

Arbeitsbericht NAB 22-35

Module der Lagerarchitektur

September 2022

Arbeitsbericht NAB 22-35

Module der Lagerarchitektur

September 2022

STICHWÖRTER

Module, gTL, untertägige Bauwerke, UTA, Lagerprojekte,
SGT-E3

Nationale Genossenschaft
für die Lagerung
radioaktiver Abfälle

Hardstrasse 73
Postfach
5430 Wettingen
Telefon 056 437 11 11
www.nagra.ch

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 © 2022 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.

Zusammenfassung

Ein geologisches Tiefenlager kann konzeptuell in neun standortunabhängige Module unterteilt werden. Die Module lassen sich zu unterschiedlichen Lagertypen kombinieren und auf die Standortregionen anwenden. Die damit beschriebene Lagerkonfiguration stellt die Grundlage für die standortspezifischen Lagerprojekte dar, welche für den Standortvergleich und das Rahmenbewilligungsgesuch erarbeitet werden.

Die Implementierung des geologischen Tiefenlagers erfolgt in den Phasen des Entsorgungsprogramms. Die für die Implementierung nötigen Bau- und Betriebsaktivitäten bedingen entsprechende Funktionen der Bauwerke und Anlagen. Damit die phasenspezifischen Funktionen gewährleistet sind, müssen Bauwerke entsprechende Anforderungen erfüllen.

Beispielhafte Profile und Abmessungen der untertägigen Bauwerke zeigen generisch, wie ein Lager im Untergrund ausgelegt sein könnte.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	I
Inhaltsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Figurenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Einordnung des Berichts.....	1
1.2 Ziele des Berichts	1
2 Übergeordnete Ziele, Anforderungen und Funktionen.....	5
2.1 Langzeitsicherheit.....	5
2.2 Implementierung.....	6
2.2.1 Bau und Beginn EUU (Nutzungsphase 1).....	7
2.2.2 Weiterführung EUU (Nutzungsphase 2).....	8
2.2.3 Bau Lager SMA (Nutzungsphase 3).....	10
2.2.4 Einlagerungsbetrieb SMA & Bau Lager HAA (Nutzungsphase 4).....	11
2.2.5 Einlagerungsbetrieb HAA (Nutzungsphase 5)	13
2.2.6 Beobachtungsphase (Nutzungsphase 6).....	14
2.2.7 Verschluss Hauptlager (Nutzungsphase 7).....	15
2.2.8 Fortsetzung der Beobachtungsphase (Nutzungsphase 8).....	17
2.2.9 Verschluss Gesamtlager (Nutzungsphase 9).....	18
3 Lagermodule	19
3.1 Modulübersicht Kombilager	19
3.2 Modul A: Zugang nach Untertag	21
3.3 Modul B: Zentraler Bereich.....	25
3.4 Modul C: EUU.....	27
3.5 Modul D: Zugang zu SMA-Hauptlager	29
3.6 Modul E: Zugang zu HAA-Hauptlager	33
3.7 Modul F: SMA-Hauptlager.....	37
3.8 Modul G: HAA-Hauptlager.....	39
3.9 Modul H: SMA-Pilotlager inkl. Zugang und Kontrollstollen.....	41
3.10 Modul I: HAA-Pilotlager inkl. Zugang und Kontrollstollen	43
4 Bildung von Einzellagern aus den Modulen.....	45
5 Literaturverzeichnis	48
Anlage A Beispielhafte Hauptabmessungen eines gTL.....	A-1

Tabellenverzeichnis

Tab. 3-1:	Übersicht Modul Zugang nach Untertag	22
Tab. 3-2:	Übersicht Modul Zentraler Bereich (ZB)	25
Tab. 3-3:	Übersicht Modul EUU	28
Tab. 3-4:	Übersicht Modul Zugang zu SMA-Hauptlager	30
Tab. 3-5:	Übersicht Modul Zugang zu HAA-Hauptlager	34
Tab. 3-6:	Übersicht Modul SMA-Hauptlager	38
Tab. 3-7:	Übersicht Modul HAA-Hauptlager	40
Tab. 3-8:	Übersicht Modul SMA-Pilotlager.....	42
Tab. 3-9:	Übersicht Modul HAA-Pilotlager.....	44
Tab. A-1:	Ungefähre Wertebereiche für Hauptausmasse untertägiger Bauwerke eines Kombilagers.....	A-3

Figurenverzeichnis

Fig. 1-1:	Schematische Anordnung der verschiedenen notwendigen Anlagen und Bauten für ein Kombilager	2
Fig. 2-1:	Realisierungsplan für das Kombilager gemäss heutiger Planung.....	7
Fig. 2-2:	Nutzungsphase 1 – Bau und Beginn EUU.....	8
Fig. 2-3:	Nutzungsphase 2 – Weiterführung EUU	9
Fig. 2-4:	Nutzungsphase 3 – Bau Lager SMA	11
Fig. 2-5:	Nutzungsphase 4 – Einlagerungsbetrieb SMA / Bau HAA.....	12
Fig. 2-6:	Nutzungsphase 5 – Einlagerungsbetrieb HAA0F.....	14
Fig. 2-7:	Nutzungsphase 6 – Beobachtungsphase	15
Fig. 2-8:	Nutzungsphase 7 – Verschluss Hauptlager.....	16
Fig. 2-9:	Nutzungsphase 8 – Fortsetzung der Beobachtungsphase	17
Fig. 2-10:	Nutzungsphase 9 – Verschluss Gesamtlager	18
Fig. 3-1:	Systemskizze eines Kombilagers mit Schachterschliessung inkl. Modulbezeichnung	20
Fig. 3-2:	Beispielhaftes Normalprofil Betriebsschacht	23
Fig. 3-3:	Beispielhaftes Normalprofil Lüftungsschacht	24
Fig. 3-4:	Beispielhaftes Normalprofil Zugangsschacht.....	24
Fig. 3-5:	Beispielhaftes Normalprofil des Zentralen Bereichs mit einem Innendurchmesser von ca. 6 m	26
Fig. 3-6:	Beispielhaftes Normalprofil des Zentralen Bereichs mit einem Innendurchmesser von ca. 8 m	27

Fig. 3-7:	Beispielhaftes Normalprofil im Experimentierbereich.....	29
Fig. 3-8:	Beispielhaftes Normalprofil für den Erschliessungstunnel zu den Bauten für die EUU	29
Fig. 3-9:	Beispielhaftes Normalprofil der Zugänge, Querverbindungen und Abzweigertunnel SMA	32
Fig. 3-10:	Beispielhaftes Normalprofil Abladebereich SMA.....	32
Fig. 3-11:	Beispielhaftes Normalprofil Übernahmebereich SMA.....	33
Fig. 3-12:	Beispielhaftes Normalprofil Lüftungstunnel HAA, Bautunnel HAA, Betriebstunnel HAA, Querverbindungen HAA und Abzweigertunnel HAA.....	37
Fig. 3-13:	Beispielhaftes Normalprofil Umladebereich HAA.....	37
Fig. 3-14:	Beispielhaftes Normalprofil Lagerkavernen SMA	39
Fig. 3-15:	Beispielhaftes Normalprofil Lagerstollen HAA	41
Fig. 3-16:	Beispielhaftes Normalprofil des Kontrollstollens SMA	43
Fig. 4-1:	Systemskizze eines SMA-Einzellagers mit Schachterschliessung	46
Fig. 4-2:	Systemskizze eines HAA-Einzellagers mit Schachterschliessung	47
Fig. A-1:	Generisches Kombilager mit Hauptabmessungen einer beispielhaften Umsetzung.....	A-2

Abkürzungsverzeichnis

BFE	Bundesamt für Energie
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EUU	Erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag
gTL	Geologisches Tiefenlager
HAA	hochaktive Abfälle
JO	Jura Ost
KEG	Kernenergiegesetz
NL	Nördlich Lägern
NZA	Nebenzugangsanlage
NZA-B	Betriebs-Nebenzugangsanlage
NZA-L	Lüftungs-Nebenzugangsanlage
OFA	Oberflächenanlage
OFI	Oberflächeninfrastruktur
RBG	Rahmenbewilligungsgesuch
SGT	Sachplan geologische Tiefenlager
SMA	schwach- und mittelaktive Abfälle
ZB	Zentraler Bereich
ZNO	Zürich Nord-Ost

1 Einleitung

1.1 Einordnung des Berichts

Das Kernenergiegesetz schreibt die Entsorgung aller radioaktiven Abfälle der Schweiz in geologischen Tiefenlagern vor (KEG 2003). Die Realisierung erfolgt in einem mehrstufigen Bewilligungsverfahren, beginnend mit der Rahmenbewilligung (Art. 12 KEG 2003). Mit ihr werden Standort, Zweck der Anlage und Grundzüge des Projekts festgelegt. Weitergehende Festlegungen erfolgen stufengerecht in späteren Bewilligungsschritten. Das Auswahlverfahren für die Bezeichnung von Lagerstandorten erfolgt vorgängig zum Rahmenbewilligungsverfahren gemäss dem vom Bundesrat verabschiedeten Sachplan geologische Tiefenlager SGT (BFE 2018). In der laufenden Etappe 3 hat die Nagra die drei Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost vertieft untersucht und bereitet ein Rahmenbewilligungsgesuch (RBG) für ein Kombilager in Nördlich Lägern mit den Oberflächenanlagen am Standort Haberstal vor. Die Verpackung der Abfälle in Endlagerbehälter soll am Standort Zwilag erfolgen.

Die vorgeschriebenen Unterlagen für ein RBG umfassen Berichte zu Sicherheit und Sicherung, zur Umweltverträglichkeit, zur Abstimmung mit der Raumplanung, zur Überwachung und Beobachtungsphase, zum Verschluss des Tiefenlagers, zur Stilllegung der Oberflächenanlage sowie zur Begründung der Standortwahl (Art 23 & 62 KEV 2004). Weiter ist das RBG gemäss den Vorgaben des ENSI für Etappe 3 (ENSI 2018) zu begründen. Die Gesuchsunterlagen zum RBG stützen sich auch auf Referenzberichte, die teilweise vor Einreichung des RBG veröffentlicht werden.

Der vorliegende Bericht stellt solch einen frühzeitig veröffentlichten Referenzbericht dar und beschreibt das Konzept des modularen Aufbaus eines geologischen Tiefenlagers für ein generisches Kombilager. Das Konzept gilt damit für alle standortspezifischen Lagerprojekte, die gemäss (ENSI 2018) dem Standortvergleich – dokumentiert im Bericht zur Begründung der Standortwahl – sowie den Sicherheitsnachweisen am gewählten Standort – dokumentiert im Sicherheitsbericht – zugrunde liegen.

Der Bericht richtet sich primär an die Prüfbehörde ENSI. Er ist aber so verfasst, dass er auch einem erweiterten Publikum, insbesondere Fachgremien und interessierten Kreisen der Öffentlichkeit, als Information dienen kann.

1.2 Ziele des Berichts

Der vorliegende Bericht zeigt exemplarisch auf, wie sich ein geologisches Tiefenlager (gTL) konzeptuell anhand von **standortunabhängigen Modulen** zusammensetzen lässt. Die Module gruppieren jeweils mehrere funktionsverwandte Bauwerke. Dazu werden die **Funktionen** und die **Anordnung** der Bauwerke innerhalb der Module beschrieben. Weiter werden zur Veranschaulichung generische **Abmessungen** und **Profile**¹ gemäss der derzeitigen Projektierung dargestellt.

Die Beschreibung erfolgt exemplarisch anhand eines Kombilagers mit drei Schächte für den Zugang zur Lagerebene. Auf die Anlagen an der Oberfläche wird nicht eingegangen. Eine schematische Anordnung der Anlagen und Bauten für ein Kombilager ist in Fig. 1-1 dargestellt (Nagra 2021a).

¹ Zweck der Darstellung der Profile ist es, einen Eindruck der ungefähren Grösse der untertägigen Bauwerke zu vermitteln. Die Ausgestaltung und Materialisierung ist als eine beispielhafte Umsetzung zu verstehen und stellt keine Festlegung dar. Die Profile der standortspezifischen Lagerprojekte können von den dargestellten Profilen abweichen.

