von 20 Prozent führt zu einer Reduktion der zukünftigen Kosten um rund 2 Prozent gegenüber den Kosten des KS26-Basisprojektes.

Tabelle 14: Gesamtkosten für das Vorhaben geologisches Tiefenlager unter anteiliger Berücksichtigung der Gesamtkosten des KS26-Basisprojektes und der KS26-Perspektive.

	KS26-Basisprojekt		KS26-Perspektive		KS26-Basisprojekt mit 20 % Chance KS26-Perspektive	
Aufgelaufene Kosten		**2'050**		**2'050**		**2'050**
Ausgangskosten		6'160		5'451		6'018
Kosten zur Risikominderung		243		245		243
Basiskosten		**6'402**		**5'696**		**6'261**
Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten	19.4%	1'243	22.4%	1'278	20.0%	1'250
Zuschläge für Gefahren	19.4%	1'245	21.0%	1'197	19.8%	1'235
Abzüge für Chance	-1.0%	-65	-0.9%	-53	-1.0%	-62
Genereller Sicherheitszuschlag	12.5%	800	12.5%	712	12.5%	783
Total Zuschläge auf Basiskosten	50.3%	**3'223**	55.0%	**3'134**	51.3%	**3'206**
Abgeltungen und Kompensationen (separat)		**400**		**400**		**400**
Gesamtkosten		**12'076**		**11'279**		**11'916**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
KS26: Kostenstudie 2026.
KS26-Basisprojekt: Dargestellt ist eine 60-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
KS26-Perspektive: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Die KS26-Perspektive verursacht Mehrkosten ausserhalb der Kostenstruktur der geologischen Tiefenlagerung von rund 237 Mio. CHF (Gesamtkosten), welche in den obigen Werten nicht enthalten sind.
Die hier ausgewiesenen Abgeltungen sind als modellhafte Berücksichtigung der Kostenposition (Basiskosten mit 0 % Zuschläge) zu verstehen, ohne präjudizierende Wirkung auf die laufenden Verhandlungen.

5.11.2 Gesamtkosten der KS26-Perspektive

Die KS26-Perspektive wurde nach der Einreichung der Rahmenbewilligungsgesuche im Jahr 2024 massgeblich weiterentwickelt. Eine Abstimmung mit den Rahmenbedingungen des Berichts zur Ermittlung der Entsorgungskosten für Zwischenlagerung, Transporte, Behälter und Wiederaufarbeitung [4] war deshalb innerhalb der verfügbaren Zeit nicht möglich. Die hier dargestellte Kostenermittlung der KS26-Perspektive deckt den Leistungsumfang der geologischen Tiefenlagerung gemäss der in Abschnitt 3.1 beschriebenen Kostenstruktur ab.

Bei einer späteren Integration der zeitlichen und inhaltlichen Rahmenbedingungen der KS26-Perspektive in die Kostenermittlung für Zwischenlagerung, Transporte, Behälter und Wiederaufarbeitung sind folgende Punkte zu beachten:

- Mehrkosten der SMA-Zwischenlagerung im zentralen Zwischenlager Würenlingen und im ZWIBEZ, weil in der KS26-Perspektive der Einlagerungsstart von SMA rund elf Jahre später ist als im KS26-Basisprojekt.

- Die Unterschiede in den Transportkosten (unter Berücksichtigung von Anzahl Behälter, Gewichte und Kostenzuordnung) sowie die Unterschiede in der Nutzung der Verpackungsanlagen werden als kostenneutral eingeschätzt.

Damit verursacht die KS26-Perspektive Mehrkosten (Gesamtkosten) ausserhalb der Kostenstruktur der geologischen Tiefenlagerung von rund 237 Millionen Schweizer Franken. Diese Kosten sind als Fussnoten in den Tabellen erwähnt, in denen die Gesamtkosten der KS26-Perspektive aufgeführt sind.

5.11.3 Vergleich der Kostenstudie 2026 mit der Kostenstudie 2021

Tabelle 15 zeigt einen Vergleich der Gesamtkosten gemäss Kostenstudie 2026 mit den Gesamtkosten gemäss Kostenstudie 2021, wofür die verfügten Kosten abgebildet sind. Die Berechnungen werden jeweils zur Preisbasis des Jahres der Kostenermittlung durchgeführt. Für den direkten Vergleich werden die in der Kostenstudie 2021 verfügten Kosten mit der Preisbasisanpassung aufgrund der Inflation gemäss Landesindex der Konsumentenpreise (LIK) und gemäss dem Baupreisindex (BAP) gezeigt.

Tabelle 15: Vergleich der Gesamtkosten der Kostenstudie 2026 und Kostenstudie 2021 für das KS26-Basisprojekt, für die KS26-Perspektive und für die anteilige Gewichtung der beiden Projektausführungen.

	Verfügte Kosten KS21 PB26 (LIK)	Verfügte Kosten KS21 PB26 (BAP)	KS26-Basisprojekt	KS26-Perspektive	KS26-Basisprojekt mit 20 % Chance KS26-Perspektive
Aufgelaufene Kosten	1'701	1'701	2'050	2'050	2'050
Zukünftige Kosten ab 2026	10'235	11'093	10'026	9'230	9'866
Gesamtkosten	**11'936**	**12'794**	**12'076**	**11'279**	**11'916**
Kostenänderung im Vergleich zu KS21 (LIK) [Absolut]			139	-657	-20
Kostenänderung im Vergleich zu KS21 (LIK) [%]			1.2%	-5.5%	-0.2%
Kostenänderung im Vergleich zu KS21 (BAP) [Absolut]			-718	-1514	-878
Kostenänderung im Vergleich zu KS21 (BAP) [%]			-5.6%	-11.8%	-6.9%

