

Arbeitsbericht NAB 20-14

**Verpackungsanlage hochaktiver
Abfälle:**

**Vor- und Nachteile verschiedener
Standortvarianten**

Juni 2020

Nagra

Arbeitsbericht NAB 20-14

**Verpackungsanlage hochaktiver
Abfälle:**

**Vor- und Nachteile verschiedener
Standortvarianten**

Juni 2020

Nagra

STICHWÖRTER

Oberflächenanlage, Verpackungsanlage, extern, Standort gTL

Nagra Arbeitsberichte stellen Ergebnisse aus laufenden Aktivitäten dar, welche nicht zwingend einem vollumfänglichen Review unterzogen wurden. Diese Berichtsreihe dient dem Zweck der zügigen Verteilung aktueller Fachinformationen.

“Copyright © 2020 by Nagra, Wettingen (Schweiz) / Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk einschliesslich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ausserhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der Nagra unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Übersetzungen, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen und Programmen, für Mikroverfilmungen, Vervielfältigungen usw.”

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Tabellenverzeichnis.....	II
Figurenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1	Ausgangslage und Zweck des Berichts..... 1
2	Beschreibung der Anlagen und Standortvarianten..... 3
2.1	Beschreibung der Entsorgungskette für abgebrannte Brennelemente (BE) und verglaste hochaktive Abfälle (WA-HAA)..... 3
2.2	Grundsätzliche Prozessschritte der Umverpackung in der BEVA..... 5
2.3	Standortvarianten einer BEVA..... 6
2.3.1	BEVA als Teil der Oberflächenanlage des gTL (Referenzvariante)..... 7
2.3.2	BEVA im Raum ZWILAG..... 8
2.3.3	BEVA am Standort eines Kernkraftwerks..... 9
2.3.4	BEVA beim ZWIBEZ..... 11
2.3.5	BEVA an neuem Standort ("grüne Wiese")..... 11
2.4	Situation im Ausland..... 12
3	Rahmenbedingungen und Annahmen..... 15
3.1	Sicherheit..... 15
3.2	Bautechnische Machbarkeit..... 15
3.3	Formelle und gesetzliche Voraussetzungen..... 15
3.4	Transportgenehmigung..... 15
3.5	Situation der KKW-Areale zum Zeitpunkt des Einlagerungsbetriebs..... 16
3.6	Transporte..... 16
3.7	Umwelt und Raumplanung..... 16
4	Merkmale für den Vergleich der Standortvarianten..... 17
4.1	Transporte von radioaktiven Abfällen..... 17
4.1.1	Beschreibung der Transportketten..... 17
4.1.2	Anzahl Transporte..... 17
4.2	Flächenbedarf..... 19
4.3	Anzahl Standorte mit Kernanlagen..... 21
4.4	Synergiepotenzial..... 22
4.4.1	Bauliche Aspekte..... 22
4.4.2	Betriebliche Aspekte und Personal..... 23
4.4.3	Sicherung und Safeguards..... 24
4.5	Wirtschaftlichkeit / Kosten..... 27

5	Vergleichsmatrix	29
6	Schlussfolgerungen	31
7	Literaturverzeichnis	33

Tabellenverzeichnis

Tab. 4.1-1:	Anzahl nuklearer Transporte über das öffentliche Verkehrsnetz (Konvois à 4 TLB respektive 8 ELB/SOB) pro BEVA-Standortvariante	18
Tab. 4.2-1:	Herleitung des totalen Flächenbedarfs für die Standortvariante BEVA beim gTL anhand der OFI-Vorschläge gemäss NAB 19-08 (Nagra 2019)	20
Tab. 4.2-2:	Herleitung des totalen Flächenbedarfs für die Standortvarianten BEVA im Raum ZWILAG und beim ZWIBEZ anhand der OFI-Vorschläge gemäss NAB 19-08 (Nagra 2019)	20
Tab. 4.2-3:	Flächenbedarf pro BEVA-Standortvariante.....	21
Tab. 4.3-1:	Anzahl Standorte mit Kernanlagen.....	22
Tab. 4.4-1:	Bauliche Aspekte	23
Tab. 4.4-2:	Betriebliche Aspekte und Personal	24
Tab. 4.4-3:	Zusammenfassung der Vor- und Nachteile bezüglich der Sicherheitsaspekte (Sicherheit, Safeguards etc.)	27
Tab. 4.5-1:	Kosten für die verschiedenen Standortvarianten einer BEVA (im Vergleich zur Referenzvariante einer BEVA beim gTL)	28
Tab. 5.1-1:	Übersicht über alle beschriebenen Merkmale und BEVA-Standortvarianten.	29

Figurenverzeichnis

Fig. 1.1-1: Vergleich der Eigenschaften eines Transport- und Lagerbehälters (TLB, links) und eines Endlagerbehälters (ELB, rechts) inklusive entsprechender Beladung und Masse	1
Fig. 2.1-1: Die Entsorgungskette der HAA und die zugehörigen Elemente (modellhaft).....	3
Fig. 2.1-2: Ablaufschema zur Verpackung und Einlagerung der HAA für eine BEVA beim Tiefenlager.....	4
Fig. 2.1-3: Schematische Darstellung eines Transportbehälters für Endlagerbehälter der Schwedischen SKB.....	4
Fig. 2.1-4: Ablaufschema zur Verpackung und Einlagerung der HAA für eine externe BEVA.....	5
Fig. 2.2-1: Schematische Darstellung der Umladezelle einer BEVA (links) und Foto der heissen Zelle des ZWILAG (rechts)	6
Fig. 2.3-1: Übersicht der möglichen Lage der verschiedenen Standortvarianten einer BEVA	7
Fig. 2.3-2: Standortvariante einer BEVA auf der OFA beim gTL mit entsprechenden Transporten der HAA	8
Fig. 2.3-3: Standortvariante einer BEVA im Raum ZWILAG mit entsprechenden Transporten der HAA	9
Fig. 2.3-4: Zeitplan der Laufzeiten der KKW gemäss EP16 (Nagra 2016) und Zeitpunkt der Inbetriebnahme des gTL	10
Fig. 2.3-5: Standortvariante einer BEVA bei einem KKW mit entsprechenden Transporten der HAA	10
Fig. 2.3-6: Standortvariante einer BEVA beim ZWIBEZ mit entsprechenden Transporten der HAA	11
Fig. 2.3-7: Standortvariante einer BEVA an einem neuen Standort ("grüne Wiese").....	12
Fig. 4.2-1: Unterschiedliche Anordnung der Oberflächeninfrastruktur (OFI) je nach Vorschlag mit oder ohne BEVA vor Ort (als Beispiel Vorschlag 3, NL-6 mit BEVA, verglichen mit Vorschlag 4, NL-6-o ohne BEVA im Standortgebiet Nördlich Lägern).....	19
Fig. 4.4-1: Darstellung der Sicherungsareale für Standortvarianten der BEVA beim gTL mit drei Sicherungsperimetern.....	25
Fig. 4.4-2: Darstellung der Sicherungsareale für Standortvarianten der BEVA im Raum ZWILAG.....	26
Fig. 4.4-3: Darstellung der Sicherungsareale für die Standortvarianten der BEVA auf "grüner Wiese"	26

Abkürzungsverzeichnis

Verwendete Abkürzungen	Erklärung
BE	Abgebrannte Brennelemente
BEVA	Brennelementverpackungsanlage
BFE	Bundesamt für Energie
BZL	Bundeszwischenlager für Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung
ELB	Endlagerbehälter
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
gTL	Geologische(s) Tiefenlager
HAA	Hochaktive Abfälle (abgebrannte Brennelemente und hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung)
JO	Standortgebiet Jura Ost
KEG	Kernenergiegesetz
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk
MIF	Radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung
NAB	Nagra Arbeitsbericht
NL	Standortgebiet Nördlich Lägern
NTB	Nagra Technischer Bericht
NZA	Nebenzugangsanlage
OFA	Oberflächenanlage
OFI	Oberflächeninfrastruktur
SGT	Sachplan geologische Tiefenlager
SMA	Schwach- und mittelaktive Abfälle
SOB	Shuttle Overpack Behälter
SSK	Strukturen, Systeme und Komponenten
TLB	Transport- und Lagerbehälter
VA	Verpackungsanlage
WA-HAA	Hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung
ZNO	Standortgebiet Zürich Nordost
ZWIBEZ	Zwischenlager des Kernkraftwerks Beznau
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG

1 Ausgangslage und Zweck des Berichts

Die radioaktiven Abfälle der Schweiz werden bis zu ihrer Entsorgung im geologischen Tiefenlager (gTL) in Zwischenlagern aufbewahrt. Die hochaktiven Abfälle (HAA) – dabei handelt es sich um abgebrannte Brennelemente (BE) und Kokillen mit verglasten hochaktiven Wiederaufarbeitungsabfällen (WA-HAA) – sind dazu in speziell für den Transport und die Zwischenlagerung ausgelegte Behälter (TLB) verpackt worden. Zur optimalen Einlagerung im Tiefenlager kommen anders aufgebaute Behälter zum Einsatz – die Endlagerbehälter (ELB). Aus diesem Grund müssen die HAA für die Tiefenlagerung von den TLB in die ELB umgepackt werden (Fig. 1.1-1). Für die Umverpackung wird eine Brennelementverpackungsanlage (BEVA) benötigt.



Fig. 1.1-1: Vergleich der Eigenschaften eines Transport- und Lagerbehälters (TLB, links) und eines Endlagerbehälters (ELB, rechts) inklusive entsprechender Beladung und Masse

Mit dem Sachplanverfahren geologische Tiefenlager (SGT) des Bundes wird über drei Etappen festgelegt, wo in der Schweiz geologische Tiefenlager für radioaktive Abfälle gebaut werden. Mit dem Ergebnisbericht zu Etappe 2 (BFE 2018) hat der Bundesrat festgelegt, dass die drei Standortgebiete Jura Ost (JO), Nördlich Lägern (NL) und Zürich Nordost (ZNO) in Etappe 3 weiter zu untersuchen sind. Basierend auf den geologischen Gegebenheiten erfolgt in einigen Jahren die Standortwahl für die geologischen Tiefenlager.

In SGT Etappe 2 erfolgte eine breit angelegte Diskussion zur Platzierung der für das Tiefenlager benötigten Oberflächenanlage (OFA). Diese dient der Annahme und Umverpackung der Abfälle, dem Zugang zum Lager und verschiedenen Hilfsfunktionen beim geologischen Tiefenlager – im Referenzfall auch die BEVA. Am Ende der Etappe 2 wurde die Frage aufgeworfen, ob die BEVA

nicht auch andernorts, ausserhalb der Region des Tiefenlagers – also nicht bei der OFA – gebaut und betrieben werden könnte. Der Bundesrat hat im Ergebnisbericht zu Etappe 2 festgelegt, dass die Nagra diese Option in Zusammenarbeit mit den betroffenen Standortregionen und -kantonen in Etappe 3 prüfen kann.

In SGT Etappe 3 wird gemäss Vorgaben des Bundes der Standort für die Lager und die dafür notwendige Oberflächeninfrastruktur (OFI) festgelegt. Letztere umfasst einerseits die Standortareale der OFA und die zusätzlich festzulegenden Nebenzugangsanlagen (NZA). Zum Standort der BEVA wird unter Federführung des Bundesamtes für Energie (BFE) eine überregionale Zusammenarbeit durchgeführt. An dieser Zusammenarbeit werden die betroffenen Regionen und Kantone sowie das nahe deutsche Ausland beteiligt.

Der vorliegende Bericht richtet sich insbesondere an die beteiligten Akteure der überregionalen Zusammenarbeit mit dem Zweck, die Vor- und Nachteile der Standortvarianten aufzuzeigen und gegeneinander abzuwägen. Im Bericht werden dazu die BEVA beschrieben und alle denkbaren Standortvarianten skizziert. Es werden die zu berücksichtigenden Rahmenbedingungen und Annahmen ausgewiesen und die für den Vergleich relevanten Merkmale identifiziert und beschrieben. Basierend darauf werden die Vor- und Nachteile der Standortvarianten abgeleitet und die Haltung der Nagra als Projektant des gTL in der Schlussfolgerung begründet.

2 Beschreibung der Anlagen und Standortvarianten

2.1 Beschreibung der Entsorgungskette für abgebrannte Brennelemente (BE) und verglaste hochaktive Abfälle (WA-HAA)

In der Schweiz fallen hochaktive Abfälle (HAA) sowie schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) aus der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung an. Diese radioaktiven Abfälle sind in Zwischenlagern eingelagert und werden laufend in eine für die weitere Entsorgung geeignete Form gebracht (Konditionierung), bis sie in die entsprechenden geologischen Tiefenlager (gTL) verbracht werden. Das Umladen der Abfälle in endlagerfähige Behälter ist ein Teil der Konditionierung gemäss Kernenergiegesetz (KEG). Die dazu notwendigen Zwischenlager sind mit dem ZWILAG (BE, WA-HAA und SMA) und dem ZWIBEZ (BE und SMA) vorhanden. Die radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (sog. MIF) werden im Bundeszwischenlager (BZL, nur für SMA) zwischengelagert, bevor sie ebenfalls ins geologische Tiefenlager gebracht werden (Fig. 2.1-1).

In diesem Bericht werden die Umverpackung von abgebrannten Brennelementen (BE) und verglasten hochaktiven Abfällen (WA-HAA) in der Brennelementverpackungsanlage (BEVA) betrachtet. Das Umladen der Abfälle in endlagerfähige Behälter ist ein erforderlicher Prozess für die anschliessende Tiefenlagerung. In der Brennelementverpackungsanlage werden die BE/WA-HAA in der Umladezelle, der sogenannten heissen Zelle (oranges Gebäude in Fig. 2.1-2 und 2.1-4), von den Transport- und Lagerbehältern (TLB) in die Endlagerbehälter (ELB) umgeladen.

Für die Einlagerung der hochaktiven Abfälle sind neben der Umverpackung auch verschiedene Transportvorgänge erforderlich. Die sich in den Zwischenlagern (ZWILAG, ZWIBEZ) befindenden Abfälle müssen in Transport- und Lagerbehältern (TLB) zum Standort der BEVA transportiert werden, wo sie in Endlagerbehälter (ELB) umverpackt werden.