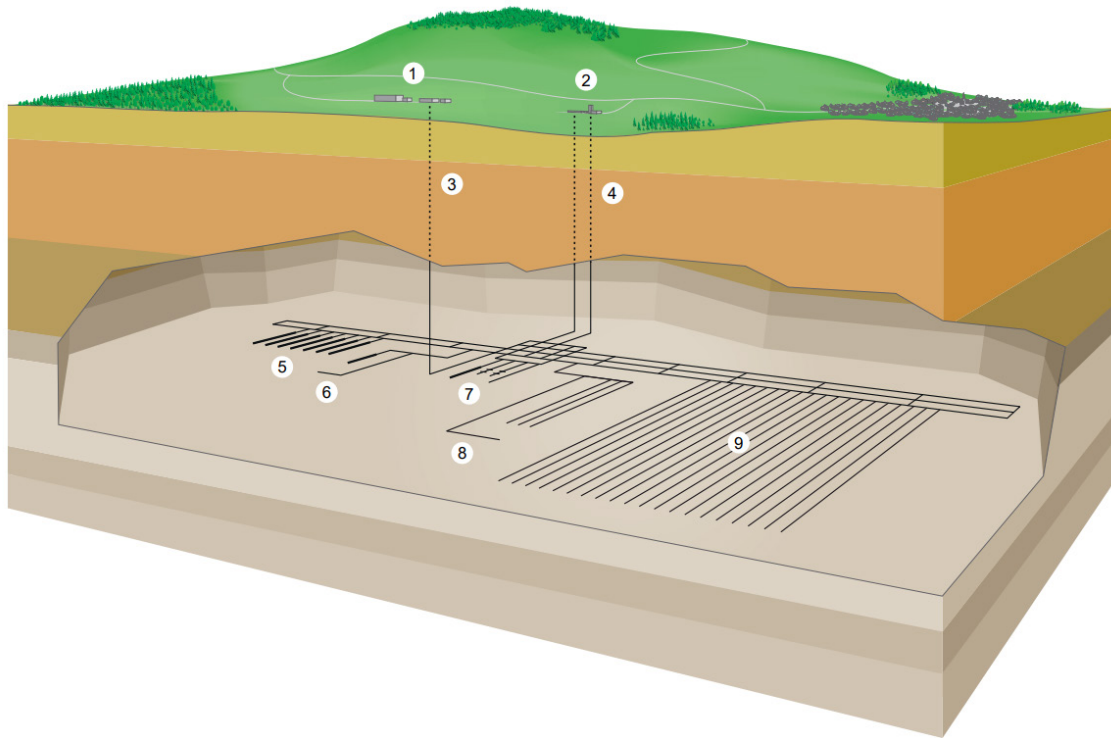


Fig. 1-1: Schematische Anordnung der verschiedenen notwendigen Anlagen und Bauten² für ein Kombilager

(Nagra 2021a)

Legende: 1) Oberflächenanlage (OFA); 2) Nebenzugangsanlage (NZA); 3) Zugangsschacht (Hauptzugang); 4) Betriebs- und Lüftungsschacht (Nebenzugänge); 5) Hauptlager SMA; 6) Pilotlager SMA; 7) Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag / Testbereiche; 8) Pilotlager HAA; 9) Hauptlager HAA.

² Die Bezeichnung der in Fig. 1-1 gezeigten Anlagen und Bauten ist zum Teil identisch mit der Bezeichnung der Module, die später im Bericht eingeführt werden. Die Modulbildung geht jedoch weiter und definiert klar, welche einzelnen Bauwerke in den entsprechenden Modulen zusammengefasst werden.

Auf eine Herleitung und Begründung der Ausgestaltung des Lagers sowie auf die Darstellung von standortspezifischen Abmessungen und Profilen wird hier verzichtet; dies erfolgt mit der Dokumentation der Lagerprojekte im Rahmen des RBG. Nach dem RBG und vor dem Einreichen der Baubewilligung wird das Projekt nochmals weiterentwickelt und hinsichtlich Sicherheit, Akzeptanz, Technik, Abläufen und Wirtschaftlichkeit optimiert.

Kapitel 2 des vorliegenden Berichts fasst die für die Wahl der untertägigen Lagerkonfiguration³ und -auslegung relevanten übergeordneten Ziele und Anforderungen sowie die Funktionen des Lagers in den jeweiligen Nutzungsphasen zusammen. Kapitel 3 ist das Hauptkapitel dieses Berichts und beschreibt die neun Module, aus welchen sich ein Kombilager zusammensetzt. Da der vorliegende Bericht ein Kombilager beschreibt, die Begründung der Standortwahl und der Entscheid zum Lagertyp in der Dokumentation für das RBG gemäss ENSI (2018) indes auch einen Vergleich von Einzellagern umfassen müssen, wird in Kapitel 4 gezeigt, wie sich aus den beschriebenen Modulen auch Einzellager HAA und SMA bilden lassen.

³ Die Lagerkonfiguration beschreibt die Zusammensetzung und Anordnung der Bauwerke eines geologischen Tiefenlagers. Sie stellt die Gesamtheit aller Bauwerke dar, um den geplanten Nutzen zu erreichen und ist vergleichbar mit dem Begriff Tunnelsystem der SIA-Norm.

2 Übergeordnete Ziele, Anforderungen und Funktionen

Das überordnete Ziel des Vorhabens geologische Tiefenlagerung ist es, die in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle sicher, umweltverträglich, in vernünftigen Zeitrahmen und zu vertretbaren Kosten in einem geologischen Tiefenlager so zu lagern, dass der langfristige Schutz von Mensch und Umwelt vor den Auswirkungen der Abfälle durch passive Barrieren gewährleistet ist.

Dabei sind für die Lagerkonfiguration und -auslegung folgende übergeordneten **Ziele** massgeblich:

- **Langzeitsicherheit:** Entsorgung der in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle in einem geologischen Tiefenlager, welches den Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung für alle Zeiten und an jedem Ort gewährleistet.
- **Implementierung:** Wahl der Lagerkonfiguration und -auslegung des geologischen Tiefenlagers so, dass die technische Machbarkeit (inkl. Sicherheit und Zuverlässigkeit) ausgehend von der Erstellung, über die Nutzung (Untersuchungen, Einlagerung, Überwachung) bis zum Verschluss gegeben ist, und dass die Vorgaben der Langzeitsicherheit zur Qualität der Barrieren des verschlossenen geologischen Tiefenlagers eingehalten werden.

2.1 Langzeitsicherheit

Die übergeordnete Beschreibung der Grundlagen des schweizerischen Lagerkonzepts aus Sicht der Langzeitsicherheit ist im NAB 21-29 (Nagra *in Bearb.*) zu finden. Im Folgenden sind die übergeordneten Anforderungen, welche für die Lagerkonfiguration und -auslegung eine wichtige Rolle spielen, aufgeführt (Nagra *in Bearb.*):

- Die **Anordnung des Lagers erfolgt im tiefen Untergrund**, in einer Umgebung, in der ein menschliches Eindringen äusserst unwahrscheinlich ist. Die Umgebung darf zudem nicht anfällig für störende geologische Ereignisse und Prozesse sein, welche sich ungünstig auf die Sicherheit nach dem Verschluss auswirken.
- Die **Anordnung und der Bau** der untertägigen Bauwerke muss so erfolgen, dass diese keine nachteiligen Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit haben. Dabei sind mögliche Wechselwirkungen zu berücksichtigen.
- Durch eine **Kompartimentalisierung** der untertägigen Bauwerke wird sichergestellt, dass die radiologischen Auswirkungen auch im äusserst unwahrscheinlichen Fall eines unbeabsichtigten menschlichen Eindringens oder ungünstiger Einflüsse der Erosion begrenzt bleiben.
- **Radionuklidtransport:** Die technischen Barrieren werden so ausgelegt, dass die Radionuklidfreisetzung hauptsächlich über die natürlichen Barrieren erfolgt.
- Die HAA produzieren nach der Einlagerung und Verfüllung aufgrund des radioaktiven Zerfalls Wärme. Der **Wärmetransport** von den Abfällen über die benachbarten Barrieren soll so erfolgen, dass die Barrieren nicht geschädigt werden.
- Die SMA bilden nach der Einlagerung und Verfüllung Gas. Die Barrieren sind so auszulegen, dass sie eine hohe **Gasspeicherkapazität** aufweisen und das Gas über die technischen Barrieren **wegtransportiert** werden kann.

- Die Auslegung (inkl. Materialwahl) der technischen Bauwerke hat so zu erfolgen, dass es zu keinen sicherheitstechnisch relevanten negativen geochemischen Wechselwirkungen kommt und die **geochemische Kompatibilität** zwischen verschiedenen Systemkomponenten gewährleistet ist.
- Alle Bauwerke, insbesondere die Versiegelungen und Verfüllungen, sollen zur **mechanischen Stabilität** der umgebenden Barrieren beitragen.

Ein vollständiger Katalog der qualitativen und quantitativen Anforderungen an die Lagerkonfiguration und -auslegung aus Sicht der Langzeitsicherheit ist im NAB 21-02 (Nagra 2022) zu finden.

2.2 Implementierung

Die Implementierung soll umweltverträglich, in vernünftigem Zeitrahmen und zu vertretbaren Kosten erfolgen. Sie soll auf heutzutage verfügbaren und bewährten Technologien und Geräten für den Bau, Betrieb und Verschluss beruhen. Die Lagerauslegung und die Realisierung sollen dazu beitragen, dass die Barrieren die für die Gewährleistung der Langzeitsicherheit erforderliche Qualität aufweisen.

Die untertägigen Bauwerke sind so auszulegen, dass sie den Bau, den Betrieb (erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag, Einlagerung und Beobachtung) und den Verschluss des geologischen Tiefenlagers (gTL) gewährleisten können:

- Die **Bautätigkeiten** müssen gemäss den gesetzlichen und behördlichen Vorgaben bezüglich Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz erfolgen. Die Bauwerke müssen die Trag- und Gebrauchstauglichkeit mindestens bis zur Verfüllung gewährleisten.
- Die **erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag (EUU)** dienen der Bestätigung der sicherheitsrelevanten Eigenschaften des Wirtgesteins und sollen somit den Sicherheitsnachweis standortspezifisch erhärten. Zudem müssen sicherheitsrelevante Technologien für die Einlagerung und Rückholung von Abfällen in den Bauten für EUU demonstriert werden. Die dafür erforderliche Infrastruktur und ein Arbeitsprogramm für die EUU sind im Konzept EUU (Nagra 2021b) zu finden.
- Das für die **Einlagerung** der HAA und SMA benötigte Volumen muss bereitgestellt werden. Es wird von Abfallvolumina gemäss EP21 (Nagra 2021a) ausgegangen. Das Betriebskonzept ist in NAB 21-06 (Nagra *in Bearb.*) beschrieben.
- Die **Beobachtungsphase** stellt gemäss KEG (2003) den längeren Zeitraum dar, während dem ein geologisches Tiefenlager vor dem Verschluss des Gesamtlagers überwacht wird und die radioaktiven Abfälle ohne grossen Aufwand zurückgeholt werden können. In der Beobachtungsphase müssen der Zugang zu den Kontrollstollen der Pilotlager und das Durchführen der erforderlichen Messungen gewährleistet werden.
- Der **Verschluss** des gTL sieht die schrittweise Verfüllung der untertägigen Hohlräume mit adäquatem Verfüllmaterial und die Versiegelung der Lagerkammern (Lagerstollen und Lagerkavernen) und weiterer Tunnels und Schächte vor. Das Verschlusskonzept ist in Nagra (2021d) beschrieben.

Das Entsorgungsprogramm 21 (EP21; Nagra 2021a), welches sich auf dem vom Bundesrat genehmigten Entsorgungsprogramm 2016 (Nagra 2016a) abstützt, enthält die verschiedenen Realisierungsphasen (Bau, Betrieb, Beobachtungsphase, Verschluss). Fig. 2-1 stellt die Realisierungsphasen für ein Kombilager gemäss EP21 dar.

