

Arbeitsbericht NAB 19-15

**Standortunabhängiger Vergleich
eines Kombilagerns mit zwei
Einzellagern hinsichtlich Bau- und
Betriebsabläufe sowie Umwelt**

September 2020

Arbeitsbericht

NAB 19-15

**Standortunabhängiger Vergleich
eines Kombilagers mit zwei
Einzellagern hinsichtlich Bau- und
Betriebsabläufe sowie Umwelt**

September 2020

STICHWÖRTER

Kombilager, Einzellager, HAA-Lager, SMA-Lager, Vergleich,
SGT-E3

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.....	III
Figurenverzeichnis.....	IV
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen von Fachbegriffen.....	V
Verzeichnis der verwendeten Einheiten.....	VII
1 Einleitung, Ausgangslage und Ziel des Berichts.....	1
2 Generelle Vergleichsaspekte und Themen.....	3
2.1 Abfallmengen.....	3
2.2 Realisierungszeitpläne.....	3
2.3 Bewilligungsverfahren.....	5
2.4 Einlagerungsbetriebsdauer.....	6
2.5 Lagerarchitektur.....	7
3 Oberflächeninfrastrukturen.....	11
3.1 Oberflächenanlagen.....	11
3.2 Nebenzugangsanlagen.....	14
3.3 Erschliessungen.....	17
3.4 Gesamtflächenbedarf der drei Lagerprojekte.....	17
3.5 Bauvolumen der drei Lagerprojekte.....	18
4 Untertageanlagen.....	19
4.1 Zugang nach Untertage.....	19
4.2 Zentraler Bereich.....	20
4.3 Weitere Bauwerke auf Lagerebene (inkl. Lagerfeldzugänge).....	23
4.4 Gesamtes Ausbruchvolumen der drei Lagerprojekte.....	24
5 Bauablauf und Realisierungsschritte.....	25
5.1 EEU-Phasen.....	25
5.2 Bauphasen.....	26
5.3 Verschluss Hauptlager.....	29
5.4 Verschluss Gesamtlager.....	30
5.5 Fazit zu Bauabläufen und Realisierungsschritten.....	30

6	Betriebskonzepte	31
6.1	Betriebsabläufe im Kombilager.....	31
6.1.1	Einlagerungsbetrieb.....	31
6.1.2	Paralleler Bau- und Einlagerungsbetrieb.....	31
6.1.3	Sequenzieller HAA/SMA-Einlagerungsbetrieb.....	35
6.2	Personal.....	39
7	Betriebliche Sicherheitsbetrachtungen	41
7.1	Betriebssicherheit.....	41
7.1.1	Nukleare Betriebssicherheit.....	41
7.1.2	Strahlenschutz.....	43
7.1.3	Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz.....	44
7.1.4	Flucht, Rettung und Intervention (Personensicherheit).....	44
7.2	Sicherung.....	45
8	Umweltbetrachtungen	47
8.1	Immissionen/betroffene Personen/Schutzgüter.....	47
8.2	Energieverbrauch.....	48
8.3	Transporte (Bautransporte, Einlagerungsbetrieb, Verschluss).....	48
8.4	Zusammenfassung der gesamthaften Umweltbetrachtungen.....	49
9	Lagerprojekt-Varianten	51
9.1	Externe Verpackungsanlagen.....	51
9.2	Anlieferung radioaktiver Abfälle.....	51
9.3	Zugangsbauwerke und Lagerfeldzugänge.....	52
9.4	Weitere (standortspezifische) Varianten.....	52
10	Schlussfolgerungen und Fazit des Vergleichs	53
11	Literaturverzeichnis	55
12	Begriffe, Glossar, Abkürzungen	59

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1-1: Abfallmengengerüst (Szenario 2b gemäss Nagra 2016a).....	3
Tab. 2.5-1: Übersicht Lagerarchitektur der beispielhaften Lagerprojekte	8
Tab. 3.1-1: Übersicht Oberflächenanlagen.....	13
Tab. 3.1-2: OFA-Flächenbedarf über alle Projektphasen.....	13
Tab. 3.2-1: Übersicht Nebenzugangsanlagen.....	16
Tab. 3.2-2: NZA-Flächenbedarf über alle Projektphasen	16
Tab. 3.4-1: Flächenbedarf über alle Projektphasen.....	17
Tab. 3.5-1: Bauvolumina (für die Oberflächeninfrastrukturen)	18
Tab. 4.1-1: Ausbruchvolumina der Zugangsbauwerke	19
Tab. 4.2-1: Übersicht für Zentrale Bereiche.....	22
Tab. 4.2-2: Ausbruchvolumina der Hohlräume im Zentralen Bereich.....	23
Tab. 4.4-1: Ausbruchvolumina nach Ort der Zutageförderung.....	24
Tab. 6.2-1: Personalbedarf im Einlagerungsbetrieb.....	39
Tab. 7.2-1: Wesentliche Sicherungselemente	46
Tab. 8.1-1: Zeitgewichtete Flächenbeanspruchungen (OFA, NZA, Bauinstallationen).....	47
Tab. 8.4-1: Übersicht Umweltbetrachtungen	49
Tab. 10-1: Vergleichende Zusammenstellung.....	53

Figurenverzeichnis

Fig. 2.2-1: Bau und Betriebsaktivitäten - im beispielhaften SMA-Lager.....	4
Fig. 2.2-2: Bau- und Betriebsaktivitäten im beispielhaften HAA-Lager.....	4
Fig. 2.2-3: Bau- und Betriebsaktivitäten im beispielhaften Kombilager.....	4
Fig. 2.4-1: Einlagerungsbetrieb bei unterschiedlichen Lagertypen.....	6
Fig. 2.5-1: Schematische (nicht massstäbliche) Darstellung eines Kombilagers	7
Fig. 3.1-1: Darstellung der Oberflächenanlage eines Kombilagers.....	11
Fig. 3.2-1: Darstellung einer Nebenzugangsanlage (NZA-BL)	14
Fig. 4.2-1: Prinzipskizze des Zentralen Bereichs des Kombilagers	20
Fig. 5.1-1: EEU-Phasen Kombilager (und HAA-Lager)	25
Fig. 5.1-2: EEU-Phasen SMA-Lager	25
Fig. 5.2-1: Bauphase SMA-Lager	26
Fig. 5.2-2: Bauphase HAA-Lager	27
Fig. 5.2-3: Bau SMA-Lagerteil bei einem Kombilager.....	28
Fig. 5.2-4: Bau HAA-Lagerteil und SMA-Einlagerung in einem Kombilager	28
Fig. 5.3-1: Verschluss Hauptlager Kombilager.....	29
Fig. 5.4-1: Verschluss Gesamtlager Kombilager.....	30
Fig. 6.1-1: Paralleler Bau- und Einlagerungsbetrieb im Kombilager.....	32
Fig. 6.1-2: Paralleler Bau- und Einlagerungsbetrieb im Zentralen Bereich des Kombilagers	33
Fig. 6.1-3: Lüftungsführung während parallelem Bau- und Einlagerungsbetrieb im Zentralen Bereich des Kombilagers	34
Fig. 6.1-4: HAA-Einlagerungsbetrieb, mit Fokus auf den Zentralen Bereich des Kombilagers	36
Fig. 6.1-5: SMA-Einlagerung während HAA-Einlagerungspause, mit Fokus auf den Zentralen Bereich des Kombilagers.....	37
Fig. 6.1-6: Systemskizze Lüftung Kombilager, mit Fokus auf den Zentralen Bereich.....	38

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen von Fachbegriffen

Ein Glossar mit Begriffsbeschreibungen findet sich am Schluss dieses Berichts.

AAV	Aufbereitungsanlage für Verfüll- und Versiegelungsmaterialien
AIS	Annahmefrastruktur
ALARA	as low as reasonably achievable (so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar)
ASR	Auswahl Standorte für Vorbereitung Rahmenbewilligungsgesuch
BAT	Bautunnel
BE	abgebrannte Brennelemente
BET	Betriebstunnel
BEVA	BE/HAA-Verpackungsanlage
BFE	Bundesamt für Energie
BEUU	Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag
BR	Bundesrat
BS	Betriebsschacht
ELB	Endlagerbehälter
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EUU	erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag
GL	Gesamtlager
gTL	geologische(s) Tiefenlager
HAA	hochaktive Abfälle
HL	Hauptlager
iTB	interne(r) Transportbehälter
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
LF	Lagerfeld
LFZ	Lagerfeldzugang
LKW	Lastkraftwagen
LS	Lüftungsschacht
LT	Lüftungstunnel
LV	Lüftungsverzweigung
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
OFA	Oberflächenanlage(n)
OFI	Oberflächeninfrastruktur(en)

NZA	Nebenzugangsanlage(n)
RBG	Rahmenbewilligungsgesuch
SFA	Schachtförderanlage
SGT	Sachplan geologische Tiefenlager
SMA	schwach- und mittelaktive Abfälle
SMA-VA	SMA-Verpackungsanlage
SSK	Strukturen, Systeme und Komponenten
StSV	Strahlenschutzverordnung
TB	Transportbehälter
TLB	Transport- und Lagerbehälter
VA	Verpackungsanlage
VZ	Versorgungszentrale
ZB	Zentraler Bereich
ZBW	Zugangsbauwerk(e)
ZS	Zugangsschacht

Verzeichnis der verwendeten Einheiten

a	annus (Jahr), nichtnormierte Masseinheit für eine Zeitdauer von einem Jahr
ha	Hektare, Masseinheit für eine Fläche; $1 \text{ ha} = 10'000 \text{ m}^2$
m	Meter, Masseinheit für eine Länge
m^2	Quadratmeter, Masseinheit für eine Fläche
m^3	Kubikmeter, Masseinheit für ein Volumen
Mia.	Milliarde, $1 \text{ Mia.} = 1'000'000'000 = 10^9$

1 Einleitung, Ausgangslage und Ziel des Berichts

In der Schweiz sind für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle zwei geologische Tiefenlager vorgesehen: eines für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA-Lager) und eines für abgebrannte Brennelemente sowie verglaste hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen (HAA-Lager). Das Vorgehen zur Wahl der Standorte für die geologischen Tiefenlager wurde im Sachplan geologische Tiefenlager (SGT, BFE 2008) festgelegt.

Beide Lager können unter bestimmten Voraussetzungen als ein sogenanntes Kombilager im gleichen Standortgebiet platziert werden. Gemäss ENSI (2018) kommt ein Kombilager in Frage, falls nach der Festlegung des HAA-Lagers im gleichen Standortgebiet noch ausreichend Platz für ein SMA-Lager vorhanden ist, und wenn bezüglich Sicherheit (z.B. Bau-, Betriebs- und Langzeitsicherheit) keine relevanten negativen Beeinflussungen zwischen SMA- und HAA-Lagerteil stattfinden.

Im Rahmen der Etappe 3 des Sachplans (SGT-E3) ist von der Nagra also der Entscheid zu fällen, ob das Rahmenbewilligungsgesuch (RBG) für ein Kombilager oder für zwei Einzellager ausgearbeitet wird. Dieser Entscheid ist auf eine gesamthafte Betrachtung und auf einen sicherheitstechnischen Vergleich abzustützen, wie dies u.a. im Ergebnisbericht zu SGT-E2 (BFE 2018) festgehalten wurde. Die Standortwahl erfolgt primär aufgrund sicherheitstechnischer Kriterien. Nur wenn der sicherheitstechnische Vergleich nicht zu einer Differenzierung führt, können weitere Aspekte begezogen und die Standortwahl damit begründet werden.

Der Bundesrat und das ENSI haben Auflagen und Vorgaben für das Entsorgungsprogramm 2021 (EP21) resp. für den sicherheitstechnischen Vergleich in SGT-E3 gemacht (BR 2018 und ENSI 2018). Für ein Kombilager wird verlangt, dass die grundsätzlich bestehenden Varianten aufzuzeigen und sicherheitstechnisch zu bewerten sind, sowie der relative Platzbedarf darzulegen ist.

Der vorliegende Bericht ist als Hintergrundbericht gedacht für das Entsorgungsprogramm 2021 sowie für den Meilenstein "Auswahl Standorte für Vorbereitung Rahmenbewilligungsgesuch" (ASR) und später für das Rahmenbewilligungsgesuch (RBG). Er analysiert und bewertet aber keine sicherheitstechnischen Kriterien für die oben erwähnte Standortwahl. Auch die von der Aufsichtsbehörde (ENSI 2018) und dem Bundesrat (BR 2018) verlangte Analyse einer allfälligen negativen gegenseitigen Beeinflussung von SMA- und HAA-Lagerteil wird später in separaten Berichten diskutiert und dokumentiert.

Ziel des Berichts ist die standortunabhängige (generische) Beschreibung der Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen einem Kombilager und zwei Einzellagern (inkl. der Betrachtung von Varianten) auf Basis der heutigen Projektierung. Die für den Vergleich verwendeten Lagerprojekte sind im Detail nicht in allen Standortgebieten so vorgesehen. Für den standortunabhängigen Vergleich ist dies aber von untergeordneter Bedeutung. Der Vergleich erfolgt anhand generalisierter Themen wie Flächenbedarf, Ausbruchvolumina, Transporte und Umweltauswirkungen.

Im hier vorliegenden Bericht werden beispielhafte Lagerprojekte (SMA-Lager, HAA-Lager, Kombilager) miteinander verglichen. Für all diese Projekte werden die gleichen Grundkonzepte angenommen (z.B. Erschliessung mit Schächten (3 für HAA, 2 für SMA), Verpackung der radioaktiven Abfälle in der Oberflächenanlage (OFA) beim Tiefenlager). Für einen übersichtlichen und nachvollziehbaren Vergleich mussten diesen Lagerprojekten verschiedene weitere Annahmen und Randbedingungen zu Entscheiden zugrunde gelegt werden, die erst später im Sachplanverfahren getroffen werden können.

Im Vergleich betrachtet werden dann vor allem diejenigen Aspekte, aus denen sich Unterschiede zwischen dem Kombilager und den beiden Einzellagern ergeben. Aspekte, die bei allen Lagertypen gleich sind, werden nicht explizit aufgeführt oder ohne detaillierte Beschreibung nur kurz erwähnt. Beispiele hierzu sind eine vergleichbar hohe Sicherheitskultur und Ausbildung des Betriebspersonals, vergleichbar gute Ausrüstungen und Betriebsmittel, oder auch vergleichbare Auslegungen der Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK).

Die Synergieeffekte eines Kombilagern (Aufwand für das Kombilager kleiner als die Summe des Aufwands beider Einzellager) ergeben sich primär aus nicht doppelt zu erstellenden und vorzuhaltenden Anlagen und Einrichtungen. Die Auslegung (z.B. Grösse, Leistung) der Anlagen (z.B. Energieversorgung, Materialbevorratung) muss dabei natürlich die in der Regel höheren Anforderungen bei einem Kombilager berücksichtigen. Der Bericht legt auch dar, wie ein Kombilager ausgelegt wird, damit es gleich sicher realisiert und betrieben werden kann wie zwei Einzellager.

Wirtschaftliche Aspekte sind in den Kostenstudien thematisiert und werden in diesem Bericht nicht vertieft. Der Kostenunterschied zwischen der Summe zweier Einzellager und einem Kombilager beträgt gemäss Kostenstudie 2016 rund CHF 1.6 Mia. zugunsten des Kombilagern.

2 Generelle Vergleichsaspekte und Themen

2.1 Abfallmengen

Das diesem Bericht zugrunde liegende Abfallmengengerüst entspricht dem im Entsorgungsprogramm 2016 (Nagra 2016a) dargestellten Szenario 2b, d.h., es wird von 60 Jahren KKW-Betrieb (KKM 47 Jahre) und von der revidierten Strahlenschutzverordnung (StSV 1994) ausgegangen¹. Die im Kombilager zu entsorgenden Abfallmengen werden wie bei den Einzellagern in Transportbehältern (TB) oder Transport- und Lagerbehältern (TLB) in die Oberflächenanlage angeliefert² und in Endlagerbehälter (ELB) verpackt. Die Kombilager-Abfallmengen entsprechen der Summe der Einzellager-Abfallmengen.

Tab. 2.1-1: Abfallmengengerüst (Szenario 2b gemäss Nagra 2016a)

Lagertyp	Anzahl ELB (Einlagerung)	Vergleichstotal ELB
SMA-Lager	ca. 10'100	ca. 12'200
HAA-Lager	ca. 2'115	
Kombilager	ca. 12'200	ca. 12'200

Bei Annahme eines anderen Szenarios sind die Auswirkungen für die Betrachtungen in diesem vergleichenden Bericht nicht von Bedeutung, weil sich andere Abfallmengen in gleicher Weise sowohl auf die Einzellager wie auch auf das Kombilager auswirken.

2.2 Realisierungszeitpläne

Der Realisierungszeitplan für ein geologisches Tiefenlager ergibt sich (u.a.) aus den Annahmen bezüglich Lagerkonfiguration (z.B. Zugangsbauwerke), dafür benötigten Bauzeiten und dem gewünschten Einlagerungsbeginn. Grundsätzlich orientieren sich die Annahmen für die hier betrachteten Lagerprojekte einerseits (für das SMA- und für das HAA-Lager) am Entsorgungsprogramm 2016 (Nagra 2016a), andererseits (für das Kombilager) an den Vorschlägen zur Oberflächeninfrastruktur (Nagra 2019). Im EP16 ging der Realisierungsplan für das HAA-Lager allerdings vom Bau eines Zugangstunnels als Hauptzugang aus, was mit einer längeren Bauzeit als beim hier betrachteten HAA-Lager mit einem Zugangsschacht (vgl. Kapitel 4.1) verbunden war.

Nachfolgend dargestellt sind die aus diesen übergeordneten Zeitplänen abgeleiteten Lagerprojektzeiträume mit relevanten Bau- oder Betriebstätigkeiten.

¹ Bei der Erstellung des EP16 war noch die alte Strahlenschutzverordnung in Kraft (Szenario 2a), deren Revision jedoch absehbar (Szenario 2b).

² Die für die Anlieferung erforderlichen Transporte werden im Kapitel 8 genannt. Die Varianten mit externen Verpackungsanlagen, d.h. mit OFA-Anlieferungen von ELB anstatt TLB oder TB, werden im Kapitel 9 erwähnt.

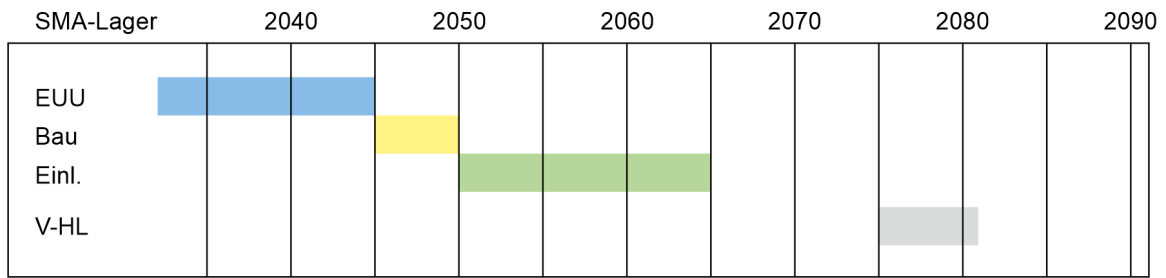


Fig. 2.2-1: Bau und Betriebsaktivitäten - im beispielhaften SMA-Lager

Die hier dargestellten Bau- und Betriebsaktivitäten des SMA-Lagers umfassen die erd-wissenschaftlichen Untersuchungen untertag (EUU), den Bau des Lagers (Bau), den Ein-lagerungsbetrieb (Einl.) und den Verschluss des Hauptlagers (V-HL) nach einer ersten Beobachtungsphase. Der Verschluss des Gesamtlagers erfolgt erst ca. 35 Jahre später.

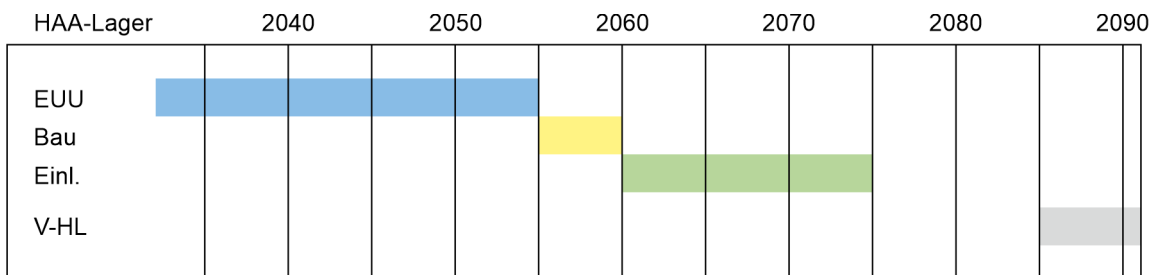


Fig. 2.2-2: Bau- und Betriebsaktivitäten im beispielhaften HAA-Lager

Die hier dargestellten Bau- und Betriebsaktivitäten des HAA-Lagers umfassen die erd-wissenschaftlichen Untersuchungen untertag (EUU), den Bau des Lagers (Bau), den Ein-lagerungsbetrieb (Einl.) und den Verschluss des Hauptlagers (V-HL) nach einer ersten Beobachtungsphase. Der Verschluss des Gesamtlagers erfolgt erst ca. 35 Jahre später.

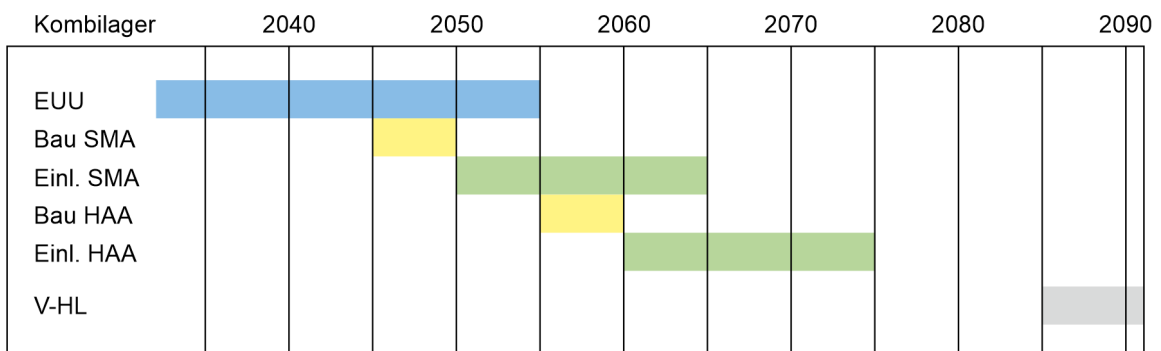


Fig. 2.2-3: Bau- und Betriebsaktivitäten im beispielhaften Kombilager

Die hier dargestellten Bau- und Betriebsaktivitäten des Kombilagers umfassen die erd-wissenschaftlichen Untersuchungen untertag (EUU), den Bau des SMA-Lagerteils (Bau SMA), den SMA-Einlagerungsbetrieb (Einl. SMA), den Bau des HAA-Lagerteils (Bau HAA), den HAA-Einlagerungsbetrieb (Einl. HAA) und den Verschluss der Hauptlager (V-HL) nach einer ersten Beobachtungsphase. Der Verschluss des Gesamtlagers erfolgt erst ca. 35 Jahre später.

Vergleicht man die beiden Lösungen miteinander (SMA- und HAA-Lager vs. Kombilager), so dauern beide Realisierungen gleich lang. Allfällige Verzögerungen, die sich z.B. durch aufwändige Bewilligungen, verspätete Freigaben, grössere Unterhaltsarbeiten an gemeinsam genutzten Infrastrukturen (z.B. Zugangsbauwerke, Schachtförderanlagen), ungeplante Betriebszustände oder Störfälle ergeben, können sich in einem Kombilager auf beide Lagertypen auswirken, während sie bei Einzellagern primär auf das betroffene Lager einen Einfluss haben.

Bei einem Kombilager muss zudem für die überlappende Realisierungszeit mit mehreren Aktivitäten (Einlagerung von SMA und gleichzeitiger Bau des HAA-Lagerteils, dann gleichzeitiger resp. sequenzieller HAA-/SMA-Einlagerungsbetrieb) eine detaillierte Bau- und Betriebsplanung erstellt werden (siehe auch Kapitel 2.4 und 6.1), welche die gegenseitigen Abhängigkeiten berücksichtigt (z.B. Transportbedürfnisse in den Zugangsbauwerken) und allfällige Verzögerungen bei der Realisierung begrenzt oder ganz vermeidet.