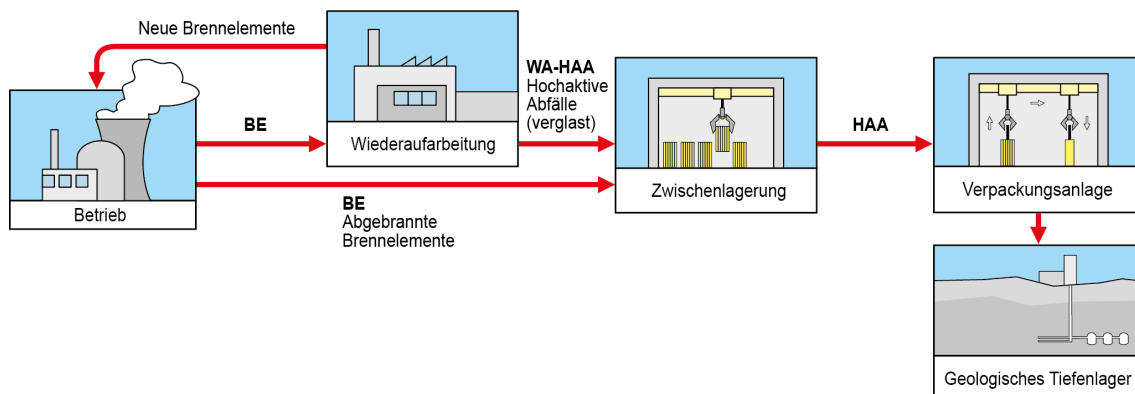


Fig. 2.1-1: Die Entsorgungskette der HAA und die zugehörigen Elemente (modellhaft)

Befindet sich die BEVA am Ort des gTL, werden die ELB in internen Transportbehältern anschliessend in einen Auslieferungsbereich verbracht, ins untertägige Tiefenlager transportiert und dort in die Lagerstollen eingelagert (Fig. 2.1-2).

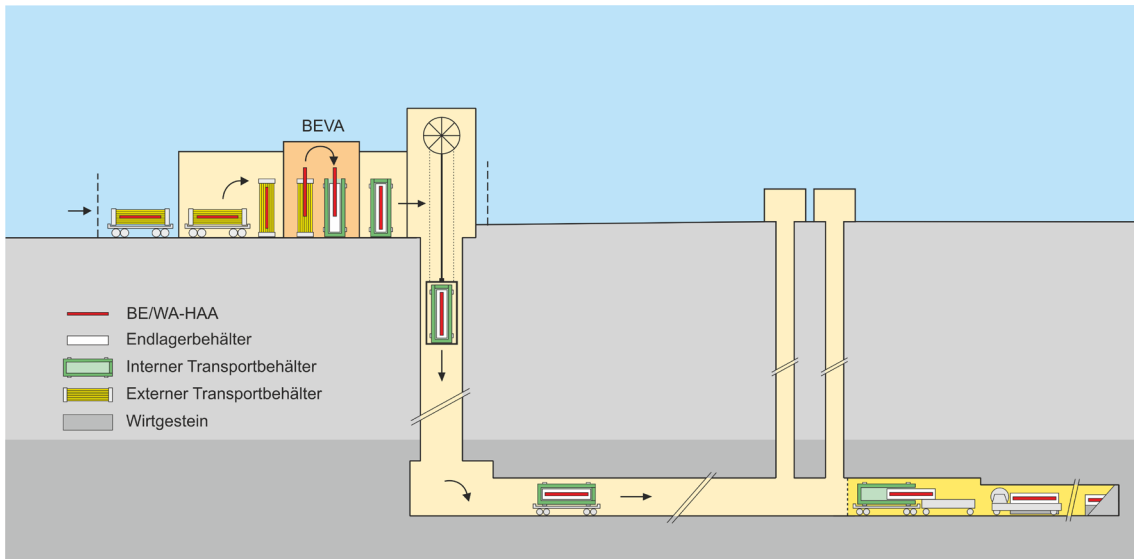


Fig. 2.1-2: Ablaufschema zur Verpackung und Einlagerung der HAA für eine BEVA beim Tiefenlager

Befindet sich die BEVA nicht am Ort des gTL (Fig. 2.1-4), werden die Endlagerbehälter nach der Umverpackung in Transportbehältern (auch Shuttle Overpack Behälter SOB genannt, Fig. 2.1-3) über das öffentliche Verkehrsnetz per Bahn oder auf der Strasse an den Ort des gTL transportiert. Am Ort des Tiefenlagers findet eine Eingangskontrolle der angelieferten Behälter statt, bevor die ELB in den SOB ins geologische Tiefenlager gebracht und dort eingelagert werden.

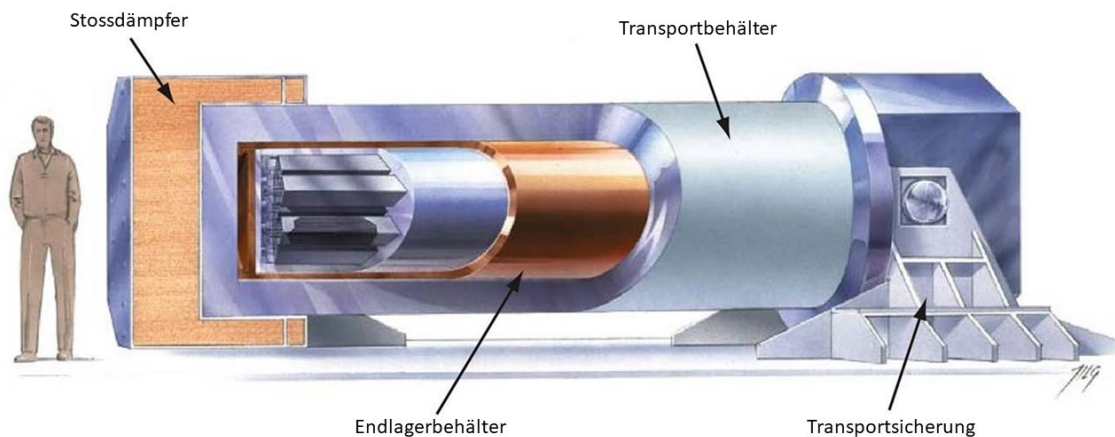


Fig. 2.1-3: Schematische Darstellung eines Transportbehälters für Endlagerbehälter der Schwedischen SKB

Der Behälter ist vergleichbar mit einem Shuttle Overpack Behälter (SOB). Graphik: SKB (SKB 2011).

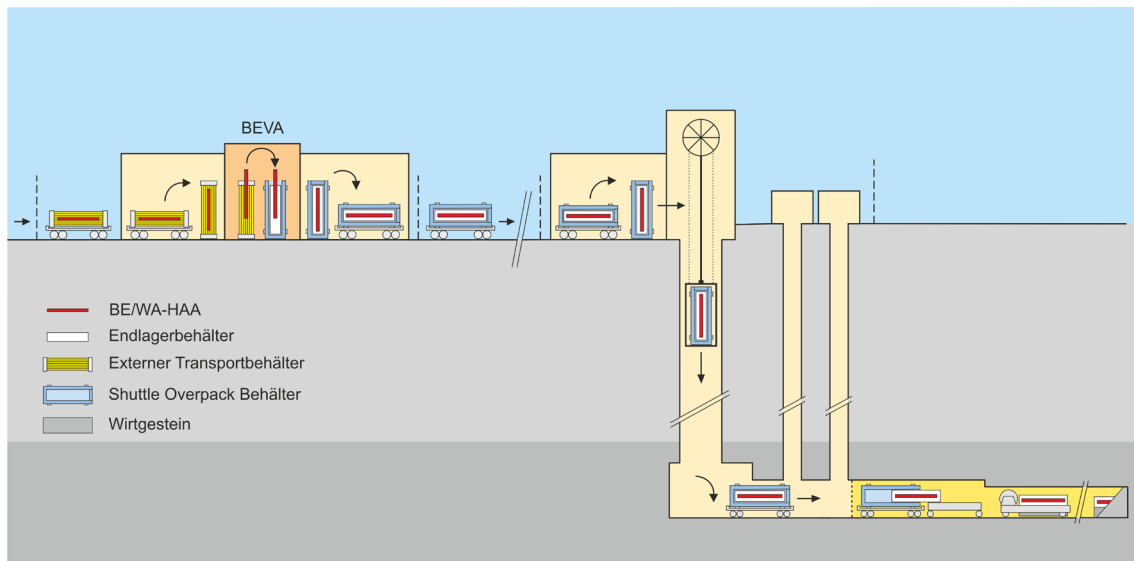


Fig. 2.1-4: Ablaufschema zur Verpackung und Einlagerung der HAA für eine externe BEVA
Bereits in ELB umgeladene Abfälle werden an den Standort des Tiefenlagers transportiert.

In der aktuellen Planung wird für den Betrieb der BEVA die Verpackung von BE/WA-HAA in 200 ELB pro Jahr zugrunde gelegt. Dies entspricht nach Berücksichtigung von Wartungstagen einem Durchsatz von 1 ELB pro Tag. Um diesen Durchsatz zu garantieren, müssen jährlich 15 bis 25 TLB an den Standort der BEVA transportiert werden.

2.2 Grundsätzliche Prozessschritte der Umverpackung in der BEVA

Die wesentlichen Funktionen und Prozessschritte einer BEVA werden nachfolgend kurz beschrieben: Die vollen TLB mit HAA und die leeren ELB werden an die Umladezelle angedockt und geöffnet. Die HAA werden mittels fernhantierter Manipulatoren aus den Transportbehältern in die Endlagerbehälter umgeladen. Anschliessend wird der volle ELB mit einem aufgeschraubten inneren Deckel verschlossen. Der ELB wird von der Umladezelle abgedockt und an eine Schweißstation transferiert, wo der äussere Deckel aufgesetzt und verschweisst wird (Nagra 2013). Fig. 2.2-1 zeigt eine schematische Darstellung der BEVA sowie die Umladezelle des ZWILAG (heisse Zelle).

Die BEVA wird in Anbetracht der in der Schweiz anfallenden hochaktiven Abfälle nach der Inbetriebnahme gemäss heutiger Planung für ca. 15 Jahre betrieben und dann rückgebaut.

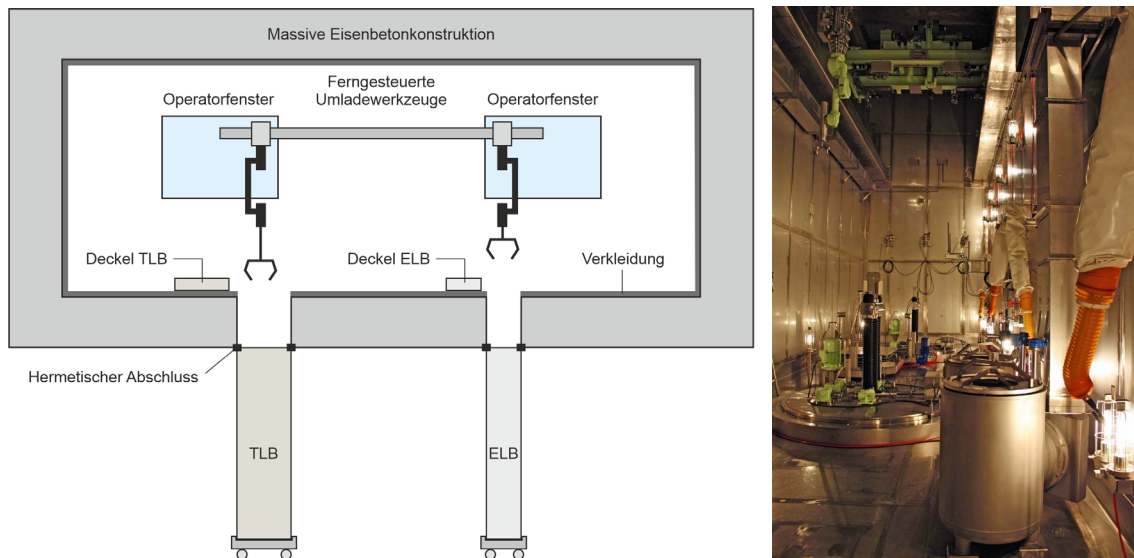


Fig. 2.2-1: Schematische Darstellung der Umladezelle einer BEVA (links) und Foto der heißen Zelle des ZWILAG (rechts)

Foto: ZWILAG

2.3 Standortvarianten einer BEVA

Technisch lässt sich der für die geologische Tiefenlagerung notwendige Arbeitsschritt der Umverpackung der hochaktiven Abfälle in einer BEVA direkt beim gTL, aber auch andernorts realisieren.

Die Nagra hat als Referenzfall im Sachplan geologische Tiefenlager (SGT) die BEVA als Teil der Oberflächenanlage beim Tiefenlager vorgesehen. Auf Basis des Ergebnisberichts des Bundesrats zur Etappe 2 (BFE 2018), welcher festlegt, dass die Nagra auch andere Standorte für die BEVA prüfen kann, wurde im NAB 19-08 (Nagra 2019) auch die Variante mit einer BEVA im Raum ZWILAG als Alternative vorgeschlagen. In diesem Bericht werden neben den beiden genannten Standorten zusätzliche Varianten für die Platzierung einer BEVA verglichen.

Die verglichenen grundsätzlichen Varianten sind in Fig. 2.3-1 dargestellt und werden nachfolgend kurz erläutert. Die Varianten beim Tiefenlager und im Raum ZWILAG wurden im NAB 19-08 (Nagra 2019) detaillierter beschrieben.