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
KS26: Kostenstudie 2026, KS21: Kostenstudie 2021, PB26: Preisbasis 2026.
KS26-Basisprojekt: Dargestellt ist eine 60-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
KS26-Perspektive: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Die KS26-Perspektive verursacht Mehrkosten ausserhalb der Kostenstruktur der geologischen Tiefenlagerung von rund 237 Mio. CHF (Gesamtkosten), welche in den obigen Werten nicht enthalten sind.
Die Vergleichsbasis der KS21 entspricht den durch den STENFO verfügten KS21-Zahlen einschliesslich des generellen Sicherheitszuschlags von 17.5 % und der Kombilager-Variante mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 %. Die KKW-Laufzeiten sind: KKB: 60 Jahre, KKM: 47 Jahre, KKL und KKG: 50 Jahre.
Die Preisbasisanpassung der KS21 erfolgt sowohl aufgrund der Teuerung nach dem LIK (Landesindex der Konsumentenpreise) als auch des BAP (Baupreisindex)

Die Gesamtkosten der vorgeschlagenen Gewichtung der beschriebenen Projektausführungen liegen bei Verwendung des LIK zur Preisbasisanpassung etwa auf dem Niveau der verfügten Kosten der Kostenstudie 2021. Bei Verwendung des BAP liegen die Gesamtkosten rund 7 Prozent darunter.

Die Unterschiede in den Kosten zwischen Kostenstudie 2021 und Kostenstudie 2026 sind auf eine Vielzahl von Faktoren zurückzuführen. Die wichtigsten werden nachfolgend aufgeführt.

- Die Kostenstudie 2021 beruhte auf einer Realisierung des Vorhabens geologische Tiefenlagerung am Standort Zürich Nordost mit einer geringeren Tiefenlage als am Standort Haberstal.
- Die Lage der Lagerfelder wurde an den ausgewählten Standort angepasst.

- Der untertägige zentrale Bereich wurde bezüglich der Tunnelüberschneidungen und des Lüftungskonzepts verbessert.
- Die Lagerarchitektur und die Anzahl HAA-Endlagerbehälter sind optimiert worden.
- Die Oberflächeninfrastruktur des Vorhabens wurde für die Erstellung des Rahmenbewilligungsgesuchs und für die Kostenstudie 2026 aktualisiert.
- Die Brennelementverpackungsanlage wird in der Kostenstudie 2026 am Standort Zwilag in Würenlingen berücksichtigt; dadurch verändern sich die Investitions-, Betriebs- und Transportkosten gegenüber der Kostenstudie 2021.
- Zudem wurden verschiedene Projektoptimierungen an den Projektausführungen des KS26-Basisprojektes und der KS26-Perspektive im Vergleich zur Kostenstudie 2021 berücksichtigt, die den aktuellen Planungsstand widerspiegeln. Dies sind im Wesentlichen:
  - Die Kostenermittlungen der Endlagerbehälter für HAA sind mit Hilfe der internationalen Vernetzung mit Schwesterorganisationen auf aktuelle Werte gebracht worden.
  - Das Verschlusskonzept wurde weiterentwickelt und aktualisiert, insbesondere hinsichtlich der im Kostenmodell berücksichtigten Materialien für Verfüllung und Versiegelung.
  - Die Projektentwicklung setzt bezüglich Prozesse und Werkzeuge seit 2021 stärker auf Digitalisierung.

Die Abgeltungen und Kompensationen, die in der Kostenstudie 2021 als Gefahr abgebildet waren, sind in der Kostenstudie 2026 als separate Kostenposition aufgeführt. Eine gesetzliche Verpflichtung zur Zahlung von Abgeltungen und Kompensationen besteht nicht. Die Verhandlungen zwischen der Branche und den betroffenen Standorten sind im Gange. Der in der Kostenstudie berücksichtigte Betrag stellt kein Präjudiz für die Höhe allfälliger Abgeltungen und Kompensationen und kein Angebot der Entsorgungspflichtigen dar.

5.11.4 Aufteilung der Gesamtkosten auf die Entsorgungspflichtigen

Für die Aufteilung der Gesamtkosten des geologischen Tiefenlagers auf die Entsorgungspflichtigen werden Kostenverteilschlüssel verwendet, welche die Struktur der Kosten berücksichtigen. Dabei wird zwischen Fixkosten und variablen Kosten unterschieden. Die variablen Kosten sind direkt den Entsorgungspflichtigen zuweisbar und von diesen zu tragen.

Die Ermittlung des Bundesanteils an den Fixkosten für den SMA- und den HAA-Abfallstrom basiert wie bei der Kostenstudie 2021 auf einem Kostenschlüssel, der das Volumen und die Radiotoxizität der Abfälle der Entsorgungspflichtigen berücksichtigt. Für die Festlegung des Bundesanteils an den Fixkosten werden die gleichen Berechnungsannahmen verwendet wie in der Kostenstudie 2021, jedoch unter Berücksichtigung des aktualisierten Inventars der radioaktiven Abfälle. Die durch die verschiedenen Entsorgungspflichtigen zu tragenden Anteile an den zukünftigen Fixkosten sind in Tabelle 16 aufgeführt. Diese Schlüssel wurden auf Basis der getroffenen Vereinbarungen zwischen Bund und KKW sowie zwischen den KKW-Betreibern untereinander ermittelt. Bei der Berechnung der Schlüssel werden bei den Abfallvolumina auch die Stilllegungsabfälle berücksichtigt.