Die Bauarbeiten auf Lagerebene für den SMA-Lagerteil bieten beim Kombilager die Chance, frühzeitig Erfahrungen für den Bau des HAA-Lagerteils zu sammeln, z.B. detaillierte Kenntnisse der örtlichen Geologie und des Gesteinsverhaltens beim Bau unterirdischer Hohlräume.

2.3 Bewilligungsverfahren

Das Kernenergiegesetz (Art. 12 Abs. 1 KEG) hält für die Errichtung von Kernanlagen fest, dass eine Rahmenbewilligung des Bundesrates braucht, wer eine Kernanlage bauen oder betreiben will. Da es sich sowohl bei einem HAA-Lager wie auch bei einem SMA-Lager um jeweils eigenständige Kernanlagen handelt, sind im Falle von getrennten Lagern zwei Rahmenbewilligungen zu erwirken, während im Falle eines Kombilagere eine Rahmenbewilligung benötigt wird.

Die weiteren bewilligungstechnischen Verfahrensschritte für die Realisierung des geologischen Tiefenlagers betreffen die erdwissenschaftlichen Untersuchungen untag (EUV; Art. 35 – 36 und 61 KEG), die nukleare Baubewilligung (Art. 15 – 17 KEG) und die Betriebsbewilligung (Art. 19 – 21 und 37 KEG). Im Falle von zwei getrennten Lagern sind sämtliche Verfahrensschritte für jeden Lagertyp individuell durchzuführen, während beim Kombilager davon ausgegangen wird, dass einzelne Verfahrensschritte für den SMA- und HAA-Lagerteil verknüpft werden (z.B. Gesuch EUV), oder zu einer übergeordneten Bewilligung führen (z.B. Baubewilligung), welche Teilbewilligungen umfasst, die im Rahmen von Freigabeverfahren konkretisiert werden.

2.4 Einlagerungsbetriebsdauer

Der Einlagerungsbetrieb dauert für Einzellager jeweils 15 Jahre (siehe z.B. Entsorgungsprogramm (Nagra 2016a)). Bei einem Kombilager wird von einem 5-jährigen überlappenden Einlagerungsbetrieb ausgegangen, wobei ein sogenannter "sequenzieller HAA-/SMA-Einlagerungsbetrieb" angenommen wird, d.h., die Zeiträume, wenn in einen Lagerteil keine Einlagerungen stattfinden, können für Einlagerungen im andern Lagerteil genutzt werden (siehe auch Kapitel 6.1). Dabei können zeitliche Entkopplungen während der Betriebsjahre (z.B. Monatsbetrieb), wie auch tageszeitliche Entkopplungen (Schichtbetrieb) in Betracht gezogen werden. Dieses Prinzip der zeitlichen Entkopplungen soll zu insgesamt gleichen Betriebsabläufen führen, wie sie in den Einzellagern vorgesehen sind (siehe auch Kapitel 6).

- Einlagerungsbetrieb SMA-Lager: 2050 – 2064 (15a)
- Einlagerungsbetrieb HAA-Lager: 2060 – 2074 (15a)
- Einlagerungsbetrieb Kombilager: 2050 – 2074 (25a, 5a überlappend (2060 – 2064))

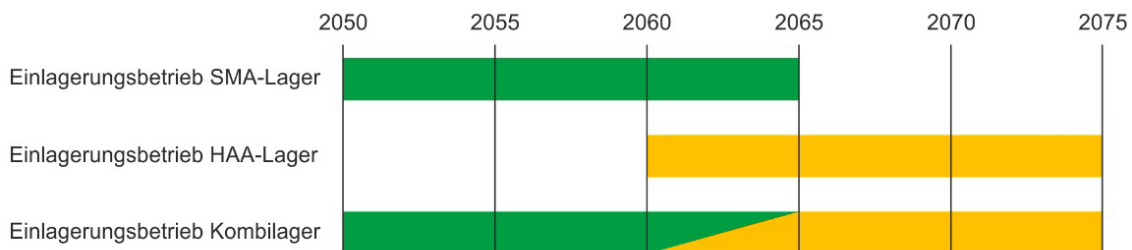


Fig. 2.4-1: Einlagerungsbetrieb bei unterschiedlichen Lagertypen

Bei einem Kombilager ist ein 5-jähriger überlappender Einlagerungsbetrieb vorgesehen (sequenzielle HAA/SMA-Einlagerung).

Während des sequenziellen HAA/SMA-Einlagerungsbetriebs können alternierend im jeweiligen Teil des Kombilagers einerseits radioaktive Abfälle eingelagert werden, andererseits (im anderen Lagerteil) Wartung, Instandhaltung und Versiegelungsaktivitäten durchgeführt werden. Dies führt zu insgesamt effizienterem Personaleinsatz und vermeidet Zeiträume, während derer gar keine Einlagerung möglich ist, wie das bei Einzellagern während Instandhaltungszeiten der Fall ist (siehe auch Beschreibung der Betriebskonzepte im Kapitel 6).

Im Kombilager kann somit von einem insgesamt 25-jährigen Einlagerungsbetrieb ausgegangen werden, während es bei den beiden Einzellagern jeweils 15 Jahre sind.

2.5 Lagerarchitektur

Ein geologisches Tiefenlager besteht aus Oberflächeninfrastrukturen (z.B. Oberflächenanlagen (OFA), Nebenzugangsanlagen (NZA) und Erschliessungen) sowie Untertageanlagen (Zugangsbauwerke, Bauwerke auf Lagerebene). Die verschiedenen Anlagenteile eines geologischen Tiefenlagers, insbesondere diejenigen der Oberflächeninfrastrukturen, sind in Nagra (2011), Nagra (2013) und Nagra (2016b) beschrieben worden und werden im Kapitel 3 nochmals erläutert.

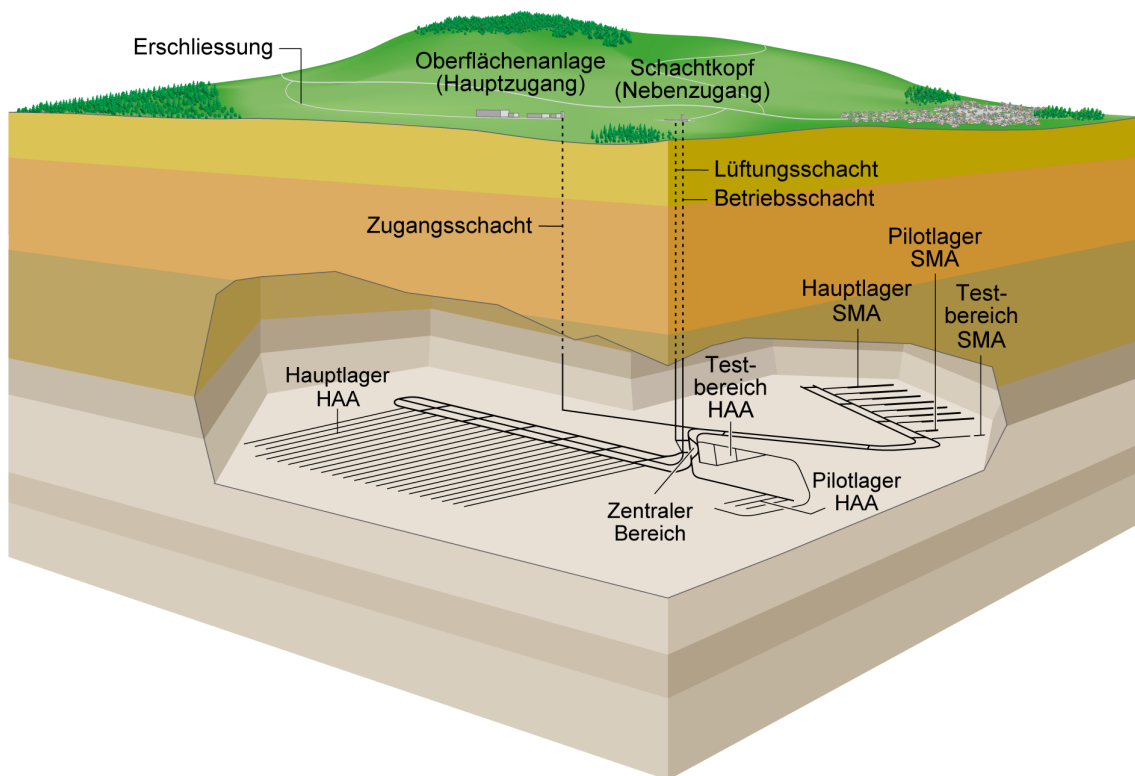


Fig. 2.5-1: Schematische (nicht massstäbliche) Darstellung eines Kombilagers

Diese Darstellung eines Kombilagers deckt hinsichtlich Lagerarchitektur auch die beiden hier betrachteten Einzellager ab. Gedanklich sind dafür die jeweiligen untertägigen Lagerfelder zu eliminieren.

Oberflächeninfrastrukturen, Zugangsbauwerke, Zentraler Bereich, Lagerfeldzugänge und Lagerfelder unterscheiden sich für die betrachteten Lagertypen wie folgt (siehe auch Tabelle 2.5-1):

- Das HAA-Lager und das Kombilager bestehen jeweils aus einer Oberflächenanlage (OFA) und einer gemeinsamen Nebenzugangsanlage für Betrieb und Lüftung (NZA-BL). Das SMA-Lager besitzt eine OFA und einen Lüftungsnebenzugang (NZA-L).
- Beim HAA-Lager oder Kombilager gibt es im Einlagerungsbetrieb jeweils drei Schächte (Zugangsschacht (ZS), Lüftungsschacht (LS) und Betriebsschacht (BS)), beim SMA-Lager nur zwei (Zugangsschacht und Lüftungsschacht)³.
- Für den Zentralen Bereich des Kombilagere ist geplant, dass er einen allgemeinen Teil (allgemeine untertägige Betriebsräume, Rangierbereich, allgemeine Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (BEUU), Lüftungsverzweigung (LV)) sowie zwei lagertypspezifische Teile (BEUU für SMA resp. HAA, untertägiger Baulegistikbereich) enthält, wie sie in den jeweiligen Einzellagern auch vorkommen.
- Beim HAA-Lager und beim HAA-Lagerteil des Kombilagere sind als Lagerfeldzugänge jeweils drei Tunnel vorgesehen (Betriebstunnel, Lüftungstunnel, Bautunnel), beim SMA-Lager und beim SMA-Teil des Kombilagere sind es zwei Tunnel (Betriebstunnel, Lüftungstunnel).
- Das SMA-Lager enthält ein Lagerfeld mit Lagerkavernen, das HAA-Lager ein Lagerfeld mit Lagerstollen. Im Kombilager sind je ein SMA-Lagerfeld und ein HAA-Lagerfeld vorgesehen.

Die nachfolgende Tabelle stellt die Lagerarchitektur dieser Lagerprojekte zusammen und zeigt das jeweilige Synergiepotenzial bei der Realisierung eines Kombilagere auf. Unter der Synergie resp. dem Synergiepotenzial eines Kombilagere wird in diesem Bericht verstanden, dass für den betrachteten Aspekt der Aufwand für das Kombilager kleiner ist als die Summe der Aufwände beider Einzellagere.

Tab. 2.5-1: Übersicht Lagerarchitektur der beispielhaften Lagerprojekte

	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager	Synergie
Oberflächeninfrastrukturen (OFI)	2 Anlagen (OFA, NZA-L)	2 Anlagen (OFA, NZA-BL)	2 Anlagen (OFA, NZA-BL)	Ja
• Vergleichstotal (OFI)	4 Anlagen		2 Anlagen	
Zugangsbauwerke (ZBW)	ZS, LS	ZS, BS, LS	ZS, BS, LS	Ja
• Vergleichstotal (ZBW)	5 Zugangsbauwerke		3 ZBW	
Zentraler Bereich (ZB)	1+1 Teilbereiche	1+1 Teilbereiche	1+2 Teilbereiche	Ja
• Vergleichstotal (ZB)	4 Teilbereiche		3 Teilbereiche	
Lagerfeldzugänge (LFZ)	2 LFZ	3 LFZ	5 LFZ	Nein
• Vergleichstotal (LFZ)	5 Lagerfeldzugänge		5 LFZ	
Lagerfelder (LF)	1 Lagerfeld	1 Lagerfeld	2 Lagerfelder	Nein
• Vergleichstotal (LF)	2 Lagerfelder		2 Lagerfelder	

³ Für den hier dargestellten Vergleich wird von einem SMA-Lager mit zwei Schächten ausgegangen, weil dies einerseits eine optimierte Variante darstellt, andererseits zu weniger grossen Differenzen zwischen dem Kombilager und den beiden Einzellagern führt, d.h., das Kombilager wird im Vergleich nicht übervorteilt.

Diese im vorliegenden Bericht betrachteten Lagerkonfigurationen stellen Weiterentwicklungen von Lagerprojekten dar, weshalb es in einzelnen Punkten Abweichungen zu früheren Nagra-Publikationen gibt. Die hier verwendeten Lagerkonfigurationen sind, wie in der Einleitung beschrieben, nicht als Vorfestlegungen aufzufassen, sondern dienen einem möglichst einheitlichen, übersichtlichen und nachvollziehbaren Vergleich. Die Auswirkungen anderer Lagerkonfigurationen auf den Vergleich (z.B. Zugangstunnel) sind im Kapitel 9.3 und in einzelnen weiteren Kapiteln, wo sich eine solche Differenzierung anbietet, beschrieben.

3 Oberflächeninfrastrukturen

3.1 Oberflächenanlagen

Oberflächenanlagen in verschiedenen möglichen Standortgebieten wurden im Rahmen von SGT Etappe 2 in sogenannten Planungsstudien (Nagra 2013/14) beschrieben und dargestellt. Generische (standortunabhängige) Darstellungen von Oberflächenanlagen eines HAA- und eines SMA-Lagers finden sich in Nagra (2011).

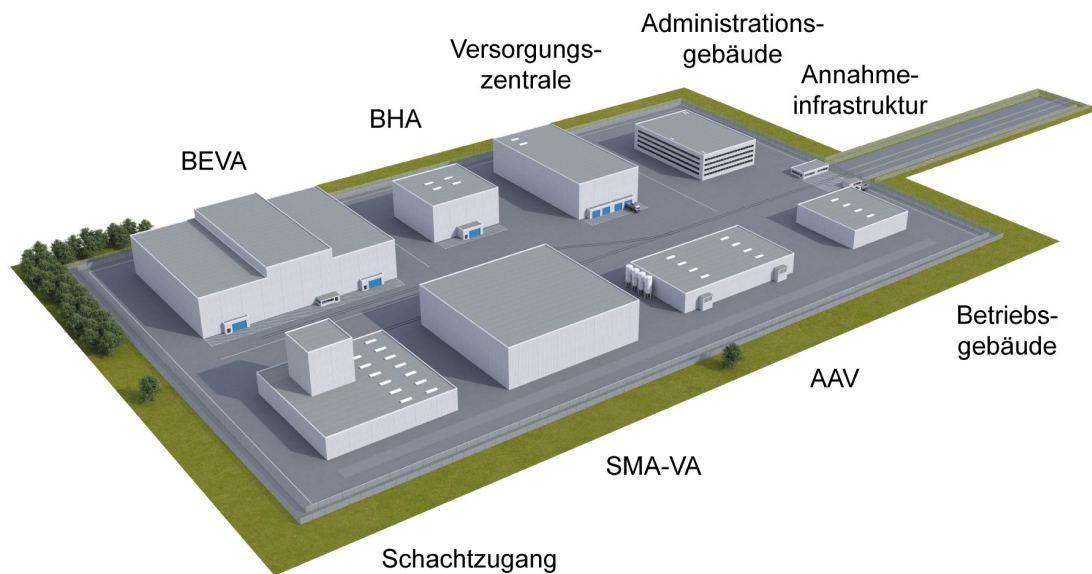


Fig. 3.1-1: Darstellung der Oberflächenanlage eines Kombilagers

Legende: AAV = Aufbereitungsanlage für Verfüll- und Versiegelungsmaterialien, BEVA = BE/HAA-Verpackungsanlage, BHA = Behandlungsanlage für Behälter und Betriebsabfälle, SMA-VA = SMA-Verpackungsanlage

Die Oberflächenanlagen bestehen im Wesentlichen aus den folgenden Einrichtungen:

Annahmefrastruktur: Die Annahmefrastruktur (z.B. Eingangsschleusen, Rangierflächen) des Kombilagers entspricht derjenigen eines Einzellagers (z.B. HAA-Lager), nicht der Summe der beiden Einzellager. Hier kommt die entsprechende Synergie beim Kombilager voll zum Tragen, da sich die Annahmefrastruktur bei den Einzellagern aufgrund der etwa gleich lange angenommenen Zugskompositionen nicht voneinander unterscheidet.

SMA-Verpackungsanlage (SMA-VA): Eine SMA-Verpackungsanlage ist sowohl im SMA-Lager als auch im Kombilager vorhanden. Da jeweils die gleichen Abfallmengen in ungefähr der gleichen Zeitdauer verpackt werden, unterscheidet sich die SMA-Verpackungsanlage des Kombilagers nicht von derjenigen des SMA-Lagers. Diesbezüglich bietet das Kombilager also kein Synergiepotenzial gegenüber den beiden Einzellagern.

BE/HAA-Verpackungsanlage (BEVA): Auch eine BE/HAA-Verpackungsanlage ist sowohl im HAA-Lager wie auch im Kombilager vorhanden, und die Abfallmengen und Verpackungszeiträume sind ungefähr gleich, sodass sich die BEVA des Kombilagere nicht von derjenigen des HAA-Lagere unterscheidet. In diesem Aspekt bietet das Kombilager demnach kein Synergiepotenzial.

Aufbereitungsanlage für Verfüll- und Versiegelungsmaterialien (AAV): Diese Anlage ist im Kombilager grösser als in einem der beiden Einzellager, weil Verfüll- und Versiegelungsmaterialien beider Lagertypen benötigt werden, die teilweise unterschiedlicher Art sind. Gewisse Synergien sind im Kombilager gegenüber zwei Einzellagern aber vorhanden, z.B. bei den Entlade- und Beladevorrichtungen.

Lüftungsanlage: Für die Lüftung der untertägigen Bauwerke und Anlagen ist bei jedem Lagertyp eine Lüftungsanlage auf der OFA (mit absaugenden Ventilatoren und zuschaltbaren Filteranlagen) notwendig. Bei der Realisierung eines Kombilagere wird nur eine solche Anlage benötigt, bei Einzellagern insgesamt zwei, d.h., diesbezüglich ist eine Synergie vorhanden. Die Anlage des Kombilagere muss allerdings grösser ausgelegt werden als für ein Einzellager, weil sowohl der untertägige SMA- wie auch der untertägige HAA-Lagerteil belüftet werden müssen (siehe auch Kapitel 6.1 und Figur 6.1-6).

Schachtförderanlage (Hauptzugang): Für den Hauptzugang ist bei allen hier betrachteten Lagertypen eine Schachtförderanlage vorgesehen. Hier kommt die Synergie beim Kombilager gegenüber den beiden Einzellagern zum Tragen, weil sich die durch die Schachtförderanlage zu erbringenden Transporte nicht grundsätzlich unterscheiden und im Kombilager nur eine solche Anlage benötigt wird.

Administrationsgebäude: Ein Administrationsgebäude befindet sich auf dem Areal jeder OFA. Es wird beim Kombilager etwas grösser sein als bei einem Einzellager, insgesamt besteht aber ein grosser Synergieeffekt bei der Realisierung eines Kombilagere, weil nur ein solches Gebäude erstellt werden muss.

Betriebsgebäude: Betriebsgebäude (z.B. Garagen, Werkstatt, Magazin, Stromversorgung, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung, Lagerräume/Vorratslager (z.B. für leere ELB), Strahlenschutzlabor) sind auf dem Areal jeder OFA notwendig und vorhanden. Die Versorgungs- und Entsorgungseinrichtungen müssen beim Kombilager aufgrund der umfangreicheren Gesamtinfrastruktur grösser ausgelegt werden als bei einem Einzellager. Insgesamt ist bei der Realisierung eines Kombilagere ein Synergieeffekt vorhanden, der in etwa dem Aufwand des SMA-Lagere entspricht.

Sicherungsanlagen: Die Sicherungsanlagen beim Kombilager entsprechen denjenigen des HAA-Lagere, diejenigen des SMA-Lagere sind weniger aufwändig. Hier entspricht der Synergieeffekt dem Aufwand für das SMA-Lager.

Die nachfolgenden Tabellen fassen die erwarteten Synergien eines Kombilagere gegenüber zwei Einzellagern hinsichtlich der Oberflächenanlagen zusammen.

Tab. 3.1-1: Übersicht Oberflächenanlagen

OFA-Elemente	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager	Synergie
Annahmefraserstruktur (AIS)	1 AIS	1 AIS	1 AIS	Ja
• <i>Vergleichstotal (AIS)</i>	<i>2 Annahmefraserstrukturen</i>		<i>1 AIS</i>	
SMA-Verpackungsanlage	1 SMA-VA	0	1 SMA-VA	Nein
BE/HAA-Verpackungsanlage	0	1 BEVA	1 BEVA	
• <i>Vergleichstotal (VA)</i>	<i>2 Verpackungsanlagen</i>		<i>2 VA</i>	
Aufbereitungsanlage für Verfüllungs- und Versiegelungsmaterialien (AAV)	1 AAV	1 AAV	1 AAV	Ja (teilweise)
• <i>Vergleichstotal (AAV)</i>	<i>2 Aufbereitungsanlagen</i>		<i>1 AAV</i>	
Lüftungsanlage	1 Lüft.anl.	1 Lüft.anl.	1 Lüft.anl.	Ja
• <i>Vergleichstotal (Lüft.anl.)</i>	<i>2 Lüftungsanlagen</i>		<i>1 Lüft.anl.</i>	
Schachtförderanlage (Hauptzugang)	1 SFA	1 SFA	1 SFA	Ja
• <i>Vergleichstotal (SFA)</i>	<i>2 Schachtförderanlagen</i>		<i>1 SFA</i>	
Administrationsgebäude	1 Admin.geb.	1 Admin.geb.	1 Admin.geb.	Ja
• <i>Vergleichstotal (Admin.geb.)</i>	<i>2 Administrationsgebäude</i>		<i>1 Admin.geb.</i>	
Betriebsgebäude	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Ja
• <i>Vergleichstotal (Betr.geb.)</i>	<i>ca. 12 Betriebsgebäude</i>		<i>ca. 6 Betr.g.</i>	
Sicherungsanlage	1 Sich.anl.	1 Sich.anl.	1 Sich.anl.	Ja
• <i>Vergleichstotal (Sich.anl.)</i>	<i>2 Sicherungsanlagen</i>		<i>1 Sich.anl.</i>	

Tab. 3.1-2: OFA-Flächenbedarf über alle Projektphasen

Arealbezeichnung	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager
OFA inkl. Erschliessung	ca. 7 ha	ca. 9 ha	ca. 10 ha
Bauinstallationen (für die OFA) ⁴	ca. 3 ha	ca. 2 ha	ca. 2 ha
<i>Total</i>	<i>ca. 10 ha</i>	<i>ca. 11 ha</i>	<i>ca. 12 ha</i>
<i>Vergleichstotal</i>	<i>ca. 21 ha</i>		<i>ca. 12 ha</i>

⁴ Die Bauinstallationen bei der SMA-OFA beanspruchen etwas mehr Platz als diejenigen bei der HAA-OFA, weil das SMA-OFA-Areal kleiner ist als das HAA-OFA-Areal.

Die gesamte, über alle Projektphasen benötigte Fläche für die Oberflächenanlage des Kombilagers beträgt damit ca. 57 % des OFA-Gesamtflächenbedarfs beider Einzellager. Die Differenz von ca. 9 ha entspricht etwa der Fläche von 13 Fussballfeldern. Zu beachten ist die unterschiedlich lange Dauer der Beanspruchung bei den einzelnen Lagertypen. Durch die im Kapitel 5 dargelegten Bauabläufe und Realisierungsschritte wird deutlich, dass bspw. die SMA-OFA über einen längeren Zeitraum bestehen bleibt (EUU bis Verschluss Gesamtlager, ca. 85 Jahre) als eine HAA- oder Kombilager-OFA (Bau bis Verschluss Hauptlager, ca. 20 Jahre resp. ca. 30 Jahre). Die zeitgewichteten Flächenbeanspruchungen sind im Kapitel 8.1 (Tabelle 8.1-1) zusammengestellt.