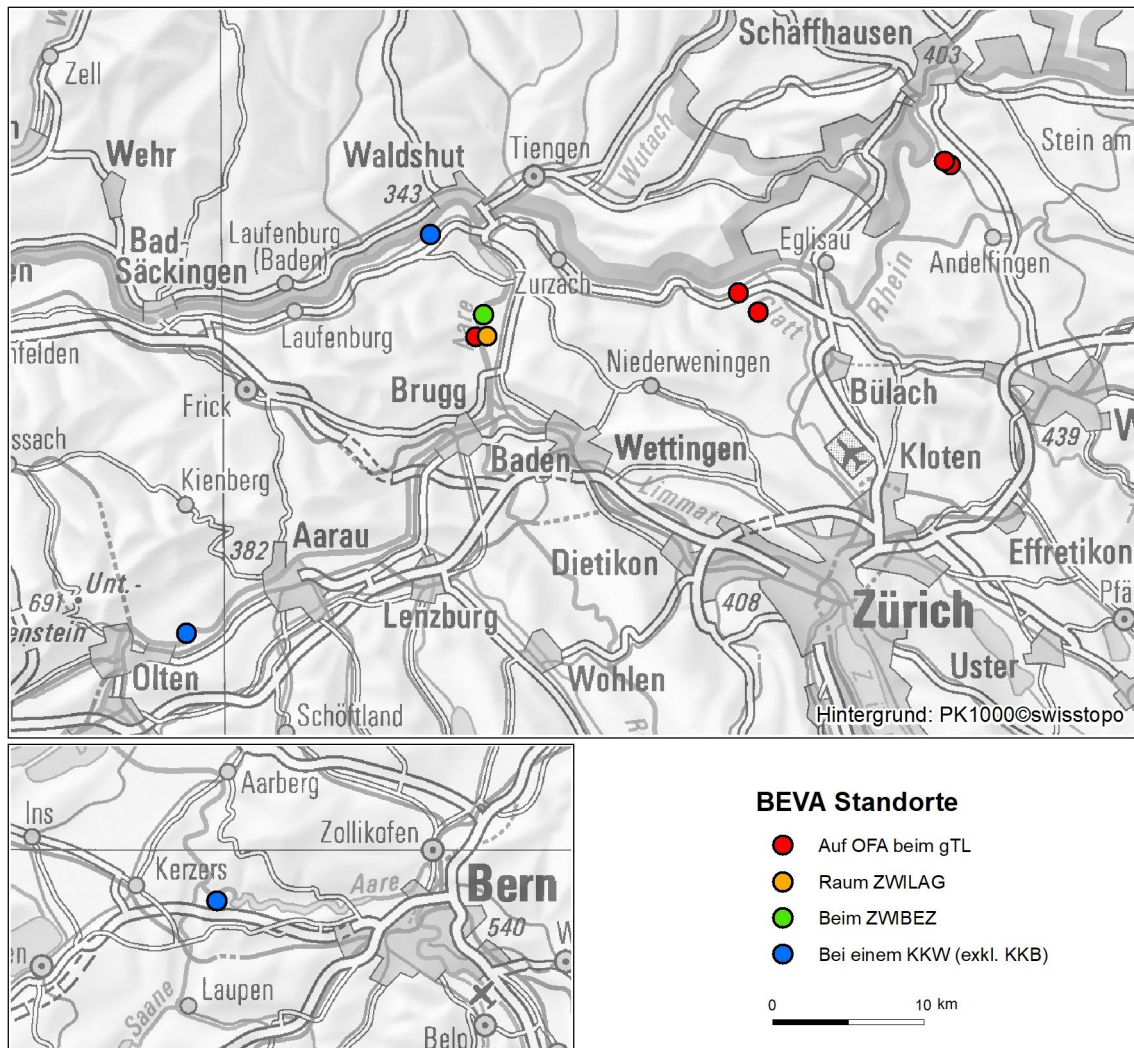


Fig. 2.3-1: Übersicht der möglichen Lage der verschiedenen Standortvarianten einer BEVA
Nicht dargestellt ist die Variante "grüne Wiese", welche nicht örtlich spezifiziert ist.

2.3.1 BEVA als Teil der Oberflächenanlage des gTL (Referenzvariante)

Der bisherigen Planung wurde die BEVA als Teil der Oberflächenanlage (OFA) des geologischen Tiefenlagers als Referenzvariante zugrunde gelegt. In diesem Fall werden die HAA in TLB vom Ort ihrer Zwischenlagerung (ZWILAG und ZWIBEZ) zur OFA am Standort des geologischen Tiefenlagers angeliefert, in ELB umgeladen und ins untertägige Tiefenlager transportiert. Die Verpackung der HAA erfolgt in der BEVA auf der OFA beim gTL.

Die zum Zeitpunkt des Einlagerungsbeginns im ZWILAG und ZWIBEZ in TLB gelagerten radioaktiven Abfälle werden in dieser Variante über das öffentliche Verkehrsnetz per Bahn oder auf der Strasse zum Standort des Tiefenlagers transportiert. In der BEVA werden die angelieferten TLB in einem Pufferlager (Planungsannahme: Kapazität für ca. 5 TLB) bis zur eigentlichen Umverpackung der HAA in die ELB zwischengelagert.

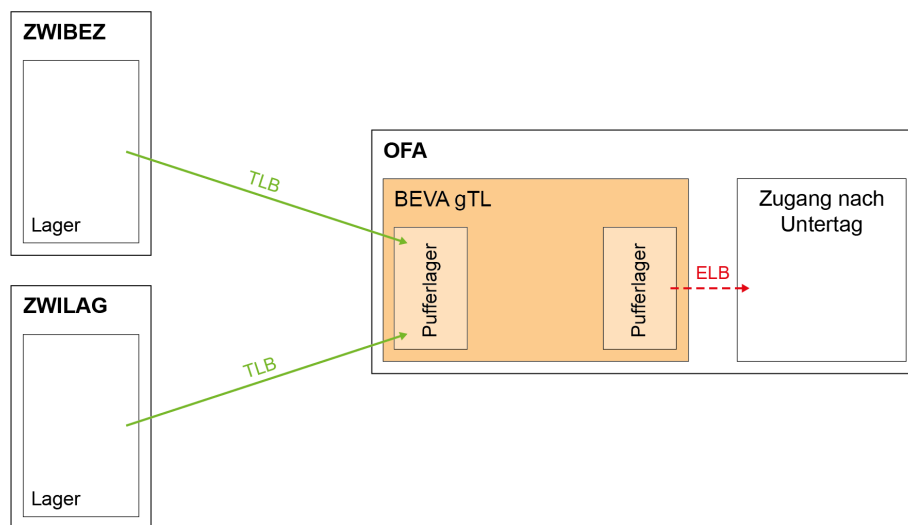


Fig. 2.3-2: Standortvariante einer BEVA auf der OFA beim gTL mit entsprechenden Transporten der HAA

Ausgezogene Pfeile sind Transporte über das öffentliche Verkehrsnetz, gestrichelte Pfeile sind Areal-interne Transfers.

Kommt das gTL in die Standortregion JO zu liegen, ist im Gegensatz zu den Standortregionen NL und ZNO nur der Transport der TLB vom ZWIBEZ zur BEVA notwendig. Die TLB vom ZWILAG befinden sich bereits vor Ort und müssen nur noch zur BEVA transferiert werden. Da es sich um einen Areal-internen Transport handelt, spricht man hier aus transportrechtlichen Gründen von einem Transfer, welcher bewilligungstechnisch einfacher ist und mit geringeren Kosten verbunden ist. Dabei spielt es keine Rolle, ob die BEVA auf dem Areal JO3+ realisiert wird oder sich direkt angrenzend ans ZWILAG (Kap. 2.3.2) befindet (siehe Vorschläge zur Konkretisierung der Oberflächeninfrastruktur der geologischen Tiefenlager, NAB 19-08, Nagra 2019). Im ersteren Fall werden die TLB mittels Transfers über eine dafür neu zu erstellende Aarebrücke zur BEVA gebracht.

2.3.2 BEVA im Raum ZWILAG

Der Raum ZWILAG ist ein möglicher Standort für die Verpackungsanlage, da der überwiegende Teil der HAA bis zum Zeitpunkt der Einlagerung im gTL im ZWILAG zwischengelagert wird. Die bestehenden Anlagen des ZWILAG könnten durch ein zusätzliches Gebäude für eine Verpackungsanlage erweitert werden. Diese Variante einer BEVA im Raum ZWILAG entspricht den Konfigurationen zur Anordnung der BEVA (ZWILAG Nord, ZWILAG Mitte, ZWILAG Süd) gemäss NAB 19-08 (Nagra 2019). Die genaue Platzierung der BEVA innerhalb des Raums ZWILAG ist noch nicht fixiert.

Für die Variante mit einer BEVA im Raum ZWILAG werden die HAA in den Transport- und Lagerbehältern während der Einlagerungsphase direkt von der Lagerhalle des ZWILAG in die BEVA transferiert und dort in Endlagerbehälter umverpackt. Die Endlagerbehälter werden in SOB über das öffentliche Verkehrsnetz auf der Strasse oder per Bahn an den Ort des gTL transportiert. Am Ort des Tiefenlagers findet eine Eingangskontrolle der angelieferten Behälter statt, bevor die ELB ins untertägige Tiefenlager gebracht und eingelagert werden. Aus logistischen Gründen ist in diesem Fall bei der OFA ein Pufferlager notwendig. Die Kapazität dieses Gebäudes ist auf einen unterbrechungsfreien Einlagerungsbetrieb auszulegen (Planungsannahme: ca. 20 Stellplätze für ELB in SOB).

Für die Standortregion JO entspricht die Variante BEVA im Raum ZWILAG der Referenzvariante (dargestellt in Fig. 2.3-2).

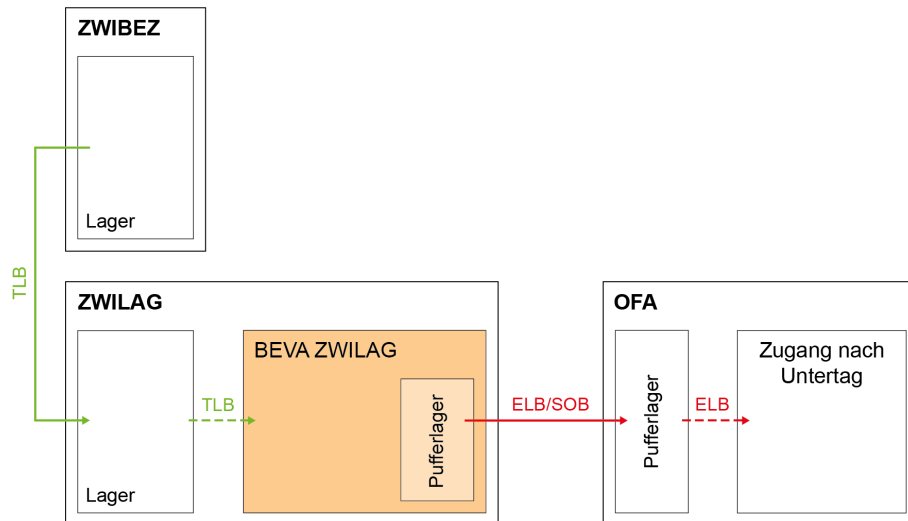


Fig. 2.3-3: Standortvariante einer BEVA im Raum ZWILAG mit entsprechenden Transporten der HAA

Ausgezogene Pfeile sind Transporte über das öffentliche Verkehrsnetz, gestrichelte Pfeile sind Areal-interne Transfers.

2.3.3 BEVA am Standort eines Kernkraftwerks

Der Transportkette für die Variante einer BEVA am Standort eines Kernkraftwerks sieht folgendermassen aus: die HAA werden von den Zwischenlagern (ZWILAG, ZWIBEZ) in TLB zum Standort des Kernkraftwerks mit einer neu erstellten BEVA transportiert. Die angelieferten Abfälle werden in der BEVA in Endlagerbehälter umverpackt. Die ELB werden in SOB an den Ort des gTL transportiert und eingelagert.

Die Betreiber der Kernkraftwerke Gösgen (KKG) und Leibstadt (KKL) hatten Ende 2018 eingebracht, dass im Bereich der beiden KKW grundsätzlich ein Synergiepotenzial hinsichtlich der Nutzung von bestehenden Anlagenelementen bestehen könnte. Vorabklärungen haben zwischenzeitlich gezeigt, dass eine HAA-Verpackung am Standort der beiden Kernkraftwerke KKG und KKL prinzipiell technisch möglich wäre. Selbst unter Annahme einer Betriebsdauer der Kraftwerke von 60 Jahren werden die beiden Kraftwerke jedoch ab 2043 (KKG) oder 2049 (KKL) rückgebaut (Fig. 2.3-4). Das Kraftwerk KKM befindet sich bereits heute im Rückbau, welcher gemäss aktueller Planung 2031 abgeschlossen sein wird. Der Standort des Kraftwerks Beznau (KKB) wird aufgrund des auch nach dem Rückbau autark weiterbetriebenen Zwischenlagers (ZWIBEZ) als separate Variante betrachtet (Kap. 2.3.4).

Zum Zeitpunkt des Einlagerungsbeginns der HAA (2060) sind alle Werke komplett rückgebaut und deren Brennelemente im ZWILAG zwischengelagert. Die roten Pfeile in Fig. 2.3-4 verdeutlichen die Zeitspanne zwischen Betriebsende der Kraftwerke und dem Beginn des Einlagerungsbetriebs. Eine BEVA am Standort eines Kernkraftwerks ist damit zwar möglich, bietet aber keine wesentlichen Synergien.

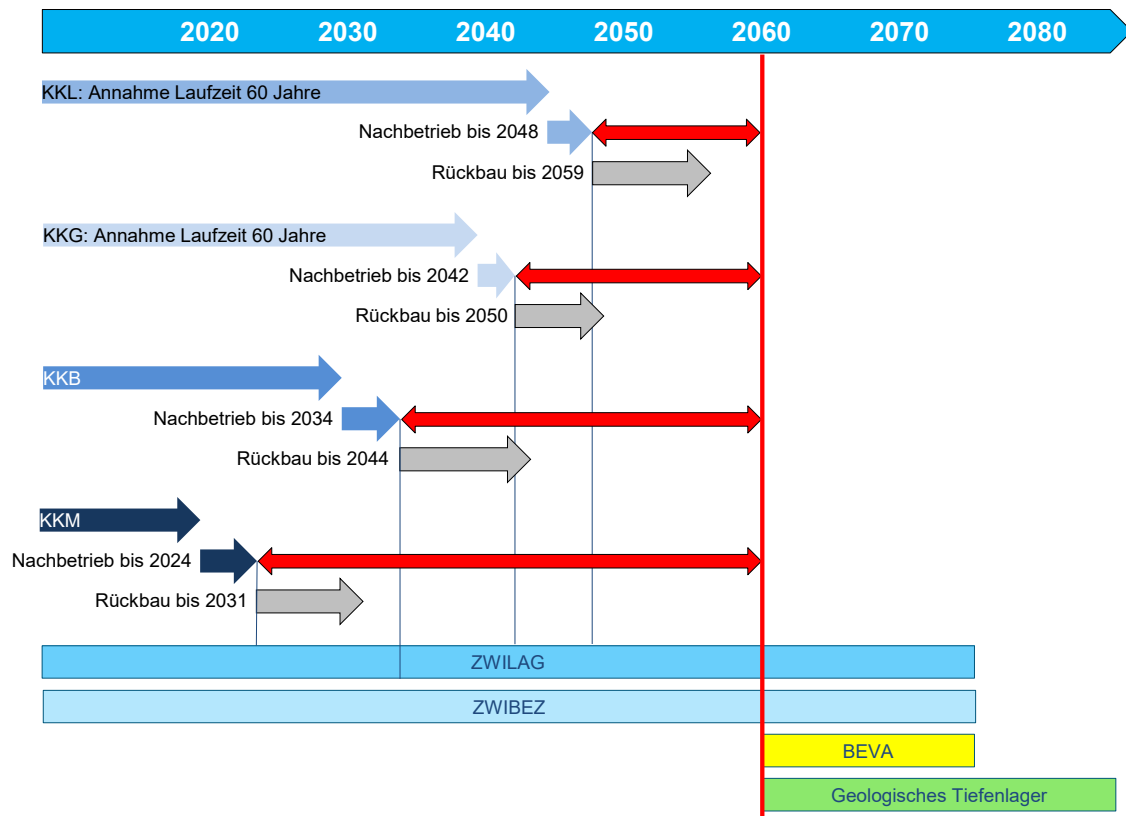


Fig. 2.3-4: Zeitplan der Laufzeiten der KKW gemäss EP16 (Nagra 2016) und Zeitpunkt der Inbetriebnahme des gTL

Nach Abschluss des Nachbetriebs sind alle BE des entsprechenden Kraftwerks ins ZWILAG resp. ZWIBEZ transportiert.