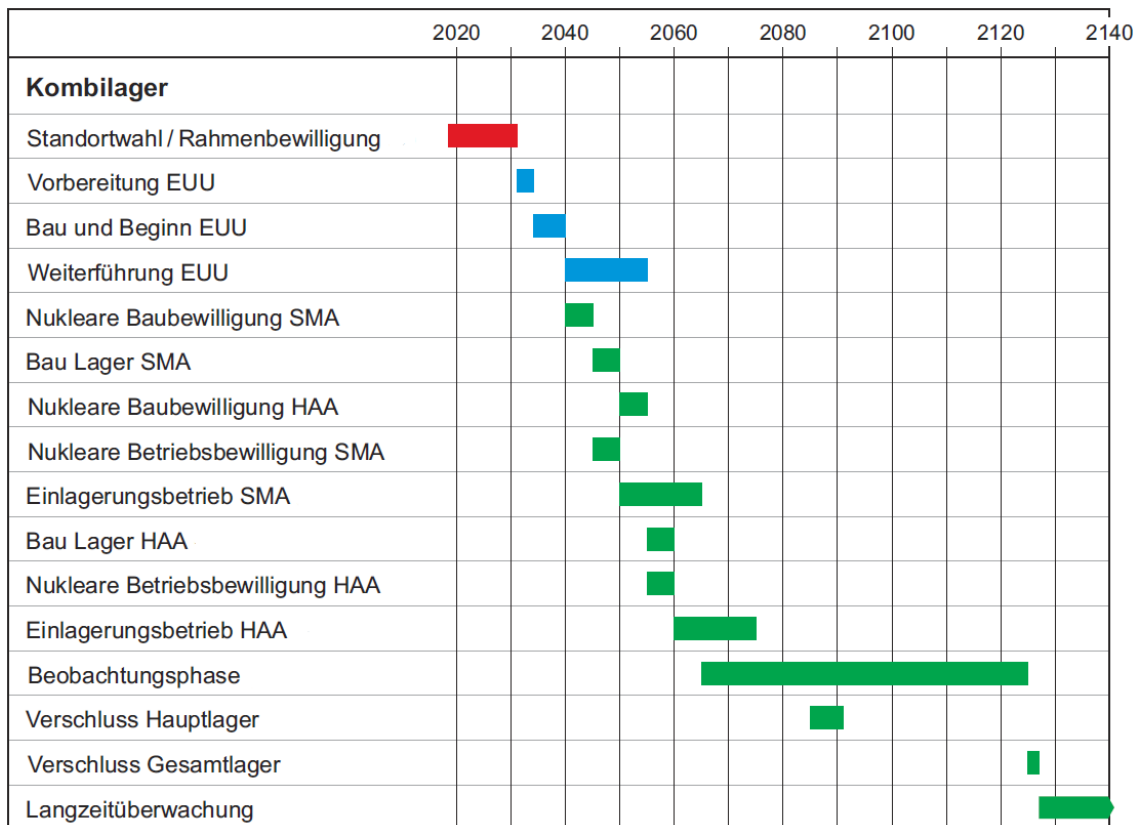


Fig. 2-1: Realisierungsplan für das Kombilager gemäss heutiger Planung
(Nagra 2021a)

Nachfolgend werden die Phasen mit **Bau- und Betriebsaktivitäten** (hier als **Nutzungsphasen** bezeichnet) bis zum Verschluss des geologischen Tiefenlagers beschrieben. Der Fokus der Beschreibung ist auf die **Funktionen** gerichtet, welche in den unterschiedlichen Phasen erforderlich sind.

2.2.1 Bau und Beginn EUU (Nutzungsphase 1)

Vorgesehene Nutzung

Nach Erteilung der Rahmenbewilligung und der Bewilligung für weitere erdwissenschaftliche Untersuchungen nach Kernenergiegesetz (KEG 2003) folgt der Bau von zwei Zugangsbauwerken (Betriebs- und Lüftungsschacht) bis auf Lagerebene, von welchen aus der zentrale Bereich⁴ (ZB) und die Bauten für die EUU erstellt werden (Fig. 2-2).

⁴ Der zentrale Bereich ist der Bereich, welcher die Zugänge von der Oberfläche mit den Zugängen zu den Lagerfeldern und den Bauten für die EUU verbindet.

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Bau Schächte, ZB und Bauten EUU“

- Transport von Bau- und Ausbruchmaterial sowie aller für den Bau erforderlichen Gerätschaften und Medien
- Personentransporte für Baupersonal und Besucher
- Gewährleisten eines Flucht- und Interventionswegs
- Luftführung und Kühlung bzw. Bewetterung des Baus

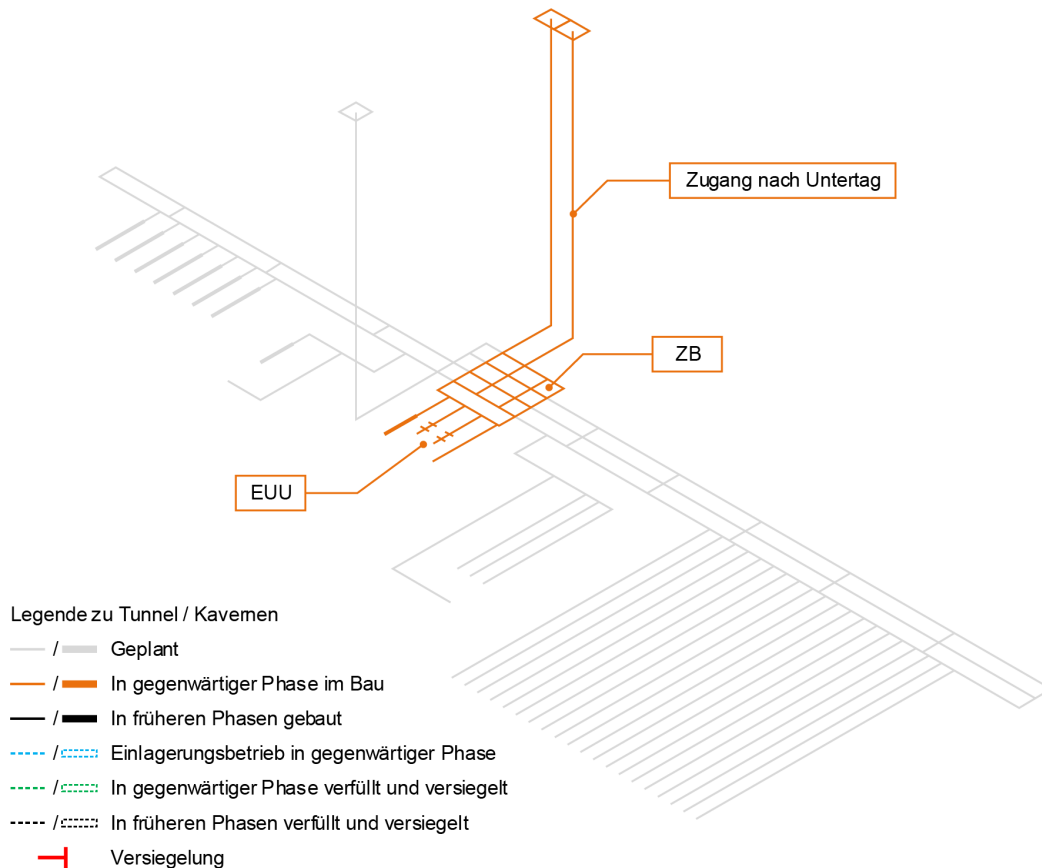


Fig. 2-2: Nutzungsphase 1 – Bau und Beginn EUU

2.2.2 Weiterführung EUU (Nutzungsphase 2)

Vorgesehene Nutzung

Nach Abschluss der Nutzungsphase 1 werden die erdwissenschaftlichen Untersuchungen zur Bestätigung sicherheitsrelevanter Eigenschaften sowie zur Optimierung der Auslegung der Bauwerke auf Lagerebene durchgeführt. Parallel können letzte Teile des Zentralen Bereichs fertig ausgebrochen werden (Fig. 2-3).

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Bau ZB“

- Transport von Bau- und Ausbruchmaterial sowie aller für den Bau erforderlichen Gerätschaften und Medien
- Personentransporte für Baupersonal und Besucher
- Gewährleisten eines Flucht- und Interventionswegs
- Luftführung- und Kühlung bzw. Bewetterung des Baus

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Betrieb EUU“

- Ver- und Entsorgung des EUU-Betriebs (Materialien, Energie, Druckluft, Brauchwasser etc.)
- Personentransporte für Betriebspersonal EUU und Besucher
- Gewährleisten eines Flucht- und Interventionswegs
- Luftführung- und Kühlung bzw. Bewetterung des EUU-Betriebs

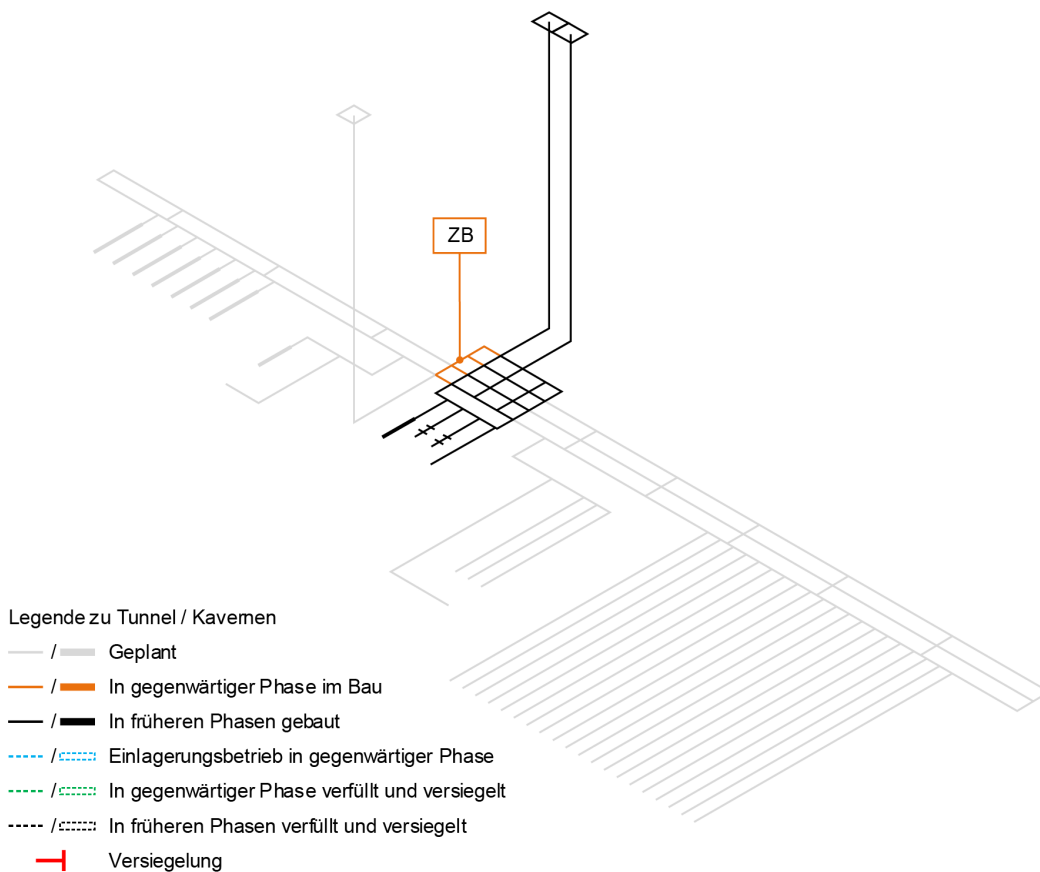


Fig. 2-3: Nutzungsphase 2 – Weiterführung EUU

2.2.3 Bau Lager SMA (Nutzungsphase 3)

Vorgesehene Nutzung

In der Nutzungsphase 3 werden der Zugangsschacht ab dem OFA-Areal abgeteuft und ab dem zentralen Bereich die Zugänge zum Lager SMA sowie das Pilotlager SMA und das Hauptlager SMA aufgeföhren (Fig. 2-4).