3.2 Nebenzugangsanlagen

Standortunabhängig wurden Nebenzugangsanlagen in Nagra (2016b) beschrieben und dargestellt. Die Nebenzugangsanlagen (und die Zugangsbauwerke) des Kombilagers in diesem Bericht entsprechen denjenigen des HAA-Lagers, d.h., in einer Gesamtbetrachtung besteht der Synergieeffekt des Kombilagers im Aufwand für das SMA-Lager.

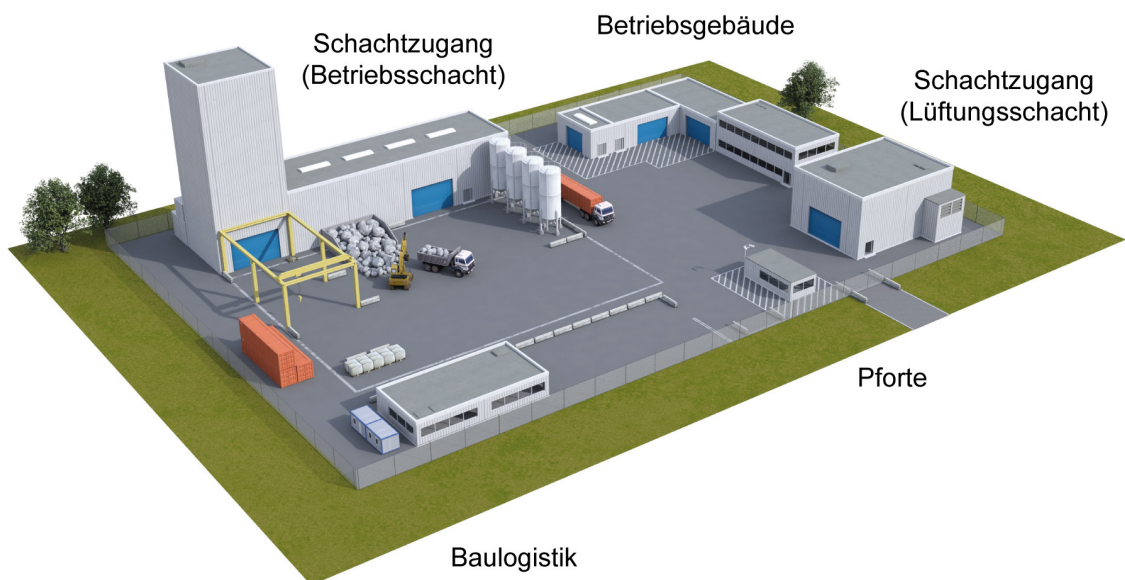


Fig. 3.2-1: Darstellung einer Nebenzugangsanlage (NZA-BL)

Gemäss Figur 3.5-1 in Nagra (2016b)

Die Nebenzugangsanlagen bestehen während des Einlagerungsbetriebs im Wesentlichen aus den folgenden Einrichtungen:

Frischlufteinrichtungen: Eine Frischluftansaugung ist auf dem Areal der Nebenzugangsanlagen aller Lagertypen vorhanden. Somit gibt es bei zwei Einzellagern zwei Frischluftansaugungen, beim Kombilager nur eine. Diese muss allerdings etwas grösser ausgelegt werden als für ein Einzellager, weil Frischluft für beide Lagerteile eingesaugt wird (bezüglich Lüftungskonzept des Kombilagers siehe auch Kapitel 6.1 und Figur 6.1-6).

Ablufteinrichtungen: Für die Lüftung untertägiger Bauwerke und Anlagen ist bei den Nebenzugangsanlagen des HAA- und des Kombilagers (d.h. bei den jeweiligen NZA-BL) eine Lüftungsanlage mit absaugenden Ventilatoren vorgesehen. Beim SMA-Lager gibt es keine solche Lüftungsanlage auf dem Areal der Nebenzugangsanlage, sondern nur die erwähnte Frischluftansaugung (bei der NZA-L). In dieser Hinsicht gibt es keinen Synergieeffekt für das Kombilager.

Schachtförderanlage (Nebenzugang): Bei den Nebenzugangsanlagen des HAA- und des Kombilagers (d.h. bei den NZA-BL) ist jeweils eine Schachtförderanlage und eine Notfahranlage vorgesehen, während bei der NZA-L des SMA-Lagers im Einlagerungsbetrieb eine Notfahranlage geplant ist. Der Synergieeffekt des Kombilagers ist demnach gering.

Baulogistik-Installationen: Baulogistikeinrichtungen für die fortschreitende Erstellung der unterirdischen Lagerstollen (sowie für den Bau des untertägigen HAA-Lagerteils) finden sich während des Einlagerungsbetriebs auf den Arealen der Nebenzugangsanlagen des HAA- und des Kombilagers. In dieser Hinsicht gibt es keinen Synergieeffekt für das Kombilager.

Betriebsgebäude: Betriebsgebäude (z.B. Garagen, Werkstatt, Magazin, Stromversorgung, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung, Administrationsgebäude) sind auf den Arealen der NZA-BL des HAA- und des Kombilagers in vergleichbarer Grösse vorgesehen, auf dem Areal der NZA-L des SMA-Lagers sind sie in deutlich geringerem Umfang vorhanden. Diesbezüglich entspricht der Synergieeffekt dem Aufwand für die Betriebsgebäude des SMA-Lagers.

Sicherungsanlagen: Die Sicherungsanlagen beim Nebenzugang eines Kombilagers entsprechen denjenigen des HAA-Lagers. Auch hier entspricht der Synergieeffekt dem diesbezüglichen Aufwand für das SMA-Lager.

Die nachfolgenden Tabellen fassen die erwarteten Synergien eines Kombilagers gegenüber zwei Einzellagern hinsichtlich der Nebenzugangsanlagen zusammen. Im Wesentlichen entspricht der Synergieeffekt dem Aufwand für das SMA-Lager.

Tab. 3.2-1: Übersicht Nebenzugangsanlagen

NZA-Elemente	SMA-Lager (NZA-L)	HAA-Lager (NZA-BL)	Kombilager (NZA-BL)	Synergie
Frischlufteinrichtungen (Frischlufthausansaugung)	1	1	1	Ja
• <i>Vergleichstotal</i>	<i>2 Frischluftansaugungen</i>		<i>1 Frischl.ans.</i>	
Ablufteinrichtungen (Lüftungsanlage)	0	1	1	Nein
• <i>Vergleichstotal</i>	<i>1 Ablufteinrichtung</i>		<i>1 Ablufteinricht.</i>	
Baulogistik-Einrichtungen	0	1	1	Nein
• <i>Vergleichstotal</i>	<i>1 Baulogistikeinrichtung</i>		<i>1 Baulog.einr.</i>	
Schachtförderanlage (Nebenzugang)	0 (nur Notfahranl.)	1 SFA	1 SFA	Gering
• <i>Vergleichstotal</i>	<i>1 Schachtförderanlage</i>		<i>1 SFA</i>	
Betriebsgebäude	Einzelne	Mehrere	Mehrere	Ja
• <i>Vergleichstotal</i>	<i>ca. 8 Betriebsgebäude</i>		<i>ca. 6 Betr.g.</i>	
Sicherungsanlagen	1 Sich.anl.	1 Sich.anl.	1 Sich.anl.	Ja
• <i>Vergleichstotal</i>	<i>2 Sicherungsanlagen</i>		<i>1 Sich.anl.</i>	

Tab. 3.2-2: NZA-Flächenbedarf über alle Projektphasen

Arealbezeichnung	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager
NZA inkl. Erschliessung	ca. 2 ha	ca. 4 ha	ca. 4 ha
Bauinstallationen (für die NZA) ⁵	ca. 3 ha	ca. 2 ha	ca. 2 ha
Total	ca. 5 ha	ca. 6 ha	ca. 6 ha
Vergleichstotal	ca. 11 ha		ca. 6 ha

Die gesamte, über alle Projektphasen benötigte Fläche für die Nebenzugangsanlage des Kombilagers beträgt ca. 55 % der Flächen bei Einzellagern, d.h., es werden ca. 5 ha (resp. ca. 7 Fussballfelder) weniger beansprucht.

⁵ Für Bauinstallationen bei der NZA-L des SMA-Lagers wird etwas mehr Platz als für diejenigen bei der NZA-BL des HAA- oder Kombilagers vorgesehen, weil das NZA-L-Areal deutlich kleiner ist als das NZA-BL-Areal.

3.3 Erschliessungen

Die Erschliessung der Oberflächeninfrastrukturen, d.h. die Verbindungen zu bestehenden Verkehrs- und Versorgungsinfrastrukturen, hängt stark von den lokalen Gegebenheiten ab. Für einen generischen Vergleich und die Identifizierung möglicher Synergiepotenziale genügen aber die nachfolgenden standortunabhängigen Betrachtungen:

OFA-Verkehrerserschliessung: Die Oberflächenanlagen werden sowohl mit einem Strassen- wie auch mit einem Bahnanschluss zugänglich gemacht. Diese beiden Erschliessungen werden jeweils in unterschiedlichen Phasen des Projekts erstellt und wieder zurückgebaut (vgl. Kapitel 5). Die Bahn- und Strassenerschliessungen sind grundsätzlich bei allen Lagertypen gleich. Bei der OFA des Kombilagers ist eine separate Baustellenzufahrt vorgesehen, um die Bauarbeiten des HAA-Teils auf dem OFA-Areal vom SMA-Einlagerungsbetrieb zu entkoppeln.

NZA-Verkehrerserschliessung: Die Nebenzugangsanlagen sind gemäss derzeitigen Annahmen über jeweils eine Strassenverbindung mit der externen Verkehrsinfrastruktur verbunden. Dabei können die NZA-BL-Erschliessungen des HAA- und des Kombilagers als gleich angenommen werden, während die NZA-L-Erschliessung des SMA-Lagers aufgrund des kleineren Funktionsumfangs deutlich geringere Anforderungen erfüllen muss.

OFA- und NZA-Versorgungs- und Entsorgungerschliessung: Zur Gewährleistung von Ver- und Entsorgung werden z.B. Wasser-, Abwasser-, Strom- und Kommunikationsleitungen benötigt, die in aller Regel in die jeweilige Strassenerschliessung integriert werden.

OFA-Parkplätze: Wie bei der OFA-Verkehrerserschliessung bestehen bei den Oberflächenanlagen aller Lagertypen keine wesentlichen Unterschiede hinsichtlich der Parkplätze, die für das Betriebspersonal und allfällige Besucherinnen und Besucher wie z.B. Aufsichtsbehörden oder Personal externer Auftragnehmer benötigt werden.

NZA-Parkplätze: Bei der NZA-L des SMA-Lagers sind keine separaten Parkplätze vorgesehen. Allfällige Betriebsfahrzeuge werden auf dem NZA-L-Areal abgestellt. Bei der NZA-BL des HAA- oder des Kombilagers sind Parkplätze für das dort tätige Betriebs- und Baupersonal sowie für allfällige Besucherinnen und Besucher vorgesehen.

Der Platzbedarf für die Erschliessungen ist bei den jeweiligen OFA- resp. NZA-Areal-Ansprüchen (Kapitel 3.1 und 3.2) eingerechnet worden, die Synergie des Kombilagers entspricht im Wesentlichen den Erschliessungen des SMA-Lagers.

3.4 Gesamtflächenbedarf der drei Lagerprojekte

Betrachtet man alle im gesamten Projektverlauf beanspruchten Areale an der Erdoberfläche, ergeben sich für die drei Lagertypen folgende Vergleichszahlen:

Tab. 3.4-1: Flächenbedarf über alle Projektphasen

Arealbezeichnung	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager
OFA (inkl. Erschliessung und Bauinstallationen)	ca. 10 ha	ca. 11 ha	ca. 12 ha
NZA (inkl. Erschliessung und Bauinstallationen)	ca. 5 ha	ca. 6 ha	ca. 6 ha
Total	ca. 15 ha	ca. 17 ha	ca. 18 ha
Vergleichstotal	ca. 32 ha		ca. 18 ha

Das Kombilager hat somit gesamthaft über alle Projektphasen betrachtet einen um ca. 44 % geringeren Flächenbedarf als die Summe der beiden Einzellager, wodurch ca. 14 ha (ca. 20 Fussballfelder) weniger beansprucht werden. Eine zeitgewichtete Betrachtung der Oberflächenbeanspruchung der drei Lagertypen findet sich im Kapitel 8.1.

3.5 Bauvolumen der drei Lagerprojekte

Betrachtet man alle zu erstellenden Bauvolumina auf den jeweiligen Arealen, ergeben sich für die drei Lagertypen folgende Vergleichszahlen:

Tab. 3.5-1: Bauvolumina (für die Oberflächeninfrastrukturen)

Arealbezeichnung	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager
Oberflächenanlage (OFA)	ca. 225'000 m ³	ca. 470'000 m ³	ca. 570'000 m ³
Nebenzugangsanlagen (NZA)	ca. 5'000 m ³	ca. 20'000 m ³	ca. 20'000 m ³
Total	ca. 230'000 m³	ca. 490'000 m³	ca. 590'000 m³
Vergleichstotal	ca. 720'000 m³		ca. 590'000 m³

Das Kombilager hat somit gesamthaft betrachtet ein kleineres Bauvolumen (ca. 18 % geringer als die Summe der Einzellager). Durch das kleinere Gesamtbauvolumen eines Kombilagere im Vergleich zu zwei Einzellagern ergeben sich auch eine geringere Anzahl Materialtransporte. Detailliertere Betrachtungen zu den Umweltauswirkungen finden sich im Kapitel 8.

4 Untertageanlagen

4.1 Zugang nach Untertage

Beim Kombilager sind ein Hauptzugang und zwei Nebenzugänge vorgesehen, bei den beiden Einzellagern gibt es gesamthaft zwei Hauptzugänge und drei Nebenzugänge, d.h. zwei Schächte mehr (siehe auch Tabelle 2.5-1). Die Zugangsbauwerke des Kombilagere entsprechen denjenigen des HAA-Lagers, der Synergieeffekt entspricht dem Aufwand für das SMA-Lager.

Die bei der Erstellung der Zugangsbauwerke anfallenden Ausbruchvolumina, welche für das Kombilager deutlich geringer ausfallen als summiert bei beiden Einzellagern, sind in Tabelle 4.1-1 zusammengestellt.

Tab. 4.1-1: Ausbruchvolumina der Zugangsbauwerke

Zugangsbauwerke (ZBW)	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager
Zugangsschacht (inkl. Verbindung zum ZB)	ca. 45'000 m ³	ca. 60'000 m ³	ca. 60'000 m ³
Lüftungsschacht (inkl. Verbindung zum ZB)	ca. 30'000 m ³	ca. 40'000 m ³	ca. 40'000 m ³
Betriebsschacht (inkl. Verbindung zum ZB)	0	ca. 60'000 m ³	ca. 60'000 m ³
Total	ca. 75'000 m³	ca. 160'000 m³	ca. 160'000 m³
Vergleichstotal Ausbruch ZBW	ca. 235'000 m³		ca. 160'000 m³

Die Ausbruchmengen für die Zugangsbauwerke des Kombilagere entsprechen ca. 68 % der Ausbruchmengen bei Einzellagern, die Differenz von ca. 75'000 m³ entspricht der Ausbruchmenge für die Zugangsbauwerke des SMA-Lagers.

4.2 Zentraler Bereich

Der Zentrale Bereich umfasst verschiedene untertägige Bauwerke für die dort notwendigen Infrastrukturanlagen. Damit werden z.B. die Transportlogistik sowie die Ver- und Entsorgungsaufgaben ermöglicht. Die Bauwerke des Zentralen Bereichs verbinden die Zugangsbauwerke mit den Lagerfeldzugängen (z.B. Betriebstunnel, Lüftungstunnel).

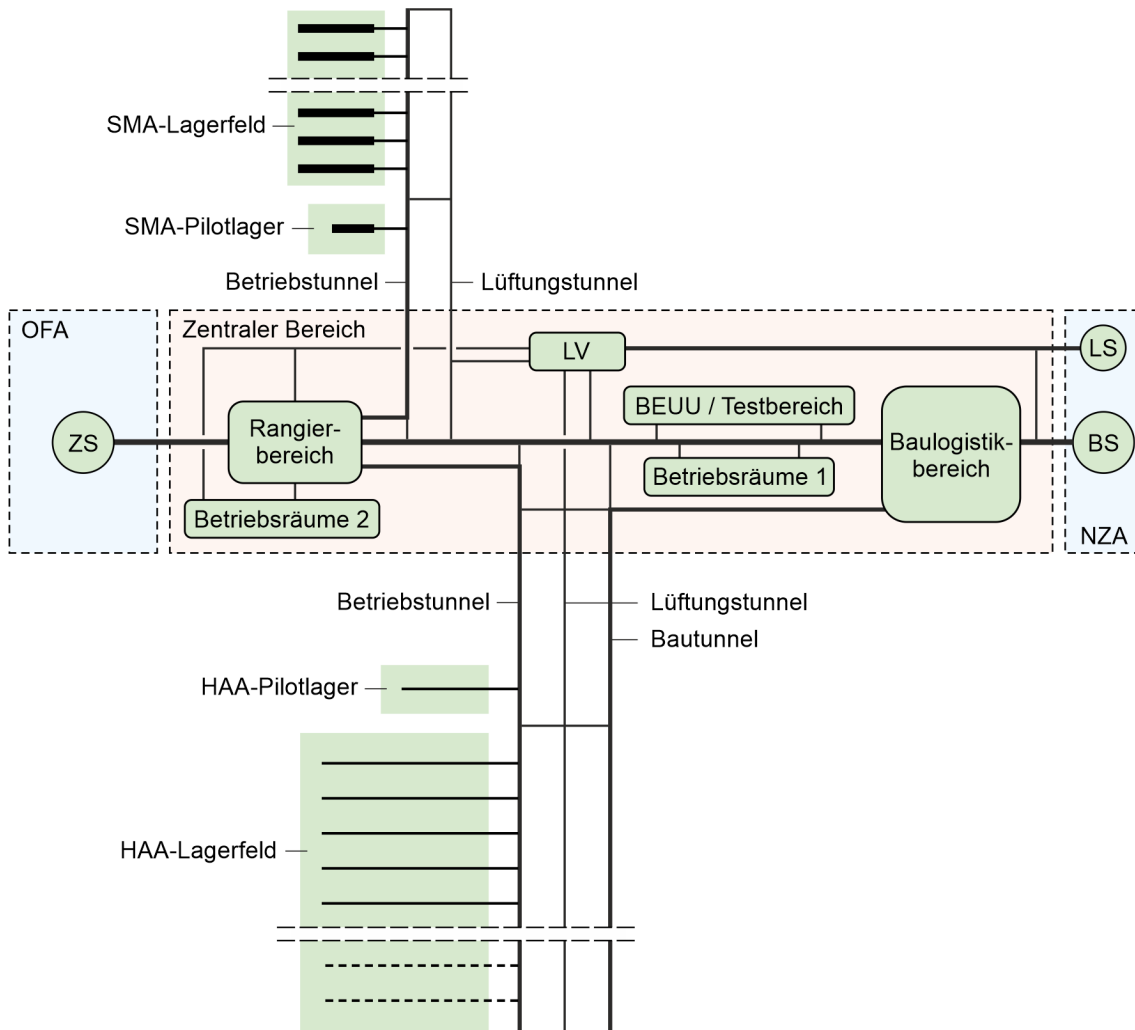


Fig. 4.2-1: Prinzipskizze des Zentralen Bereichs des Kombilagers

Legende: BEUU = Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag, BS = Betriebschacht, LS = Lüftungsschacht, LV = Lüftungsverzweigung, ZS = Zugangsschacht. Diese Prinzipskizze stellt übersichtlich, schematisch, stark vereinfacht und nicht maßstäblich den Zentralen Bereich dar.

Als wesentliche Einrichtungen des Zentralen Bereichs können genannt werden:

Rangierbereich: Der Rangierbereich wird für den zwischenzeitlichen Aufenthalt und das Rangieren von Transportwagen (z.B. für ELB/iTB, Verfüllmaterialien, leere iTB) und Stollen-Lokomotiven benötigt. Er ist einerseits mit dem Zugangsschacht (resp. dem zugehörigen Schachtfuss) und andererseits mit dem oder den Betriebstunneln (SMA-Betriebstunnel und HAA-Betriebstunnel) verbunden. Für den hier angestellten Vergleich kann aufgrund der zeitlich getrennten Einlagerungskampagnen bei einem Kombilager (keine gleichzeitige HAA- und SMA-Einlagerung, vgl. Kapitel 6.1) angenommen werden, dass die Rangierbereiche bei allen drei Lagertypen etwa gleich gross sind. Insgesamt ergibt sich für ein Kombilager also ein Synergieeffekt.

BEUU⁶ allgemein: In den Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (BEUU) werden ab den frühen Projektphasen Experimente und Demonstrationsversuche durchgeführt. Bei den sogenannten "allgemeinen BEUU" handelt es sich um untertägige Hohlräume, die nicht lagertypspezifisch sind und bei allen drei Lagertypen notwendig sind. In diesen werden beispielsweise geologische Untersuchungen und Langzeitexperimente zur Charakterisierung des Wirtgesteins durchgeführt. Im Vergleich zu Einzellagern, wo insgesamt zwei "BEUU allgemein/allgemeine Testbereiche" benötigt werden, genügt im Kombilager ein solcher Bereich.

BEUU für SMA resp. HAA: In den lagertypspezifischen Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (BEUU-SMA, BEUU-HAA) werden Untersuchungen und Versuche für den Bau der Lagerkammern durchgeführt, die für die jeweiligen Baugesuche notwendig sind. In einer späteren Phase können diese Bauwerke für Demonstrationsversuche der Einlagerungs- und Rückholungstechnik sowie der Bautechnik zum Verschliessen der Lagerkammern umgenutzt werden. Diese Bauwerke repräsentieren also die jeweiligen Lagerkammern (BE/HAA-Lagerstollen oder SMA-Lagerkavernen) und sind im Kombilager für beide Lagerteile erforderlich, sodass sich diesbezüglich kein Synergiepotenzial ergibt.

Baulogistikbereich: Der untertägige Baulogistikbereich des HAA- oder des Kombilagers liegt beim Schachtfuss des Betriebsschachts und hat ähnliche Funktionen wie der Rangierbereich beim Zugangsschacht. Er stellt die Hohlräume für die Baulogistik des HAA-Lager(teil)s zur Verfügung, damit die entsprechenden Bauarbeiten getrennt vom Einlagerungsbetrieb durchgeführt werden können. Nebst der Bereitstellung und Vorhaltung der benötigten Baugeräte dient dieser Bereich auch dem zwischenzeitlichen Aufenthalt und dem Rangieren der Ausbruchmaterialwagen und Stollen-Lokomotiven. Der Baulogistikbereich ist mit dem Betriebsschacht und dem Betriebstunnel verbunden und ist nur im HAA- und im Kombilager erforderlich, sodass diesbezüglich keine Synergien bei der Realisierung eines Kombilagers bestehen.

Lüftungsverzweigung (LV): Mit der Lüftungsverzweigung wird die durch den Lüftungsschacht eingesaugte Frischluft in die untertägigen Bauwerke verteilt. Die Lüftungsverzweigung ist deshalb in einem Kombilager mit den Lüftungstunneln der HAA- und SMA-Lagerteile verbunden, ferner aber auch mit den jeweiligen BEUU und den allgemeinen untertägigen Betriebsräumen. Eine Lüftungsverzweigung ist in jedem der drei Lagertypen notwendig. In einem Kombilager versorgt die Lüftungsverzweigung eine grössere Anzahl unterirdischer Bauwerke als bei einem Einzellager und ist deshalb aufwändiger (siehe auch Kapitel 6.1.2). Der Synergieeffekt in einem Kombilager entspricht trotzdem ungefähr dem diesbezüglichen Aufwand für das SMA-Lager.