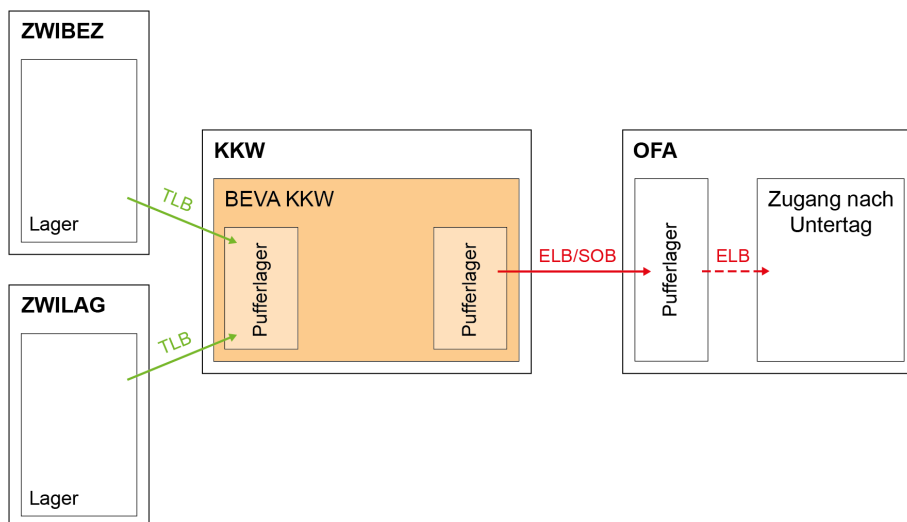


Fig. 2.3-5: Standortvariante einer BEVA bei einem KKW mit entsprechenden Transporten der HAA

Ausgezogene Pfeile sind Transporte über das öffentliche Verkehrsnetz, gestrichelte Pfeile sind Areal-interne Transfers.

2.3.4 BEVA beim ZWIBEZ

Der Kernkraftwerksstandort Beznau umfasst mit dem ZWIBEZ ein bestehendes Zwischenlager für die auf der Anlage anfallenden Abfälle (SMA und BE), welches nach der Stilllegung der beiden Kernkraftwerksblöcke Beznau 1 und 2 autark weiterbetrieben wird.

Dieser Standort bleibt somit auch nach Ausserbetriebnahme und Abschluss des Rückbaus der beiden Kernkraftwerksblöcke Beznau 1 und 2 (2044; BFE 2018) voraussichtlich bis Ende der Einlagerungsphase im Tiefenlager ein Standort mit einer Kernanlage. Die Standortvariante einer BEVA beim ZWIBEZ ist vergleichbar mit der Variante im Raum ZWILAG, nur dass im ZWIBEZ bedeutend weniger Abfälle als im ZWILAG zwischengelagert werden (bei Einlagerungsbeginn ca. 25 % der hochaktiven Abfälle im ZWIBEZ und ca. 75 % im ZWILAG). Zudem ist das ZWIBEZ im Gegensatz zum ZWILAG als rein betriebsinternes Zwischenlager ausgelegt, während das ZWILAG für die Zwischenlagerung und Konditionierung sämtlicher Abfälle aus den anderen schweizerischen KKW konzipiert ist (vgl. Kap. 4.4).

Falls die neu zu erstellende BEVA beim ZWIBEZ zu liegen käme, werden die Abfälle aus dem ZWILAG bei ZWIBEZ angeliefert und zusammen mit den bereits beim ZWIBEZ gelagerten Abfällen umverpackt. Anschliessend erfolgt der Transport an den Ort des Tiefenlagers.

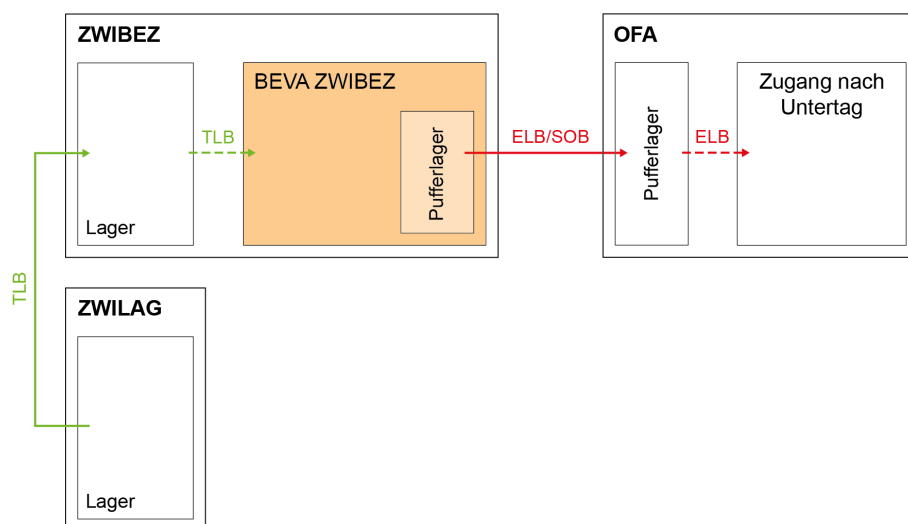


Fig. 2.3-6: Standortvariante einer BEVA beim ZWIBEZ mit entsprechenden Transporten der HAA

Ausgezogene Pfeile sind Transporte über das öffentliche Verkehrsnetz, gestrichelte Pfeile sind Areal-interne Transfers.

2.3.5 BEVA an neuem Standort ("grüne Wiese")

Zusätzlich zu den in Kap. 2.3.1 bis 2.3.4 diskutierten Varianten wurde im Rahmen des Sachplanverfahrens eine Platzierung der BEVA an einem Standort eingebracht, an welchem bisher noch keine Kernanlage (Zwischenlager, KKW) existiert oder durch die Tiefenlagerung eine Kernanlage erforderlich ist (gTL). Im vorliegenden Bericht wird für diese Standortvariante von einem nicht genau festgelegten Standort ausserhalb der bestehenden Nuklearanlagen beziehungsweise des künftigen Tiefenlagers ausgegangen.

Bei einer BEVA an einem neuen externen Standort ist eine vergleichbare Transportkette wie bei der Variante einer BEVA bei einem KKW erforderlich (Fig. 2.3-7, vgl. auch Fig. 2.3-5). Sämtliche HAA werden von den Zwischenlagern (ZWILAG, ZWIBEZ) in TLB verpackt zur externen BEVA am neuen Standort transportiert. Die angelieferten Abfälle werden in Endlagerbehälter unverpackt und die ELB in SOB an den Ort des gTL transportiert und dort eingelagert.

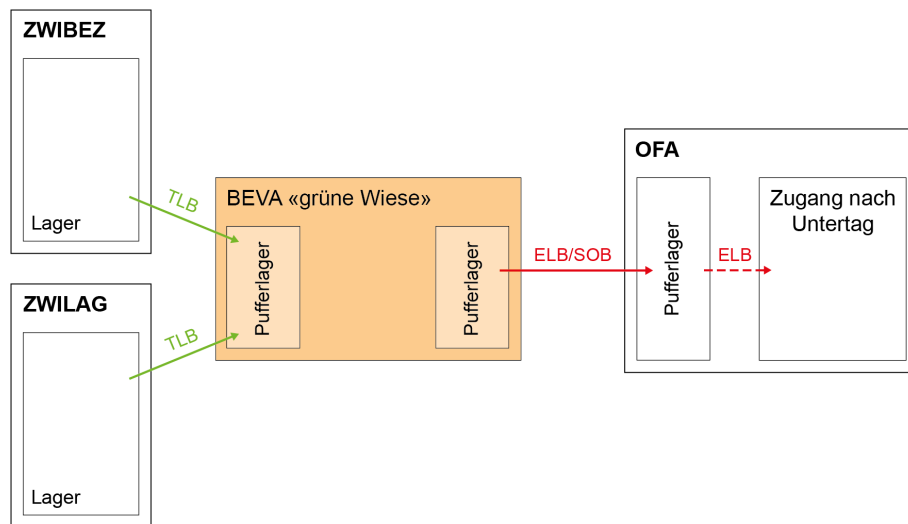


Fig. 2.3-7: Standortvariante einer BEVA an einem neuen Standort ("grüne Wiese")

Ausgezogene Pfeile sind Transporte über das öffentliche Verkehrsnetz, gestrichelte Pfeile sind Areal-interne Transfers.

2.4 Situation im Ausland

In Frankreich, Finnland und in Schweden sind die Programme für die Planung der Tiefenlager inklusive der Anlagenelemente der Oberflächenanlage weiter fortgeschritten als in der Schweiz.

In **Frankreich** ist geplant, ab 2024 mit dem Bau des geologischen Tiefenlagers zu beginnen, ab 2040 soll der Einlagerungsbetrieb der verglasten hochaktiven Abfälle in Betrieb gehen. Das Lager wird neben den unterirdischen Anlagenteilen zwei Oberflächenareale enthalten, ein Areal, von dem die Einlagerung der Abfälle vorgenommen wird und ein Areal mit Lüftungs- und Bauschächten. Die Abfälle werden in Transportbehältern von den Zwischenlagern zum Tiefenlager angeliefert und dort empfangen, inspiziert und in einer Verpackungsanlage (VA) für den Transport ins untertägige Tiefenlager umverpackt. Die VA ist in Frankreich Teil der Oberflächeninfrastruktur des geologischen Tiefenlagers.

Die BEVA in **Finnland** wird in unmittelbarer Nähe (Distanz ca. 2 km) des Kernkraftwerks Olkiluoto auf der Oberflächenanlage des HAA-Lagers gebaut. Die Baubewilligung wurde im November 2015 erteilt, der Betriebsbeginn ist für 2022 geplant. Finnland hat an den beiden Kernkraftwerksstandorten Olkiluoto und Loviisa jeweils ein Zwischenlager (Nasslager) für BE. Die Transportart der Brennelemente vom Standort Loviisa in Transport- und Lagerbehältern (TLB) zur rund 350 km entfernten BEVA in Olkiluoto ist zum heutigen Zeitpunkt noch nicht festgelegt. Mögliche Transportalternativen sind "Strasse" oder "Schiff". Die ELB werden direkt aus der BEVA von der Oberflächenanlage ins untertägige Tiefenlager transportiert. Die BEVA ist in Finnland Teil der Oberflächeninfrastruktur des geologischen Tiefenlagers.

In **Schweden** wird die Verpackungsanlage (BEVA) am Standort des Zwischenlagers (Nasslager) in Oskarshamn geplant. Das Bewilligungsgesuch wurde im Jahr 2011 eingereicht. Die Brennelemente aller schwedischen Kernkraftwerke werden per Schiff ins Zwischenlager nach Oskarshamn transportiert. Nach der Verpackung der Brennelemente in ELB werden diese, wieder per Schiff, in SOB ins 500 km entfernte Forsmark transportiert zur Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers. Die BEVA in Schweden befindet sich am Standort des Zwischenlagers.

In allen diesen Ländern, welche weiter in der Planung sind als die Schweiz, werden nur Lösungen für eine BEVA an einem Standort des Tiefenlagers oder bei einem Zwischenlager in Betracht gezogen.

3 Rahmenbedingungen und Annahmen

Damit ein Vergleich der verschiedenen Standortvarianten einer Brennelementverpackungsanlage (BEVA) möglich ist, müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein. Die nachfolgenden Punkte werden als Randbedingungen angenommen.

3.1 Sicherheit

Die Anforderungen an und die Auslegung der Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) aller Anlagenmodule einer Oberflächenanlage (OFA), insbesondere auch die einer BEVA bei einem geologischen Tiefenlager (gTL) oder einer externen BEVA sind unabhängig vom Standort einer Anlage identisch (standortunabhängig). Sämtliche Massnahmen zur Gewährleistung der konventionellen und nuklearen Sicherheit und Safeguards sowie des Strahlenschutzes sind für alle Standortvarianten zu gewährleisten. Der sichere Bau und Betrieb einer BEVA wurde bereits im NTB 13-01 (Nagra 2013) ausführlich dargestellt. Im vorliegenden Bericht wird daher davon ausgegangen, dass für die Realisierung und den Betrieb bzw. auch für die Sicherheit einer BEVA für alle Standortvarianten keine relevanten Unterschiede bestehen.

3.2 Bautechnische Machbarkeit

Die bautechnische Machbarkeit eines BEVA-Gebäudes ist nicht standortabhängig. Der bauliche Aufwand hängt primär vom Bauvolumen des jeweiligen BEVA-Projekts vor Ort einhergehend mit den für den Bau erforderlichen Planierungsarbeiten (Planumserstellung und Foundationen) ab. Diese Arbeiten können je nach Standort unterschiedlich anspruchsvoll und damit auch mit unterschiedlichem Aufwand verbunden sein.