Tabelle 16: Durch die Entsorgungspflichtigen zu tragende Anteile an den zukünftigen Fixkosten des Tiefenlagers, aufgeteilt nach Abfallstrom.

KKW-Betrieb Basisszenario

Bundes-Beteiligung	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW	Bund	Total	Anzuwenden auf:
mit	24.6053%	10.2794%	29.9204%	34.8945%	99.6996%	0.3004%	100.0000%	Fixkosten BE/HAA
ohne	*24.6794%*	*10.3104%*	*30.0106%*	*34.9996%*	*100.0000%*			
mit	20.7149%	11.8893%	17.9718%	29.3040%	79.8800%	20.1200%	100.0000%	Fixkosten SMA
ohne	*25.9325%*	*14.8840%*	*22.4985%*	*36.6850%*	*100.0000%*			

Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Die hier verwendeten Kostenverteilschlüssel für die Aufteilung der zukünftigen Fixkosten sind auf Basis der getroffenen Vereinbarungen zwischen Bund und KKW sowie zwischen den KKW-Betreibern untereinander ermittelt worden.
Basisszenario: Dargestellt ist eine 60-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL für KS26-Basisprojekt.
Bei der Berechnung der zu tragenden Fixkosten-Anteile werden bei den Abfallvolumina auch die Stilllegungsabfälle berücksichtigt.

Tabelle 17 zeigt die auf die verschiedenen Entsorgungspflichtigen aufgeteilten Kosten der Kostenstudie 2026. Die anteilige Berücksichtigung der KS26-Perspektive ist aufgeführt. Die Fixkosten für gemeinsam genutzte Anlagenteile wurden zu 40 Prozent dem SMA-Abfallstrom und zu 60 Prozent dem HAA-Abfallstrom zugewiesen.

Die in Tabelle 17 ausgewiesene Unterscheidung zwischen aufgelaufenen und zukünftigen Kosten wird im Mantelbericht [3] erläutert.

Tabelle 17: Gesamtkosten für das geologische Tiefenlager und Vergleich mit den Gesamtkosten der Kostenstudie 2021 inklusive Aufteilung auf die Entsorgungspflichtigen für die beiden Projektausführungen KS26-Basisprojekt und KS26-Perspektive sowie anteiliger Berücksichtigung derselben.

Kosten des geologischen Tiefenlagers	KKB	KKM	KKG	KKL	Bund	Total
Gesamtkosten KS26-Basisprojekt	**2'846**	**1'272**	**3'079**	**3'961**	**915**	**12'076**
Zukünftige Gesamtkosten ab 2026	2'411	1'063	2'522	3'289	739	10'026
Aufgelaufene Kosten bis 2025	435	209	557	672	176	2'050
Gesamtkosten KS26-Perspektive	**2'491**	**1'155**	**2'930**	**3'786**	**915**	**11'279**
Zukünftige Gesamtkosten ab 2026	2'055	946	2'373	3'114	739	9'230
Aufgelaufene Kosten bis 2025	435	209	557	672	176	2'050
Gesamtkosten KS26-Basisprojekt mit 20 % Chance KS26-Perspektive	**2'775**	**1'249**	**3'049**	**3'926**	**915**	**11'916**
Zukünftige Gesamtkosten ab 2026	2'340	1'039	2'492	3'254	739	9'867
Aufgelaufene Kosten bis 2025	435	209	557	672	176	2'050
Verfügte Kosten KS21 PB21	**2'473**	**1'185**	**2'918**	**3'741**	**958**	**11'274**
Zukünftige Kosten ab 2021	2'111	1'013	2'451	3'186	812	9'573
Aufgelaufene Kosten bis 2020	362	172	467	555	145	1'701
Verfügte Kosten KS21 PB26 gemäss LIK	**2'619**	**1'255**	**3'087**	**3'962**	**1'014**	**11'937**
Zukünftige Kosten ab 2021	2'257	1'083	2'620	3'407	869	10'236
Aufgelaufene Kosten bis 2020	362	172	467	555	145	1'701
Verfügte Kosten KS21 PB26 gemäss BAP	**2'808**	**1'345**	**3'307**	**4'247**	**1'087**	**12'794**
Zukünftige Kosten ab 2021	2'447	1'173	2'840	3'692	942	11'093
Aufgelaufene Kosten bis 2020	362	172	467	555	145	1'701
Differenz KS26 – KS21						
Differenz für KS26-Basisprojekt (absolut, PB26 LIK)	**227**	**18**	**-8**	**-1**	**-98**	**139**
Differenz für KS26-Basisprojekt (in % von KS21)	8.7%	1.4%	-0.3%	0.0%	-9.7%	1.2%
Differenz für KS26-Basisprojekt (absolut, PB26 BAP)	**38**	**-73**	**-228**	**-286**	**-171**	**-718**
Differenz für KS26-Basisprojekt (in % von KS21)	1.4%	-5.4%	-6.9%	-6.7%	-15.8%	-5.6%
Differenz für KS26-Perspektive (absolut, PB26 LIK)	**-128**	**-99**	**-157**	**-176**	**-99**	**-657**
Differenz für KS26-Perspektive (in % von KS21)	-4.9%	-7.9%	-5.1%	-4.4%	-9.8%	-5.5%
Differenz für KS26-Perspektive (absolut, PB26 BAP)	**-317**	**-190**	**-377**	**-461**	**-172**	**-1'515**
Differenz für KS26-Perspektive (in % von KS21)	-11.3%	-14.1%	-11.4%	-10.9%	-15.8%	-11.8%
Differenz für KS26-Basisprojekt mit 20 % Chance KS26-Perspektive (absolut, PB26 LIK)	**156**	**-6**	**-38**	**-36**	**-99**	**-20**
Differenz für KS26-Basisprojekt mit 20 % Chance KS26-Perspektive (in % von KS21)	6.0%	-0.5%	-1.2%	-0.9%	-9.7%	-0.2%
Differenz für KS26-Basisprojekt mit 20 % Chance KS26-Perspektive (absolut, PB26 BAP)	**-33**	**-96**	**-258**	**-321**	**-171**	**-878**
Differenz für KS26-Basisprojekt mit 20 % Chance KS26-Perspektive (in % von KS21)	-1.2%	-7.2%	-7.8%	-7.6%	-15.8%	-6.9%