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „*Bau Schacht und Bau SMA*“

- Transport von Bau- und Ausbruchmaterial sowie aller für den Bau erforderlichen Gerätschaften und Medien
- Personentransporte für Baupersonal und Besucher
- Gewährleisten eines Flucht- und Interventionswegs
- Luftführung- und Kühlung bzw. Bewetterung des Baus

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „*Betrieb EUU*“

- Ver- und Entsorgung des EUU-Betriebs (Materialien, Energie, Druckluft, Brauchwasser etc.)
- Personentransporte für Betriebspersonal EUU und Besucher
- Gewährleisten eines Flucht- und Interventionswegs
- Luftführung- und Kühlung bzw. Bewetterung des EUU-Betriebs

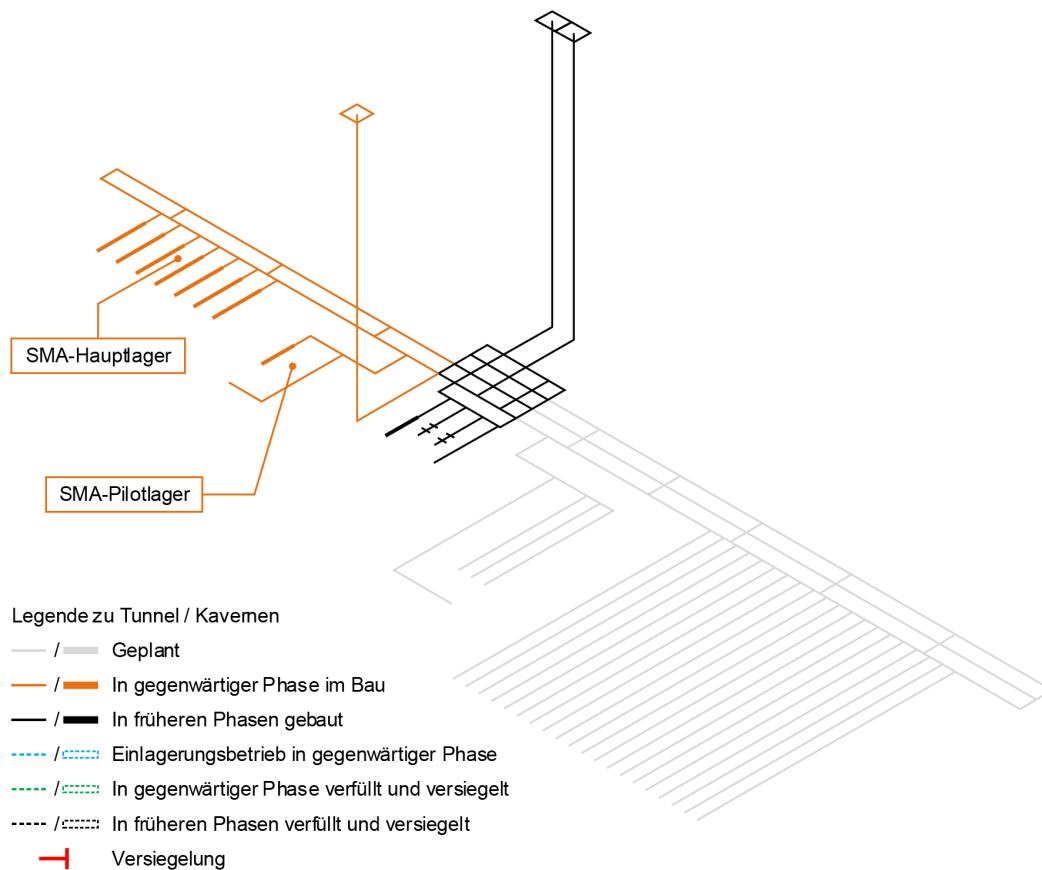


Fig. 2-4: Nutzungsphase 3 – Bau Lager SMA

2.2.4 Einlagerungsbetrieb SMA & Bau Lager HAA (Nutzungsphase 4)

Vorgesehene Nutzung

Mit dem Vorliegen der nuklearen Betriebsbewilligung für den SMA-Lagerteil beginnt der Einlagerungsbetrieb SMA. Dabei wird zuerst das SMA-Pilotlager mit einer repräsentativen Auswahl von Abfallgebinden beschickt, verschlossen und die Langzeitüberwachung im SMA-Pilotlager aufgenommen. Nach dem Vorliegen der nuklearen Baubewilligung HAA erfolgt der Bau des HAA-Lagerteils parallel zum Einlagerungsbetrieb SMA. Dazu werden die Zugänge zum HAA-Hauptlager über den Betriebsschacht aufgeföhren. In dieser Bauphase werden das gesamte HAA-Pilotlager und die ersten HAA-Lagerstollen über den Betriebsschacht gebaut (Fig. 2-5).

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Einlagerungsbetrieb SMA“

- Transport von (in Transportbehältern) verpackten Endlagerbehältern zu den Übernahmebereichen vor den Lagerkammern sowie des Transports der leeren Transportbehälter zurück
- Transport von Verfüll- und Versiegelungsmaterialien für die Verfüllung der Lagerkavernen und die Lagerkammerversiegelungen

- Transport von Betriebspersonal
- Ver- und Entsorgung des Einlagerungsbetriebs (Energie, Druckluft etc.)
- Gewährleistung eines Flucht- und Interventionswegs
- Frischluftversorgung und Kühlung der Arbeitsorte

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Bau Lager HAA“

- Transport von Bau- und Ausbruchmaterial sowie aller für den Bau erforderlichen Gerätschaften und Medien
- Personentransporte für Baupersonal und Besucher
- Gewährleisten eines Flucht- und Interventionswegs
- Luftführung und Kühlung bzw. Bewetterung des Baus

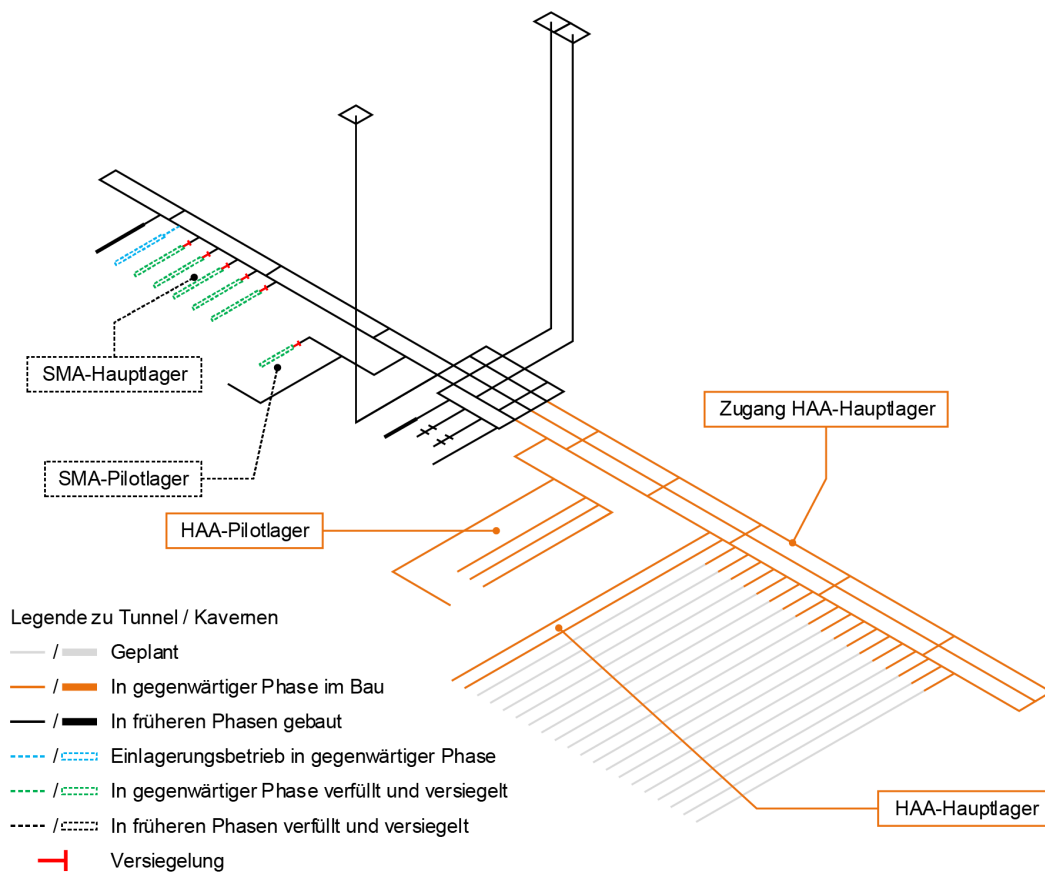


Fig. 2-5: Nutzungsphase 4 – Einlagerungsbetrieb SMA / Bau HAA

2.2.5 Einlagerungsbetrieb HAA (Nutzungsphase 5)

Vorgesehene Nutzung

Nach der Erteilung der nuklearen Betriebsbewilligung für den HAA-Lagerteil beginnt die Einlagerung der HAA. Dabei wird zuerst das Pilotlager HAA mit einer repräsentativen Auswahl von Abfallgebinden beschickt, verschlossen und die Langzeitüberwachung im Pilotlager aufgenommen, gefolgt von der Einlagerung in die HAA-Lagerstollen. Dazu werden jeweils parallel weitere Lagerstollen erstellt und im Folgejahr die Abfälle eingelagert. Am Ende dieser Phase sind sowohl die SMA-, als auch die HAA-Einlagerung abgeschlossen (Fig. 2-6).

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Fortführung Einlagerungsbetrieb SMA“

- Transport von (in Transportbehältern) verpackten Endlagerbehältern zu den Übernahmebereichen vor den Lagerkammern sowie Transport der leeren Transportbehälter zurück
- Transport von Verfüll- und Versiegelungsmaterialien für die Verfüllung der Lagerkavernen und die Lagerkammerversiegelungen
- Transport von Betriebspersonal
- Ver- und Entsorgung des Einlagerungsbetriebs (Energie, Druckluft etc.)
- Gewährleistung eines Flucht- und Interventionswegs
- Frischluftversorgung und Kühlung der Arbeitsorte

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Einlagerungsbetrieb HAA“

- Transport von (in Transportbehältern) verpackten Endlagerbehältern zu den Übernahmebereichen vor den Lagerstollen sowie Transport der leeren Transportbehälter zurück
- Transport von Verfüll- und Versiegelungsmaterialien für die Verfüllung der Lagerstollen und die Lagerstollenversiegelungen
- Transport von Betriebspersonal
- Ver- und Entsorgung des Einlagerungsbetriebs (Lüftung, Energie, Druckluft etc.)
- Gewährleistung eines Flucht- und Interventionswegs
- Frischluftversorgung und Kühlung der Arbeitsorte

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Bau Lager HAA“

- Transport von Bau- und Ausbruchmaterial sowie aller für den Bau erforderlichen Gerätschaften und Medien
- Personentransporte für Baupersonal und Besucher
- Gewährleisten eines Flucht- und Interventionswegs
- Luftführung und Kühlung bzw. Bewetterung des Baus