⁶ Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (BEUU) werden nach Erteilung der nuklearen Baubewilligung zu sogenannten "Testbereichen", deshalb werden in den graphischen Darstellungen (z.B. Fig. 4.2.1) beide Begriffe gezeigt. Dies gilt sowohl für die allgemeinen wie auch für die lagertypspezifischen BEUU.

Allgemeine untertägige Betriebsräume: Diese Bauwerke umfassen verschiedene Bauwerke für Versorgungs- und Überwachungsaufgaben (z.B. Stromversorgung, Wasserversorgung, Abwasserentsorgung, Kommunikationsversorgung) sowie für Sozialräume, Materialmagazine, Schutz- und Rettungskavernen, usw. Bei einem Kombilager sind diese allgemeinen Betriebsräume aufgrund des grösseren Gesamtlagers umfangreicher, aber es ergeben sich Synergieeffekte durch die gemeinsame Nutzung dieser Bauwerke.

Zusammenfassend ist das Synergiepotenzials des Kombilagers gegenüber den beiden Einzelagern hinsichtlich der Bauwerke im Zentralen Bereich in nachfolgender Tabelle wiedergegeben:

Tab. 4.2-1: Übersicht für Zentrale Bereiche

Elemente des Zentralen Bereichs	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager	Synergie
Rangierbereich (z.B. für Transportwagen mit ELB)	1	1	1	Ja
• <i>Vergleichstotal (Rangierber.)</i>	<i>2 Rangierbereiche</i>		<i>1 Rang.Ber.</i>	
BEUU allgemein	1	1	1	Ja (aber gering)
BEUU für SMA-Lager(teil)	1	0	1	
BEUU für HAA-Lager(teil)	0	1	1	
• <i>Vergleichstotal (BEUU)</i>	<i>4 BEUU-Bereiche</i>		<i>3 BEUU-Ber.</i>	
Baulogistikbereich	0	1	1	Nein
• <i>Vergleichstotal (Baulogistik-Ber.)</i>	<i>1 Baulogistikbereich</i>		<i>1 Baulog.Ber.</i>	
Lüftungsverzweigung	1	1	1	Ja
• <i>Vergleichstotal (Lüft.Verzw.)</i>	<i>2 Lüftungsverzweigungen</i>		<i>1 Lüft.Verzw.</i>	
allg. Betriebsräume (z.B. Versorgungseinrichtungen)	Mehrere	Mehrere	Mehrere	Ja
• <i>Vergleichstotal (allg. Betr.räume)</i>	<i>2 × mehrere</i>		<i>Mehrere</i>	

Im Vergleich zu den Einzellagern ist der Zentrale Bereich eines Kombilagers umfangreicher und differenzierter, insgesamt ergeben sich Synergieeffekte beim Kombilager durch den gemeinsam nutzbaren Rangierbereich, die Lüftungsverzweigung und die allgemeinen Betriebsräume.

Die voraussichtlichen Ausbruchmengen der Zentralen Bereiche sind in Tabelle 4.2-2 zusammengestellt:

Tab. 4.2-2: Ausbruchvolumina der Hohlräume im Zentralen Bereich

Zentraler Bereich (ZB)	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager
Rangierbereiche	ca. 20'000 m ³	ca. 20'000 m ³	ca. 20'000 m ³
BEUU (allg. und lagertypspez.)	ca. 35'000 m ³	ca. 30'000 m ³	ca. 45'000 m ³
Baulogistikbereiche	0	ca. 20'000 m ³	ca. 20'000 m ³
allgemeine Betriebsräume	ca. 30'000 m ³	ca. 30'000 m ³	ca. 40'000 m ³
Total	ca. 85'000 m³	ca. 100'000 m³	ca. 125'000 m³
Vergleichstotal Ausbruch ZB	ca. 185'000 m³		ca. 125'000 m³

Die Ausbruchmengen für die Bauwerke des Zentralen Bereichs des Kombilagers entsprechen damit ca. 70 % der Ausbruchmengen bei den Einzellagern.

4.3 Weitere Bauwerke auf Lagerebene (inkl. Lagerfeldzugänge)

Als weitere Bauwerke auf Lagerebene können genannt werden:

Betriebstunnel: Durch den Betriebstunnel werden im Einlagerungsbetrieb die in ihren Endlagerbehältern verpackten radioaktiven Abfälle vom Zentralen Bereich zu den Lagerkammern (SMA-Lagerkavernen oder BE/HAA-Lagerstollen) gebracht. Weil diese Lagerkammern in separaten Lagerfeldern liegen, gibt es sowohl im SMA- wie auch im HAA-Lager(teil) je einen Betriebstunnel.

Lüftungstunnel: Durch den Lüftungstunnel wird Frischluft von der Lüftungsverzweigung des Zentralen Bereichs in den Betriebstunnel geführt. Damit werden die untertägigen Einlagerungsbereiche mit Frischluft versorgt. Einen Lüftungstunnel gibt es sowohl im SMA- wie auch im HAA-Lager(teil).

Bautunnel: Der Bautunnel ermöglicht den fortlaufenden Bau neuer BE/HAA-Lagerstollen im Einlagerungsbetrieb und kommt demnach nur im HAA- und im Kombilager vor. Er ist mit dem untertägigen Baulogistikbereich und somit indirekt mit dem Betriebsschacht verbunden.

Lagerkavernen: SMA-Lagerkavernen dienen der Einlagerung von SMA-Endlagerbehältern und kommen sowohl im SMA- wie auch im Kombilager, jeweils im Hauptlager und im Pilotlager vor.

Lagerstollen: BE/HAA-Lagerstollen dienen der Einlagerung von BE/HAA-Endlagerbehältern und kommen sowohl im HAA- wie auch im Kombilager, jeweils im Hauptlager und im Pilotlager vor.

Kontrollstollen: Kontrollstollen dienen der langfristigen Überwachung eines Pilotlagers und kommen in allen drei Lagertypen vor.

Bei diesen Bauwerken sind im Kombilager keine wesentlichen Synergien nutzbar, da die Lagerfelder der beiden Lagertypen separat erschlossen werden und die Lagerkammern unterschiedlichen Typs sind, sodass das Ausbruchvolumen des Kombilagers der Summe der Ausbruchvolumina der Einzellager entspricht.

4.4 Gesamtes Ausbruchvolumen der drei Lagerprojekte

Ausbruchmaterial fällt bei den einzelnen Lagertypen in verschiedenen Phasen an und wird über verschiedene Zugangsbauwerke zu Tage gefördert (siehe auch Beschreibung der Bauphasen im Kapitel 5.2). Beim HAA- und beim Kombilager wird der grösste Teil des Ausbruchmaterials über die NZA-BL gehandhabt. Beim SMA-Lager geschieht dies primär über die OFA.

Betrachtet man alle im gesamten Projektverlauf anfallenden Ausbruchvolumina mit den Arealen, wo sie anfallen, ergeben sich für die drei Lagertypen folgende Vergleichszahlen:

Tab. 4.4-1: Ausbruchvolumina nach Ort der Zutageförderung

Arealbezeichnung	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager
OFA (Bauphasen)	ca. 505'000 m ³	ca. 85'000 m ³	ca. 85'000 m ³
NZA (Bauphasen ⁷)	ca. 30'000 m ³	ca. 380'000 m ³	ca. 780'000 m ³
NZA (HAA-Betriebsphasen)	-	ca. 245'000 m ³	ca. 245'000 m ³
Total	ca. 535'000 m³	ca. 710'000 m³	ca. 1'110'000 m³
Vergleichstotal	ca. 1'245'000 m³		ca. 1'110'000 m³

Das Kombilager hat somit gesamthaft betrachtet eine etwas kleinere Gesamtausbruchmenge (ca. 10 % geringer als die Summe der Einzellager). Diese Differenz entspricht etwas mehr als dem Ausbruchvolumen der beiden Schächte, die bei der Realisierung der Einzellager zusätzlich erstellt werden müssen (vgl. Kapitel 4.1 resp. Tabelle 2.5-1).

Durch das kleinere Gesamtausbruchvolumen des Kombilagere im Vergleich zu den beiden Einzellagern ergeben sich eine kleinere benötigte Depot- oder Deponieflächen sowie eine geringere Anzahl Materialtransporte (siehe auch Kapitel 8, Umweltbetrachtungen).

⁷ Für das Kombilager sind in dieser Tabelle die beiden Phasen mit wesentlichen Bau- und Ausbruchtätigkeiten zusammengefasst, d.h. die Ausbruchvolumina für die Erstellung des Zugangsschachtes und des SMA-Lagerteils einerseits und für die Erstellung der HAA-Lagerfeldzugänge andererseits. Diese beiden Bauphasen dauern zusammengezählt länger als bei einem Einzellager, d.h., das anfallende Ausbruchvolumen verteilt sich über einen längeren Zeitraum. Siehe auch Kapitel 5.2, Bauphasen.

5 Bauablauf und Realisierungsschritte

5.1 EEU-Phasen

Der Vergleich der in den jeweiligen EEU-Phasen erstellten Bauwerke zeigt nur geringe Unterschiede zwischen dem SMA-, dem HAA- und dem Kombilager: Bei allen drei hier betrachteten Lagerprojekten werden Oberflächeninstallationen eingerichtet, zwei Schächte abgeteuft und untertägige Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen ausgebrochen. Beim SMA-Lager werden diese beiden Sondierschächte auf zwei verschiedenen Arealen erstellt, während dies beim HAA- und beim Kombilager nur auf einem Areal geschieht, dem zukünftigen NZA-BL-Areal, was logistisch von Vorteil, aber mit einer intensiveren Tätigkeit auf diesem Areal verbunden ist.

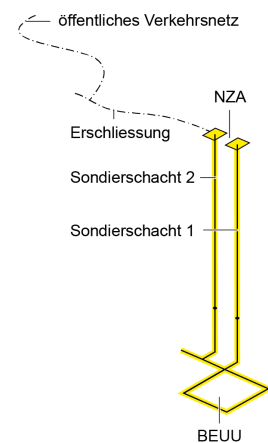


Fig. 5.1-1: EEU-Phasen Kombilager (und HAA-Lager)

Vorbereitung, Beginn und Weiterführung erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag im beispielhaften Kombilager. Für das HAA-Lager gilt die gleiche Darstellung. Für das SMA-Lager liegen die beiden Schachtköpfe auf separaten Arealen (siehe Figur 5.1-2).

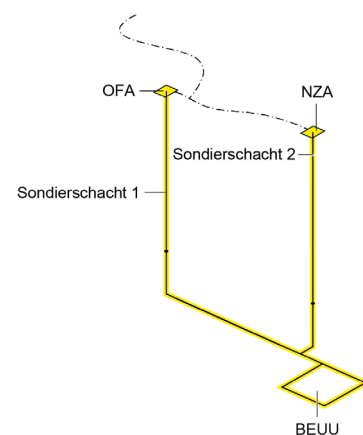
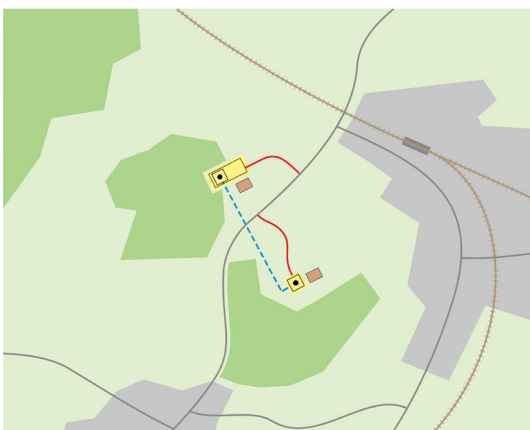


Fig. 5.1-2: EEU-Phasen SMA-Lager

Vorbereitung, Beginn und Weiterführung erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag im beispielhaften SMA-Lager.

5.2 Bauphasen

In einem Kombilager gibt es – im Gegensatz zu einem Einzellager – zwei getrennte Teilphasen mit wesentlichen Bauarbeiten für die Erstellung des geologischen Tiefenlagers, wobei die zweite Teilphase in die Zeit des SMA-Einlagerungsbetriebs fällt. Die Bauaktivitäten bei den drei Lager-typen werden im Folgenden kurz beschrieben.

SMA-Lager

Die Bauphase des SMA-Lagers ist gekennzeichnet durch die Fertigstellung des OFA-Areals, d.h., in dieser Phase werden alle noch nicht erstellten, für den Einlagerungsbetrieb benötigten Einrichtungen der Oberflächenanlage errichtet (inkl. Bahnanschluss). Untertägig werden die Ausbrucharbeiten für das SMA-Pilotlager und für das SMA-Hauptlager ausgeführt und die entsprechenden Hohlräume für den nachfolgenden Einlagerungsbetrieb eingerichtet. All diese Bauarbeiten werden im SMA-Lager über das OFA-Areal abgewickelt, dementsprechend sind auch nur dort Bauinstallationen vorgesehen.

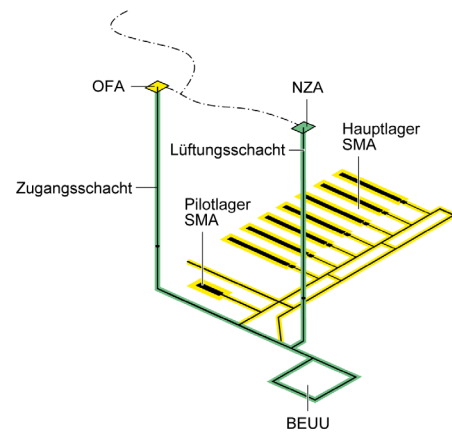


Fig. 5.2-1: Bauphase SMA-Lager

Ausbau der OFA (inkl. Bahnanschluss), Umrüstung der Schächte, Ausbruch der Lagerfeld-zugänge und Kavernen (Pilot- und Hauptlager).

HAA-Lager

Die Bauphase des HAA-Lagers ist einerseits gekennzeichnet durch die Erschliessung und Einrichtung des OFA-Areals (inkl. Erstellung des Bahnanschlusses und Abteufen und Einrichten des Zugangsschachtes), andererseits durch die untertägigen Bauarbeiten für die Lagerfeldzugänge und für das HAA-Pilotlager. Diese untertägigen Bauarbeiten werden über die NZA-BL abgewickelt, wie später auch der Bau der Lagerstollen. Im HAA-Lager sind deshalb sowohl bei der OFA wie auch bei der NZA-BL Bauinstallationen vorgesehen.

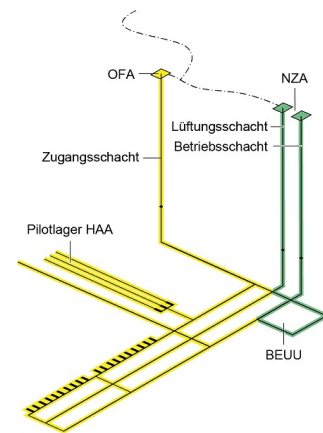


Fig. 5.2-2: Bauphase HAA-Lager

Errichtung OFA (inkl. Bahnanschluss) und Zugangsschacht, Ausbruch der Bauwerke auf Lagerebene (z.B. Lagerfeldzugänge, HAA-Pilotlager, Kontrollstollen) über die NZA (NZA-BL).

Kombilager

Die Bauarbeiten im Kombilager verteilen sich wie eingangs erwähnt auf mehrere Teilphasen. In der ersten Teilphase sind ähnlich wie in der Bauphase des HAA-Lagers das OFA-Areal zu erschliessen und für den nachfolgenden SMA-Einlagerungsbetrieb einzurichten sowie der Zugangsschacht abzuteufen und einzurichten. Diese Arbeiten erfolgen auf dem oder über das OFA-Areal. Parallel dazu sind die untertägigen Hohlräume für das SMA-Pilotlager und für das SMA-Hauptlager auszubrechen und einzurichten, was über das NZA-Areal durchgeführt wird. Deshalb sind im Kombilager Bauinstallationen sowohl bei der OFA wie auch bei der NZA-BL vorgesehen.

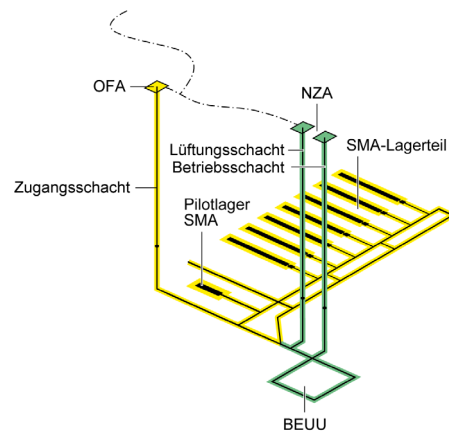


Fig. 5.2-3: Bau SMA-Lagerteil bei einem Kombilager

Errichtung OFA (inkl. Bahnanschluss) und Zugangsschacht, Ausbruch SMA-Lagerfeld (Lagerfeldzugänge, SMA-Pilotlager, SMA-Hauptlager) über die NZA (NZA-BL).

In der zweiten hauptsächlichen Teilphase mit Bauarbeiten sind im Kombilager dann bei laufendem SMA-Einlagerungsbetrieb die OFA mit dem HAA-Teil zu erweitern und die untertägigen Bauarbeiten für die HAA-Lagerfeldzugänge und für das HAA-Pilotlager auszuführen. Letzteres, d.h. die untertägigen Bauarbeiten, geschieht wiederum über die NZA-BL und die dort eingerichteten Bauinstallationen, während die Bauinstallationen bei der OFA für den OFA-Ausbau verwendet werden. Weitere Erläuterungen zu diesen kombinierten Bau- und Betriebstätigkeiten finden sich im Kapitel 6.1 und 7.

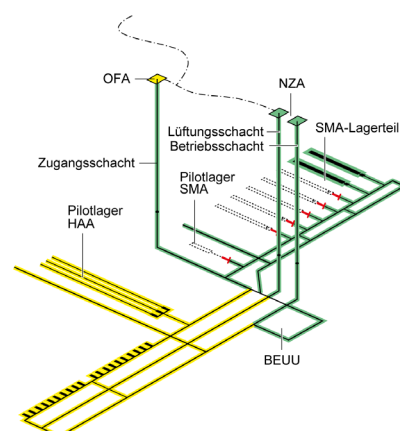


Fig. 5.2-4: Bau HAA-Lagerteil und SMA-Einlagerung in einem Kombilager

Bau HAA-Lagerfeldzugänge und HAA-Pilotlager über die NZA (NZA-BL) bei gleichzeitigem SMA-Einlagerungsbetrieb.

5.3 Verschluss Hauptlager

In dieser Phase werden die bestehenden Lagerfeldzugänge verfüllt und versiegelt, was beim Kombilager im Wesentlichen die Summe der beiden Einzellager bedeutet. Ausserdem werden beim HAA- und beim Kombilager die jeweiligen Hauptzugänge verfüllt und versiegelt, sowie die OFA zurückgebaut. Beim SMA-Lager wird der Hauptzugang für die nachfolgende Beobachtungsphase noch benötigt und dementsprechend beibehalten, die Oberflächenanlage kann aber teilweise zurückgebaut werden.

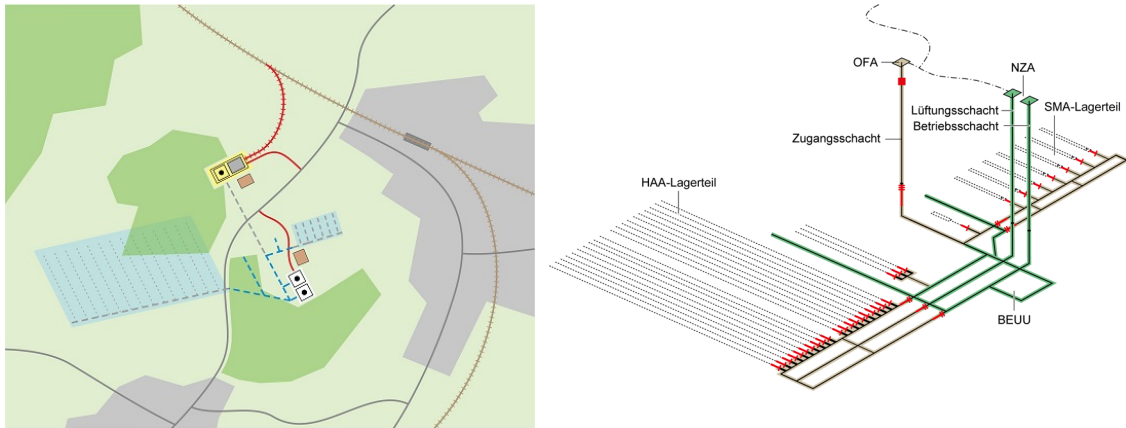


Fig. 5.3-1: Verschluss Hauptlager Kombilager

Verfüllung und Versiegelung der Lagerfeldzugänge und des Zugangsschachtes, OFA-Rückbau

Nach dem Verschluss der Hauptlager verbleibt beim Kombilager ein Areal an der Oberfläche in Betrieb (die jeweilige NZA-BL), während es bei den beiden Einzellagern insgesamt drei Areale sind (die NZA-BL des HAA-Lagers, die reduzierte OFA des SMA-Lagers und die NZA-L des SMA-Lagers).

5.4 Verschluss Gesamtlager

Bei allen drei Lagertypen werden die verbleibenden untertägigen Bauwerke und zwei Schächte verfüllt und versiegelt, sowie schlussendlich die Oberflächeninstallationen zurückgebaut. Beim SMA-Lager verteilen sich diese Arbeiten auf zwei Areale (OFA und NZA-L), während dies beim HAA- und beim Kombilager nur auf einem Areal geschieht (NZA-BL), was wiederum logistische Vorteile hat, weil nur an einem Ort entsprechende Bauinstallationen eingerichtet und betrieben werden müssen.

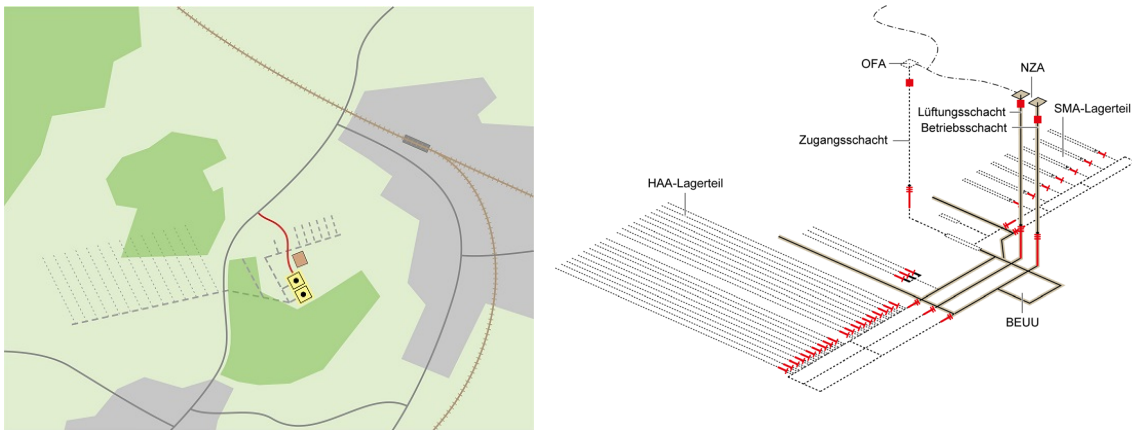


Fig. 5.4-1: Verschluss Gesamtlager Kombilager

Verfüllung und Versiegelung der verbleibenden untertägigen Anlagen und der beiden Schächte, NZA-Rückbau

5.5 Fazit zu Bauabläufen und Realisierungsschritten

Die Bauabläufe und Realisierungsschritte des Kombilagers ähneln sich in weiten Teilen denjenigen des HAA-Lagers. Unterschiedlich sind die Bauphasen, die den Ausbruch der untertägigen Lagerfelder beinhalten. Im Kombilager gibt es zwei solche Phasen, eine für den Bau des SMA-Lagerteils, die zweite für den Bau des HAA-Lagerteils.