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
KS26: Kostenstudie 2026, KS21: Kostenstudie 2021, PB26: Preisbasis 2026, PB21: Preisbasis 2021. Die PB26 wird sowohl gemäss der Inflation nach dem Landesindex der Konsumentenpreise (LIK), als auch gemäss der Inflation nach dem Baupreisindex (BAP) gezeigt
KS26-Basisprojekt: Dargestellt ist eine 60-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
KS26-Perspektive: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Die KS26-Perspektive verursacht Mehrkosten ausserhalb der Kostenstruktur der geologischen Tiefenlagerung von rund 237 Mio. CHF (Gesamtkosten), welche in den obigen Werten nicht enthalten sind.
Die Vergleichsbasis der KS21 entspricht den durch den STENFO verfügten KS21-Zahlen einschliesslich des generellen Sicherheitszuschlags von 17.5 % und der Kombilager-Variante mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 %. Die KKW-Laufzeiten sind: KKB: 60 Jahre, KKM: 47 Jahre, KKL und KKG: 50 Jahre.

A Anhänge

A.1 Ergänzende Informationen

Nachfolgend sind die kostenrelevanten Daten und Resultate des KS26-Basisprojektes für die KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2 gemäss Tabelle 2, sowie einzelne Daten der KS26-Perspektive aufgeführt. Es sind dies:

- Abfallmengen in Tabellen 18, 19, 20.
- Gesamtkosten in Tabelle 21.
- Ausgangskosten in Tabelle 22.
- Kosten zur Risikominderung in Tabelle 23.
- Basiskosten in Tabelle 24.
- Prognoseungenauigkeiten in Tabelle 25.
- Gefahren in Tabelle 26.
- Chancen in Tabelle 27.
- Kostenverteilschlüssel in Tabelle 28.

Tabelle 18: Abfallmengen des KS26-Basisprojektes für Szenario 1.

Szenario 1 KS26-Basisprojekt		Herkunft							Total
		BE (KKW)	WA (KKW)	BA (KKW)	RA (KKW)	SA (KKW)	MIF	VA	
Kategorie nach KEV	HAA	1'226 [1] (6'835) [3]	114 [2] (375)				11 [5] (23)		1'351 (7'234)
	ATA		99 [2] (433)			25 (25)	141 (477)		265 (935)
	SMA			10'032 [4] (30'774)	338 (952)	23'185 (28'350)	9'523 [6] (14'715) [6]	191 (698)	43'268 (75'490)
	Total	**1'226 (6'835)**	**213 (808)**	**10'032 (30'774)**	**338 (952)**	**23'210 (28'376)**	**9'674 (15'215)**	**191 (698)**	**44'884 (83'659)**

Angaben in m^3. Abweichungen sind rundungsbedingt.
Szenario 1 des KS26-Basisprojektes: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
HAA = Hochaktive Abfälle, ATA = Alphatoxische Abfälle, SMA = Schwach- und mittelaktive Abfälle, BE = abgebrannte Brennelemente,
WA = Wiederaufarbeitungsabfälle, BA = Betriebsabfälle, RA = Reaktorabfälle, SA = Stilllegungsabfälle,
MIF = Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung, VA = Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung der Verpackungsanlagen am Standort Zwilag.

Die Herkunftskategorie VA umfasst Abfälle aus Betrieb und Stilllegung der Verpackungsanlagen am Standort Zwilag. In der Kostenstudie 2021 wurde diese Herkunftskategorie noch als OFA bezeichnet, da die Verpackung der Abfälle damals als Teil der Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers vorgesehen war.

Volumen der angelieferten beziehungsweise konditionierten Abfälle und das in Endlagerbehälter verpackte Volumen in Klammern. Die Angaben sind gegliedert nach Kategorien der Kernenergieverordnung mit zusätzlicher Gliederung nach Herkunft der Abfälle. Abgebrannte Brennelemente (BE) werden vor ihrer Einlagerung in die Lagerstollen des HAA-Lagerteils ohne weitere Behandlung in Endlagerbehälter verpackt. Die Angabe in Klammern ist das verpackte Volumen, wobei wegen der Begrenzung der maximal zulässigen Wärmeleistung der Behälter teilweise Leerstellen zu berücksichtigen sind.

[1] Entspricht rund 2'531 Tonnen Uran.
[2] Diese Abfälle resultieren aus der Wiederaufarbeitung von 1'139 Tonnen Uran.
[3] Bei einer vollständigen Beladung der Endlagerbehälter (ohne Berücksichtigung von Leerstellen) würde ein Volumen von 6'831 m^3 resultieren.
[4] Hier sind 1648 m^3 konditionierter Abfall aus der TLB-Entsorgung enthalten, was einem verpackten Volumen von 1904 m^3 entspricht.
[5] Brennelemente des Diorit-Forschungsreaktors und Pressbüchsen aus dem PSI Hotlabor.
[6] Diese Angaben umfassen auch 112 m^3 konditionierten Abfall aus dem CERN, was einem verpackten Volumen von 399 m^3 entspricht.