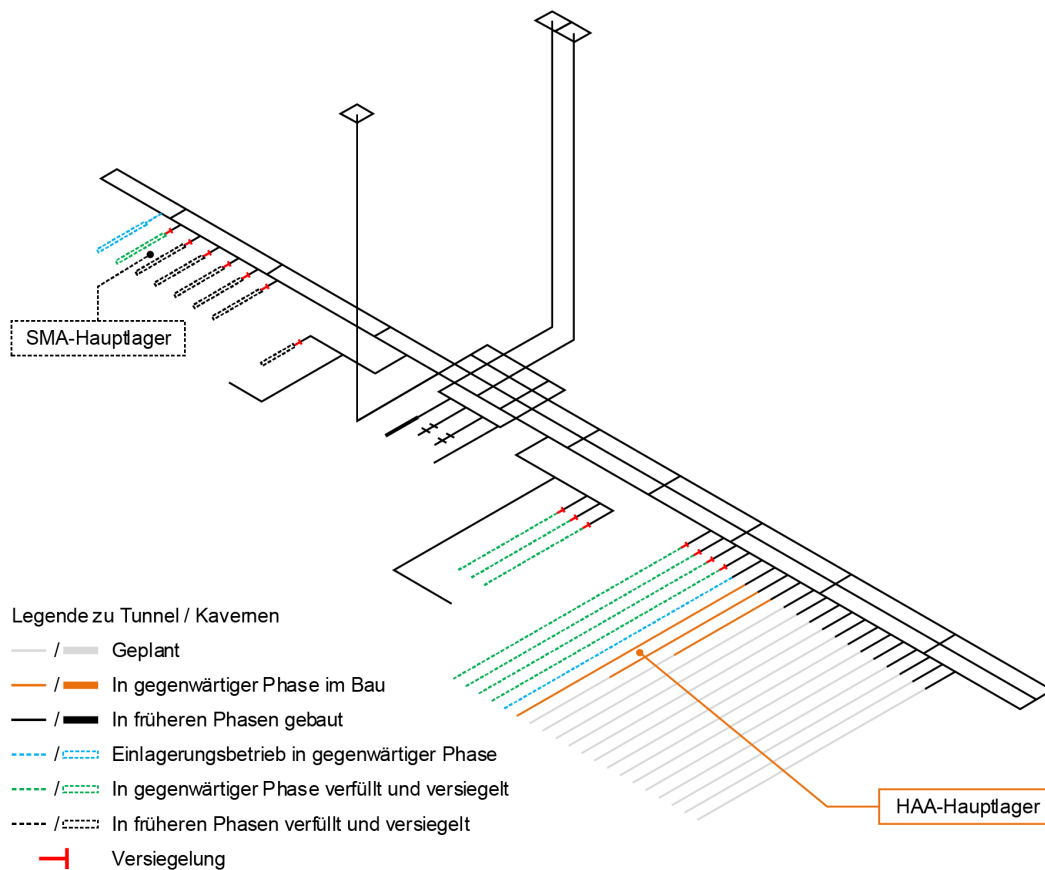


Fig. 2-6: Nutzungsphase 5 – Einlagerungsbetrieb HAA0F⁵

2.2.6 Beobachtungsphase (Nutzungsphase 6)

Vorgesehene Nutzung

Die Beobachtungsphase beginnt jeweils, wenn alle SMA bzw. HAA eingelagert und die Lagerkammern verschlossen sind. In der Beobachtungsphase wird die Entwicklung des geologischen Tiefenlagers u.a. anhand von Messungen am Pilotlager (Kontrollstollen), in den Testbereichen sowie Überwachungsaktivitäten in der Umgebung des Tiefenlagers für längere Zeit beobachtet (Fig. 2-7).

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Beobachtungsbetrieb“

- Ver- und Entsorgung der beobachteten Bereiche (Materialien, Energie, Druckluft, Brauchwasser etc.)
- Personentransporte für Betriebspersonal Beobachtung und Besucher
- Gewährleisten eines Flucht- und Interventionswegs zur Lagerebene
- Luftführung- und Kühlung bzw. Bewetterung

⁵ Die Grafik zeigt illustrativ Einlagerungen in der letzten SMA-Kaverne und parallelen Einlagerungsbetrieb der HAA, nachdem das HAA-Pilotlager bereits verfüllt ist.

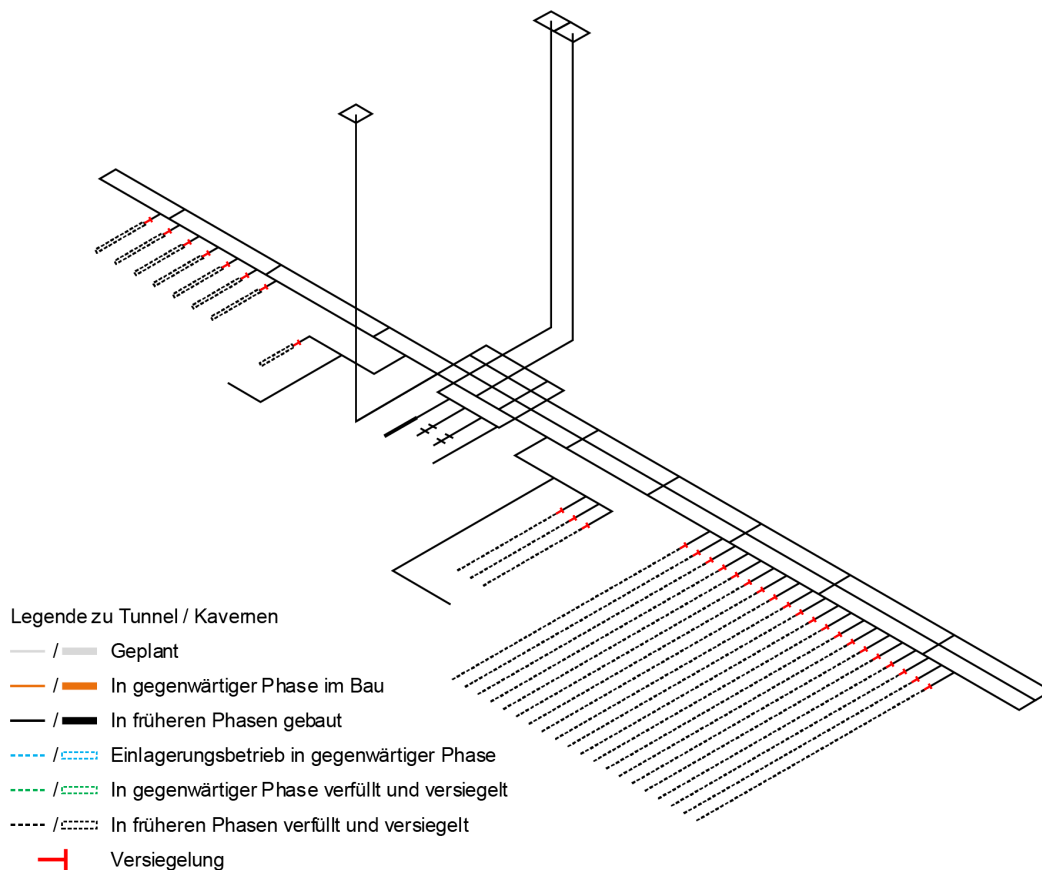


Fig. 2-7: Nutzungsphase 6 – Beobachtungsphase

2.2.7 Verschluss Hauptlager (Nutzungsphase 7)

Vorgesehene Nutzung

Während der Beobachtungsphase werden im Hinblick auf den Verschluss des Gesamtlagers als erster Schritt die Zugänge zu den Haupt- und Pilotlagern SMA und HAA auf Lagerebene verfüllt und weitere Siegel eingebaut. Zudem wird der Zugangsschacht rückgebaut bzw. verschlossen (Fig. 2-8).

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Beobachtungsbetrieb“

- Ver- und Entsorgung der beobachteten Bereiche (Materialien, Energie, Druckluft, Brauchwasser etc.)
- Personentransporte für Betriebspersonal Beobachtung und Besucher
- Gewährleisten eines Flucht- und Interventionswegs zur Lagerebene
- Luftführung- und Kühlung bzw. Bewetterung

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Verschluss“

- Transport von Verfüll- und Versiegelungsmaterialien für die Verfüllung und die Versiegelung der Lagerfelder, weiterer nicht mehr benötigter Hohlräume und des Zugangsschachts
- Transport von Baupersonal und Besuchern
- Ver- und Entsorgung des Baus (Energie, Druckluft etc.)
- Gewährleistung eines Flucht- und Interventionsweg
- Luftführung- und Kühlung bzw. Bewetterung des Baus

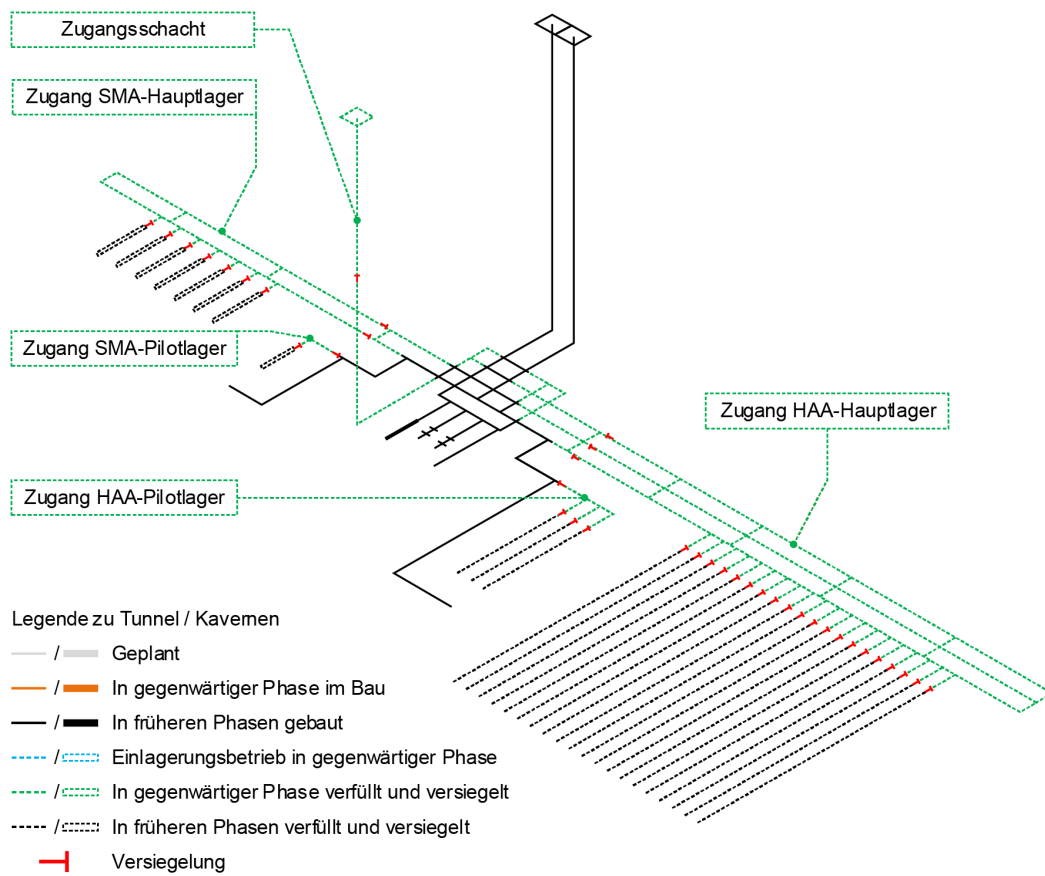


Fig. 2-8: Nutzungsphase 7 – Verschluss Hauptlager

2.2.8 Fortsetzung der Beobachtungsphase (Nutzungsphase 8)

Vorgesehene Nutzung

Auch nach dem Verschluss der Haupt- und Pilotlager bleibt der Zugang zum EUU-Bereich sowie den Kontrollstollen des HAA- und SMA-Pilotlagers über die verbleibenden Zugänge offen. Die Überwachung wird weitergeführt (Fig. 2-9).