Durch anerkannte Baumethoden und die Auslegung der Bauwerke und/oder die für deren Bau erforderlichen Planierungs- und Foundationenarbeiten ist eine BEVA an allen Standorten realisierbar. Da der Standort "grüne Wiese" heute nicht bekannt ist, wird angenommen, dass für den neuen BEVA-Standort nur Standorte in Frage kommen, wo ein Bau aus rechtlichen, bautechnischen sowie umwelt- und raumplanerischen Gründen möglich ist. In diesem Bericht wird davon ausgegangen, dass für die bautechnische Machbarkeit der BEVA für alle Standortvarianten keine Unterschiede bestehen.

3.3 Formelle und gesetzliche Voraussetzungen

In diesem Bericht wird davon ausgegangen, dass für alle Standortvarianten einer externen BEVA (Raum ZWILAG, ZWIBEZ, am Standort eines KKW und an einem neuen Standort) zwei separate Rahmenbewilligungsverfahren durchzuführen sind, welche aber zeitlich koordiniert werden und zu einer rechtskräftigen Rahmenbewilligung für die BEVA und auch für das geologische Tiefenlager führen.

3.4 Transportgenehmigung

Für einen Teil der älteren TLB wird zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der BEVA die Transportzulassung ausgelaufen sein. Für den Transport zum gTL oder einer externen BEVA ist für diese Behälter die Transportzulassung zu erneuern. Gemäss heutigem Kenntnisstand zu den Behältern und dem eingesetzten Alterungsmanagement kann von einer entsprechenden Zulassungserneuerung ausgegangen werden.

Wird die BEVA nicht am Standort des gTL betrieben, erfolgt der Transport der HAA in ELB verpackt in Shuttle Overpack Behältern (SOB). Unter anderem zeigen die Erfahrungen im Ausland, dass die Machbarkeit zur Entwicklung von SOB als gegeben einzustufen ist, jedoch eine entsprechende verkehrsrechtliche Zulassung noch zu erwirken ist.

In diesem Bericht wird davon ausgegangen, dass für den Transport der TLB ab ZWILAG und ZWIBEZ die Transportbewilligung vorliegt. Ebenso wird vorausgesetzt, dass die bei Bedarf noch zu entwickelnden SOB als Transportbehälter zugelassen werden.

3.5 Situation der KKW-Areale zum Zeitpunkt des Einlagerungsbetriebs

In diesem Bericht wird von den in Fig. 2.3-4 dargestellten Laufzeiten der Werke ausgegangen. Sämtliche Kernkraftwerke sind zum Zeitpunkt des Einlagerungsbetriebs rückgebaut und deren Brennelemente und hochaktiven Abfälle im ZWILAG und im ZWIBEZ zwischengelagert. Es wird davon ausgegangen, dass an den Kraftwerksstandorten KKM, KKG und KKL mit Ausnahme allfälliger Erschliessungen sämtliche Gebäude oder Sicherungsanlagen rückgebaut sind und nicht mehr zur Verfügung stehen. Analog wird angenommen, dass kein Werkspersonal der KKW mehr für Aufgaben bei der Umverpackung zur Verfügung steht.

Am Standort KKB ist neben allfälligen Erschliessungen das autark betriebene ZWIBEZ weiterhin in Betrieb.

3.6 Transporte

In diesem Bericht wird grundsätzlich nur auf Abfalltransporte eingegangen, also Transporte mit beladenen Transport- und Lagerbehältern (TLB) oder Endlagerbehältern (ELB). Neben diesen nuklearen Abfalltransporten sind während des Einlagerungsbetriebs zusätzliche Transporte erforderlich. So müssen beispielsweise die leeren ELB an den Standort der BEVA angeliefert werden oder entladene TLB einem weiteren Prozessschritt zugeführt werden. Diese Transporte sind jedoch, wie auch die durch den Bau verursachten Transporte, explizit nicht Teil dieses Berichts.

Eine detaillierte Beschreibung der Transportaktivitäten inklusive Bautransporte ist im NAB 19-08 (Nagra 2019) zu finden.

3.7 Umwelt und Raumplanung

Die Lage der OFA wird im Rahmen des SGT erarbeitet und mit der Rahmenbewilligung festgelegt. Bei der Planung von Oberflächenanlagen müssen die umweltrechtlichen und raumplanerischen Aspekte berücksichtigt werden (Raumplanungsverordnung, Umwelt- und Naturschutzvorgaben). Die zu berücksichtigenden Kriterien sind in Anhang A des NAB 19-08 (Nagra 2019) aufgelistet. All diese umwelt- und raumplanerischen Aspekte sind standortabhängig und können je nach Anordnung einzelner Gebäude (beispielsweise einer BEVA) auch innerhalb eines Standortareals variieren. Ein direkter Vergleich der Standortvarianten einer BEVA ist damit zum jetzigen Planungsstand nicht möglich und erfordert in jedem Fall eine standortspezifische Interessensabwägung. Die Unterschiede können in diesem Bericht deshalb nicht als faktische Vor- oder Nachteile aufgenommen werden.

Die konkret beschriebenen Standortvarianten können grundsätzlich so ausgestaltet werden, dass sie raumplanerisch und umweltrechtlich bewilligungsfähig sind. Ein Standort einer BEVA-Variante auf grüner Wiese" wäre so zu wählen, dass der Standort den zu berücksichtigenden Kriterien genügt und ebenfalls bewilligungsfähig wäre.

4 Merkmale für den Vergleich der Standortvarianten

In diesem Kapitel werden die Merkmale beschrieben, bei denen sich je nach Standortvariante der Brennelementverpackungsanlage (BEVA) relevante Unterschiede und damit Vor- und Nachteile der verschiedenen Varianten ergeben.

4.1 Transporte von radioaktiven Abfällen

Wie in Kap. 3.6 beschrieben, wird im Folgenden ausschliesslich auf die Abfalltransporte eingegangen.

4.1.1 Beschreibung der Transportketten

Die schematische Darstellung der erforderlichen Transporte für die Variante einer **BEVA am Standort des geologischen Tiefenlagers (gTL)** ist in Fig. 2.3-2 dargestellt. In der BEVA wird für die Transport- und Lagerbehälter (TLB) ein Pufferlager benötigt, ebenso für die fürs gTL bereitgestellten endlagerfertig verpackten Endlagerbehälter (ELB).

Die Transportkette für die Standortvariante einer **BEVA im Raum ZWILAG** ist in Fig. 2.3-3 schematisch dargestellt. Um einen unterbrechungsfreien Einlagerungsbetrieb aufrecht erhalten zu können, wird auf dem Areal der Oberflächenanlage (OFA) am Standort des gTL eine Pufferkapazität benötigt. Die beim ZWIBEZ gelagerten Abfälle werden in TLB in sukzessive freiwerdende Lagerplätze beim ZWILAG angeliefert. In der BEVA wird für die TLB kein Pufferlager benötigt, hingegen müssen für die fürs gTL bereitgestellten endlagerfertig verpackten ELB mit ihren Shuttle Overpack Behältern (SOB) Pufferlagerkapazitäten vorhanden sein.

Die Transportkette für eine **BEVA-Variante beim ZWIBEZ** (Fig. 2.3-6) ist analog zur Kette einer BEVA beim ZWILAG (Fig. 2.3-3).

Die Transportlogistik für die beiden Standortvarianten **BEVA am Standort eines Kraftwerks** und **BEVA an neuem Standort ("grüne Wiese")** ist grundsätzlich identisch und in Fig. 2.3-5 und 2.3-7 dargestellt. In der BEVA wird für die TLB und für die für den Weitertransport an den Standort des gTL bereitgestellten endlagerfertig verpackten ELB in ihren SOB ein Pufferlager benötigt.

4.1.2 Anzahl Transporte

Zum Zeitpunkt des Einlagerungsbetriebs werden unter Annahme einer Betriebsdauer der Kraftwerke von 60 Jahren (Ausnahme: KKM mit einer Betriebsdauer von 47 Jahren) im ZWILAG 207 TLB und im ZWIBEZ 57 TLB gelagert sein (Nagra 2016, Nagra 2019). Die HAA werden in der BEVA aus den TLB in ELB umgeladen. Da ein ELB durchschnittlich 8 mal weniger BE/WA-HAA als ein TLB aufnehmen kann (Fig. 1.1-1), sind für alle HAA total 2'115 ELB erforderlich. Ein TLB-Transport wird – unabhängig ob auf der Strasse oder per Bahn (siehe NAB 19-08, Nagra 2019) – als 4er-Konvoi durchgeführt (4 Bahnwagen/Schwerlastwagen mit je einem TLB). Die ELB sind kleiner und die ELB/SOB-Transporte können als 8er-Konvois erfolgen (gilt ebenfalls für Bahn und Strasse).

Bei einer **BEVA am Standort des gTL** sind damit total 67 TLB-Transporte vom Raum ZWILAG (52 Transporte) und vom ZWIBEZ (15 Transporte) an den Standort des gTL erforderlich. Die Einbringung der ELB erfolgt über einen Areal-internen Transfer von der BEVA ins untertägige Tiefenlager. Wird das Tiefenlager am Standort JO realisiert, so reduzieren sich die TLB-Transporte auf die 15 Transporte vom ZWIBEZ. Die TLB aus dem ZWILAG werden mit Areal-internen Transfers über die dafür neu zu erstellende Aarebrücke zur OFA angeliefert¹.

Befindet sich die **BEVA im Raum ZWILAG**, so sind nur 15 TLB-Transporte vom ZWIBEZ zum ZWILAG erforderlich. Anschliessend werden anstelle der vollen TLB die bereits umgeladenen ELB in SOB zum Standort des gTL transportiert. In 8er-Konvois sind für den Transport aller hochaktiven Abfälle 271 Transporte erforderlich, also deutlich mehr als bei der Referenzvariante einer BEVA beim gTL. Die Anlieferung der TLB aus der Lagerhalle des ZWILAG zur BEVA erfolgt als Areal-interne Transfers.

Bei der Standortvariante der **BEVA beim ZWIBEZ** müssen die 207 TLB mit 52 Transporten vom ZWILAG zum ZWIBEZ überführt werden. Nach der Umverpackung in der BEVA sind analog zur BEVA-Variante im Raum ZWILAG 271 ELB-Transporte in SOB zum Tiefenlager erforderlich.

Die grösste Anzahl Transporte ist für die beiden Standortvarianten einer **BEVA beim KKW** und der **BEVA auf der "grünen Wiese"** erforderlich. Die in TLB gelagerten Abfälle müssen vom ZWILAG und ZWIBEZ in 67 Transporten zum Standort der BEVA geliefert werden. Nach der Umverpackung der HAA in ELB sind zusätzlich 271 Transporte vom Standort der BEVA zur OFA (Standort des gTL) erforderlich. Dies entspricht einem Total von 338 Transporten.

Tab. 4.1-1 zeigt zusammengefasst die erforderlichen Transporte für die verschiedenen BEVA-Standortvarianten. Die Tabelle berücksichtigt ausschliesslich Abfalltransporte (beladene TLB oder ELB, siehe Kap. 3.6).

Tab. 4.1-1: Anzahl nuklearer Transporte über das öffentliche Verkehrsnetz (Konvois à 4 TLB respektive 8 ELB/SOB) pro BEVA-Standortvariante

Anzahl Transporte (= Anzahl Konvois)	BEVA-Standort				
	gTL	ZWILAG	ZWIBEZ	KKW	"grüne Wiese"
TLB	67 *	15	52	67	67
ELB/SOB	-	271 **	271	271	271
Total	67 *	286 **	323	338	338

* Für ein gTL in der Standortregion JO reduziert sich die Anzahl Transporte bei der BEVA-Standortvariante gTL auf 15 Transporte (TLB aus dem ZWIBEZ).

** Für ein gTL am Standort JO werden die ELB/SOB als Areal-interne Transfers von der BEVA über die neu zu erstellende Aarebrücke zur OFA transportiert. Es sind daher keine ELB/SOB-Transporte über das öffentliche Verkehrsnetz erforderlich.

¹ Sollte das Tiefenlager in der Standortregion JO realisiert werden, wird eine neue Brücke über die Aare gebaut und die beiden Areale der OFA und des ZWILAG damit zu einem Gesamtareal verbunden. Die Anlieferung der TLB vom ZWILAG zur BEVA auf der OFA erfolgt damit als Areal-interne Transfers.

4.2 Flächenbedarf

Im Folgenden werden die für die verschiedenen Standortvarianten benötigten Flächen untereinander verglichen. Die Konfiguration der Oberflächeninfrastruktur (OFI; Oberflächenanlagen OFA und Nebenzugangsanlagen NZA) ist standortabhängig (siehe NAB 19-08, Nagra 2019). Bei einzelnen Vorschlägen im NAB 19-08 (Nagra 2019) werden bei Varianten ohne BEVA am Standort des gTL durch den Wegfall der BEVA-Fläche andere Areale wie die NZA-Areale mit der OFA zusammengefasst. Beispielhaft sind in Fig. 4.2-1 die Arealanordnungen der Vorschläge NL-6 (mit BEVA beim gTL) und NL-6-o (mit externer BEVA) dargestellt.

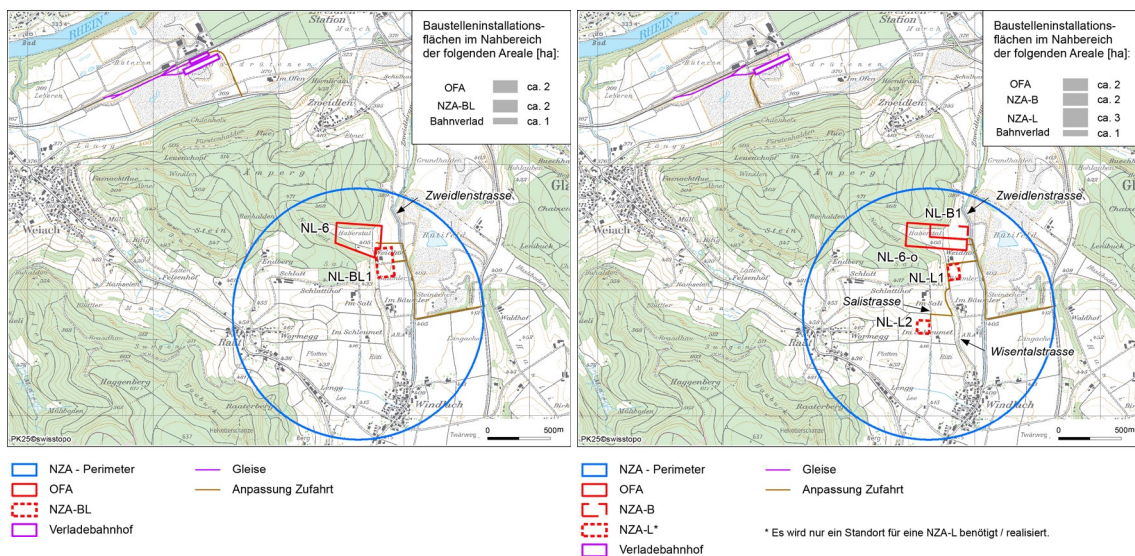


Fig. 4.2-1: Unterschiedliche Anordnung der Oberflächeninfrastruktur (OFI) je nach Vorschlag mit oder ohne BEVA vor Ort (als Beispiel Vorschlag 3, NL-6 mit BEVA, verglichen mit Vorschlag 4, NL-6-o ohne BEVA im Standortgebiet Nördlich Lägern)

Die Flächen für die OFI-Areale wurden im NAB 19-08 (Nagra 2019) erst als generische Vierecke positioniert. Durch eine spätere Einpassung der Areale in die Landschaft und Optimierungen der Platzierung und Anordnung von Funktionen auf den Arealen können sich Ort wie Grösse der Areale noch verändern. Der Vergleich für den vorliegenden Bericht basiert ebenfalls auf diesen noch nicht standortspezifisch eingepassten Arealen für die OFI.