Tabelle 19: Abfallmengen des KS26-Basisprojektes für Szenario 2.

Szenario 2 KS26-Basisprojekt		Herkunft							Total
		BE (KKW)	WA (KKW)	BA (KKW)	RA (KKW)	SA (KKW)	MIF	VA	
Kategorie nach KEV	HAA	1'414 [1] (7'768) [3]	114 [2] (375)				11 [5] (24)		1'539 (8'168)
	ATA		99 [2] (433)			25 (25)	165 (581)		289 (1'039)
	SMA			10'874 [4] (33'080)	349 (991)	23'185 (28'350)	9'534 [6] (14'766) [6]	194 (709)	44'136 (77'896)
	Total	**1'414** **(7'768)**	**213** **(808)**	**10'874** **(33'080)**	**349** **(991)**	**23'210** **(28'376)**	**9'710** **(15'371)**	**194** **(709)**	**45'964** **(87'103)**

Angaben in m^3. Abweichungen sind rundungsbedingt.
Szenario 2 des KS26-Basisprojektes: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
HAA = Hochaktive Abfälle, ATA = Alphatoxische Abfälle, SMA = Schwach- und mittelaktive Abfälle, BE = abgebrannte Brennelemente,
WA = Wiederaufarbeitungsabfälle, BA = Betriebsabfälle, RA = Reaktorabfälle, SA = Stilllegungsabfälle,
MIF = Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung, VA = Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung der Verpackungsanlagen am Standort Zwilag.

Die Herkunftskategorie VA umfasst Abfälle aus Betrieb und Stilllegung der Verpackungsanlagen am Standort Zwilag. In der Kostenstudie 2021 wurde diese Herkunftskategorie noch als OFA bezeichnet, da die Verpackung der Abfälle damals als Teil der Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers vorgesehen war.

Volumen der angelieferten beziehungsweise konditionierten Abfälle und das in Endlagerbehälter verpackte Volumen in Klammern. Die Angaben sind gegliedert nach Kategorien der Kernenergieverordnung mit zusätzlicher Gliederung nach Herkunft der Abfälle. Abgebrannte Brennelemente (BE) werden vor ihrer Einlagerung in die Lagerstollen des HAA-Lagerteils ohne weitere Behandlung in Endlagerbehälter verpackt. Die Angabe in Klammern ist das verpackte Volumen, wobei wegen der Begrenzung der maximal zulässigen Wärmeleistung der Behälter teilweise Leerstellen zu berücksichtigen sind.

[1] Entspricht rund 2'909 Tonnen Uran.
[2] Diese Abfälle resultieren aus der Wiederaufarbeitung von 1'139 Tonnen Uran.
[3] Bei einer vollständigen Beladung der Endlagerbehälter (ohne Berücksichtigung von Leerstellen) würde ein Volumen von 7'750 m^3 resultieren.
[4] Hier sind 1'820 m^3 konditionierter Abfall aus der TLB-Entsorgung enthalten, was einem verpackten Volumen von 2'106 m^3 entspricht.
[5] Brennelemente des Diorit-Forschungsreaktors und Pressbüchsen aus dem PSI Hotlabor.
[6] Diese Angaben umfassen auch 114 m^3 konditionierten Abfall aus dem CERN, was einem verpackten Volumen von 407 m^3 entspricht.

Tabelle 20: Abfallmengen der KS26-Perspektive für Szenario 2.

Szenario 2 KS26-Perspektive		Herkunft							Total
		BE (KKW)	WA (KKW)	BA (KKW)	RA (KKW)	SA (KKW)	MIF	VA	
Kategorie nach KEV	HAA	1'414 [1] (7'693) [3]	114 [2] (375)				14 [5] (24)		1'542 (8'092)
	ATA		99 [2] (433)			25 (25)	165 (581)		289 (1'039)
	SMA			10'874 [4] (33'080)	349 (991)	23'185 (28'350)	9'534 [6] (14'766) [6]	194 (709)	44'136 (77'896)
	Total	**1'414** **(7'693)**	**213** **(808)**	**10'874** **(33'080)**	**349** **(991)**	**23'210** **(28'376)**	**9'713** **(15'370)**	**194** **(709)**	**45'966** **(87'027)**

Angaben in m^3. Abweichungen sind rundungsbedingt.
Szenario 2 der KS26-Perspektive: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
HAA = Hochaktive Abfälle, ATA = Alphatoxische Abfälle, SMA = Schwach- und mittelaktive Abfälle, BE = abgebrannte Brennelemente,
WA = Wiederaufarbeitungsabfälle, BA = Betriebsabfälle, RA = Reaktorabfälle, SA = Stilllegungsabfälle,
MIF = Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung, VA = Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung der Verpackungsanlagen am Standort Zwilag.

Die Herkunftskategorie VA umfasst Abfälle aus Betrieb und Stilllegung der Verpackungsanlagen am Standort Zwilag. In der Kostenstudie 2021 wurde diese Herkunftskategorie noch als OFA bezeichnet, da die Verpackung der Abfälle damals als Teil der Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers vorgesehen war.

Volumen der angelieferten beziehungsweise konditionierten Abfälle und das in Endlagerbehälter verpackte Volumen in Klammern. Die Angaben sind gegliedert nach Kategorien der Kernenergieverordnung mit zusätzlicher Gliederung nach Herkunft der Abfälle. Abgebrannte Brennelemente (BE) werden vor ihrer Einlagerung in die Lagerstollen des HAA-Lagerteils ohne weitere Behandlung in Endlagerbehälter verpackt. Die Angabe in Klammern ist das verpackte Volumen, wobei wegen der Begrenzung der maximal zulässigen Wärmeleistung der Behälter teilweise Leerstellen zu berücksichtigen sind.