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Beobachtungsbetrieb“

- Ver- und Entsorgung der beobachteten Bereiche (Materialien, Energie, Druckluft, Brauchwasser etc.)
- Personentransporte für Betriebspersonal Beobachtung und Besucher
- Gewährleisten eines Flucht- und Interventionswegs zur Lagerebene
- Luftführung- und Kühlung bzw. Bewetterung

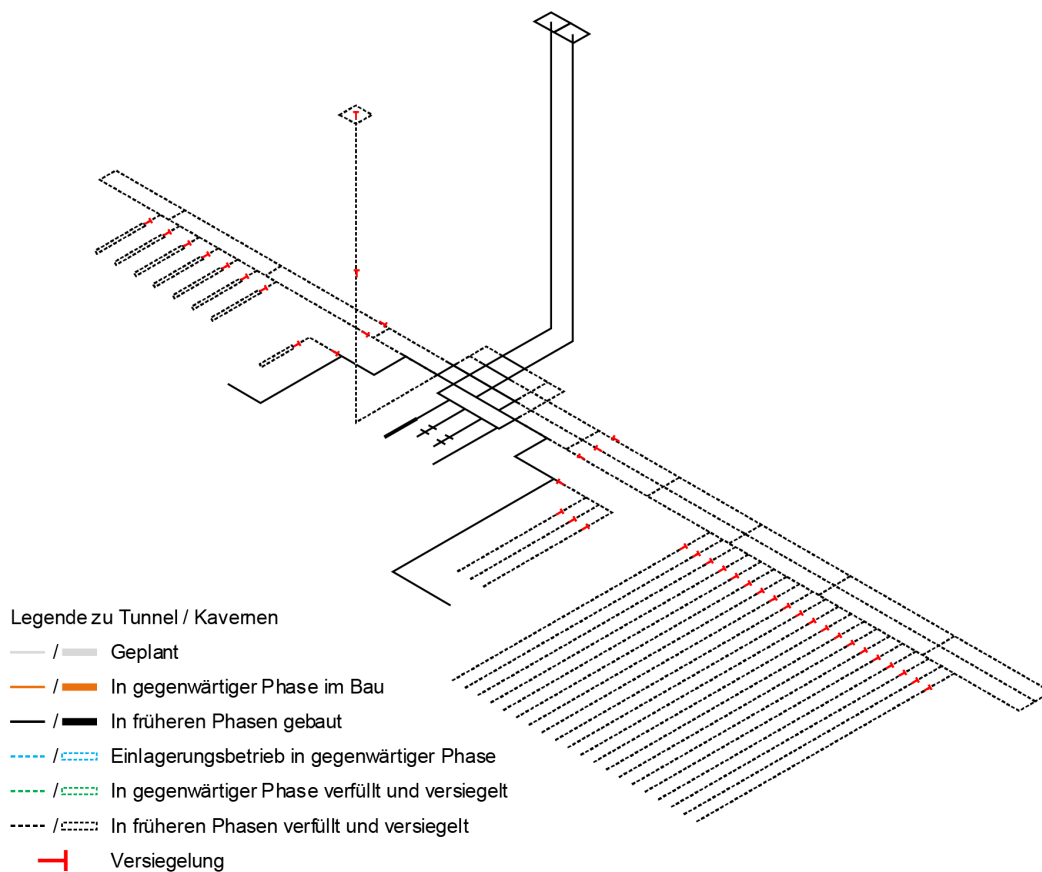


Fig. 2-9: Nutzungsphase 8 – Fortsetzung der Beobachtungsphase

2.2.9 Verschluss Gesamtlager (Nutzungsphase 9)

Vorgesehene Nutzung

Nach Abschluss der Beobachtungsphase erfolgt der Verschluss der bis dann noch verwendeten und offenen Testbereiche, der Kontrollstollen, aller weiteren offenen Bauwerke auf Lagerebene und Schächte sowie der Rückbau der restlichen Teile der Anlagen an der Oberfläche (Fig. 2-10).

Erforderliche Funktionen für die Aktivität „Verschluss“

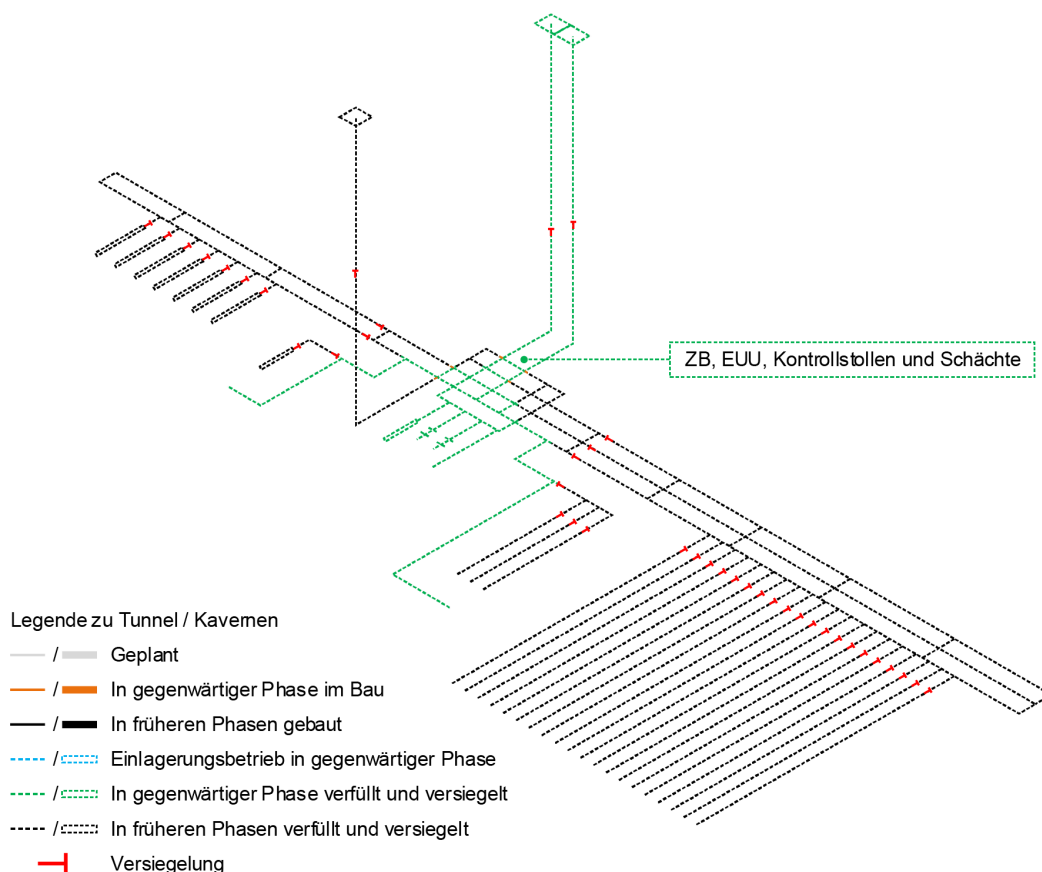


Fig. 2-10: Nutzungsphase 9 – Verschluss Gesamtlager

3 Lagermodule

3.1 Modulübersicht Kombilager

Ein Kombilager (Fig. 3-1) lässt sich grossräumig in die Oberflächeninfrastruktur, die Verbindung zwischen Oberfläche und Lagerebene (sog. Zugang nach Untertag) und die untertägigen Bauwerke auf Lagerebene mit den SMA- und HAA-Lagerteilen unterteilen. Auf die Anlagen an der Oberfläche wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen. Weiterführende Informationen zur OFA und zu den NZA sind in Nagra (2019b) und Nagra (2016b) zu finden.

Wie bereits erwähnt wird in diesem Bericht ein Kombilager mit drei Schachtzugängen beschrieben. Das Konzept der Modulbildung ist für alle drei Standorte und Lagertypen anwendbar und dient als Grundlage für die Lagerprojekte für den sicherheitstechnischen Vergleich. Die Zugangskonfiguration mit drei Schächten trifft für ein Kombilager an den Standorten Nördlich Lägern (NL) und Zürich Nordost (ZNO) zu. Am Standort Jura Ost (JO) verfügt ein Kombilager standortgebunden über nur zwei Zugänge von der Oberfläche zur Lagerebene: den Lüftungsschacht und einen Tunnel (Rampe), welcher durch eine Trennwand in ein Zugangsabteil und ein Betriebsabteil mit den analogen Funktionen eines Zugangs- und Betriebsschachts unterteilt ist. Die Systemskizze in Fig. 1-1 ist so auch auf das Standortgebiet JO übertragbar.

In den folgenden Kapiteln werden sogenannte Module vorgestellt. Module fassen Bauwerke zusammen, welche aufgrund ihrer Funktion räumlich miteinander verbunden sind. Die Module stellen standortunabhängige Bausteine dar, die, unter Berücksichtigung der Beziehungen untereinander, zu standortspezifischen Lagern angeordnet werden können.

Folgenden Beziehungen zwischen den Modulen sind dabei zu beachten (siehe Fig. 3-1):

- Modul A (Zugänge nach Untertag) verbindet die Oberflächeninfrastruktur mit dem Modul B (Zentraler Bereich). Die Länge bzw. Tiefe des Moduls A ist standortabhängig und beträgt je nach Standort ca. 400 bis 800 m.
- Modul B (Zentraler Bereich) soll innerhalb des Hauptschliessungsbereichs (HEB) (Nagra 2019a) und möglichst nahe an den Fusspunkten des Moduls A liegen.
- Modul C (EUU) schliesst an Modul B an und soll in einem für die Lagerteile (Module F & G) repräsentativen Gebirgsbereich zu liegen kommen.
- Modul D (Zugang zu SMA-Hauptlager) schliesst an Modul B an und stellt die Verbindung zu SMA-Hauptlager (Modul F) und SMA-Pilotlager (Modul H) her. Die Länge des Moduls D ist standortabhängig und entspricht der Distanz zwischen dem Zentralen Bereich und dem geeigneten Gebirgsbereich für die SMA-Lager.
- Modul E (Zugang zu HAA-Hauptlager) schliesst an Modul B an und stellt die Verbindung zu HAA-Hauptlager (Modul G) und HAA-Pilotlager (Modul I) her. Die Länge des Moduls E ist standortabhängig und entspricht der Distanz zwischen dem Zentralen Bereich und dem geeigneten Gebirgsbereich für die HAA-Lager.
- Modul F (SMA-Hauptlager) wird in dem für ein SMA-Lager geeigneten Gebirgsbereich platziert und schliesst an das Modul D an.
- Modul G (HAA-Hauptlager) wird in dem für ein HAA-Lager geeigneten Gebirgsbereich platziert und schliesst an das Modul E an.

- Modul H (SMA-Pilotlager) wird in dem für ein SMA-Lager geeigneten Gebirgsbereich, welcher vergleichbare geologische und hydrologische Verhältnisse aufweist wie das Hauptlager, platziert, schliesst an das Modul D an und hat einen Mindestachsabstand von 200 m zu Modul F.
- Modul I (HAA-Pilotlager) wird in dem für ein HAA-Lager geeigneten Gebirgsbereich, welcher vergleichbare geologische und hydrologische Verhältnisse aufweist wie das Hauptlager, platziert, schliesst an das Modul E an und hat einen Mindestachsabstand von 200 m zu Modul G.
- Module F und H sollen einen Mindestachsabstand von 200 m zu den Modulen G und I haben (Nagra 2021c).
- Module F und G sowie die Lagerkammern der Module H und I sollen einen Mindestachsabstand von 200 m zum Modul B, C und den Schachtfüssen des Moduls A aufweisen.