6 Betriebskonzepte

6.1 Betriebsabläufe im Kombilager

6.1.1 Einlagerungsbetrieb

Für die vergleichenden Betrachtungen der Betriebsabläufe wird mit dem SMA-Einlagerungsbetrieb in einem Kombilager begonnen. Dieser entspricht im Wesentlichen dem Einlagerungsbetrieb in einem SMA-Lager. Unterschiede bestehen z.B. in der Anzahl zur Verfügung stehender Zugangsbauwerke (siehe auch Kapitel 2.5): Im Kombilager steht nebst dem Hauptzugang und dem Lüftungsschacht auch ein Betriebsschacht zur Verfügung, womit zusätzliche Flucht-, Rettungs- und Interventionswege vorhanden sind. Über diesen Betriebsschacht können die für die weiterzuführenden erdwissenschaftlichen Untersuchungen benötigten Personen und Geräte transportiert werden, ohne dass der SMA-Einlagerungsbetrieb tangiert wird.

Ebenfalls sehr gut vergleichbar und praktisch identisch mit den Betriebsabläufen in einem Einzelager ist die letzte Phase des Kombilager-Einlagerungsbetriebs, die dem Einlagerungsbetrieb des HAA-Lagers entspricht. Allfällige vorbereitende Rückbauarbeiten im SMA-Lagerteil können über den Baulogistikbereich des Zentralen Bereichs und über den Betriebsschacht abgewickelt und so vom HAA-Einlagerungsbetrieb separiert werden.

6.1.2 Paralleler Bau- und Einlagerungsbetrieb

Zwischen diesen beiden im Kapitel 6.1.1 beschriebenen Einlagerungsbetriebsphasen des Kombilagers liegen Phasen mit mehreren gleichzeitigen Aktivitäten. Nach Vorliegen der Baubewilligung für den HAA-Lagerteil wird dieser bei laufendem SMA-Einlagerungsbetrieb erstellt.

An der Erdoberfläche muss in dieser Phase vor allem auf dem OFA-Areal gebaut werden, weil die für den späteren HAA-Einlagerungsbetrieb benötigten Anlagen (z.B. die BEVA) hier errichtet werden müssen. Um auf der OFA den SMA-Einlagerungsbetrieb nicht durch die HAA-Bauarbeiten zu beeinträchtigen, ist eine weitgehende Trennung dieser beiden Arbeitsbereiche vorgesehen (räumlich und allenfalls tageszeitlich, inkl. eine separate Baustellenzufahrt). Einzelne Anschlussbauwerke und Platzreserven in Gebäuden wurden zugunsten dieses ungestörten SMA-Einlagerungsbetriebs bereits mit dem Bau des SMA-Teils errichtet (z.B. im Energieversorgungsgebäude und bei der Anbindung der Schachtförderanlage).

Untertage bedeutet dieser Parallelbetrieb, dass die HAA-Lagerfeldzugänge und das HAA-Pilotlager ausgebrochen und eingerichtet werden, während im SMA-Lagerfeld Endlagerbehälter eingelagert werden. Diese untertägigen Bauarbeiten werden über den Betriebsschacht und die NZA (NZA-BL) abgewickelt, sodass sie sowohl übertägig als auch untertage unabhängig vom SMA-Einlagerungsbetrieb durchgeführt werden können und den eigentlichen SMA-Einlagerungsbetrieb nicht tangieren. Der Betriebsschacht selbst wird grundsätzlich nicht für den SMA-Einlagerungsbetrieb benötigt (ein reines SMA-Lager braucht keinen separaten Betriebsschacht) und steht somit vollumfänglich für die HAA-Erweiterung zur Verfügung.

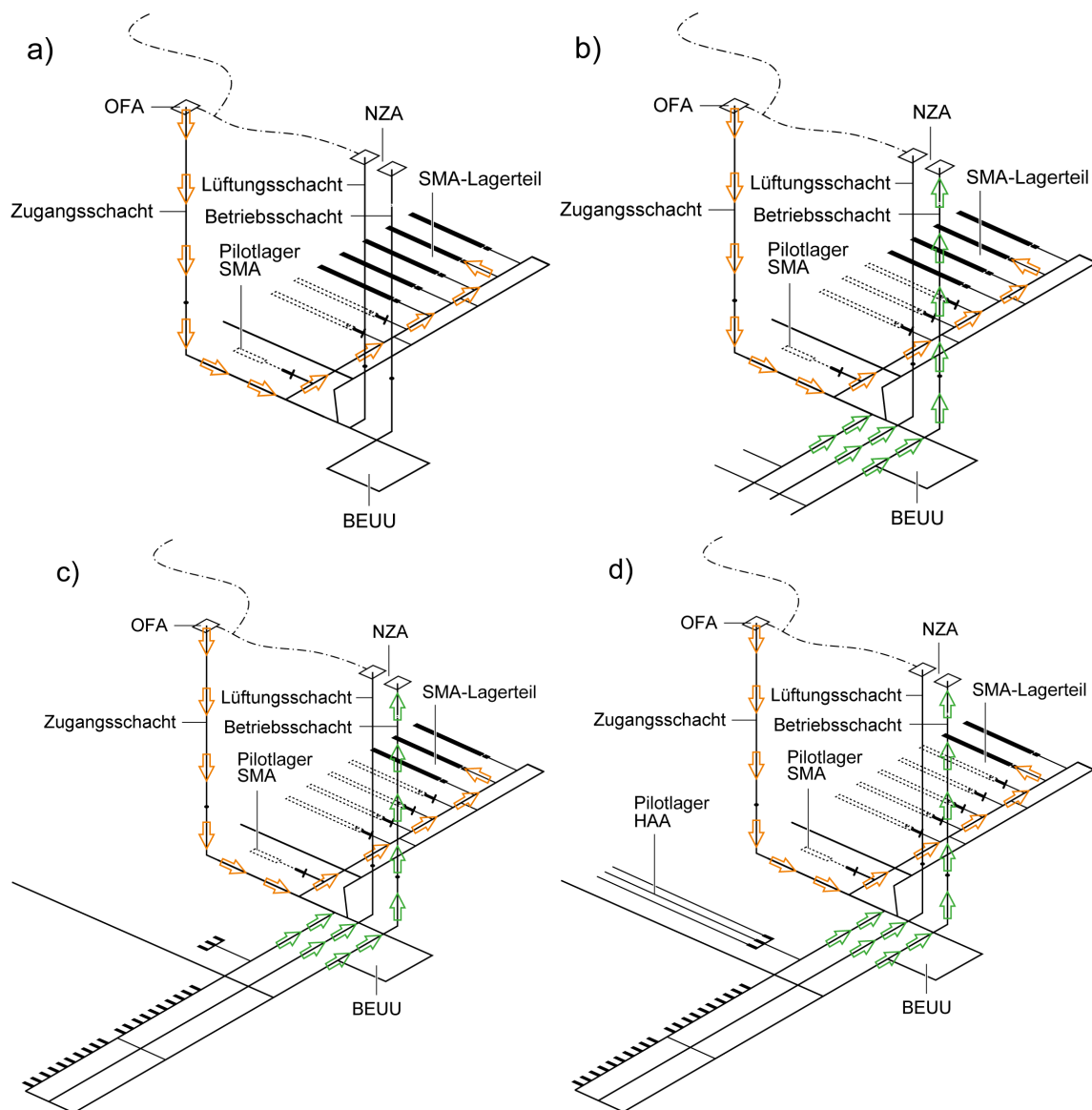


Fig. 6.1-1: Paralleler Bau- und Einlagerungsbetrieb im Kombilager

Bei laufendem SMA-Einlagerungsbetrieb (von der OFA durch den Zugangsschacht und den SMA-Betriebstunnel in die Lagerkavernen, siehe orange Pfeile) werden die untertägigen HAA-Lagerteile räumlich getrennt über die NZA-BL und den Betriebsschacht erstellt (grüne Pfeile). Die Skizzen a) - d) zeigen schematisch den Baufortschritt einzelner Etappen in dieser Phase: a) Beginn Bau HAA-Lagerteil bei laufender SMA-Einlagerung, b) Bau HAA-Lagerfeldzugänge bei laufender SMA-Einlagerung, c) Bau HAA-Kontrollstollen und HAA-Abzweiger bei laufender SMA-Einlagerung, d) Ende Bau HAA-Lagerteil.

Auch im Zentralen Bereich des Kombilagers können die Einlagerungstätigkeiten von den Bauarbeiten getrennt werden, sodass eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen werden kann.

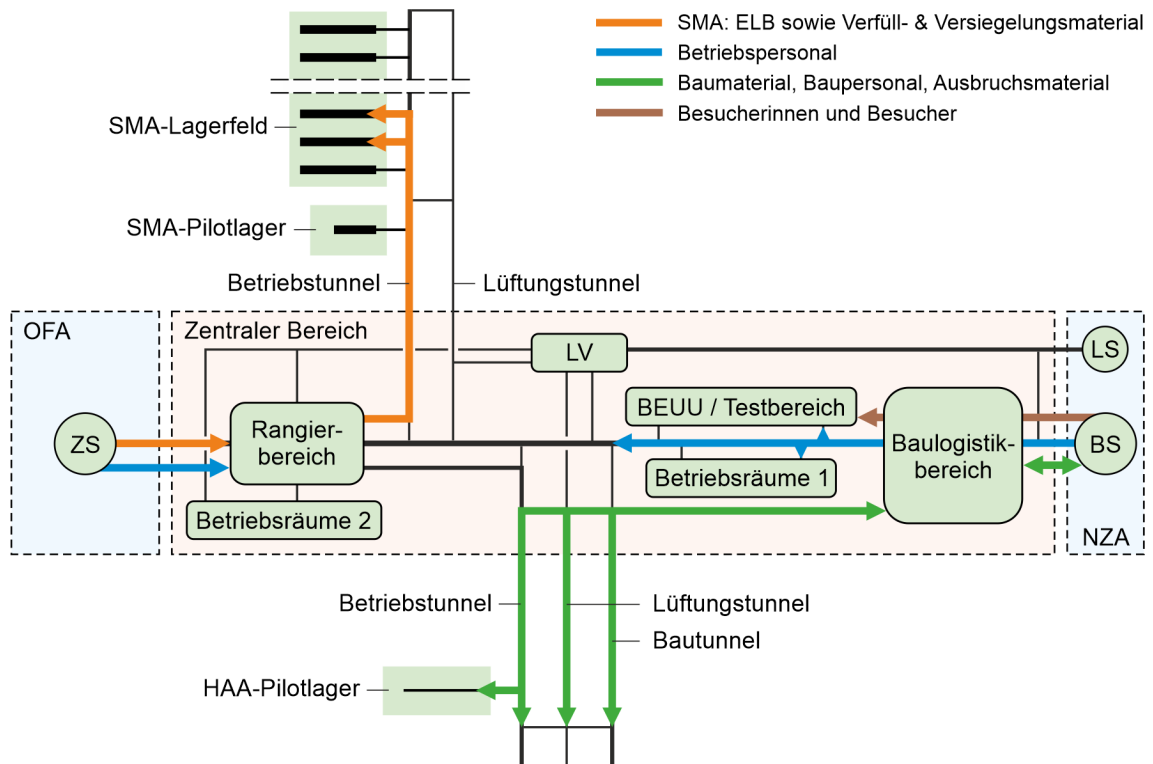


Fig. 6.1-2: Paralleler Bau- und Einlagerungsbetrieb im Zentralen Bereich des Kombilagers

Legende: BEUU = Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag, BS = Betriebschacht, LS = Lüftungsschacht, LV = Lüftungszweigung, ZS = Zugangsschacht. Bei laufendem SMA-Einlagerungsbetrieb (vom Zugangsschacht durch den Rangierbereich und den SMA-Betriebstunnel in die Lagerkavernen, siehe orange Pfeile) werden die untertägigen HAA-Lagerteile räumlich getrennt über den Baulogistikbereich und den Betriebsschacht erstellt (grüne Pfeile).

Somit gibt es, wie im gesamten geologischen Tiefenlager, auch im Zentralen Bereich keine gleichzeitig stattfindenden sich überschneidende Abläufe, weder bei den Einzellagern noch beim Kombilager.

Die Lüftung der untertägigen Anlagen während dieses parallelen Bau- und Einlagerungsbetriebs erfolgt ebenfalls weitgehend getrennt. Sowohl für den Einlagerungsbereich wie für den Baubereich erfolgt die Frischluftzufuhr durch den Lüftungsschacht bis in die Lüftungszweigung. Von dieser wird die benötigte Frischluft auf die verschiedenen unterirdischen Bauwerke verteilt.

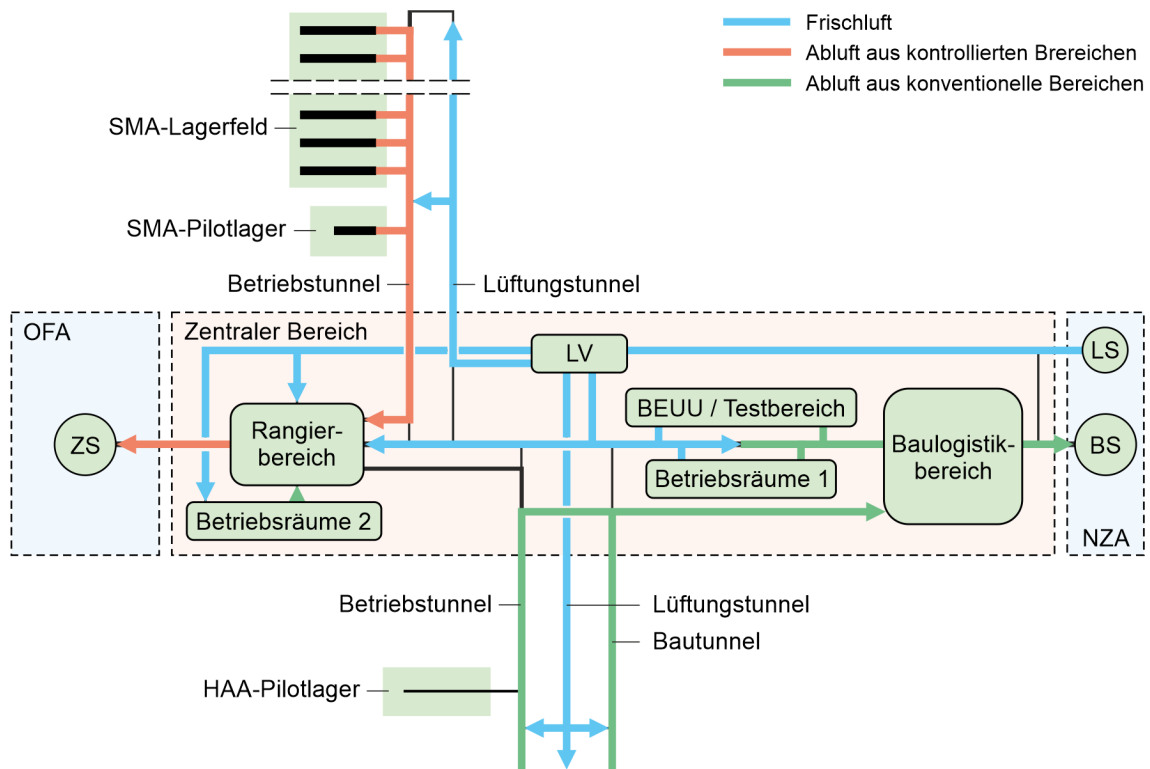


Fig. 6.1-3: Lüftungsführung während parallelem Bau- und Einlagerungsbetrieb im Zentralen Bereich des Kombilagers

Legende: BEUU = Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag, BS = Betriebschacht, LS = Lüftungsschacht, LV = Lüftungsverzweigung, ZS = Zugangsschacht. Die Frischluft wird durch den Lüftungsschacht in die Lüftungsverzweigung geführt und von dort zu den verschiedenen untertägigen Räumen verteilt.

Die Abluft aus dem Einlagerungsbereich, d.h. aus den SMA-Lagerkavernen und aus den SMA-Lagerfeldzugängen, wird über den Hauptzugang ins Lüftungsgebäude auf der OFA geführt. Die Abluft aus den nichtnuklearen Bereichen, d.h. aus den Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen/Testbereichen, aber auch aus den HAA-Lagerfeldzugängen, wo Bauarbeiten stattfinden, sowie aus dem Baulogistikbereich wird über den Betriebsschacht zur NZA-BL gebracht. Damit wird neben der räumlichen Trennung der Tätigkeiten (siehe Figur 6.1-2) auch eine vollständige lüftungstechnische Trennung zwischen Einlagerungsbereich und Baubereich gewährleistet (siehe Figur 6.1-3).

6.1.3 Sequenzieller HAA/SMA-Einlagerungsbetrieb

Eine weitere Betriebsphase, die nur in einem Kombilager vorkommt, ist der sogenannte sequenzielle HAA/SMA-Einlagerungsbetrieb. Hierbei ist vorgesehen, dass mehrheitlich HAA-Einlagerung stattfindet, weil das SMA-Lager zu diesem Zeitpunkt bereits 10 Jahre in Betrieb war und die Mehrheit der SMA bereits eingelagert ist. Die verbleibenden SMA werden eingelagert, wenn die eigentliche HAA-Einlagerung betriebsbedingt ruht. Dies ist während ca. 2 Monaten im Jahr der Fall, z.B. beim Versiegeln der vollständig befüllten Lagerstollen oder bei Instandhaltungsarbeiten im HAA-Lagerteil, und stellt eine zeitliche Entkopplung der jeweiligen Einlagerungskampagnen dar. Alternativ ist auch eine tageszeitliche Entkopplung der Einlagerung der beiden Abfallströme während dieser Phase möglich. Mit diesem Betriebskonzept der sequenziellen Einlagerungsaktivitäten bleiben die Einlagerungsprozesse selbst unverändert (gleiche Prozesse mit gleichen Geräten wie bei den jeweiligen Einzellagern).

Während HAA-Einlagerungskampagnen können im Zentralen Bereich des Kombilagere die Tätigkeiten (BE/HAA-Einlagerung und Bau neuer Lagerstollen) gleich wie bei einem reinen HAA-Lager getrennt werden, indem die nuklearen Transporte über den Hauptzugang (Zugangsschacht) und den untertägigen Rangierbereich ins HAA-Lagerfeld geführt werden, während die Bauarbeiten über den Betriebsschacht und den Baulogistikbereich abgewickelt werden (siehe Fig. 6.1-4). Zusätzlich können allfällige Versiegelungsarbeiten im SMA-Lagerteil durchgeführt werden.

Wenn im HAA-Lagerbereich keine Einlagerung stattfindet, können im SMA-Lagerbereich Einlagerungen durchgeführt werden. Hierbei erfolgen die nuklearen Transporte wie bei einem reinen SMA-Lager von der OFA durch den Hauptzugang (Zugangsschacht) ins SMA-Lagerfeld. Ebenfalls von der OFA ausgehend wird das Material für die Lagerstollen-Versiegelungen im HAA-Lagerfeld durch den Hauptzugang transportiert, wobei die Materialtransporte zeitlich entkoppelt von allfälligen SMA-Transporten erfolgen. Die Bauarbeiten für die neuen BE/HAA-Lagerstollen, die in dieser Zeit weitergeführt werden, erfolgen von der NZA-BL aus über den Betriebsschacht im HAA-Lagerfeld und sind damit räumlich von den übrigen Tätigkeiten getrennt (siehe Figur 6.1-5).

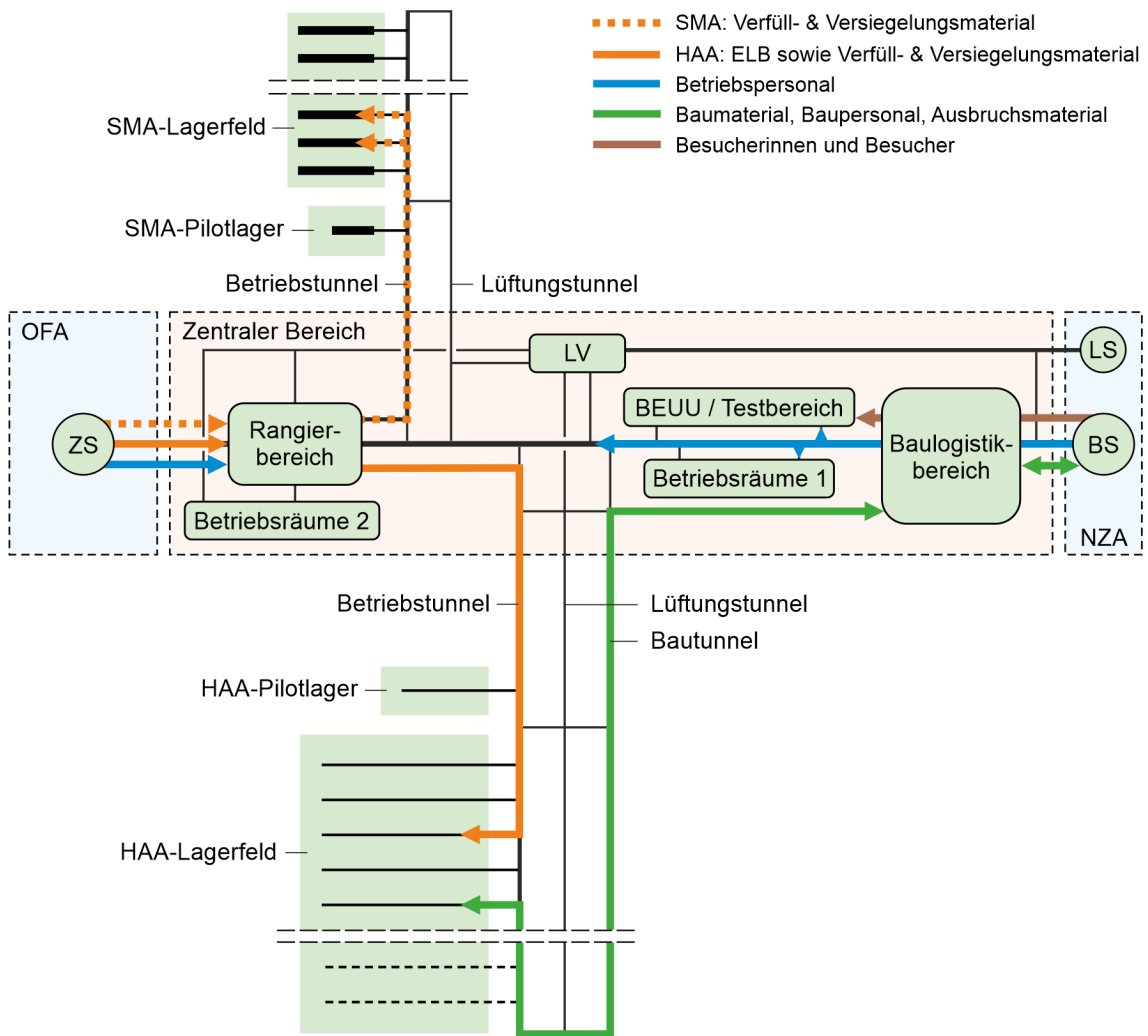


Fig. 6.1-4: HAA-Einlagerungsbetrieb, mit Fokus auf den Zentralen Bereich des Kombilagers

Legende: BEUU = Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag, BS = Betriebschacht, LS = Lüftungsschacht, LV = Lüftungsverzweigung, ZS = Zugangsschacht. Während BE/HAA eingelagert werden, können separat weitere Lagerstollen erstellt, oder Versiegelungsarbeiten im SMA-Lagerteil durchgeführt werden.