Um einen aussagekräftigen Vergleich des Flächenbedarfs vornehmen zu können, muss der Gesamt-Landverbrauch der OFI (alle erforderlichen Areale beim gTL) inklusive des Flächenbedarfs einer externen BEVA miteinander verglichen werden.

Tab. 4.2-1 zeigt den Flächenbedarf der gesamten OFI-Fläche für die Standortvariante der BEVA beim gTL.

Flächen für Umladestationen von Strasse auf Schiene und umgekehrt werden nicht berücksichtigt, da diese für alle BEVA-Standortvarianten ähnlich sind.

Tab. 4.2-1: Herleitung des totalen Flächenbedarfs für die Standortvariante BEVA beim gTL anhand der OFI-Vorschläge gemäss NAB 19-08 (Nagra 2019)

Flächenbedarf	Standortregionen und Vorschläge (NAB 19-08)				
	JO (Vorschl. 1)	NL (Vorschl. 1)	NL (Vorschl. 3)	ZNO (Vorschl. 1)	ZNO (Vorschl. 3)
OFA-Fläche [ha]	6.2	8.1	7.4	8.0	8.0
NZA-Flächen (total) [ha]	4.5	4.5	3.0	3.0	4.0
Totaler Flächenbedarf [ha]	10.7	12.6	10.4	11.0	12.0
	10.4 – 12.6				

Wird die BEVA bei einem existierenden Zwischenlager (ZWILAG, ZWIBEZ) realisiert, so kann der Gesamtflächenbedarf ebenfalls aus den Angaben des NAB 19-08 (Nagra 2019) abgeleitet werden. Der zusätzlich erforderliche Flächenbedarf für eine Erstellung einer BEVA beim ZWIBEZ wird als identisch zum Bedarf beim ZWILAG angenommen. Tab. 4.2-2 zeigt die Zusammenstellung des Flächenbedarfs der gesamten OFI-Fläche für die Standortvariante der BEVA im Raum ZWILAG oder beim ZWIBEZ.

Tab. 4.2-2: Herleitung des totalen Flächenbedarfs für die Standortvarianten BEVA im Raum ZWILAG und beim ZWIBEZ anhand der OFI-Vorschläge gemäss NAB 19-08 (Nagra 2019)

Der zusätzlich erforderliche Flächenbedarf für eine Erstellung einer BEVA beim ZWIBEZ wird als identisch zum Bedarf im Raum ZWILAG angenommen.

Flächenbedarf	Standortregionen und Vorschläge (NAB 19-08)				
	JO (Vorschl. 2)	NL (Vorschl. 2)	NL (Vorschl. 4)	ZNO (Vorschl. 2)	ZNO (Vorschl. 4)
OFA-Fläche [ha]	3.0	3.5	6.0	5.5	6.0
NZA-Flächen (total) [ha]	4.5	7.0	4.0	3.0	4.0
Zusätzliche Fläche für BEVA beim ZWILAG [ha]	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Totaler Flächenbedarf [ha]	8.9	11.9	11.4	9.9	11.4
	8.9 – 11.9				

Der Flächenbedarf für die OFA und NZA ist für alle Standortvarianten mit externer BEVA in den beiden ersten Zeilen der Tab. 4.2-2 aufgeführt. Die BEVA kann für Standortvarianten bei einem KKW oder an einem neuen Standort («grüne Wiese») nicht von bereits bestehenden Anlagen (wie z.B. für Pufferlager bei den Varianten ZWILAG oder ZWIBEZ) profitieren. Zudem sind Flächen für die Sicherung oder Anlieferungsstrukturen erforderlich. Daher erhöht sich der Flächenbedarf einer BEVA von 1.4 ha auf ca. 3 ha. Der totale Flächenbedarf für die Standortvariante einer BEVA bei einem KKW oder an einem neuen Standort beträgt somit ca. 10.5 bis 13.5 ha (erste Zeile in Tab. 4.2-3).

Der Flächenbedarf für die temporären Baustelleninstallationsflächen stellt sich analog Tab. 4.2-1 und 4.2-2 gemäss NAB 19-08 (Nagra 2019) zusammen. Zusammenfassend zeigt Tab. 4.2-3 vergleichend den Flächenbedarf für die verschiedenen Standortvarianten einer BEVA.

Tab. 4.2-3: Flächenbedarf pro BEVA-Standortvariante

Flächenbedarf	BEVA-Standort				
	gTL	ZWILAG	ZWIBEZ	KKW	"grüne Wiese"
Gesamte Arealflächen [ha]	10.4 – 12.6	8.9 – 11.9	8.9 – 11.9	10.5 – 13.5	10.5 – 13.5
Flächen für temporäre Bauinstallationen [ha]	4.0 – 4.5	5.5 – 8.0	5.5 – 8.0	5.5 – 8.0	5.5 – 8.0
Totaler Flächenbedarf [ha]	14.4 – 17.1	14.4 – 19.9	14.4 – 19.9	16.0 – 21.5	16.0 – 21.5

Um einen anschaulichen Eindruck der in Tab. 4.2-3 aufgelisteten Werte zu bekommen, entspricht der maximale Unterschied der gesamten OFI-Arealflächen ohne temporäre Flächen zwischen den Varianten ZWILAG resp. ZWIBEZ und derjenigen beim gTL von 1.5 ha (Unterschied zwischen 10.4 ha und 8.9 ha) ca. 2 Fussballfeldern. Inklusiv der temporären Flächen erhöht sich die Differenz auf 2.8 ha (Unterschied zwischen 17.1 ha und 19.9 ha), was ca. 4 Fussballfeldern entspricht. Die Varianten KKW und "grüne Wiese" erfordern eine zusätzliche Mehrfläche von ca. 2 bis 3 Fussballfeldern. Dies ist hauptsächlich damit zu begründen, dass bei diesen Varianten sowohl für die BEVA wie auch für Anlagen beim Tiefenlager (Anlieferungsstrukturen etc.) Areal- und Baustelleninstallationsflächen benötigt werden mit den erforderlichen Flächen für zusätzliche Pufferlager für TLB und ELB/SOB.

4.3 Anzahl Standorte mit Kernanlagen

Mit den Kernkraftwerken (inklusive ZWIBEZ) und dem ZWILAG bestehen aktuell in der Schweiz verschiedene Standorte mit Kernanlagen. Zum Zeitpunkt der Einlagerung der HAA werden sämtliche Kernkraftwerke rückgebaut und die entsprechenden radioaktiven Abfälle im ZWILAG und dem ZWIBEZ zwischengelagert sein (Fig. 2.3-4). Beim Beginn der Einlagerung im Tiefenlager sind von diesen heute bestehenden Standorten noch zwei in Betrieb: ZWILAG und ZWIBEZ, da dort die Abfälle bis zur Verbringung ins Tiefenlager zwischengelagert sind. Abhängig davon, ob ein Kombilager für alle Abfälle oder zwei Einzellager (SMA und HAA) realisiert werden, kommen notwendigerweise nochmals 1 oder 2 Standorte mit Kernanlagen hinzu.

Für den Betrieb der BEVA während des Einlagerungsbetriebs kann infolge der langen Zeit seit Ende des operationellen Betriebs und dem vollständigen Rückbau der Kernanlage nicht mehr davon ausgegangen werden, dass bei den ehemaligen Kraftwerksstandorten (ausser ZWIBEZ) Synergien genutzt werden können. Eine Ausnahme könnte die allenfalls noch vorhandene Verkehrs- und Versorgungserschliessung sein (siehe auch Kap. 4.4.1). Die Nutzung von geschultem Personal aus dem Kraftwerkbetrieb für die Verpackung der Brennelemente kann jedoch aufgrund der zeitlichen Distanz ausgeschlossen werden (siehe Kap. 4.4.2).

Für einen neuen separaten Standort einer BEVA auf der "grünen Wiese" muss in der Schweiz ein zusätzlicher neuer "Nuklearstandort" entstehen. Nach dem kompletten Rückbau ist auch für eine BEVA am Standort eines KKW ein solcher zusätzlicher Standort nötig. Die Nutzung eines zusätz-

lichen Standorts für eine neue Kernanlage erhöht neben dem Aufwand auch die Anzahl der beteiligten Parteien erheblich. Die Standortvarianten einer BEVA beim gTL, im Raum ZWILAG sowie beim ZWIBEZ bieten durch die Konzentration diesbezügliches Synergiepotenzial, in dem neben den Standorten gTL, ZWILAG und ZWIBEZ kein Bedarf eines zusätzlichen Nuklearstandorts erforderlich ist.

Tab. 4.3-1: Anzahl Standorte mit Kernanlagen

	BEVA-Standort				
	gTL	ZWILAG	ZWIBEZ	KKW	"grüne Wiese"
Standorte mit Kernanlagen	3 – 4 *	3 – 4 *	3 – 4 *	4 – 5 * (nach komplettem Rückbau)	4 – 5 *

* Abhängig davon ob ein Kombilager für alle Abfälle oder zwei Einzellager (SMA und HAA) realisiert werden.

4.4 Synergiepotenzial

4.4.1 Bauliche Aspekte

Die bauliche Machbarkeit einer Brennelementverpackungsanlage ist, wie in Kap. 3.2 beschrieben, an allen BEVA-Standortvarianten gegeben.

Die für den Bau der BEVA erforderlichen Erdbewegungen sind je nach Standortvariante unterschiedlich. Für eine BEVA beim Tiefenlager sind in allen Vorschlägen gemäss NAB 19-08 (Nagra 2019) Hangeinschnitte und grössere Erdbewegungen erforderlich. Im Raum ZWILAG und beim ZWIBEZ sind die Erdbewegungen mit einem geringeren Aufwand verbunden. Ebenso ist der Bau einer BEVA bei einem KKW mit geringerem Aufwand realisierbar. Die Situation bei einem neuen BEVA-Standort ("grüne Wiese") kann nicht direkt verglichen werden, da der Standort nicht bekannt ist. Es ist jedoch anzunehmen, dass bei geeigneter Standortsituation eine BEVA ohne grössere Erdbewegungen realisiert werden kann.

Mit der Aufnahme des Betriebs der BEVA im Jahr 2060 (vgl. Fig. 2.3-4) sind gemäss Realisierungsplan die im ZWILAG gelagerten SMA bereits mehrheitlich ins Tiefenlager überführt und eingelagert worden. Die Betriebseinrichtungen für die Konditionierung und Lagerung von SMA können für die Lagerung von leeren Behältern (ELB, SOB) genutzt werden. Der Gebäudekomplex der BEVA im Raum ZWILAG wird dadurch deutlich kleiner ausfallen als bei den Standortvarianten auf der OFA des gTL, bei einem KKW oder einem neuen BEVA-Standort.

Auch bei der Standortvariante beim ZWIBEZ kann vom Lagerplatz der bereits ins Tiefenlager überführten SMA profitiert werden. Damit ist beim ZWIBEZ ebenfalls von einem leicht kleineren Gebäudekomplex als bei einer BEVA beim Tiefenlager auszugehen.

Das im NAB 19-08 (Nagra 2019) beschriebene Intensitätsmass der Aktivitäten ist proportional zu den Erdbewegungen und dem erforderlichen Bauvolumen und kann als Vergleichsmerkmal benutzt werden. Die Intensität ist unabhängig vom Transportweg, denn sie berücksichtigt die resultierenden Aktivitäten auf oder im Nahbereich des BEVA-Areals.

Die Komplexität des Bauvorhabens ist bei einem Neubau der Anlage, wie es am Standort des Tiefenlagers der Fall ist, gering. Das Bauen im Bestand im Umfeld einer bestehenden Kernanlage

(BEVA im Raum ZWILAG oder ZWIBEZ) erhöht die Komplexität und die Anforderungen an die Bauleistungen. Bei der Positionierung der BEVA bei einem KKW kann allenfalls von einer bereits bestehenden Erschliessung (Verkehr und Versorgung) ausgegangen werden. Ansonsten entspricht die Komplexität derjenigen eines Neubaus. Der bauliche Mehraufwand und die Komplexität für die Standortvariante "grüne Wiese" ist standortspezifisch.

Tab. 4.4-1: Bauliche Aspekte

Bauliche Aspekte	BEVA-Standort				
	gTL	ZWILAG	ZWIBEZ	KKW	"grüne Wiese"
Intensitätsmass	Referenz	geringer	geringer	vergleichbar	vergleichbar
Komplexität	Neubau	Bauen im Bestand	Bauen im Bestand	Neubau	standort-abhängig

4.4.2 Betriebliche Aspekte und Personal

Bei der Oberflächenanlage bzw. ihren Betriebsabläufen handelt es sich um Einrichtungen und Prozesse, die bereits in verschiedenen anderen Betrieben (Kernkraftwerke, Zwischenlager, Forschungsanlagen) seit vielen Jahren vorhanden sind. Die Betriebsabläufe werden in diesen Betrieben routinemässig ausgeführt; dementsprechend existiert dafür langjährige Erfahrung, die zeigt, dass die Einrichtungen und Prozesse zuverlässig und sicher funktionieren.