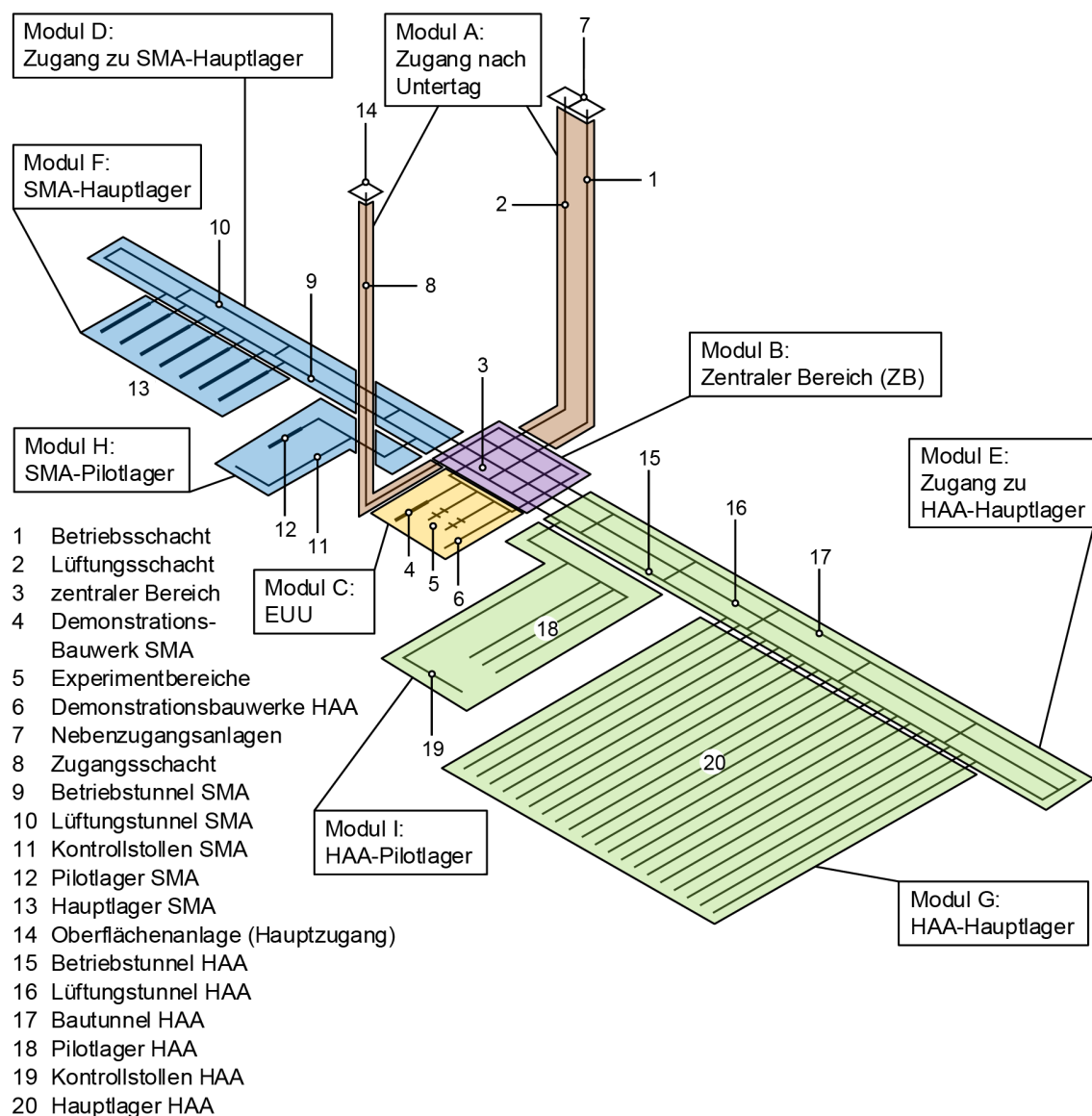


Fig. 3-1: Systemskizze eines Kombilagers mit Schachterschliessung inkl. Modulbezeichnung

In Anlage A werden die Abmessungen eines Kombilagere anhand einer beispielhaften Umsetzung dargestellt.

3.2 Modul A: Zugang nach Untertag

Das Modul A «Zugang nach Untertag» beinhaltet die Erschliessung der Lagerebene von der Oberfläche aus. Es stellt die Verbindung von der Oberflächenanlage [14]⁶ und der Nebenzugangsanlage [7] zur Lagerebene dar und besteht aus den folgenden Bauwerken (siehe Tab. 3-1):

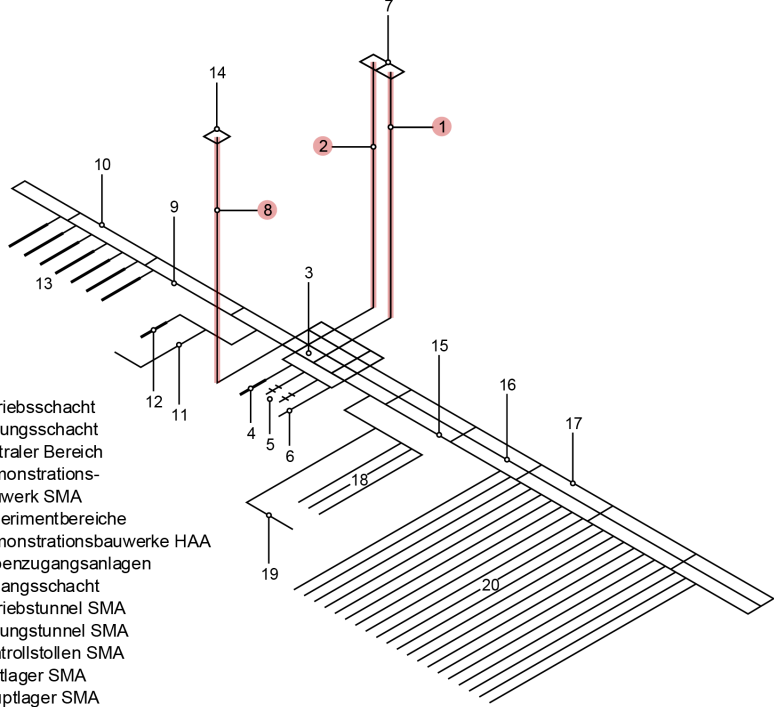
- Betriebsschacht [1]
- Lüftungsschacht [2]
- Zugangsschacht [8]

In Tab. 3-1 sind die Bauwerke des Moduls und deren Hauptfunktionen beschrieben.

Fig. 3-2, Fig. 3-3 und Fig. 3-4 zeigen beispielhafte Umsetzungen in Form von Normalprofilen der Bauwerke. Im Lockergestein und in wasserführenden Formationen ist es vorgesehen, eine Abdichtung aus einem voll verschweissten Stahlmantel zwischen Ausbruchsicherung und Innenschale anzuordnen. Der Bergwasserdruck wird über die innenliegende Ortbetonschale aufgenommen. Im Opalinuston und in den tonreichen Rahmengesteinen ist keine Abdichtung erforderlich. Es wird zudem mit spezifischen Massnahmen (z.B. Dichtblock) verhindert, dass eine Längszirkulation entlang des Schachts von den wasserführenden Formationen in die dichten Formationen erfolgt.

⁶ Nummer in der Systemskizze in Fig. 3-1

Tab. 3-1: Übersicht Modul Zugang nach Untertag

Modul Zugang nach Untertag	
Bauwerke des Moduls	 1 Betriebsschacht 2 Lüftungsschacht 3 zentraler Bereich 4 Demonstrations-Bauwerk SMA 5 Experimentbereiche 6 Demonstrationsbauwerke HAA 7 Nebenzugangsanlagen 8 Zugangsschacht 9 Betriebstunnel SMA 10 Lüftungstunnel SMA 11 Kontrollstollen SMA 12 Pilotlager SMA 13 Hauptlager SMA 14 Oberflächenanlage (Hauptzugang) 15 Betriebstunnel HAA 16 Lüftungstunnel HAA 17 Bautunnel HAA 18 Pilotlager HAA 19 Kontrollstollen HAA 20 Hauptlager HAA
Hauptfunktionen	Betriebsschacht: • Transport von Bau- und Ausbruchmaterial, Verfüllungs- und Versiegelungsmaterialien sowie aller für den Bau erforderlichen Gerätschaften • Ver- und Entsorgung des geologischen Tiefenlagers (Lüftung, Energie, Druckluft, Brauchwasser etc.) • Personentransporte für Baupersonal, Betriebspersonal EUU und Besucher • Interventionsweg zur Lagerebene Zugangsschacht: • Transport von in internen Transportbehältern verpackten Endlagerbehältern von der Oberflächenanlage nach untertage bis in den Zentralen Bereich sowie Transport der leeren internen Transportbehälter zurück zur Oberflächenanlage • Transport von Verfüll- und Versiegelungsmaterialien für die Verfüllung der Lagerkammern und den Bau der Versiegelungsbauwerke

Tab. 3-1: Fortsetzung

Modul Zugang nach Untertag	
	• Ver- und Entsorgung des geologischen Tiefenlagers (Lüftung, Energie, Druckluft, Brauchwasser, Abwasser etc.) • Personentransporte des Betriebspersonals des Einlagerungsbetriebs • Interventionsweg zur Lagerebene Lüftungsschacht: • Luftführung bzw. Bewetterung in verschiedenen Nutzungsphasen des gTL • Notfahranlage (fix oder mobil) für Personenfahrten • Einbringen grösserer Baumaschinen / Komponenten als Sondertransporte (z.B. Bohrjumbo) in allen Nutzungsphasen • Evtl. Aufnahme von Kühlleitungen

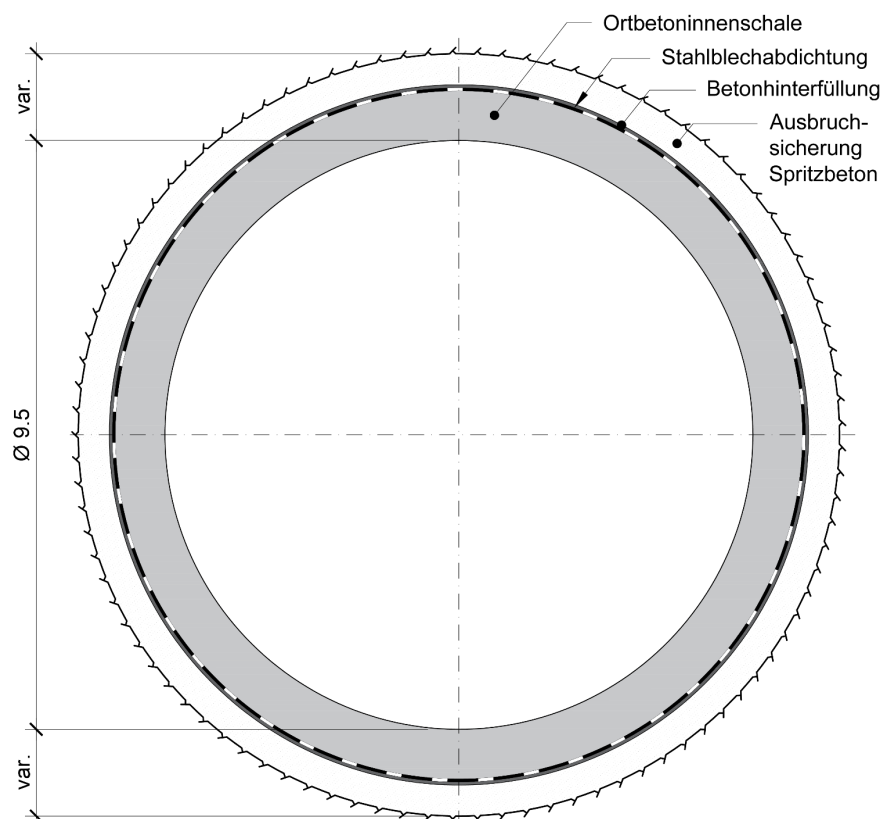


Fig. 3-2: Beispielhaftes Normalprofil Betriebsschacht

(dargestellt ist ein Profil für die wasserführenden Formationen mit einer druckhaltenden Abdichtung)

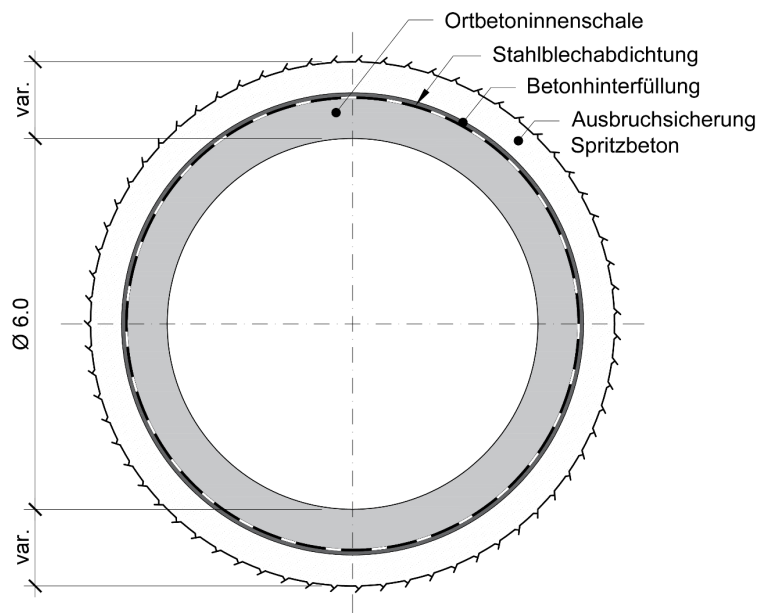


Fig. 3-3: Beispielhaftes Normalprofil Lüftungsschacht
(dargestellt ist ein Profil für die wasserführenden Formationen mit einer druckhaltenden Abdichtung)