[1] Entspricht rund 2'909 Tonnen Uran.
[2] Diese Abfälle resultieren aus der Wiederaufarbeitung von 1'139 Tonnen Uran.
[3] Bei einer vollständigen Beladung der Endlagerbehälter (ohne Berücksichtigung von Leerstellen) würde ein Volumen von 6'265 m^3 resultieren.
[4] Hier sind 1'820 m^3 konditionierter Abfall aus der TLB-Entsorgung enthalten, was einem verpackten Volumen von 2'106 m^3 entspricht.
[5] Brennelemente des Diorit-Forschungsreaktors und Pressbüchsen aus dem PSI Hotlabor.
[6] Diese Angaben umfassen auch 114 m^3 konditionierten Abfall aus dem CERN, was einem verpackten Volumen von 407 m^3 entspricht.

Tabelle 21: Gesamtkosten für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt für die KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2.

	KS26-Basisprojekt *Szenario 1*		**KS26-Basisprojekt** *Szenario 2*	
Aufgelaufene Kosten		**2'050**		**2'050**
Ausgangskosten		6'166		6'281
Kosten zur Risikominderung		243		246
Basiskosten		**6'409**		**6'526**
Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten [a)]	19.4%	1'245	19.4%	1'269
Zuschläge für Gefahren [a)]	19.5%	1'247	19.5%	1'272
Abzüge für Chance [a)]	-1.0%	-65	-1.0%	-68
Genereller Sicherheitszuschlag [a)]	12.5%	801	12.5%	816
Total Zuschläge auf Basiskosten [a)]	50.4%	**3'228**	50.4%	**3'288**
Abgeltungen und Kompensationen (separat)		**400**		**400**
Gesamtkosten		**12'087**		**12'264**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Szenario 1: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
Szenario 2: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
Die hier ausgewiesenen Abgeltungen sind als modellhafte Berücksichtigung der Kostenposition zu verstehen, ohne präjudizierende Wirkung auf die laufenden Verhandlungen.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.

[a)] In Prozent der Basiskosten

Tabelle 22: Ausgangskosten für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt für die KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2.

Hauptaktivitäten / Objektgruppen	Ausgangskosten KS26-Basisprojekt Szenario 1		Ausgangskosten KS26-Basisprojekt Szenario 2	
Erdwissenschaftliche Arbeiten	6%	369	6%	371
Sicherheit und Systemanalysen	2%	113	2%	114
Radioaktive Materialien	2%	95	2%	97
Anlagenplanung und –bau	40%	2'450	39%	2'472
Oberflächeninfrastruktur		*761*		*761*
Zugang nach Untertag		*562*		*562*
Bauwerke auf Lagerebene		*895*		*916*
Andere		*232*		*234*
Anlagenbetrieb	21%	1'298	22%	1'364
Oberflächeninfrastruktur		*514*		*555*
Zugang nach Untertag		*61*		*62*
Bauwerke auf Lagerebene		*134*		*142*
Andere		*589*		*606*
Forschung und Entwicklung	3%	207	3%	208
Stilllegung, Rückbau und Verschluss	5%	329	5%	331
Oberflächeninfrastruktur		*133*		*133*
Zugang nach Untertag		*102*		*102*
Bauwerke auf Lagerebene		*84*		*86*
Andere		*10*		*10*
Allgemeine Kosten	16%	1'013	16%	1'031
Behördentätigkeit, Gebühren	5%	292	5%	292
Total Ausgangskosten	**100%**	**6'166**	**100%**	**6'281**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Szenario 1: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
Szenario 2: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Ausgangskosten für Objektgruppen in kursiver Schrift.

Tabelle 23: Kosten zur Risikominderung für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt für die KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2.

Hauptaktivitäten / Objektgruppen	**Kosten zur Risikominderung**			
	KS26-Basisprojekt *Szenario 1*		**KS26-Basisprojekt** *Szenario 2*	
Erdwissenschaftliche Arbeiten	21%	52	21%	52
Sicherheit und Systemanalysen	3%	7	3%	7
Radioaktive Materialien	3%	7	3%	7
Anlagenplanung und –bau	17%	42	17%	42
Oberflächeninfrastruktur		*34*		*34*
Zugang nach Untertag		*0*		*0*
Bauwerke auf Lagerebene		*8*		*8*
Andere		*0*		*0*
Anlagenbetrieb	5%	11	5%	11
Oberflächeninfrastruktur		*8*		*8*
Zugang nach Untertag		*0*		*0*
Bauwerke auf Lagerebene		*3*		*3*
Andere		*0*		*0*
Forschung und Entwicklung	6%	14	6%	14
Stilllegung, Rückbau und Verschluss	0%	0	0%	0
Oberflächeninfrastruktur		*0*		*0*
Zugang nach Untertag		*0*		*0*
Bauwerke auf Lagerebene		*0*		*0*
Andere		*0*		*0*
Allgemeine Kosten	45%	110	46%	112
Behördentätigkeit, Gebühren	0%	0	0%	0
Total Kosten zur Risikominderung	**100%**	**243**	**100%**	**246**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Szenario 1: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
Szenario 2: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Kosten zur Risikominderung für Objektgruppen in kursiver Schrift.

Tabelle 24: Basiskosten für das Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt für die KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2.