Die Betriebskonzepte für die verschiedenen BEVA-Standortvarianten unterscheiden sich primär hinsichtlich der Logistik (siehe Kap. 4.1). Die übrigen Betriebskonzepte, wie z.B. das grundsätzliche Verpackungskonzept (Umladen der radioaktiven Abfälle von den TLB in ELB), das Versorgungs- und Entsorgungskonzept, das Strahlenschutzkonzept, das Sicherungskonzept, um nur einige ausgewählte zu nennen, sind nicht oder unwesentlich vom Standort der BEVA betroffen. Im Falle einer externen BEVA würden die Einrichtungen und Tätigkeiten auf zwei Örtlichkeiten aufgeteilt.

Unterschiede bzw. Synergien betreffend Betrieb ergeben sich vor allem an Standorten, an denen bereits **Personal mit Umladeprozess-Erfahrung** Aufgaben in der BEVA übernehmen kann. Am Standort des ZWILAG ist eine heisse Zelle für die Umverpackung von BE und WA-HAA in Betrieb. Diese Anlage wird seit vielen Jahren nach bewährten Prozessen betrieben. Das Personal ist entsprechend vertraut mit der Behältervorbereitung und -handhabung, der Umladung, der Bearbeitung und Prüfung der Behälter sowie der Betriebsabfallbehandlung. Hochqualifiziertes Personal mit Know-how im Umgang mit spaltbaren Stoffen könnte in der BEVA vergleichbare Arbeiten übernehmen, wie sie im ZWILAG vorher während vieler Jahre schon angefallen sind.

Die BEVA-Standortoptionen beim gTL, beim ZWIBEZ, an einem neuen Standort ("grüne Wiese") oder bei einem Kernkraftwerk können für die Umverpackung auf kein vorhandenes Personal mit Umladeprozess-Erfahrung zurückgreifen. Bei den KKW kann aufgrund der zeitlichen Verfügbarkeit (abgeschlossener Rückbau der Kernkraftwerke vor Inbetriebnahme der BEVA) nicht davon ausgegangen werden, dass diesbezügliche Synergien realisierbar wären.

Der Gesamtbedarf an Personal (Anzahl Mitarbeitende) für die Umverpackung und allfällige zusätzliche Sicherungsareale (siehe Kap. 4.4.3) für die einzelnen Standortvarianten wird an dieser Stelle nicht verglichen. Der Einfluss fliesst jedoch im Kostenvergleich in die Betriebskosten ein (siehe Kap. 4.5).

Um die erforderliche Einlagerungsfrequenz (200 ELB/Jahr) zu erreichen, ist für eine BEVA ein Durchsatz von 1 ELB/Tag zu realisieren und es müssen genügend Pufferlagerkapazitäten vorhanden sein. Für alle untersuchten BEVA-Standortvarianten ist sicherzustellen, dass der komplette Einlagerungsprozess (Anlieferung, Umverpackung, Weitertransport, Einlagerung etc.) garantiert werden kann, auch wenn diese Prozesskette irgendwo zeitlich beschränkt unterbrochen werden muss. Dazu sind an allen Standorten entlang der Entsorgungskette (Fig. 2.3-2, 2.3-3 und 2.3-5 bis 2.3-7) **Pufferlager** erforderlich. Jede Pufferlagerung bedeutet betrieblich einen Mehraufwand, da der gleiche Behälter (TLB oder ELB) mehrfach transportiert, gelagert oder kontrolliert werden muss. Für die Standortvariante der BEVA beim gTL sind innerhalb der BEVA jeweils eingehend (TLB) und ausgehend (ELB) Pufferlager erforderlich. Für die beiden Standortvarianten im Raum ZWILAG und beim ZWIBEZ ist ein Pufferlager für beladene ELB bei der BEVA und eines bei der OFA erforderlich. Die Varianten einer BEVA bei einem Kraftwerksstandort oder einem neuen Standort ("grüne Wiese") erfordern zusätzlich ein eingehendes Pufferlager bei der externen BEVA.

Die nachfolgende Tabelle (Tab. 4.4-2) zeigt einen Vergleich der betrieblichen Aspekte für die verschiedenen BEVA-Standortvarianten.

Tab. 4.4-2: Betriebliche Aspekte und Personal

Betriebliche Aspekte	BEVA-Standort				
	gTL	ZWILAG	ZWIBEZ	KKW	"grüne Wiese"
Erfahrenes Personal (Umladeprozesse)	nein	ja	nein	nein	nein
Pufferlager	2	2	2	3	3

4.4.3 Sicherung und Safeguards

Die Sicherung von Kernanlagen und Kernmaterialien soll die Beeinträchtigung der nuklearen Sicherheit durch unbefugte Einwirkungen, die gezielte Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt und den Diebstahl von Kernmaterialien verhindern. Dazu ist bei allen Schweizer Kernanlagen, und damit auch bei einer BEVA, ein spezielles Sicherungsdispositiv erforderlich. Durch bauliche, technische, organisatorische und überwachende Massnahmen ist diese Sicherheit zu gewährleisten.

Safeguards sind ein Überwachungssystem der internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) zur Sicherstellung eines friedlichen Gebrauchs spaltbarer nuklearer Materialien. Safeguards sind für alle Staaten, welche den Atomwaffensperrvertrag (Nuclear Nonproliferation Treaty) unterzeichnet haben, und damit auch für die Schweiz, obligatorisch.

Das Themen Sicherung und Safeguards sind vor allem in der Phase des Einlagerungsbetriebs relevant. Die Sicherungsanlagen umfassen die gemäss behördlich festgelegten Anforderungen des Objektschutzes notwendigen Anlagen und Einrichtungen zur Sicherung. Sie bestehen aus der Sicherungszentrale, Räumen für Wachpersonal (inkl. Pforte) und Zaunanlagen (Durchfahrtschutz/

Perimeterschranke). Zur Verhinderung unbefugter Zutritte sind gemäss heutigem Planungsstand weitere Sicherungsschranken (z.B. Personen-/Fahrzeugschleusen mit Überwachungssystemen) notwendig, die auch einen gewaltsamen Zutritt in das Sicherungsareal verhindern bzw. möglichst erschweren.

Bei einer BEVA am Standort des Tiefenlagers sind drei Sicherungs-/Überwachungsbereiche mit Sicherungsanlagen/-massnahmen wie oben beschrieben erforderlich: die Areale ZWILAG und ZWIBEZ (als Standorte der TLB vor dem Transport zum gTL) und die OFA mit der BEVA (Fig. 4.4-1). Die Sicherung von Arealen für die Nebenzugangsanlagen werden in diesem Bericht nicht betrachtet, da diese unabhängig von den Standortvarianten einer BEVA ist.

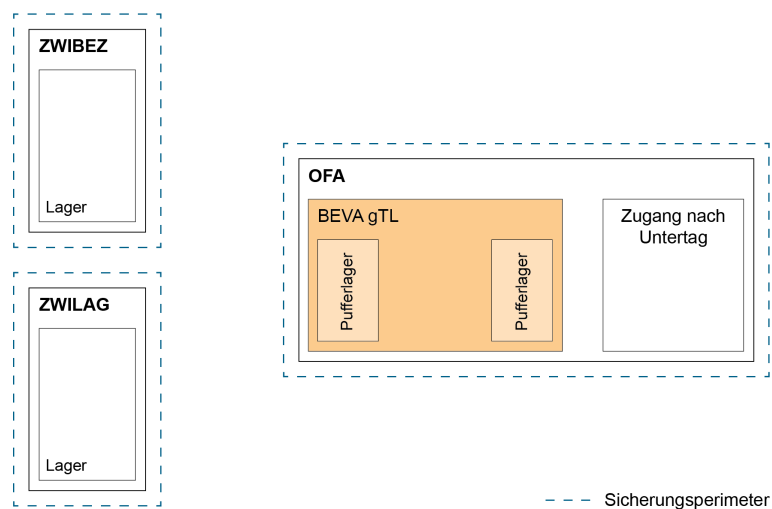


Fig. 4.4-1: Darstellung der Sicherungsareale für Standortvarianten der BEVA beim gTL mit drei Sicherungsperimetern

Auch bei der Standortvariante der BEVA im Raum ZWILAG oder beim ZWIBEZ sind jeweils insgesamt drei Anlagenareale zu sichern. Dies sind die Areale vom ZWILAG und ZWIBEZ (je nach Variante eines davon mit der BEVA) und die OFA des gTL. Dies ist in Fig. 4.4-2 dargestellt. Durch die Anordnung der BEVA beim ZWILAG oder beim ZWIBEZ, wo bereits entsprechende Sicherungszonen, geschultes Wachpersonal oder Überwachungsequipment vorhanden ist, ergeben sich für diese Standortvarianten der BEVA ein Synergiepotenzial.

Da zum Zeitpunkt des Einlagerungsbetriebs der HAA (ab 2060) sämtliche Kernkraftwerke ausser Betrieb genommen sein werden, entspricht die BEVA-Standortvariante bei einem Kraftwerk derjenigen eines neuen Standorts ("grüne Wiese"). Es kann von keinen bestehenden Einrichtungen oder vorhandenem Personal profitiert werden.

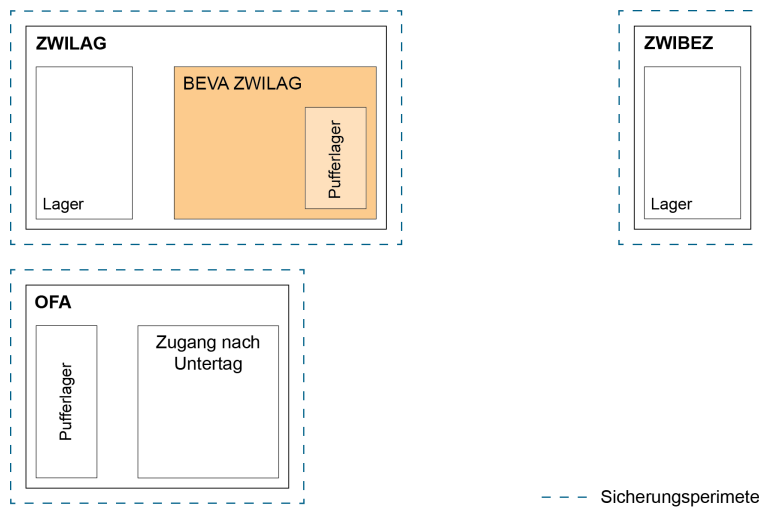


Fig. 4.4-2: Darstellung der Sicherungsareale für Standortvarianten der BEVA im Raum ZWILAG

Für die Variante einer BEVA beim ZWIBEZ sind analoge Sicherungsareale erforderlich.

Für einen neuen BEVA-Standort ("grüne Wiese") sind vier Anlagenelemente mit eigenen Sicherungs- und Überwachungsbereichen und entsprechenden Massnahmen vorzusehen: das ZWILAG-Areal und das ZWIBEZ als Ausgangspunkte der TLB, die externe BEVA sowie die Oberflächenanlage (Fig. 4.4-3). An vier Standorten die Sicherung und die Überwachung wahrzunehmen, hat Einfluss auf das erforderliche Personal, die Überwachungsausrüstung und damit auch Auswirkungen auf die Kosten (Kap. 4.5).

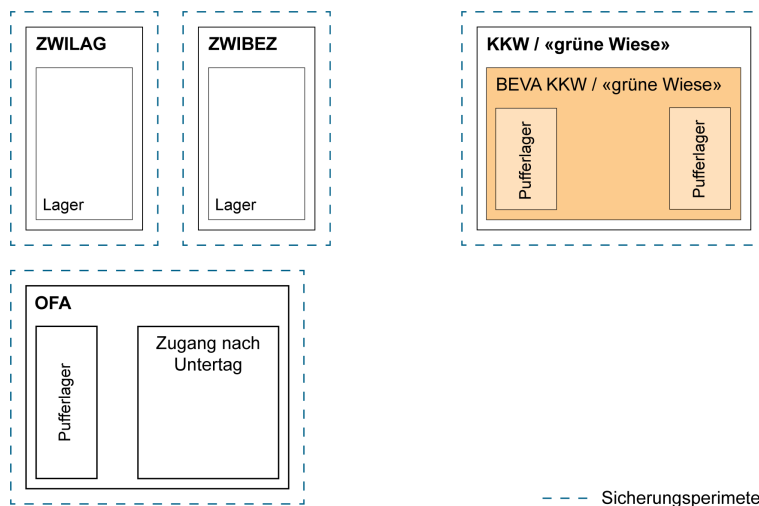


Fig. 4.4-3: Darstellung der Sicherungsareale für die Standortvarianten der BEVA auf "grüner Wiese"

Die Vorgaben bezüglich Safeguards (Safeguardsverordnung 2012) können durch eine geeignete Auslegung der Anlage und der Abläufe sowie durch organisatorische Massnahmen für alle BEVA-Standortvarianten erfüllt und umgesetzt werden. Gemeinsame Vorkehrungen zur Kontrolle spaltbarer Materialien (Safeguards) bieten jedoch nur die Standortvarianten im Raum ZWILAG und beim ZWIBEZ.

Tab. 4.4-3 fasst die Vor- und Nachteile bezüglich der Sicherheitsaspekte für die verschiedenen BEVA-Standortvarianten zusammen.

Tab. 4.4-3: Zusammenfassung der Vor- und Nachteile bezüglich der Sicherheitsaspekte (Sicherheit, Safeguards etc.).

Sicherheit und Safeguards	BEVA-Standort				
	gTL	ZWILAG	ZWIBEZ	KKW	"grüne Wiese"
Anzahl Sicherungsareale (ohne NZA)	3 – 4 *	3 – 4 *	3 – 4 *	4 – 5 *	4 – 5 *
Synergien Sicherheit und Safeguards mit Infrastruktur/Personal von bestehendem nuklearem Standort	ja	ja	ja	nein	nein

* Abhängig davon ob ein Kombilager für alle Abfälle oder zwei Einzellager (SMA und HAA) realisiert werden.

4.5 Wirtschaftlichkeit / Kosten

Die wirtschaftlichen Aspekte der verschiedenen Standortvarianten einer Brennelementverpackungsanlage werden auf Basis der Kostenstudie 2016 (KS16) verglichen. Die Kosten der verschiedenen Varianten werden unterteilt in Baukosten, Kosten für den Betrieb und Kosten für den Rückbau der entsprechenden Anlage. Generell werden nachfolgend Basiskosten verglichen. Die ausgewiesenen Kosten enthalten die Zuschläge für Prognoseungenauigkeiten. Allfällige Zuschläge für Risiken und Ungewissheiten werden im vorliegenden Bericht jedoch nicht berücksichtigt.