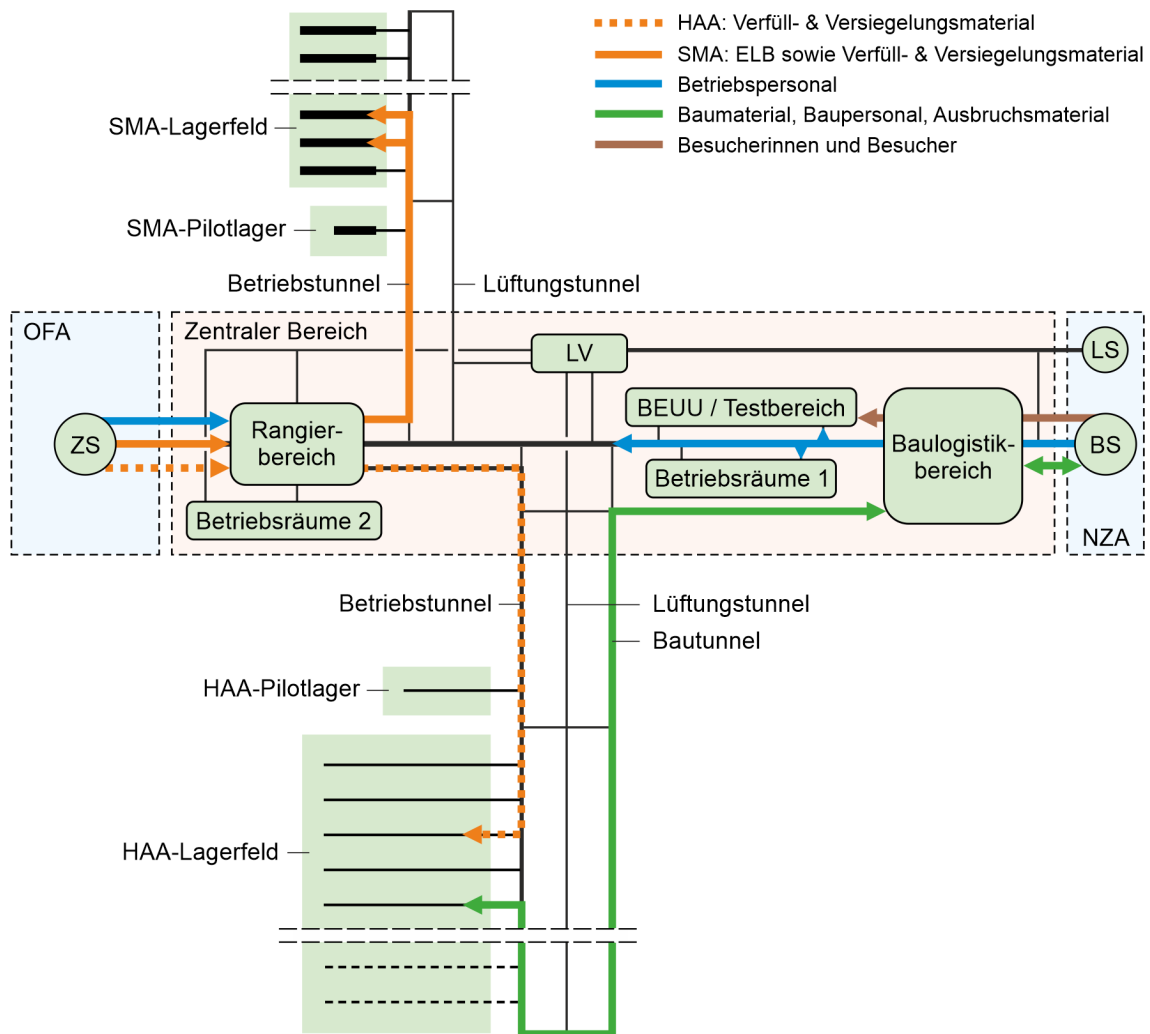


Fig. 6.1-5: SMA-Einlagerung während HAA-Einlagerungspause, mit Fokus auf den Zentralen Bereich des Kombilagers

Legende: BEUU = Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag, BS = Betriebschacht, LS = Lüftungsschacht, LV = Lüftungsverzweigung, ZS = Zugangsschacht. Während SMA eingelagert werden, können separat Versiegelungsarbeiten im HAA-Lagerteil durchgeführt und weitere Lagerstollen erstellt werden.

Die Lüftungsführung bleibt in dieser Phase des sequenziellen HAA/SMA-Einlagerungsbetriebs vom Prinzip her gleich wie in der vorherigen Phase des parallelen Bau- und Einlagerungsbetriebs (Kapitel 6.1-2): Im Zentralen Bereich des Kombilagers muss die Frischluft, die aus dem Lüftungsschacht in die Lüftungsverzweigung kommt, in die verschiedenen unterirdischen Bauwerke verteilt werden (z.B. Lüftungstunnel, Betriebsräume im Zentralen Bereich, Rangierbereich, Baulogistikbereich), und es erfolgt eine lüftungstechnische Trennung zwischen Einlagerungsbereichen und Baubereichen (siehe Figur 6.1-6).

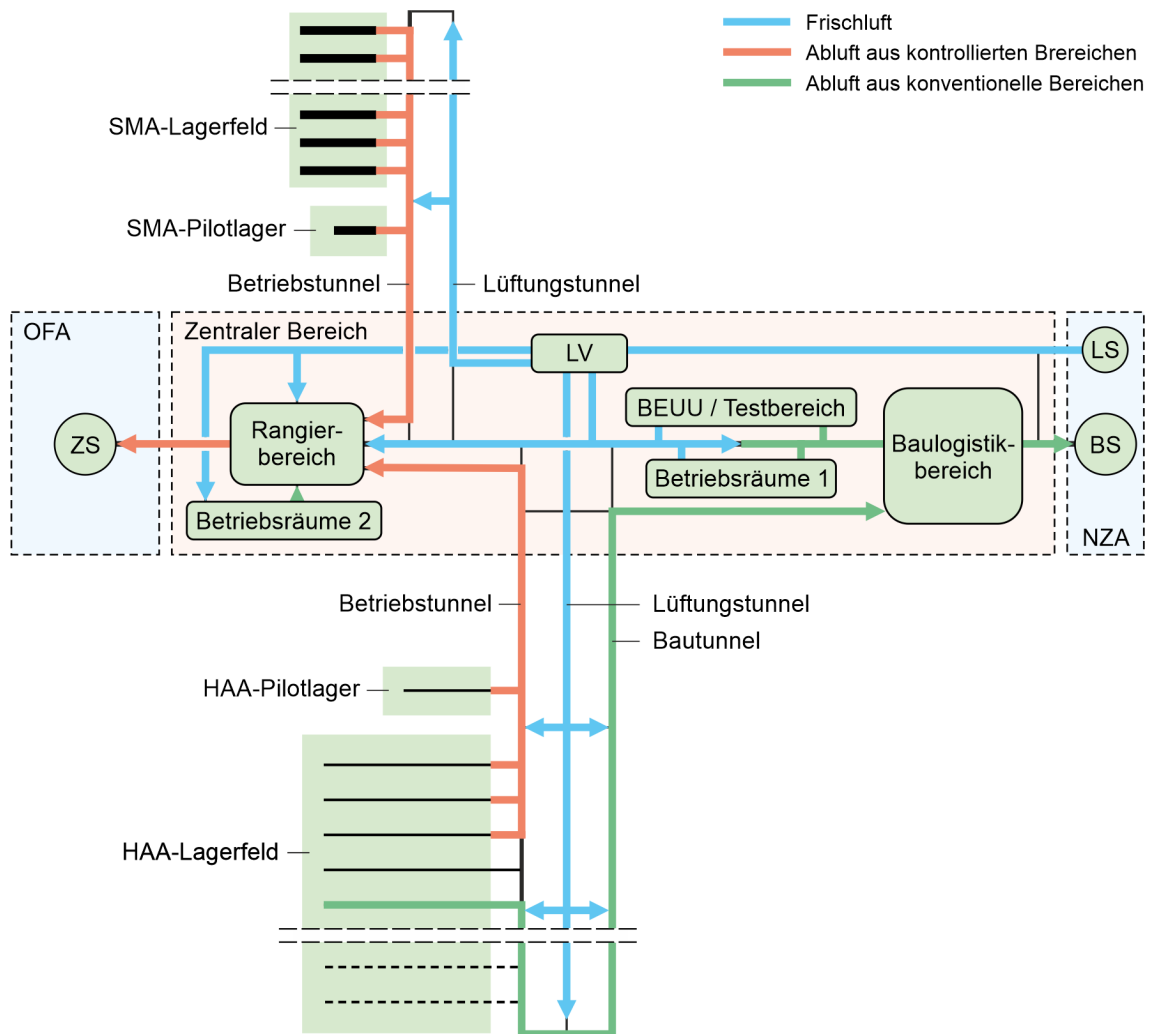


Fig. 6.1-6: Systemskizze Lüftung Kombilager, mit Fokus auf den Zentralen Bereich

Legende: BEUU = Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag, BS = Betriebschacht, LS = Lüftungsschacht, LV = Lüftungsverzweigung, ZS = Zugangsschacht. Redundante Ventilatoren im Lüftungsgebäude der OFA und der NZA-BL sorgen für eine saugende Belüftung der Untertageanlagen im Einlagerungsbetrieb. Auf Lagerebene wird die Frischluft durch die Lüftungsverzweigung auf die verschiedenen Bereiche verteilt und so eine lüftungstechnische Trennung von nuklearen und konventionellen Bereichen realisiert.

Die Abluft aus den Einlagerungsbereichen, d.h. aus dem SMA-Lagerfeld und aus demjenigen Teil des HAA-Lagerfelds, der sich bereits im Einlagerungsbetrieb befindet, wird über den Rangierbereich und durch den Hauptzugang (Zugangsschacht) ins Lüftungsgebäude auf der OFA geführt. Die Abluft aus den nichtnuklearen Bereichen, d.h. aus den Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen und aus den Baubereichen des HAA-Lagerfelds, wird über den Baulogistikbereich und durch den Betriebsschacht zur NZA-BL gebracht. Damit wird eine vollständige Trennung zwischen Einlagerungsbereich und Baubereich gewährleistet.

Somit entsprechen die Lüftungskonzepte beider Teile des Kombilagers denjenigen der Einzellager, wobei für die Lüftungsanlagen (z.B. Ventilatoren an der Oberfläche) im Kombilager Synergien nutzbar sind (siehe auch Kapitel 3.1 resp. Tabelle 3.1-1 und Kapitel 3.2 resp. Tabelle 3.2-1). Wie bei Einzellagern muss die Lüftung der untertägigen Anlagen des Kombilagers z.B. die Anforderungen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sowie des Strahlenschutzes berücksichtigen, z.B. darf keine Abluft aus dem SMA-Lagerteil in den HAA-Lagerteil gelangen, was mit den oben beschriebenen technischen Massnahmen sichergestellt werden kann.

6.2 Personal

Das jeweils benötigte Betriebspersonal wird durch die auszuführenden Betriebsabläufe bestimmt. So wird während der "reinen SMA-Einlagerung" im Kombilager gleich viel Personal benötigt wie im Einlagerungsbetrieb des SMA-Lagers, und während der "reinen HAA-Einlagerung" gleich viel wie im Einlagerungsbetrieb des HAA-Lagers.

In der Phase des sequenziellen HAA/SMA-Einlagerungsbetriebs ergibt sich in einem Kombilager eine gewisse Flexibilität bei den Betriebsabläufen, wodurch der Personalpool der Betreibergesellschaft optimal eingesetzt werden kann. Das Personal eines Kombilagers kann auch für eine insgesamt längere Betriebszeit angestellt werden als bei zwei Einzellagern, was zu einem besseren Know-how-Aufbau (z.B. hinsichtlich Anlieferungscoordination, eingespielter Transportlogistik oder bereits etablierter hoher Sicherheitskultur) führen kann. Die Erfahrungen mit dem SMA-Betrieb, mit der Transport- und Einlagerungstechnik, und grundsätzlich mit der Handhabung und mit dem Umgang radioaktiver Stoffe können so optimal vom gleichen Personal für den HAA-Betrieb genutzt werden.

Insgesamt ist der Betrieb des Kombilagers im Vergleich zu zwei Einzellagern mit weniger Personalaufwand verbunden, weil Synergien genutzt werden können (z.B. Sicherung, Administration, Schachtförderung, Materialbewirtschaftung, Gesamtdauer des Einlagerungsbetriebs).

Tab. 6.2-1: Personalbedarf im Einlagerungsbetrieb

Personalbedarf	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager	Synergie
Betriebspersonal ⁸	ca. 50	ca. 70	ca. 60/ca. 70	Ja
Wachpersonal	ca. 20	ca. 20	ca. 20	Ja
Personaljahre	ca. 1'050	ca. 1'350	ca. 2'150	Ja
Vergleichstotal (Personaljahre)	ca. 2'400		ca. 2'150	

⁸ Beim Kombilager beziehen sich die beiden Personalangaben auf die Teilphasen SMA-Einlagerungsbetrieb und HAA-Einlagerungsbetrieb.

7 Betriebliche Sicherheitsbetrachtungen

7.1 Betriebssicherheit

Die Schutzziele der Betriebssicherheit, die unabhängig vom Lagertyp gesetzlich und behördlich festgelegt sind, können in gleicher Weise sowohl bei den Einzellagern als auch beim Kombilager eingehalten werden. Dies führt für das Kombilager zwar zu zusätzlichen Anforderungen (insbesondere für die Zeit des parallelen Bau- und Einlagerungsbetriebs), die Charakteristiken der Einzellager bezüglich der Auslegung von Strukturen, Systemen und Komponenten (SSK), dem Sicherheitsniveau und den sicherheitsoptimierten Betriebsabläufen werden aber auch im Kombilager beibehalten. Dies betrifft insbesondere die räumliche Trennung sicherheitsrelevanter SSK (z.B. separat betriebene und ausreichend getrennte SMA/HAA-Lagerbereiche, vgl. Figur 4.2-1) und/oder die zeitliche Trennung bzw. Entflechtung der Einlagerungskampagnen im Kombilager (sequenzieller Einlagerungsbetrieb, vgl. Kapitel 6.1.3).

Im Folgenden werden die Themen nukleare Betriebssicherheit, Strahlenschutz, Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie Flucht, Rettung und Intervention (Personensicherheit) einzeln für die hier betrachteten Lagertypen verglichen und bewertet.

7.1.1 Nukleare Betriebssicherheit

Der dauerhafte Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung der radioaktiven Stoffe (KEG 2003, ENSI 2009), ist unabhängig vom Lagertyp während der gesamten Betriebsphase zu gewährleisten, d.h. bis zum ordnungsgemässen Verschluss des geologischen Tiefenlagers. Die nukleare Betriebssicherheit umfasst dabei drei übergeordnete Prinzipien:

- Die gehandhabten und gelagerten radioaktiven Materialien sind jederzeit wirksam einzuschliessen und abzuschirmen (vgl. auch Kapitel 7.1.2 zum Thema Strahlenschutz). Eine Freisetzung radioaktiver Stoffe ist auch unterhalb der zugelassenen Grenzwerte mit vertretbarem baulichen, technischen und finanziellen Aufwand so gering wie sinnvoll möglich zu halten (Optimierungsgebot, Art. 4 StSV).
- Die sicherheitsrelevanten SSK eines geologischen Tiefenlagers müssen jederzeit bei allen zu berücksichtigenden inneren/äusseren Einwirkungen und daraus möglicherweise resultierenden Folgen in einen sicheren Zustand überführt und gehalten werden können, wobei der entsprechend den Störfallkategorien vorgegebene Grenzwert der Individualdosis für die Bevölkerung und das Personal (gemäss Art. 22, 56 und 123 StSV) einzuhalten ist.
- Auslegungsüberschreitende Störfälle sollen weitgehend verhindert bzw. deren radiologische Konsequenzen begrenzt werden. Dies schliesst allenfalls Vorbereitungsmaßnahmen für den Notfallschutz ein.

Die sichere und adäquate Gewährleistung der nuklearen Betriebssicherheit kann für das Kombilager analog erfolgen wie für die Einzellager. Es bestehen keine konzeptionellen Unterschiede, die für das Kombilager als vorteilig oder nachteilig gewertet werden können:

- Die gesamthaft zu handhabenden Abfallmengen und die Eigenschaften der Abfälle sind identisch (vgl. Kapitel 2.1). Die verwendeten Behälter (ELB, TLB, TB, iTB) wie auch deren Qualitätssicherung – bspw. bei der Herstellung und dem Verschluss der Behälter – unterscheiden sich nicht zwischen den einzelnen Lagertypen.

- Die nukleare Reaktivität kann in einem geologischen Tiefenlager unabhängig vom Lagertyp zuverlässig begrenzt und die Kritikalität in jedem Fall ausgeschlossen werden⁹.
- Die Einlagerungsbetriebsphase des Kombilagers beinhaltet die Einlagerung von SMA im SMA-Lagerteil und BE/HAA im HAA-Lagerteil (vgl. auch Kapitel 2.4). Daher können prinzipiell die Handhabung der radioaktiven Abfälle in den Umladezellen, der Transport zu den Lagerkammern und die Einlagerung der Endlagerbehälter in die Lagerkammern bei einem Kombilager als zwei separate Einlagerungskampagnen betrachtet werden, die bezüglich der nuklearen Betriebssicherheit den Einzellagern gleichzusetzen sind. In der Zeitspanne der sequenziellen HAA/SMA-Einlagerung ist aufgrund der zeitlichen und z.T. räumlichen Entkopplung der Prozesse (vgl. Kapitel 6.1.3) die nukleare Betriebssicherheit ebenfalls stets gewährleistet.
- Die Anforderungen an und die Auslegung der sicherheitsrelevanten Strukturen, Systeme und Komponenten sowie die Betriebsabläufe in einem geologischen Tiefenlager sind für jeden Lagertyp gleich bzw. vergleichbar, sodass ein gleichwertig (hohes) Sicherheitsniveau angenommen werden kann. Dies bedeutet insbesondere, dass sich keine lagertypbedingten Unterschiede bezüglich Abweichungen oder Störfallereignissen ergeben, weder hinsichtlich deren Eintretenshäufigkeit noch bezüglich deren Belastungsspektrum bzw. der daraus resultierenden (radiologischen) Auswirkungen.
- Der parallele Bau der BEVA und die untertägige Lagererweiterung des HAA-Lagerteils haben keinen Einfluss auf die Gewährleistung der nuklearen Sicherheit des SMA-Lagerteils, da sowohl übertägig als auch untertägig von einer adäquaten räumlichen und lüftungstechnischen Trennung der beiden Lagerbereiche ausgegangen werden kann, d.h., der Bau des HAA-Lagerteils kann autark erfolgen (vgl. auch Kapitel 5.2 sowie 6.1.2).
- Die Auswahl von (ausreichend) sachkundigem Personal, welches eine hohe Sicherheitskultur aktiv lebt, sowie dessen periodische Weiterbildung kann beim Kombilager auf die gleiche Weise wie bei zwei Einzellagern erfolgen, sodass sich daraus weder Vor- noch Nachteile ergeben.

Die im Kapitel 9 aufgeführten Varianten haben grundsätzlich keine Auswirkungen auf die Gewährleistung der nuklearen Sicherheit, da bei allen Varianten die nukleare Sicherheit mittels Massnahmen mit einem gleich hohen Niveau realisiert werden kann.

⁹ Für die BE und HAA wird dies durch eine geeignete Auslegung und Beladung der Transport- und Lagerbehälter sowie der Endlagerbehälter sichergestellt. Während des Umladens in der BEVA wird dies durch eine geeignete Auslegung der Umladezelle erreicht, kombiniert mit einem störungssicheren Handhabungsvorgang. Dies bedeutet insbesondere den Schutz der Brennelemente vor mechanischen Einwirkungen und den Ausschluss eines Wasserzutritts in die Umladezelle. Bei verglasten Abfällen aus der Wiederaufarbeitung und bei SMA kann nukleare Kritikalität grundsätzlich ausgeschlossen werden.

7.1.2 Strahlenschutz

Das Ziel des Strahlenschutzes ist es, die im Rahmen des Vorhabens gehandhabten radioaktiven Materialien permanent und zuverlässig sicher einzuschliessen und abzuschirmen. Die Strahlenexposition als Folge der Handhabung radioaktiver Materialien ist auch unterhalb der geltenden Grenzwerte mit vertretbarem baulichen, technischen und finanziellen Aufwand so gering wie sinnvoll möglich zu halten (ALARA-Prinzip).

Die Umsetzung eines adäquaten Strahlenschutzkonzepts kann für ein Kombilager analog erfolgen wie für die beiden Einzellager. Es bestehen keine konzeptionellen Unterschiede, die für ein Kombilager als vorteilig oder nachteilig gewertet werden können:

- Die zu handhabenden Abfälle und deren Eigenschaften sind identisch (vgl. Kapitel 2.1).
- Der sichere Einschluss und die Abschirmung der Abfälle ausserhalb der Umladezellen wird durch die Kombination aus Endlagerbehältern und internen/externen Transportbehältern sichergestellt. Die Behälter und deren Qualitätssicherung unterscheiden sich nicht zwischen den einzelnen Lagertypen.
- Die Verpackungsanlagen stellen während des Umladeprozesses den Einschluss und die Abschirmung der Abfälle sicher. Das Strahlenschutzkonzept der Oberflächenanlage, d.h. die Einrichtung eines Zonen- und Überwachungskonzepts, ist aufgrund der bei einem Kombilager voneinander unabhängig betriebenen Verpackungsanlagen gleich wie bei den Einzel lagern.
- Die gesamte Anlage – mit Ausnahme der Umladezellen und einiger vorgeschalteten Räume für Vor- bzw. Nachbereitungsarbeiten – ist aufgrund der Eigenschaften der Abfälle und deren Verpackung kontaminationsfrei und damit nur Überwachungsbereich im Sinne der Strahlenschutzgesetzgebung. Für die untertägigen Anlagen ergeben sich keine lagertypbedingten Unterschiede (inkl. der gemeinsam genutzten Bereiche wie Zugangsbauwerke und Zentraler Bereich). Der Strahlenschutz für die Anlieferung der Abfälle (OFA) und die untertägigen Anlagen kann daher für die hier diskutierten Lagertypen vergleichbar gut gewährleistet werden.
- In den Kontrollbereichen der OFA berücksichtigt das Lüftungskonzept allgemein das Prinzip der Unterdruckstaffelung mit dem Ziel einer gerichteten Luftführung und der Vermeidung von Kontaminationsverschleppung. Die Abgabe der Abluft aus der OFA wird beim Kombilager genau wie bei den Einzellagern überwacht und kann über eine redundant ausgelegte Filteranlage geführt werden.
- Die gerichtete Luftführung untertage sowie deren Abgabe an die Umwelt erfolgt ebenfalls gleich für alle Lagertypen. Die Kontrollen schliessen eine Überwachung und Durchführung radiologischer Messungen und gegebenenfalls Filterung der Abluft aus den nuklearen Bereichen der Anlage vor deren Abgabe an die Umwelt ein. Die Lüftung sorgt bei einem Kombilager zudem dafür, dass die Abluft aus dem einen Lagerteil nicht in den andern Lagerteil geführt wird (vgl. auch Figur 6.1-6).
- Der parallele Bau der BEVA und die untertägige Lagererweiterung des HAA-Lagerteils sowie der zeitweise stattfindende parallele HAA/SMA-Einlagerungsbetrieb haben keinen Einfluss auf die Gewährleistung des Strahlenschutzes, da sowohl übertägig als auch untertägig von einer adäquaten räumlichen und lüftungstechnischen Trennung der beiden Lagerbereiche ausgegangen werden kann (vgl. auch Kapitel 5.2, 6.1.2 und 6.1.3).
- Die Auswahl von (ausreichend) sachkundigem Personal sowie dessen periodische Weiterbildung ist ebenfalls gleich für ein Kombilager wie für zwei Einzellager.

Die im Kapitel 9 aufgeführten Varianten beeinflussen die Gewährleistung des Strahlenschutzes nicht. Für alle Varianten kann der Strahlenschutz ausreichend – gegebenenfalls mittels Massnahmen – sichergestellt werden.

7.1.3 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz

Das Ziel von Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz ist die Gewährleistung geeigneter Arbeits- und Umgebungsbedingungen für das Betriebspersonal sowie weitere Personen (z.B. Besucherinnen und Besucher), damit gesundheitsgefährdende Einwirkungen sowie Berufsunfälle und berufsbedingte Erkrankungen möglichst vermieden werden. Dies beinhaltet auch die Sicherstellung von Flucht, Rettung und Evakuierung, sollte dies erforderlich sein (vgl. auch nachfolgendes Kapitel 7.1.4).

Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz umfasst die periodische Gefährdungsermittlung, um mögliche Gefahren bei geplanten Tätigkeiten zu erkennen, zu beurteilen und durch Massnahmen zu verhindern, zu reduzieren oder auf ein tragbares Mass zu begrenzen, bevor Personen zu Schaden kommen. Die aus der Risikobeurteilung abgeleiteten Sicherheitssysteme und die dazugehörigen administrativen Massnahmen (inkl. Kontrolle) sind in einer adäquaten Anlagenauslegung und in den Betriebsabläufen zu berücksichtigen. Diese Massnahmen betreffen insbesondere die Bereitstellung der geforderten Luftqualität, geeigneter klimatischer Bedingungen, sicherer Arbeitsplätze und Arbeitsabläufe (Gerätesicherheit), persönlicher Schutzausrüstungen und eine sicherheitsgerichtete Planung und Durchführung von Bauarbeiten, Transporten und Lagerung bzw. Umgang mit gesundheitsgefährdenden Stoffen sowie geeignete Konzepte bzgl. Brand- und Explosionsschutz, Strahlenschutz, sowie Flucht, Rettung und Evakuierung.