Hauptaktivitäten / Objektgruppen	Basiskosten KS26-Basisprojekt Szenario 1		KS26-Basisprojekt Szenario 2	
Erdwissenschaftliche Arbeiten	7%	421	6%	424
Sicherheit und Systemanalysen	2%	120	2%	121
Radioaktive Materialien	2%	102	2%	104
Anlagenplanung und –bau	39%	2'492	39%	2'514
Oberflächeninfrastruktur		*795*		*795*
Zugang nach Untertag		*562*		*562*
Bauwerke auf Lagerebene		*902*		*923*
Andere		*232*		*234*
Anlagenbetrieb	20%	1'310	21%	1'376
Oberflächeninfrastruktur		*522*		*563*
Zugang nach Untertag		*61*		*62*
Bauwerke auf Lagerebene		*138*		*145*
Andere		*589*		*606*
Forschung und Entwicklung	3%	221	3%	222
Stilllegung, Rückbau und Verschluss	5%	329	5%	331
Oberflächeninfrastruktur		*133*		*133*
Zugang nach Untertag		*102*		*102*
Bauwerke auf Lagerebene		*84*		*86*
Andere		*10*		*10*
Allgemeine Kosten	18%	1'123	18%	1'143
Behördentätigkeit, Gebühren	5%	292	4%	292
Total Basiskosten	**100%**	**6'409**	**100%**	**6'526**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Szenario 1: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
Szenario 2: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Basiskosten für Objektgruppen in kursiver Schrift.

Tabelle 25: Kostenzuschläge für Prognoseungenauigkeiten beim Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt in den KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2.

Hauptaktivitäten / Objektgruppen	**Prognoseungenauigkeiten**			
	KS26-Basisprojekt *Szenario 1*		**KS26-Basisprojekt** *Szenario 2*	
Erdwissenschaftliche Arbeiten	7%	93	7%	93
Sicherheit und Systemanalysen	1%	17	1%	17
Radioaktive Materialien	1%	12	1%	12
Anlagenplanung und –bau	47%	588	47%	594
Oberflächeninfrastruktur		*162*		*162*
Zugang nach Untertag		*156*		*156*
Bauwerke auf Lagerebene		*247*		*253*
Andere		*24*		*24*
Anlagenbetrieb	17%	209	18%	224
Oberflächeninfrastruktur		*107*		*118*
Zugang nach Untertag		*7*		*7*
Bauwerke auf Lagerebene		*27*		*29*
Andere		*68*		*70*
Forschung und Entwicklung	5%	57	5%	57
Stilllegung, Rückbau und Verschluss	6%	72	6%	73
Oberflächeninfrastruktur		*19*		*19*
Zugang nach Untertag		*29*		*29*
Bauwerke auf Lagerebene		*23*		*24*
Andere		*1*		*1*
Allgemeine Kosten	11%	140	11%	142
Behördentätigkeit, Gebühren	5%	56	4%	56
Total Prognoseungenauigkeiten	**100%**	**1'245**	**100%**	**1'269**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Szenario 1: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
Szenario 2: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Prognoseungenauigkeiten für Objektgruppen in kursiver Schrift.

Tabelle 26: Kostenzuschläge für Gefahren beim Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt in den KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2.

Hauptaktivitäten / Objektgruppen	**Gefahren**			
	KS26-Basisprojekt *Szenario 1*		**KS26-Basisprojekt** *Szenario 2*	
Erdwissenschaftliche Arbeiten	0%	2	0%	2
Sicherheit und Systemanalysen	0%	0	0%	0
Radioaktive Materialien	0%	0	0%	0
Anlagenplanung und –bau	39%	484	38%	488
Oberflächeninfrastruktur		*44*		*44*
Zugang nach Untertag		*99*		*99*
Bauwerke auf Lagerebene		*93*		*95*
Andere		*247*		*250*
Anlagenbetrieb	18%	220	19%	239
Oberflächeninfrastruktur		*157*		*175*
Zugang nach Untertag		*2*		*2*
Bauwerke auf Lagerebene		*9*		*9*
Andere		*51*		*53*
Forschung und Entwicklung	1%	17	1%	17
Stilllegung, Rückbau und Verschluss	6%	71	6%	72
Oberflächeninfrastruktur		*3*		*3*
Zugang nach Untertag		*13*		*13*
Bauwerke auf Lagerebene		*36*		*36*
Andere		*19*		*20*
Allgemeine Kosten	35%	438	34%	438
Behördentätigkeit, Gebühren	1%	16	1%	16
Total Gefahren	**100%**	**1'247**	**100%**	**1'272**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Szenario 1: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
Szenario 2: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Gefahren für Objektgruppen in kursiver Schrift.

Tabelle 27: Kostenabzüge für Chancen beim Vorhaben geologisches Tiefenlager für das KS26-Basisprojekt in den KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2.

Hauptaktivitäten / Objektgruppen	Chancen			
	KS26-Basisprojekt	*Szenario 1*	KS26-Basisprojekt	*Szenario 2*
Erdwissenschaftliche Arbeiten	0%	0	0%	0
Sicherheit und Systemanalysen	0%	0	0%	0
Radioaktive Materialien	0%	0	0%	0
Anlagenplanung und –bau	58%	-38	56%	-38
Oberflächeninfrastruktur		*-8*		*-8*
Zugang nach Untertag		*0*		*0*
Bauwerke auf Lagerebene		*0*		*0*
Andere		*-30*		*-30*
Anlagenbetrieb	35%	-23	38%	-26
Oberflächeninfrastruktur		*-23*		*-26*
Zugang nach Untertag		*0*		*0*
Bauwerke auf Lagerebene		*0*		*0*
Andere		*0*		*0*
Forschung und Entwicklung	2%	-1	2%	-1
Stilllegung, Rückbau und Verschluss	2%	-1	2%	-1
Oberflächeninfrastruktur		*-1*		*-1*
Zugang nach Untertag		*0*		*0*
Bauwerke auf Lagerebene		*0*		*0*
Andere		*0*		*0*
Allgemeine Kosten	3%	-2	3%	-2
Behördentätigkeit, Gebühren	0%	0	0%	0
Total Chancen	**100%**	**-65**	**100%**	**-68**

Angaben in Millionen Franken, Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Szenario 1: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
Szenario 2: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL.
In den Zahlen sind die Grenzkosten für die Einlagerung der Stilllegungsabfälle nicht enthalten.
Chancen für Objektgruppen in kursiver Schrift.