Die **Kosten für den Bau** einer BEVA umfassen alle für den Bau notwendigen Kosten (inkl. Honorare und Baunebenkosten). Die Baukosten enthalten:

- die Kosten für das Grundstück und die Bauvorbereitung (inkl. Baugrube und Fundamente)
- das eigentliche Bauwerk (Rohbau inkl. technischer Gebäudeausrüstung)
- die Kosten für die Betriebsausrüstung

Für eine BEVA am Standort des gTL, bei einem Kraftwerksstandort, beim ZWIBEZ und an einem neuen Standort ("grüne Wiese") sind auch die notwendigen Räume und Einrichtungen für die Betriebsabfallbehandlung in den Baukosten enthalten. Sollte die BEVA im Raum ZWILAG realisiert werden, können die bestehenden Einrichtungen des ZWILAG für die Betriebsabfallbehandlung genutzt werden. Für die Standortvariante einer BEVA bei einem KKW wird angenommen, dass Erschliessungen (Verkehr, Energie, Wasser) noch von den rückgebauten Kraftwerken vor-

handen sind und entsprechend genutzt werden können. Dies führt zu leicht tieferen Baukosten verglichen mit dem Standort "grüne Wiese".

Die **Betriebskosten** enthalten die Personalkosten, Kosten für Unterhalt und Erneuerung sowie die Kosten für Transporte der TLB bzw. ELB (inklusive Kernhaftpflichtversicherung). Für die externen Standortvarianten der BEVA (nicht beim Tiefenlager) ist zu beachten, dass für das Handling der ELB am Standort des gTL zusätzliches Personal benötigt wird (Personal am Standort der BEVA wie auch am Standort des gTL). Es wird darauf hingewiesen, dass hierbei nur das Personal für die unmittelbar mit der Verpackung in Verbindung stehenden Arbeiten verglichen wird, d.h. es wird nicht das gesamte Personal berücksichtigt, welches für den Betrieb des gTL erforderlich ist. Einen wesentlichen Teil der Betriebskosten machen die **Kosten für die Transporte** der TLB und ELB in SOB aus. Die Transportkosten sind dabei stark geprägt von erforderlichen Kernhaftpflichtversicherungskosten. Die grössere Anzahl Transporte und der grössere Gesamtpersonalbedarf für die Umverpackung bei einem externen BEVA-Standort hat zur Folge, dass die Betriebskosten für diese Varianten höher ausfallen als für eine BEVA auf der OFA des gTL.

Der finanzielle Aufwand für die Stilllegung und den **Rückbau** leitet sich gemäss KS16 direkt von den Errichtungs- bzw. Anschaffungskosten für die Bauwerke und die Betriebsausrüstung ab.

Tab. 4.5-1 zeigt den prozentualen Vergleich der geschätzten Kosten für die verschiedenen Standortvarianten im Vergleich zur Referenzvariante einer BEVA beim Tiefenlager.

Tab. 4.5-1: Kosten für die verschiedenen Standortvarianten einer BEVA (im Vergleich zur Referenzvariante einer BEVA beim gTL)

Kosten	BEVA-Standort				
	gTL	ZWILAG	ZWIBEZ	KKW	"grüne Wiese"
Total	ca. 725 MCHF	-5 % bis 0 %	0 % bis +5 %	+20 %	+20 %

5 Vergleichsmatrix

Um eine aussagekräftige Darstellung der Vor- und Nachteile vornehmen zu können, sind in Tab. 5.1-1 alle beschriebenen Merkmale und Standortvarianten für eine Brennelementverpackungsanlage (BEVA) dargestellt. Die verschiedenen Merkmale werden nachfolgend kurz zusammengefasst und die BEVA-Standorte entsprechend verglichen.

Tab. 5.1-1: Übersicht über alle beschriebenen Merkmale und BEVA-Standortvarianten.

Dunkelrote Zellen stellen einen deutlichen Nachteil **gegenüber der Referenzvariante** einer BEVA beim gTL dar. Hellrote Felder stehen für geringe Nachteile, hellgrüne Markierungen für leichte Vorteile, dunkelgrün markierte Merkmale für deutliche Vorteile. Bei nicht eingefärbten Zellen sind die Merkmale vergleichbar mit der Referenzvariante.

Vergleichsmerkmal	BEVA-Standort				
	gTL	ZWILAG	ZWIBEZ	KKW	"grüne Wiese"
Transporte					
Anzahl Transporte	67 *	286 **	323	338	338
Flächenbedarf					
Gesamte Arealfläche [ha]	10.4 – 12.6	8.9 – 11.9	8.9 – 11.9	10.5 – 13.5	10.5 – 13.5
Flächen für temporäre Bauinstallationen [ha]	4.0 – 4.5	5.5 – 8.0	5.5 – 8.0	5.5 – 8.0	5.5 – 8.0
Anzahl Standorte mit Kernanlagen					
Standorte mit Kernanlagen	3 – 4 ***	3 – 4 ***	3 – 4 ***	4 – 5 ***	4 – 5 ***
Bauliche Aspekte					
Intensitätsmass	Referenz	geringer	geringer	vergleichbar	vergleichbar
Komplexität	Neubau	Bauen im Bestand	Bauen im Bestand	Neubau	standort-abhängig
Betriebliche Aspekte und Personal					
Erfahrung Personal	nein	ja	nein	nein	nein
Pufferlager	2	2	2	3	3
Sicherung und Safeguards					
Anzahl Areale	3 – 4 ***	3 – 4 ***	3 – 4 ***	4 – 5 ***	4 – 5 ***
Synergiepotenzial	ja	ja	ja	nein	nein
Wirtschaftlichkeit / Kosten					
Wirtschaftlichkeit / Kosten	ca. 725 MCHF	-5 bis 0 %	0 bis 5 %	+20 %	+20 %

* Für ein gTL am Standort JO reduziert sich die Anzahl Transporte auf 15 TLB-Transporte vom ZWIBEZ zum gTL. Der Vergleich mit den anderen BEVA-Standorten würde für diese Standortvariante damit noch deutlicher ausfallen.

** Für ein gTL am Standort JO reduziert sich die Anzahl Transporte auf 15 TLB-Transporte vom ZWIBEZ zur BEVA im Raum ZWILAG. Die ELB/SOB würden als Areal-interne Transfers von der BEVA über die neu zu erstellende Aarebrücke zur OFA transportiert.

*** Abhängig davon ob ein Kombilager oder zwei Einzellager realisiert werden.

Für die **Transporte** zeigt sich, dass bei einer externen BEVA infolge der höheren Anzahl zu transportierender ELB verglichen mit derjenigen der TLB ein Vielfaches an Transporten erforderlich ist. Das gesamte Inventar an nuklearen Abfällen ist für alle Standortvarianten identisch.

Betreffend **Flächenbedarf** sind die Varianten einer BEVA im Raum ZWILAG und beim ZWIBEZ aufgrund der Nutzung bestehender Anlagenteile wie Pufferlager für die reine Arealfläche vorteilhaft. Durch den zusätzlichen Baustellenplatz ist jedoch temporär mehr Platz für Bauinstallationen erforderlich. Deutlich mehr Fläche wird bei den Standortvarianten beim KKW oder an einem neuen Standort benötigt.

Anzahl Standorte mit Kernanlagen: Wird die BEVA am Standort einer bestehenden und zum Zeitpunkt der Umverpackung auch betrieblich genutzten Kernanlage realisiert, ergeben sich Vorteile. Unter anderem der behördliche Aufwand sowie die Anzahl beteiligter Parteien werden bei einer Realisierung der BEVA im Raum ZWILAG oder ZWIBEZ, ebenso wie für eine BEVA am Standort des gTL, nicht zusätzlich erhöht.

Bauliche Aspekte: Im Raum ZWILAG und beim ZWIBEZ kann die BEVA dank geringerer Gebäudeausmasse (Wegfall von Pufferplätzen, Synergien mit Sicherung etc.) auch mit geringerem baulichem Aufwand erstellt werden. Durch den Bau direkt neben einer in Betrieb stehenden Anlage kann die Komplexität beim Bau höher ausfallen als bei der Realisierung eines Neubaus. An den Standorten des gTL ist die BEVA zugunsten einer reduzierten Einsichtbarkeit in Hangeinschnitten geplant. Dies erfordert grössere Erdbewegungen. Zusammengefasst kann eine BEVA im Raum ZWILAG oder beim ZWIBEZ mit geringerem baulichem Aufwand realisiert werden als am Standort des Tiefenlagers.

Betriebliche Aspekte und Personal: Eine BEVA im Raum ZWILAG bietet betrieblich dank vorhandenem, erfahrener Personal deutliche Vorteile gegenüber allen anderen Standortvarianten. Die grössere Anzahl an erforderlichen Pufferlagern ist bei den Standortvarianten einer BEVA bei einem KKW oder einem neuen Standort für den Betrieb nachteilig (Mehrfachhandhabung).

Synergien sind für einzelne Standortvarianten auch bei der **Arealsicherung und Safeguards** zu realisieren. Bei einer Realisierung der BEVA im Raum ZWILAG oder ZWIBEZ wären Anlagen wie Wache, Kontrollraum etc. bereits vorhanden und müssten eventuell lediglich ausgebaut werden. Keine Synergien und ein zusätzliches Sicherheitsareal ergeben einen deutlichen Nachteil für die beiden Standortvarianten bei einem KKW und auf der "grünen Wiese".

Die Unterschiede bei den **gesamten Kosten** einer BEVA (Bau, Betrieb und Rückbau) sind für die Varianten beim gTL und im Raum ZWILAG oder ZWIBEZ gering. Deutliche Mehrkosten ergeben sich für Standortvarianten bei einem Kraftwerk und bei der Variante "grüne Wiese".

6 Schlussfolgerungen

Die in diesem Bericht dargestellten Vergleiche zwischen den verschiedenen Standortvarianten einer Brennelementverpackungsanlage (BEVA) können wie folgt zusammengefasst werden:

- *Synergien und Transporte:* Bei den Standortvarianten einer BEVA im Raum ZWILAG oder beim ZWIBEZ sind verschiedene Synergien möglich. Speziell Synergien betreffend Bau der BEVA, der Verfügbarkeit von erfahrener Personal sowie betreffend Sicherung erweisen sich als vorteilhaft im Vergleich mit anderen Standortvarianten. Als nachteilig erweisen sich für diese beiden Standorte die verglichen mit einer BEVA beim Tiefenlager deutlich erhöhte Anzahl an erforderlichen nuklearen Transporten.
- *Vergleich ZWILAG und ZWIBEZ:* Sowohl das ZWILAG wie auch ZWIBEZ werden nach dem Rückbau der Kraftwerke bis und mit Einlagerungsbetrieb der HAA weiterbetrieben. Durch den höheren Anteil an zwischengelagerten TLB (geringere Anzahl Transporte), der Erfahrung mit der Umladung von BE und WA-HAA sowie der Tatsache, dass beim ZWILAG bereits eine heisse Zelle in Betrieb ist, sind die nutzbaren Synergiepotenziale beim ZWILAG deutlich grösser und eine Platzierung einer BEVA beim ZWILAG ist diesbezüglich als vorteilhafter gegenüber einer BEVA beim ZWIBEZ einzustufen.
- *Standortvarianten KKW und "grüne Wiese":* Die KKW sind zum Zeitpunkt des Einlagerungsbetriebs rückgebaut. Die Standortvariante KKW gleicht damit der Variante "grüne Wiese". Eine BEVA am Standort eines Kernkraftwerks oder an einem neuen nuklearen Standort ("grüne Wiese") hat bei verschiedenen Merkmalen deutliche Nachteile. Beide Standortvarianten erfordern eine deutlich höhere Anzahl an nuklearen Transporten, einen erhöhten behördlichen Aufwand und eine grössere Anzahl an beteiligten Parteien und bieten keinerlei Synergien mit anderen (nuklearen) Anlagen.
- *Erfahrungen im Ausland:* Der Vergleich mit dem Ausland zeigt, dass in den Ländern, welche sich weiter in der Planung als die Schweiz befinden (Frankreich, Finnland, Schweden), nur Lösungen für eine BEVA an einem Standort des Tiefenlagers oder bei einem Zwischenlager in Betracht gezogen werden. In keinem dieser Länder wird ein komplett externer Standort für eine BEVA ("grüne Wiese") oder ein Standort bei einem ausser Betrieb genommenen KKW in Betracht gezogen.

Aus Sicht der Nagra sind die Areale der Oberflächenanlage sowie der Raum ZWILAG vergleichbar und sinnvolle Standortvarianten für die Realisierung einer BEVA. Eine BEVA beim ZWIBEZ ist verglichen mit einer BEVA im Raum ZWILAG weniger vorteilhaft (mehr Transporte, weniger Synergiepotenzial). Die Nagra erachtet die Standortvariante bei einem heute bestehenden KKW sowie eine BEVA an einem neuen Standort ("grüne Wiese") als nicht zweckmässig und nicht verhältnismässig.

Die dargelegten Gründe bestätigen die Vorschläge des NAB 19-08 (Nagra 2019), in welchem im Rahmen des SGT lediglich eine BEVA auf der OFA des geologischen Tiefenlagers oder im Raum ZWILAG als mögliche Varianten für eine Platzierung der BEVA vorgeschlagen werden.

7 **Literaturverzeichnis**

BFE (2018): Sachplan geologische Tiefenlager – Ergebnisbericht zu Etappe 2: Festlegungen und Objektblätter. Bundesamt für Energie BFE, Bern, Schweiz.

Nagra (2013): Standortunabhängige Betrachtungen zur Sicherheit und zum Schutz des Grundwassers: Grundlagen zur Beurteilung der grundsätzlichen Bewilligungsfähigkeit einer Oberflächenanlage für ein geologisches Tiefenlager. Nagra Technischer Bericht NTB 13-01.

Nagra (2016): Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen. Nagra Tech. Ber. NTB 16-01.

Nagra (2019): Vorschläge zur Konkretisierung der Oberflächeninfrastruktur der geologischen Tiefenlager. Nagra Arbeitsbericht NAB 19-08.

Safeguardsverordnung (2012): Safeguardsverordnung vom 21. März 2012, Stand am 1. Januar 2013. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 732.12, Schweiz.

SKB (2011): Environmental Impact Statement March – Interim storage, encapsulation and final disposal of spent nuclear fuel. Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB). März 2011.