Der Arbeits- und Gesundheitsschutz ist stets im Rahmen der gesetzlichen und behördlichen Vorgaben sicherzustellen, dies gilt unabhängig vom gewählten Lagertyp. Der Arbeits- und Gesundheitsschutz ist sowohl in einem Kombilager als auch in den Einzellagern gleich sicher realisierbar und ausschliesslich eine Frage der (korrekten) Auslegung der Strukturen, Systeme und Komponenten (z.B. Gerätesicherheit), der Bereitstellung von persönlicher Schutzausrüstung (z.B. Handschuhe, Schutzbrille) sowie entsprechend optimierter Betriebsabläufe. Dies schliesst alle im Kapitel 9 vorgestellten Varianten ein. Unterschiede zwischen den Lagertypen ergeben sich dabei – wenn überhaupt – nur in den Anforderungen der Lager- und Systemauslegung, als Beispiel sei hier eine auf das grössere Volumen angepasste Lüftungsanlage des Kombilagers genannt.

7.1.4 Flucht, Rettung und Intervention (Personensicherheit)

Das Flucht- und Rettungskonzept bezweckt, die Personensicherheit im Falle eines Ereignisses/Störfalls aufrecht zu erhalten durch die zuverlässige Alarmierung und Kommunikation allfälliger Gefahrensituationen sowie durch Sicherstellung der Flucht, Rettung und Evakuierung (Selbst- und Fremdreueung) aus allfälligen Gefahrensituationen und Gefahrenbereichen. Zudem soll sichergestellt werden, dass die Anlagen auch für allfällige Interventionen zugänglich bleiben.

Analog dem Arbeits- und Gesundheitsschutz gilt unabhängig vom gewählten Lagertyp, dass Flucht und Rettung sowie Intervention stets im Rahmen der gesetzlichen und behördlichen Vorgaben sicherzustellen sind. Dies ist sowohl im Kombilager als auch in den Einzellagern gleich sicher realisierbar und ausschliesslich eine Frage der (korrekten) Auslegung der SSK (z.B. ausreichend dimensionierte Flucht- und Rettungswege) bzw. der Bereitstellung von persönlicher Schutzausrüstung.

Insbesondere in den übertägigen Anlagen und Bauwerken, welche sich infolge gleicher Auslegung nicht oder nur unbedeutend zwischen den einzelnen Lagertypen unterscheiden, ist die Flucht und Rettung sowie Intervention als gleichwertig anzunehmen. Flucht-, Rettungs- und Evakuierungswege werden in ausreichender Anzahl vorhanden sein und sind – gemäss gesetzlichen und behördlichen Anforderungen – so angelegt, bemessen und ausgeführt (inkl. Alarmierung, Kommunikation, Kennzeichnung und Beleuchtung sowie der Frischluftversorgung), dass sie jederzeit rasch und sicher benutzbar sind.

Auch für die Untertageanlagen gilt, dass von jedem Ort – d.h. Orte an dem sich betriebsbedingt dauerhaft oder öfters Personen aufhalten/arbeiten – immer zwei unabhängige Flucht- und Rettungswege zur Verfügung stehen bzw. dass an strategischen Punkten (z.B. bei Blindstollen oder sehr langen Flucht- und Rettungswegen) mobile oder festinstallierte Rettungscontainer mit autonomer und brandsicherer Versorgung bereitgestellt werden, welche aufgesucht werden können, wenn eine Flucht zu einem auf Dauer sicheren Bereich nicht möglich ist. Begehbare horizontale Querschläge zwischen den einzelnen Tunneln sollen dabei mögliche Flucht- und Rettungswege verkürzen und damit die Flucht- und Interventionswege in ihrer Länge zu einem sicheren Fluchtendpunkt begrenzen (vgl. Figur 4.2-1). In jeder Phase mit Ausnahme der Phase Vorbereitung und Beginn erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (Abteufung der Sondierbauwerke) und Verschluss Gesamtlager sind mindestens zwei Zugangsbauwerke mit Tagesöffnung betriebsbereit und mit Transportsystemen ausgerüstet. Im Fall des Kombilagers stehen ab der Phase SMA-Einlagerungsbetrieb sogar drei Zugangsbauwerke zur Verfügung (bei einem reinen SMA-Lager sind es nur zwei). Beim Kombilager kann für den HAA-Einlagerungsbetrieb zudem vom Know-how-Aufbau, d.h. von den Erfahrungen und Erkenntnissen des SMA-Betriebs durch das gleiche Personal, profitiert werden (vgl. Kapitel 6.2).

Relevante Unterschiede hinsichtlich der Flucht, Rettung und Intervention für die im Kapitel 9 diskutierten Varianten ergeben sich ausschliesslich für die Variante "Verzicht auf den Lüftungstunnel" im HAA-Lagerteil (vgl. Kapitel 9.3). Beispielsweise ergeben sich beim Verzicht des Lüftungstunnels gegebenenfalls längere Flucht- und Rettungswege zu einem sicheren mit Frischluft versorgten Fluchtendpunkt, sodass zusätzliche Querschläge erstellt oder Rettungscontainer an neuralgischen Punkten bereitgestellt werden müssen. Die Gewährleistung einer sicheren Flucht, Rettung und Intervention kann somit auch für diese Varianten und unabhängig vom Lagertyp durch Anpassungen an der Lager- und Systemauslegung sichergestellt werden.

7.2 Sicherung

Ziele der Sicherung eines geologischen Tiefenlagers sind:

- der Schutz vor unbefugten Einwirkungen (Dritter) auf die Anlage, inkl. Verhinderung der Entwendung von Materialien (inkl. Kernmaterialien)
- der Schutz von Mensch und Umwelt vor radiologischen Belastungen verursacht durch unbefugte Einwirkungen (z.B. Schutz der Sicherheitseinrichtungen)
- die Übersicht über die Präsenz von Personen auf den Arealen und untertage durch Kontrolle und Registrierung von Personenzutritten sowie den entsprechenden Arealaustritten (Schutz des Betriebspersonals und allfälliger Besucherinnen und Besucher)
- die Einhaltung und Gewährleistung der gesetzlichen und behördlichen Anforderungen (z.B. Richtlinien zur Sicherung von Kernanlagen, Safeguardverordnung)

Die Sicherung von Kernanlagen beruht auf einem gestaffelten Schutz, der neben baulichen und mechanischen Barrieren auch technische Überwachungs-, Steuerungs-, Melde-, Registrier-, Kommunikations- und Alarmierungseinrichtungen sowie personelle Sicherungsvorkehrungen und organisatorische resp. administrative Massnahmen umfasst.

Die Sicherungsanlagen umfassen die gemäss Anforderungen des Objektschutzes notwendigen Anlagen und Einrichtungen zur Sicherung. Sie bestehen aus der Sicherungszentrale, Räumen für das Wachpersonal (inkl. Pforte) und Zaunanlagen (inkl. Durchfahrtschutz/Perimeterschranke). Zur Verhinderung unbefugter Zutritte sind gemäss heutigem Planungsstand weitere Sicherungsschranken (z.B. Personen-/Fahrzeugschleusen mit Überwachungssystemen) notwendig, die einerseits den ordnungsgemässen Zutritt ermöglichen, andererseits einen gewaltsamen Zutritt auf das Sicherungsareal verhindern bzw. möglichst erschweren. Nebst der Oberflächenanlage, wo radioaktive Materialien gehandhabt werden, sind Sicherungsvorkehrungen entsprechend der Gefährdungssituation auch in den Nebenzugangsanlagen notwendig und vorgesehen.

Beim Kombilager sind für die Sicherungsanforderungen und dementsprechend auch für die Sicherungsanlagen und das Sicherungspersonal die hochaktiven Abfälle massgebend. Für ein reines SMA-Lager wird von geringeren Anforderungen an die Sicherungsanlagen ausgegangen. Die wesentlichen Elemente (z.B. Sicherungszentrale, Zaun, Zutrittsschleusen, Sicherungspersonal) sind aber auch im SMA-Lager vorhanden. Es kann davon ausgegangen werden, dass Sicherungsanlagen und -personal im Kombilager gleich sind wie diejenigen im HAA-Lager. Das Synergiepotenzial des Kombilagere entspricht demnach a priori dem Sicherungsaufwand des SMA-Lagers. Beim Kombilager muss beachtet werden, dass für die Bauphase des HAA-Lagerteils eine separate Baustellenzufahrt auf die OFA realisiert wird, um die gleichzeitig stattfindenden Einlagerungsbetriebsabläufe des SMA-Lagerteils nicht zu tangieren. Die Sicherheitsanforderungen für die Baustelle des HAA-Lagerteils unterscheiden sich deutlich von den nuklearen Sicherungsanforderungen des sich in Betrieb befindenden SMA-Lagerteils. Die Sicherheitsanforderungen für die Baustelle entsprechen im Wesentlichen den Sicherungsanforderungen des HAA-Lagers in der Bauphase.

Tab. 7.2-1: Wesentliche Sicherungselemente

Sicherungsanlagen/ -komponenten	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager	Synergie
OFA-Sicherung (z.B. Sicherungszentrale, Zaunanlage, Eingangsschleuse, Pforte)	1	1	1	Ja
NZA-BL-Sicherung (z.B. Zaunanlage, Eingangstor, Pforte)	0	1	1	Nein
NZA-L-Sicherung (z.B. Zaunanlage, Eingangstor)	1	0	0	Ja
Vergleichstotal (Sicherungsanlagen)	4 Sicherungsanlagen		2 Sich.anl.	Ja

8 Umweltbetrachtungen

Die für die einzelnen Lagertypen im Folgenden genannten Ausbruchvolumina und Flächenbedürfnisse können als Basisgrössen für Umweltbetrachtungen verwendet werden, obwohl in diesem generischen Bericht nicht vertieft auf standortspezifische Aspekte wie z.B. Nutzungskonflikte, Grundwasser, Erschliessung, Verkehrsströme und weitere Raumplanungsthemen eingegangen werden kann. Generell muss jedes Lagerprojekt unabhängig von Standort und Lagertyp (Kombi- oder Einzellager) die geltenden raumplanerischen und umweltrechtlichen Vorgaben einhalten. Oft geht es bei diesen Fragestellungen und verschiedenen Standortvarianten um unterschiedliche Interessen, die gegeneinander abgewogen werden können.

Der Flächenbedarf ist Indikator für mögliche Nutzungskonflikte und Raumplanungsaspekte (z.B. Sichtbarkeit, Verbrauch von Wald- und Fruchtfolgeflächen). Die Ausbruchvolumina sind Messgrösse für benötigte Deponieflächen, Energieverbrauch, Baustellenintensität und Verkehrsströme und dadurch verursachte Emissionen und Immissionen. Der Gesamtvergleich hinsichtlich Flächenbedarf und Ausbruchvolumen wurde bereits im Kapitel 3.4 und 4.4 beziffert und wird hier nicht wiederholt, die Beschreibung der einzelnen Phasen mit wesentlichen Bautätigkeiten findet sich im Kapitel 5. Im Folgenden werden die aus den Basisbelastungen (Flächenbedarf und Ausbruchvolumina) abgeleiteten weiteren Umweltauswirkungen thematisch gegliedert dargestellt.

8.1 Immissionen/betroffene Personen/Schutzgüter

Beim Kombilager verteilen sich die Anlagen auf zwei Areale (OFA und NZA-BL) in einem Standortgebiet, bei separaten SMA- und HAA-Lagern werden insgesamt vier Areale (SMA-OFA, SMA-NZA-L, HAA-OFA und HAA-NZA-BL) in zwei Standortgebieten benötigt. Damit sind während der Bauarbeiten und Betriebsphasen bei separaten Lagern potenziell mehr Personen von Immissionen (Lärm, Luftschadstoffe, allenfalls Erschütterungen) betroffen als bei nur einem Standort.

Der Flächenbedarf ist beim Kombilager kleiner als bei zwei Einzellagern, womit auch tendenziell weniger Schutzgüter (Wald, Fruchtfolgeflächen, Gewässerräume, Naturschutzflächen, Landschaftsschutzgebiete, archäologische Funde) tangiert sein werden. Auch die temporäre Beeinträchtigung des Landschafts- resp. Ortsbildes und die vorübergehend ihrer Funktionen entzogenen Flächen (Wald, Boden- und Fruchtfolgeflächen, etc.) sind beim Kombilager geringer. Zu beachten sind hierbei die unterschiedlichen Flächenbeanspruchungen in unterschiedlichen Phasen der einzelnen Lagertypen. Als Messgrösse bietet sich das Produkt aus Fläche (in Hektaren) und Beanspruchungsdauer (in Jahren) an.

Tab. 8.1-1: Zeitgewichtete Flächenbeanspruchungen (OFA, NZA, Bauinstallationen)

	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager
Summe der phasenspezifischen zeitgewichteten Flächenbeanspruchungen (in Hektarjahren)	ca. 620	ca. 740	ca. 870
Vergleichstotal (in Hektarjahren)	ca. 1'360		ca. 870

8.2 Energieverbrauch

Für die Errichtung eines geologischen Tiefenlagers wird hauptsächlich durch den Schachtbau und mit geringerer Relevanz durch den Ausbruch der untertägigen Hohlräume Energie verbraucht. Bei einem Kombilager sind im Vergleich zu zwei Einzellagern zwei Schächte weniger zu erstellen, und die gesamthaften Ausbruchsvolumina sind gemäss Kapitel 4.4 rund 10 % geringer, d.h., für das Kombilager wird beim Bau weniger Energie benötigt.

Während des Einlagerungsbetriebs und der Beobachtungsphase müssen bei Einzellagern insgesamt mehr Anlagen an der Oberfläche betrieben werden als beim Kombilager, was mit einem grösseren Energieverbrauch verbunden ist. Für die Transporte der radioaktiven Abfälle und der für die Einlagerung benötigten Materialien (z.B. leere Endlagerbehälter, Verfüll- und Versiegelungsmaterialien) wird hingegen bei einem Kombilager grundsätzlich gleich viel Energie verbraucht wie bei zwei Einzellagern, weil insgesamt die gleichen Mengen eingelagert werden. Der Energieverbrauch für Transporte hängt dabei stark von den jeweiligen Distanzen ab, wozu in diesem standortunabhängigen Bericht keine detaillierten Angaben gemacht werden können.

8.3 Transporte (Bautransporte, Einlagerungsbetrieb, Verschluss)

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass sich die Transporte bei einem Kombilager auf einen Standort resp. eine Region konzentrieren, während sie sich bei separaten Einzellagern auf deren zwei verteilen. Die lokalen Umweltbelastungen durch Transporte verteilen sich beim Kombilager aber über einen längeren Zeitraum.

Für die Errichtung der geologischen Tiefenlager setzen sich die Transporte zusammen aus der Abfuhr des Ausbruchmaterials (gesamthaft zusammengestellt im Kapitel 4.4, Synergie des Kombilagers von ca. 10 %) und der Zufuhr verschiedener Baumaterialien. Für die Oberflächeninfrastrukturen wurden die Bauvolumina im Kapitel 3.5 zusammengestellt, sie stellen ein Mass für die benötigte Menge Baumaterial dar. Im Kombilager ist demnach mit ca. 18 % weniger Transporten zu rechnen. Die Baumaterialien für die Untertagebauwerke können als prozentualer Anteil der Ausbruchvolumina veranschlagt werden und ergeben demnach ebenfalls ein Synergiepotenzial für das Kombilager von ca. 10 %. Insgesamt fallen beim Bau des Kombilagers also weniger Transporte an.

Wie im Kapitel 8.2 dargelegt, unterscheiden sich die Einlagerungsbetriebstransporte des Kombilagers in dieser hier vorgenommenen generischen Betrachtung nicht von denjenigen der beiden Einzellager, weil die identischen Abfallmengen einzulagern sind.

Die Verfüllmengen für den Verschluss der Lagerfelder unterscheiden sich nicht zwischen dem Kombilager und den beiden Einzellagern. Ein Unterschied ergibt sich aber bei den Materialmengen für den Verschluss der Zugangsbauwerke, weil beim Kombilager im Vergleich zu zwei Einzellagern insgesamt zwei Schächte weniger verfüllt und verschlossen werden müssen.

8.4 Zusammenfassung der gesamthaften Umweltbetrachtungen

Die nachfolgende Tabelle fasst die erwarteten Synergien eines Kombilagers gegenüber zwei Einzellagern hinsichtlich der Umweltbetrachtungen zusammen. In der Tabelle werden nur die relevanten Kennwerte genannt.

Tab. 8.4-1: Übersicht Umweltbetrachtungen

Thema/Aspekt	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager	Synergie
Flächenbedarf (Kapitel 3.4)	ca. 15 ha	ca. 17 ha	ca. 18 ha	Ja (ca. 44 %)
• <i>Vergleichstotal</i>	<i>ca. 32 ha</i>		<i>ca. 18 ha</i>	
Ausbruchvol. (Kapitel 4.4)	ca. 535'000 m ³	ca. 710'000 m ³	ca. 1'110'000 m ³	Ja (ca. 10 %)
• <i>Vergleichstotal</i>	<i>ca. 1'245'000 m³</i>		<i>ca. 1'110'000 m³</i>	
Immissionen/betr. Personen/Schutzgüter (Kapitel 8.1)	OFA, NZA-L	OFA, NZA-BL	OFA, NZA-BL	Ja ¹⁰
• <i>Vergleichstotal</i>	<i>2 Standorte/4 Anlagen</i>		<i>1 Stao/2 Anl.</i>	
Energieverbrauch (Kapitel 8.2)	2 Schächte 2 Anlagen	3 Schächte 2 Anlagen	3 Schächte 2 Anlagen	Ja
• <i>Vergleichstotal</i>	<i>5 Schächte und 4 Anlagen</i>		<i>3 Sch., 2 Anl.</i>	
Transporte (Kapitel 8.3)	Ausbruch- und Baumaterial	Ausbruch- und Baumaterial	Ausbruch- und Baumaterial	Ja (ca. 10 % resp. ca. 18 %)
• <i>Vergleichstotal</i>	<i>2 × Ausbruch/Baumaterial.</i>		<i>Ausbr./Baumat.</i>	

¹⁰ Lokal kann bei einem Einzellager von etwas geringerer Betroffenheit oder geringeren Immissionen ausgegangen werden, weil sich die Belastungen auf zwei Standorte verteilen.

9 Lagerprojekt-Varianten

Die nachfolgend erwähnten Varianten wurden im vorliegenden Bericht im Sinne der Übersichtlichkeit nicht detaillierter dargestellt, wie auch verschiedene weitere für diesen Bericht irrelevante Aspekte und Fragen (z.B. Wahl der untertägigen Transportfahrzeuge). Allfällige Auswirkungen auf den Vergleich werden für die hier aufgelisteten Varianten kurz beschrieben und sind in der Regel gering.

9.1 Externe Verpackungsanlagen

Es ist denkbar, dass die radioaktiven Abfälle extern (z.B. bei der ZWILAG) endlagerfertig verpackt und anschliessend zum geologischen Tiefenlager transportiert werden (vgl. z.B. für HAA: Nagra 2020). Dies kommt entweder für eine Abfallsorte (z.B. SMA), oder auch für beide (SMA und HAA) in Frage. Bei solchen Lagerprojekt-Varianten entfallen die vorgesehenen Verpackungsanlagen auf dem Areal der Oberflächenanlage, während sie anderswo gebaut und betrieben würden. Aus logistischen Gründen ist in diesem Fall auf den Arealen der OFA in der Regel ein Gebäude für den Empfang, die Pufferlagerung und die Auslieferung der radioaktiven Abfälle zur Förderung nach Untertage notwendig, welches auf einen möglichst unterbrechungsfreien Einlagerungsbetrieb auszulegen ist.

Nebst den kleineren OFA-Arealen und den einfacheren OFA-Prozessen hätte ein solches Konzept zahlreichere Transporte mit radioaktiven Abfällen zur Folge, weil Endlagerbehälter weniger Einzelgebinde/abgebrannte Brennelemente aufnehmen können als Transportbehälter. Das bedeutet, dass sich Auswirkungen auf verschiedene Aspekte des Vergleichs ergäben (z.B. Flächenbedarf, Transportzahlen). Die grundsätzlichen Aussagen des Vergleichs werden aber nicht tangiert, Flächenbedarf und Bauvolumen für zwei Einzellager bleiben auch bei externer Verpackung grösser als für ein Kombilager, und die Ausbruchmengen sind unabhängig vom Verpackungskonzept.

9.2 Anlieferung radioaktiver Abfälle

Eine weitere Variante betrifft die Anlieferungslogistik radioaktiver Abfälle. Falls diese ausschliesslich mit Strassen- anstatt mit Bahntransporten in die Oberflächenanlage erfolgen, hat dies (geringfügige) Auswirkungen auf die Ausgestaltung und Grösse der jeweiligen Oberflächenanlage und auf deren Betriebsabläufe. Die Umweltauswirkungen eines solchen alternativen Anlieferregimes betreffen die Anzahl und die Frequenz der Transporte mit radioaktiven Materialien, die deutlich ansteigen würden, und die damit verbundenen Emissionen und Immissionen. Entscheidend für die Umweltauswirkungen ist allerdings die Distanz zwischen Absender (z.B. ZWILAG) und Empfänger (OFA).

Bei einem Kombilager wäre ein Standort resp. eine Region von diesen zahlreicheren Transporten mit radioaktiven Materialien betroffen, während sich dies bei Einzellagern auf zwei Standorte resp. Regionen verteilen würde.

9.3 Zugangsbauwerke und Lagerfeldzugänge

Allfällige Tunnel (anstatt Schächte) haben trotz etwas längeren untertägigen Transportwegen keine grossen Auswirkungen auf die Betriebsabläufe und betrieblichen Sicherheitsbetrachtungen. Die stärksten Auswirkungen einer solchen Zugangsbauwerksvariante betreffen die Bauphase (Zeitbedarf, Ausbruchvolumen, Bautransporte). Für einen Zugangstunnel ist gegenüber einem Zugangsschacht mit einem ca. 5-mal grösseren Ausbruchvolumen zu rechnen.

Bei allen realistischen Kombinationen (Schächte, Tunnel) wird die Differenz des Ausbruchvolumens zwischen dem Kombilager und zwei Einzellagern grösser oder bleibt gleich.

Ein SMA-Lager mit 3 Zugangsbauwerken (Zugangsschacht, Lüftungsschacht und Betriebschacht) anstelle des in diesem Bericht betrachteten SMA-Lagers mit 2 Zugangsbauwerken würde die Differenzen zwischen Kombilager und den beiden Einzellagern vergrössern, d.h., die beiden Einzellager würden grössere Ausbruchvolumina aufweisen und mehr Fläche benötigen als im hier dargestellten Vergleich.

Ein Verzicht auf einen Lüftungstunnel in einem HAA- oder Kombilager würde Anpassungen beim Lüftungskonzept nach sich ziehen und Auswirkungen auf das Flucht- und Rettungskonzept haben. Da diese Variante sowohl für das HAA-Lager wie auch für das Kombilager möglich ist, ergeben sich für den hier angestellten Vergleich keine Konsequenzen.

9.4 Weitere (standortspezifische) Varianten

Für den in diesem Bericht dargestellten Vergleich mussten Annahmen für die Abstände zwischen den Lagerfeldern und dem Zentralen Bereich resp. Haupterschliessungsbereich gemacht werden. Diese Abstände können standortspezifisch unterschiedlich sein. Längere Betriebs-, Lüftungs- und Bautunnel wirken sich geringfügig auf die Bau- und Betriebsabläufe aus (z.B. Ausbruchvolumina, Zeitbedarf, Logistik), sowie auf die betrieblichen Sicherheitsbetrachtungen (z.B. für Flucht und Rettung). Die Auswirkungen auf den Vergleich wären aber sehr gering.