Tabelle 28: Durch die Entsorgungspflichtigen zu tragende Anteile an den zukünftigen Fixkosten des Tiefenlagers, aufgeteilt nach Abfallstrom für das KS26-Basisprojekt für die KKW-Laufzeitszenarien 1 und 2 sowie für die KS26-Perspektive für Szenario 2.

KKW-Betrieb Szenario 1

Bundes-Beteiligung	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW	Bund	Total	Anzuwenden auf:
mit	24.9608%	10.2326%	29.7799%	34.7306%	99.7040%	0.2960%	100.0000%	Fixkosten BE/HAA
ohne	*25.0349%*	*10.2630%*	*29.8684%*	*34.8337%*	*100.0000%*			
mit	20.8351%	11.8701%	17.9636%	29.2698%	79.9386%	20.0614%	100.0000%	Fixkosten SMA
ohne	*26.0639%*	*14.8490%*	*22.4717%*	*36.6154%*	*100.0000%*			

KKW-Betrieb Szenario 2

Bundes-Beteiligung	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW	Bund	Total	Anzuwenden auf:
mit	23.3865%	9.6573%	30.7025%	35.9771%	99.7234%	0.2766%	100.0000%	Fixkosten BE/HAA
ohne	*23.4513%*	*9.6841%*	*30.7877%*	*36.0769%*	*100.0000%*			
mit	20.4845%	11.6362%	18.1619%	30.0994%	80.3820%	19.6180%	100.0000%	Fixkosten SMA
ohne	*25.4839%*	*14.4761%*	*22.5945%*	*37.4454%*	*100.0000%*			

KKW-Betrieb Szenario 2 für KS26-Perspektive

Bundes-Beteiligung	KKB	KKM	KKG	KKL	Total KKW	Bund	Total	Anzuwenden auf:
mit	23.3898%	9.6587%	30.7070%	35.9823%	99.7378%	0.2622%	100.0000%	Fixkosten BE/HAA
ohne	*23.4513%*	*9.6841%*	*30.7877%*	*36.0769%*	*100.0000%*			
mit	20.4845%	11.6362%	18.1619%	30.0994%	80.3820%	19.6180%	100.0000%	Fixkosten SMA
ohne	*25.4839%*	*14.4761%*	*22.5945%*	*37.4454%*	*100.0000%*			

Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
Die hier verwendeten Kostenverteilschlüssel für die Aufteilung der zukünftigen Fixkosten sind auf Basis der getroffenen Vereinbarungen zwischen Bund und KKW sowie zwischen den KKW-Betreibern untereinander ermittelt worden.
Szenario 1: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 50-jährige Betriebszeit von KKG und KKL
Szenario 2: Dargestellt ist eine 63-jährige Betriebszeit von KKB, eine 47-jährige Betriebszeit von KKM und eine 60-jährige Betriebszeit von KKG und KKL für KS26-Basisprojekt und für KS26-Perspektive.
Bei der Berechnung der zu tragenden Fixkosten-Anteile werden bei den Abfallvolumina auch die Stilllegungsabfälle berücksichtigt.

A.2 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 – Zwischenlagerung, Transporte, Behälter und Wiederaufarbeitung*. swissnuclear Bericht SN-AN-26.401. swissnuclear, 2026.

[5] *Kostenstudie 2026 (KS26) Ermittlung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen*. swissnuclear Bericht SN-AN-26.400. swissnuclear, 2026.

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

[7] *Entsorgungsprogramm 2026 für die radioaktiven Abfälle der Schweiz*. Nagra Technischer Bericht NTB 26-01. Nagra, Dezember 2026.

[8] *The Nagra Research, Development and Demonstration (RD&D) Plan for the Disposal of Radioactive Waste in Switzerland*. Nagra Technical Report NTB 26-02. Nagra, Dezember 2026.

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

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

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

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

[13] *SR 220 Bundesgesetz betreffend die Ergänzung des Schweizerischen Zivilgesetzbuches (Fünfter Teil: Obligationenrecht) vom 30. März 1911 (Stand am 1. Januar 2025)*.

[14] *International Financial Reporting Standards (IFRS). IFRS Foundation*. URL: `https://www.ifrs.org/` (besucht am 26. März 2026).

[15] *Schweizer Standards für die Rechnungslegung in Unternehmen (Swiss GAAP FER), Fachempfehlung zur Rechnungslegung. Stiftung für Fachempfehlungen zur Rechnungslegung FER*. URL: `https://www.fer.ch/` (besucht am 26. März 2026).

[16] *Sachplan geologische Tiefenlager (SGT): Konzeptteil*. Bundesamt für Energie BFE, 30. November 2011.

[17] *Anlagen- und Betriebskonzept für das geologische Tiefenlager*. Nagra Technischer Bericht NTB 24-11. Nagra, November 2024.

[18] *Bautechnisches Dossier Standortvergleich – Band 3: Bautechnisch relevante Auszüge geologischer Grundlagen Nördlich Lägern*. Nagra Arbeitsbericht NAB 23-01 Band 3. Nagra, Oktober 2023.

A.3 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