10 Schlussfolgerungen und Fazit des Vergleichs

Die in diesem Bericht dargestellten Vergleiche zwischen einem Kombilager und zwei Einzel-lagern können wie folgt zusammengefasst werden:

Tab. 10-1: Vergleichende Zusammenstellung

Vergleichsaspekte	SMA-Lager	HAA-Lager	Kombilager
Abfallmengen (gemäss Tabelle 2.1-1)	ca. 10'100 ELB	ca. 2'115 ELB	ca. 12'200 ELB (100 %)
Einlagerungszeitraum (gemäss Kapitel 2.4)	je ca. 15 Jahre an zwei Standorten		ca. 25 Jahre an einem Standort
Oberflächenbedarf (gemäss Tabelle 3.4-1)	ca. 32 ha		ca. 18 ha (ca. 56 %)
Bauvolumen Oberflächeninfrastrukturen (gemäss Tabelle 3.5-1)	ca. 720'000 m ³		ca. 590'000 m ³ (ca. 82 %)
Ausbruchvolumen (gemäss Tabelle 4.4-1)	ca. 1'245'000 m ³		ca. 1'110'000 m ³ (ca. 90 %)
Personalbedarf im Einlagerungsbetrieb (gemäss Tabelle 6.2-1)	ca. 2'400 Personenjahre		ca. 2'150 Pers.J. (ca. 90 %)

Nebst den in Tabelle 10.1 aufgelisteten Unterschieden und den in der Einleitung erwähnten Kostenvorteilen eines Kombilagers (ca. CHF 1.6 Mia. gemäss KS-16) können zusammenfassend folgende Aspekte genannt werden:

- *Synergien und Gesamtauswirkungen:* Ein Kombilager hat dank gemeinsamer Nutzung von Erschliessungen, Sicherungssystemen, Anlieferungsinfrastruktur und Zugangsbauwerken einen geringeren Platzbedarf (siehe Kapitel 3.4), geringere Bauvolumina (siehe Kapitel 3.5), geringere Ausbruchmengen (siehe Kapitel 4.4) und gesamthaft weniger Energie- und Ressourcenverbrauch als zwei Einzellager.
- *Ökologische und sozio-ökonomische Gesamtauswirkungen:* Die Auswirkungen konzentrieren sich bei einem Kombilager auf einen Standort oder eine Region, d.h., die lokalen Auswirkungen am Standort des Kombilagers sind grösser und dauern länger als bei den jeweiligen Standorten der beiden Einzellager. Dadurch ergeben sich am Standort des Kombilagers grössere resp. nachhaltigere sozio-ökonomische Wirkungen.
- *Kontinuität und Know-how beim Betriebspersonal:* Während des überlappenden Einlagerungsbetriebs ergibt sich im Kombilager eine grössere Flexibilität bei den Betriebsabläufen, wodurch der Personalpool der Betreibergesellschaft besser eingesetzt werden kann. Bei einem Kombilager kann das Personal vor Ort für eine längere Betriebszeit angestellt werden, was zu einem besseren Know-how-Aufbau (z.B. Anlieferungs-koordination, Transportlogistik) führt (siehe Kapitel 6.2). Die Erfahrungen mit dem SMA-Betrieb können so optimal vom gleichen Personal für den HAA-Betrieb genutzt werden.

- Der "*sequenzielle HAA/SMA-Einlagerungsbetrieb*" und der "*SMA-Einlagerungsbetrieb mit gleichzeitigem Bau des HAA-Lagerteils*" sind Teilphasen, die nur bei einem Kombilager vorkommen (siehe Kapitel 6.1). Sie sind aufwändiger, weil die verschiedenen in der gleichen Phase durchzuführenden Tätigkeiten getrennt werden. Die einzelnen Tätigkeiten entsprechen aber im Wesentlichen den Vorgängen bei Einzellagern (der Kombi-Einlagerungsbetrieb entspricht zu Beginn dem SMA-Einlagerungsbetrieb, dann nacheinanderfolgend (sequenziell) dem jeweiligen HAA- resp. SMA-Einlagerungsbetrieb).
- *Erkundung des geologischen Untergrunds*: Durch die vorgängige Erstellung des SMA-Lagerteils können beim Kombilager schon früh weitere Erkenntnisse für den Bau des HAA-Lagerteils gewonnen werden (siehe Kapitel 2.2). Ausserdem zeigen sich bereits in dieser frühen Projektphase erste Synergien des Kombilagerns, indem geologische Untersuchungen nur an einem Ort durchgeführt und die entsprechenden Ergebnisse für beide Lagertypen genutzt werden können.
- *allfällige Verzögerungen* (z.B. aufwändige Bewilligungen, verspätete Freigaben, ungeplante Betriebszustände, Störfälle) können sich in einem Kombilager auf beide Lagertypen auswirken, während sie bei Einzellagern primär auf das betroffene Lager einen Einfluss haben (siehe Kapitel 2.2).

Gemäss Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager (BFE 2008) sind Aspekte der Raumnutzung, Ökologie, Wirtschaft und Gesellschaft der Sicherheit nachgeordnet. Falls der sicherheitstechnische Vergleich zu keiner Differenzierung führt, ist es gemäss ENSI (2018) den Entsorgungspflichtigen überlassen, bei ihrer Abwägung und gesamtheitlichen Betrachtung weitere Aspekte beizuziehen. Die in diesem Bericht dargelegten Aspekte sprechen im Fall von keiner sicherheitstechnischen Differenzierung eindeutig für die Realisierung eines Kombilagerns.

11 Literaturverzeichnis

- BFE (2008): Sachplan geologische Tiefenlager: Konzeptteil. BFE, 02.04.2008. Revision vom 30. November 2011. Bundesamt für Energie BFE, Bern, Schweiz.
- BFE (2018): Sachplan geologische Tiefenlager – Ergebnisbericht zu Etappe 2: Festlegungen und Objektblätter. Bundesamt für Energie BFE, Bern, Schweiz.
- BR (2018): Verfügung zum Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen. 21. November 2018. Bundesrat, Bern, Schweiz.
- ENSI (2009): Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis. Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-G03/d. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Brugg.
- ENSI (2018): Präzisierungen der sicherheitstechnischen Vorgaben für Etappe 3 des Sachplans geologische Tiefenlager. Sachplan geologische Tiefenlager, Etappe 3. ENSI 33/649 (November 2018). Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg, Schweiz.
- KEG (2003): Kernenergiegesetz (KEG) vom 21. März 2003, Stand am 1. Januar 2009. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 732.1, Schweiz.
- KEV (2004): Kernenergieverordnung (KEV) vom 10. Dezember 2004, Stand am 1. Mai 2012. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 732.11, Schweiz.
- Nagra (2011): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung. Genereller Bericht und Beilagenband. Nagra Technischer Bericht NTB 11-01.
- 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 (2013/14): Planungsstudien 2013/2014 zu den Standortarealen, umfassend:
- Nagra (2013a): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal WLB-1-SMA im Planungsperimeter Wellenberg für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers SMA: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 13-61.
 - Nagra (2013b): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal JS-1-SMA im Planungsperimeter Jura-Südfuss für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers SMA: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 13-64.
 - Nagra (2013c): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal JO-3+ SMA im Planungsperimeter Jura Ost für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers SMA: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 13-66.
 - Nagra (2013d): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal JO-3+ HAA im Planungsperimeter Jura Ost für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers HAA: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 13-67.

Nagra (2013e): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal JO-3+ Kombi im Planungssperimeter Jura Ost für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers Kombi: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 13-68.

Nagra (2013f): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal SR-4-SMA im Planungssperimeter Südanden für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers SMA: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 13-81.

Nagra (2014a): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal NL-2-SMA im Planungssperimeter Nördlich Lägern für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers SMA: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 14-03.

Nagra (2014b): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal NL-2-HAA im Planungssperimeter Nördlich Lägern für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers HAA: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 14-04.

Nagra (2014c): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal NL-2-Kombi im Planungssperimeter Nördlich Lägern für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers Kombi: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 14-05.

Nagra (2014d): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal NL-6-SMA im Planungssperimeter Nördlich Lägern für die Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers SMA: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 14-06.

Nagra (2014e): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal NL-6-HAA im Planungssperimeter Nördlich Lägern für die Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers HAA: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 14-07.

Nagra (2014f): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal NL-6-Kombi im Planungssperimeter Nördlich Lägern für die Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers Kombi: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 14-08.

Nagra (2014g): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal ZNO-6b-SMA im Planungssperimeter Zürich Nordost für die Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers SMA: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 14-27.

Nagra (2014h): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal ZNO-6b-HAA im Planungssperimeter Zürich Nordost für die Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers HAA: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 14-28.

Nagra (2014i): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal ZNO-6b-Kombi im Planungssperimeter Zürich Nordost für die Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers Kombi: Planungsstudie. Nagra Arbeitsbericht NAB 14-29.

Nagra (2016a): Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen. Nagra Technischer Bericht NTB 16-01.

Nagra (2016b): Generische Beschreibung von Schachtkopfanlagen (Nebenzugangsanlagen) geologischer Tiefenlager. Nagra Technischer Bericht NTB 16-08.

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

Nagra (2020): Verpackungsanlage hochaktiver Abfälle: Vor- und Nachteile verschiedener Standortvarianten. Nagra Arbeitsbericht NAB 20-14.

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

StSV (1994): Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 (StSV), Stand am 1. Januar 2014. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 814.501, Schweiz.

12 Begriffe, Glossar, Abkürzungen

Das nachfolgend aufgeführte Glossar beinhaltet eine für diesen Bericht relevante Begriffssammlung. Die umschriebenen Begriffe sind in alphabetischer Reihenfolge sortiert und fett gedruckt. Häufig verwendete Abkürzungen sind in Klammern hinter den Begriffen aufgeführt.

Alphatoxische Abfälle (ATA)

Gemäss Art. 51 KEV gehören hierzu Abfälle, deren Alphastrahlung den Wert von 20'000 Bq/g konditionierter Abfall übersteigt.

Aufbereitungsanlage Verfüll-/Versiegelungsmaterialien (AAV)

Anlage zur Bevorratung und Vorbereitung von Verfüll- und Versiegelungsmaterialien. Solche Anlagen sind primär auf dem Areal der OFA vorgesehen, können aber auch auf dem Areal einer NZA vorkommen.

Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (BEUU)

Ersetzt den früher verwendeten Begriff "Felslabor" für untertägige Bauwerke, die in der ersten Phase eines geologischen Tiefenlagers (vor der nuklearen Baubewilligung) für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (Euu) eingerichtet werden.

Bauwerke (und Anlagen) auf Lagerebene

Gesamtheit der untertägigen Infrastrukturen auf Lagerebene mit Ausnahme der Zugangsbauwerke, also z.B. Lagerkammern, Lagerfeldzugänge, Zentraler Bereich (ZB), Testbereiche.

BE/HAA-Verpackungsanlage (BEVA)

Kernanlage an der Oberfläche für die Umverpackung von abgebrannten Brennelementen und verglasten hochaktiven Abfällen in Endlagerbehälter zu deren Bereitstellung für die Einlagerung in das geologische Tiefenlager.

Betriebs-NZA (NZA-B)

Nebenzugangsanlage, die als wesentlichste Funktion den Betriebszugang zu den untertägigen Anlagen sicherstellt.

Betriebsschacht (BS)

Schacht, der als Nebenzugang zur Hauptsache dem Betriebszugang der Bauwerke und Anlagen auf Lagerebene dient.

Deponie

Ablagerungsstätte für Material. Deponien sind externe Infrastrukturen und gehören demnach grundsätzlich nicht zum System geologischer Tiefenlager.

Depot

Fläche an der Erdoberfläche, wo Material (z.B. Ausbruchmaterial) zeitlich beschränkt deponiert werden kann, bevor es wiederverwendet (oder allenfalls endgültig deponiert) wird.

Endlagerbehälter (ELB)

Behältnis zur Aufnahme von Abfallgebinden und Verfüllungen. Ein Endlagerbehälter wird ohne weitere Umhüllung dauerhaft in einer Lagerkammer platziert.

Erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (EUU)

Der Zweck von EUU (z.B. in den frühen Phasen eines gTL) ist die Charakterisierung der geologischen Situation vor Ort.

Erschliessung (über Tag)

Verbindung zwischen dem (externen) Hauptver- und Entsorgungsnetz und der Oberflächeninfrastruktur (z.B. Oberflächenanlage, Nebenzugangsanlage). Darunter fallen z.B. Verkehrserschliessung (Strasse, Schiene), Wasserversorgung, Abwasserentsorgung, Energieversorgung, Kommunikation.

Geologische(s) Tiefenlager (gTL)

Die Nagra versteht unter einem gTL die Gesamtheit aller Anlagen und Elemente, die für die sichere und dauerhafte Lagerung radioaktiver Abfälle vorhanden sein muss. Gemäss Art. 3 Bst. c KEG ist darunter eine Anlage im geologischen Untergrund zu verstehen, die verschlossen werden kann, sofern der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt durch passive Barrieren sichergestellt wird.

Hauptlager

Gesamtheit der Lagerfelder mit Ausnahme des Pilotlagers, d.h. Bereich eines geologischen Tiefenlagers, in den der grösste Teil der radioaktiven Abfälle eingelagert wird.

Hauptzugang

Verbindung zwischen der Erdoberfläche und den Bauwerken und Anlagen auf Lagerebene, über welche (u.a.) radioaktive Abfälle transportiert werden, d.h., der Hauptzugang ist die Verbindung zwischen der Oberflächenanlage (OFA) und dem Zentralen Bereich. Der Hauptzugang kann als Schacht oder Tunnel ausgebildet sein und ist in der Einlagerungsbetriebsphase primär für den Transport der radioaktiven Abfälle sowie der Verfüll- und Versiegelungsmaterialien vorgesehen.

Hochaktive Abfälle (HAA)

Überbegriff für abgebrannte Brennelemente (BE) und verglaste Spaltprodukte aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente (Art. 51 KEV). Zusätzlich ist dies ein Begriff aus dem Lagerprogramm (HAA- und SMA-Lager) resp. aus der entsprechenden Abfallzuteilung.

interne(r) Transportbehälter (iTb)

Überbegriff für lagerinterne Transportbehälter, Zusatzverpackung für Endlagerbehälter für den internen Transport von der Erdoberfläche (OFA) ins geologische Tiefenlager.

Konfiguration

Gestaltung und Anordnung von Bauwerken, z.B. Zugangskonfiguration.

Kontrollierte Zone

Als Massnahme zum Schutz vor Strahlenexposition sind kontrollierte Zonen gemäss Strahlenschutzverordnung abzuschirmen, zu begrenzen und zu kennzeichnen.

Lagerfeld (LF)

Gesteinskörper unter Tag, der eine Gruppe nebeneinander platzierter Lagerkammern für einen Abfalltyp inklusive den Mindestabstand um die Lagerkammern umfasst. In einem Lagerfeld gibt es nebst den Lagerkammern auch die Abweigertunnels, die Umladebereiche und die Verschlussbauwerke.

Lagerfeldzugang (LFZ)

Überbegriff für untertägige Bauwerke, die den Zugang zu den Lagerfeldern ermöglichen, d.h. Verbindungen zwischen dem Zentralen Bereich und den Lagerfeldern (z.B. Betriebstunnel, Lüftungstunnel, Bautunnel).

Lagerkammer

Oberbegriff für Lagerstollen (HAA-Lager) und Lagerkavernen (SMA-Lager) zur dauerhaften Einlagerung von radioaktiven Abfällen.

Lüftungsschacht (LS)

Schacht, der zur Hauptsache der Lüftung der Bauwerke und Anlagen auf Lagerebene dient.

Lüftungs-NZA (NZA-L)

Nebenzugangsanlage, deren wesentlichste Funktion die Frischluftzufuhr zu den untertägigen Anlagen ist, d.h. normalerweise eine Lüftungsschachtkopfanlage.

Nebenzugang

Verbindung zwischen der Erdoberfläche und den Bauwerken auf Lagerebene, über die keine radioaktiven Abfälle transportiert werden, d.h. Verbindung zwischen NZA und Zentralem Bereich (ZB). Ein Nebenzugang kann als Schacht oder Tunnel ausgebildet sein.

Nebenzugangsanlage (NZA)

Anlage (Bauwerke, Installationen und Geräte) am oberen Ende eines Nebenzugangs, welche die Aufgaben und Funktionen desselben sicherstellt. Vereinfachend werden NZA oft als Schachtkopfanlagen (SKA) bezeichnet (z.B. in den OFA-Planungsstudien), weil sie sich in der Regel bei einem Schachtkopf befinden. Eine NZA liegt an der Erdoberfläche und kann bei der OFA oder getrennt davon angeordnet sein. Wenn sich mehrere Nebenzugänge in unmittelbarer Nähe befinden, kann eine NZA die Anlagen mehrerer Nebenzugänge umfassen.

Oberflächenanlage (OFA)

Gesamtheit der Anlagen (Bauwerke, Installationen und Geräte) an der Oberfläche (oder in Oberflächennähe) zur Annahme und zur Vorbereitung der radioaktiven Abfälle und weiterer Materialien für die Einlagerung, sowie zur Sicherstellung aller erforderlichen Nebenprozesse (z.B. Ver- und Entsorgungseinrichtungen, Administration).

Oberflächeninfrastruktur(en)

Gesamtheit aller Anlagen an der Oberfläche oder in Oberflächennähe, die für die Realisierung und den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers benötigt werden, z.B. Erkundungseinrichtungen, Erschließungsinfrastruktur, Oberflächenanlage, Nebenzugangsanlagen, Baustelleneinrichtungen, Depots.

Pilotlager

Teil des geologischen Tiefenlagers, wo das Verhalten der Abfälle, der Verfüllung und des Wirtgesteins bis zum Ablauf der Beobachtungsphase überwacht wird (Art. 66 KEV).

Rahmenbewilligungsgesuch (RBG)

Gesuch (der Nagra) um Erteilung einer Rahmenbewilligung für ein geologisches Tiefenlager. Das RBG wird in SGT-Etappe 3 eingereicht und beschreibt die Anlage in ihren Grundzügen.

Sachplan Geologische Tiefenlager (SGT)

Die Standortsuche für geologische Tiefenlager ist im "Sachplan geologische Tiefenlager" geregelt. Sie erfolgt in drei Etappen, in denen die Auswahl der Standortgebiete schrittweise eingengt wird:

Auswahl geologischer Standortgebiete (SGT-E1), Einengung von Standortgebieten (SGT-E2), Standortwahl und Rahmenbewilligungen (SGT-E3).

Schacht

Überbegriff für vertikale (oder annähernd vertikale) Zugangsbauwerke. Als Schrägschacht wird ein Zugangsbauwerk bezeichnet, das nur mit speziellen Vorrichtungen (z.B. Standseilbahn, Schrägschachtförderung) befahren werden kann.

Schachtkopf

Oberes Ende eines Schachts; der Schachtkopf liegt in der Regel an der Oberfläche, kann aber bei entsprechenden standortspezifischen Randbedingungen auch unterirdisch angeordnet und ausgestaltet sein (Blindschacht).

Schachtkopfanlage (SKA)

Anlage (Bauwerke, Installationen und Geräte) bei einem Schachtkopf. Wenn sich mehrere Schächte in unmittelbarer Nähe befinden, kann eine SKA die Anlagen mehrerer Schachtköpfe umfassen. Vereinfachend werden Nebenzugangsanlagen (NZA) oft als Schachtkopfanlagen (SKA) bezeichnet, weil sie sich in der Regel bei einem Schachtkopf befinden. Falls der Hauptzugang ein Schacht ist, befinden sich Schachtkopfeinrichtungen auch auf dem OFA-Areal.

Schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA)

Gemäss Art. 51 KEV alle übrigen radioaktiven Abfälle, die nicht unter die HAA oder ATA fallen. Zusätzlich ist dies ein Begriff aus dem Lagerprogramm (SMA- und HAA-Lager) resp. aus der entsprechenden Abfallzuteilung.

SMA-Verpackungsanlage (SMA-VA)

Kernanlage an der Oberfläche für die Umverpackung von schwach- und mittelaktiven Abfällen in Endlagerbehälter zu deren Bereitstellung für die Einlagerung in das geologische Tiefenlager.

Sondierschacht

Vertikales Zugangsbauwerk zu den Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (BEUU).

Standortareal

Fläche an der Erdoberfläche, wo eine Oberflächenanlage (oder Teile davon) platziert werden kann. Gleichbedeutend mit "OFA-Areal".

Standortgebiet (geologisches)

Ein geologisches Standortgebiet wird durch die für die Lagerung der radioaktiven Abfälle geeigneten geologischen Gesteinskörper im Untergrund definiert (gemäss Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager, BFE 2008). In SGT-Etappe 3 werden drei Standortgebiete vertieft untersucht: Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost.

Strahlenschutzzone

Siehe "kontrollierte Zone".

Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK)

Gemäss IAEA- und ENSI-Glossar gibt es in einer Anlage Strukturen, Systeme und Komponenten, wobei diese Anlagengliederung v.a. für sicherheitsrelevante Elemente verwendet wird. "Strukturen" sind in dieser Terminologie passive Elemente, wie z.B. Bauwerke (oder Bauwerksteile). Ein "System" umfasst mehrere verfahrenstechnische Komponenten, die für die Ausführung einer spezifischen (aktiven) Funktion zusammengefügt sind (z.B. Kabel, Motoren, Rohrleitungen, Pumpen, Ventile in einem Wasserversorgungssystem).

Systemskizze

Übersichtliche, schematische, stark vereinfachte und nicht massstäbliche Darstellung einer Lagerarchitektur, teilweise mit ergänzenden Informationen zu Strömen/Prozessen.

Tiefenlager

Siehe "geologische(s) Tiefenlager".

Testbereich(e)

Eigenständige Teile des geologischen Tiefenlagers für die vertiefte Abklärung der sicherheitsrelevanten Eigenschaften des Wirtgesteins oder der technischen Barrieren zur Erhärtung des Sicherheitsnachweises, oder für Erprobung und Nachweis der sicherheitsrelevante Techniken und deren Funktionstüchtigkeit (gemäss ENSI 2009). In Übereinstimmung mit KEV (2004) wird in diesem Bericht der Begriff "Testbereiche" für untertägige Forschungs- und Überwachungsbereiche nach Erteilung der nuklearen Baubewilligung verwendet.

Transportbehälter (TB)

Überbegriff für Behältnisse zum Transport von Abfallbinden und/oder Endlagerbehältern (mit radioaktiven Abfällen).

Transport- und Lagerbehälter (TLB)

Behälter für den Transport und die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und HAA-Kokillen.

Untertag(e)anlagen (UTA)

Gesamtheit aller Anlagen unter Tag, d.h. unter der Erdoberfläche, z.B. Zugangsbauwerke sowie Bauwerke und Anlagen auf Lagerebene.

Zentraler Bereich (ZB)

Gesamtheit aller zentral angeordneten untertägigen Bauwerke, welche die Infrastrukturanlagen (Ver- und Entsorgung, Transportlogistik, Umladeeinrichtungen, Betriebseinrichtungen) für die Bauwerke und Anlagen auf Lagerebene enthalten.

Zugangsbauwerk (ZBW)

Verbindung von der Erdoberfläche bis zu den Bauwerken auf Lagerebene. Als Zugangsbauwerke kommen Tunneln (Rampen) und/oder Schächte in Frage (Vertikal- oder Schrägschächte), auch Kombinationen von Tunneln und Schächten sind denkbar.

Zugangskonfiguration

Kombination und Anordnung verschiedener Zugangsbauwerke (Schächte, Tunnel) für den Hauptzugang und die Nebenzugänge. Für ein Standortgebiet sind i.d.R. mehrere Zugangskonfigurationen denkbar.

Zugangsschacht (ZS)

Vertikales Zugangsbauwerk für den Hauptzugang, Verbindung zwischen Oberflächenanlage und Zentralem Bereich.

Zugangstunnel

Geneigtes (nicht vertikales) Zugangsbauwerk (Rampe) für den Hauptzugang, Verbindung zwischen Oberflächenanlage und Zentralem Bereich.

ZWILAG

Abkürzung für: Zwischenlager Würenlingen AG, eine Aktiengesellschaft der Schweizer Kernkraftwerk-Betreibergesellschaften, die den Zweck hat, Entsorgungsanlagen zu betreiben und Zwischenlagerkapazitäten für radioaktive Abfälle in Würenlingen bereitzustellen. Sehr oft wird "ZWILAG" auch als Abkürzung für das zentrale Zwischenlager (ZZL) in Würenlingen verwendet, das von der ZWILAG betrieben wird.