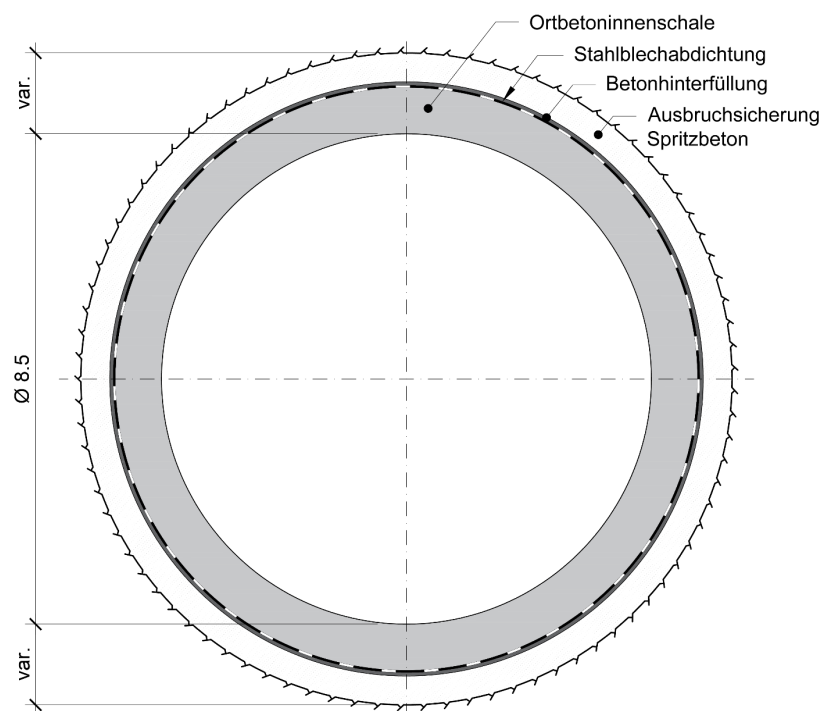


Fig. 3-4: Beispielhaftes Normalprofil Zugangsschacht
(dargestellt ist ein Profil für die wasserführenden Formationen mit einer druckhaltenden Abdichtung)

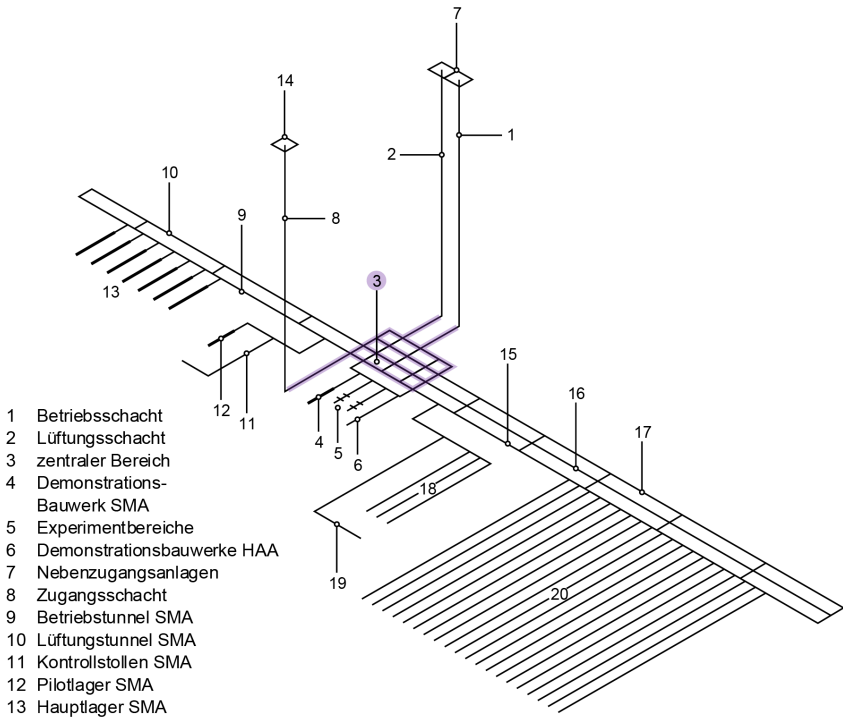
3.3 Modul B: Zentraler Bereich

Das Modul B «Zentraler Bereich» beinhaltet alle erforderlichen Bauten und Anlagen für die Ver- und Entsorgung resp. für den Bau-, Betrieb und späteren Verschluss des geologischen Tiefenlagers auf der Lagerebene. Das Modul nimmt deshalb im Bereich der Schachtfüsse eine Scharnierfunktion zwischen den Zugangsbauwerken (Modul A) und den Zugängen zu den HAA- und SMA-Hauptlagern (Module D und E) ein. Über die Bauten im ZB werden auch die Bauten für die erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag EUU (Modul C) erschlossen.

Der ZB wird ab Beginn der Einlagerung von SMA (Nutzungsphase 4) unterteilt in einen konventionellen und einen nuklearen überwachten Bereich. Dies ermöglicht die gleichzeitige Durchführung von Einlagerungs- und Bauaktivitäten, wie sie z. B. in Nutzungsphase 5 vorgesehen sind (vgl. Nagra 2020). Im ZB wird ein Übergang von einem Bereich in den anderen möglich sein.

In Tab. 3-2 sind die Bauwerke des Moduls und deren Hauptfunktionen beschrieben. Die Fig. 3-5 und Fig. 3-6 zeigen zwei beispielhafte Umsetzungen in Form von Normalprofilen des zentralen Bereichs.

Tab. 3-2: Übersicht Modul Zentraler Bereich (ZB)

Modul Zentraler Bereich (ZB)	
Bauwerke des Moduls	
	1 Betriebsschacht 2 Lüftungsschacht 3 zentraler Bereich 4 Demonstrationsbauwerk SMA 5 Experimentbereiche 6 Demonstrationsbauwerke HAA 7 Nebenzugangsanlagen 8 Zugangsschacht 9 Betriebstunnel SMA 10 Lüftungstunnel SMA 11 Kontrollstollen SMA 12 Pilotlager SMA 13 Hauptlager SMA 14 Oberflächenanlage (Hauptzugang) 15 Betriebstunnel HAA 16 Lüftungstunnel HAA 17 Bautunnel HAA 18 Pilotlager HAA 19 Kontrollstollen HAA 20 Hauptlager HAA

Tab. 3-2: Fortsetzung

Modul Zentraler Bereich (ZB)	
Hauptfunktionen	• Verbindung der Schachtfüße untereinander und deren Anschluss an den Betriebs-, Bau- und Lüftungstunnel • (Weiter-) Transport von in internen Transportbehältern verpackten Endlagerbehältern, Material, Gerätschaften und Betriebspersonal während aller Phasen • Transport der leeren internen Transportbehälter zurück zur Oberfläche • Weitertransport von Verfüllungs- und Versiegelungsmaterialien für die Verfüllung und Versiegelung der Lagerstollen • Ver- und Entsorgung (Lüftung, Energie, Druckluft etc.) • Rangierfunktion zur Erfüllung der Weitertransporte mit evtl. Wechsel des Fahrzeugs • Bereitstellung von Rangier- und Abstellmöglichkeiten für die Baugerätschaften • Bereitstellen weiterer, für den Bau und Betrieb benötigter Infrastruktur (wie z.B. Einstellraum Rettungsfahrzeuge, Rettungsraum, Abstellflächen Baufahrzeuge, Lagerflächen Baumaterialien, Büros und Sanitäreinrichtungen, Werkstatt für den Bau, Elektroraum für den Bau, Zentrale Kühlanlage, Zwischenlager Ausbruchmaterial, Betriebszentrale, Einstellräume für Betriebsfahrzeuge, Werkstatt für den Betrieb, Elektroraum für den Betrieb und Wassertank)

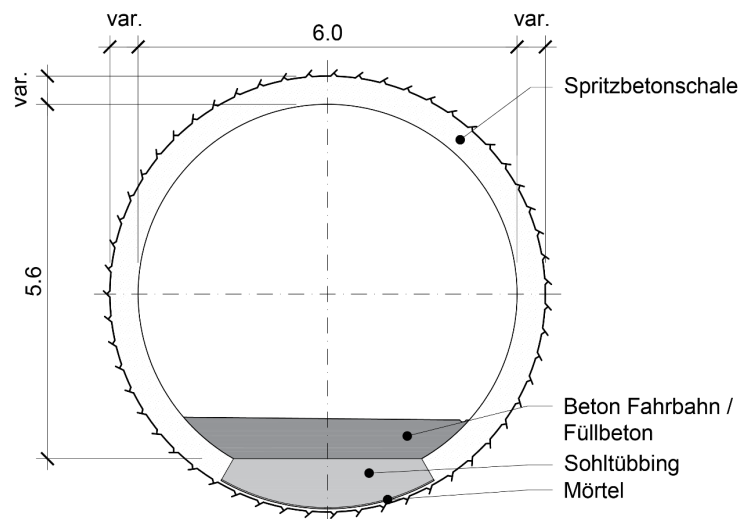


Fig. 3-5: Beispielhaftes Normalprofil des Zentralen Bereichs mit einem Innendurchmesser von ca. 6 m

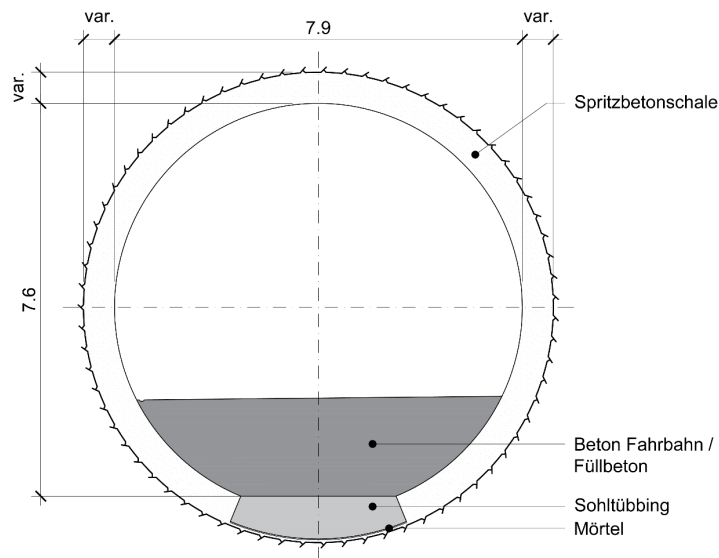


Fig. 3-6: Beispielhaftes Normalprofil des Zentralen Bereichs mit einem Innendurchmesser von ca. 8 m

3.4 Modul C: EUU

In den Bauten des Moduls C «EUU» werden die erdwissenschaftlichen Untersuchungen auf Lagerebene durchgeführt. Sie beinhalten weiter Experimente und Demonstrationen, welche im Kontext der Erlangung der nuklearen Bau- und Betriebsbewilligung erforderlich sein werden.

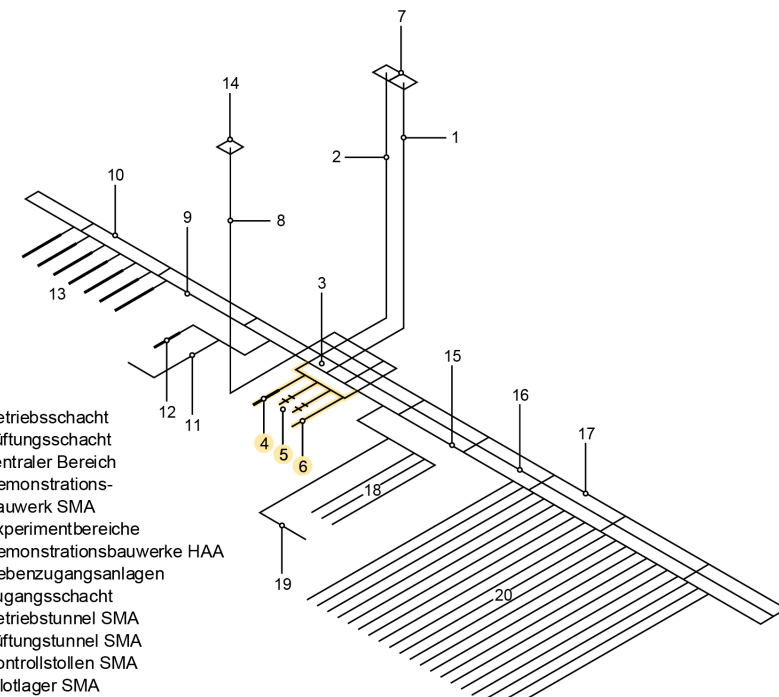
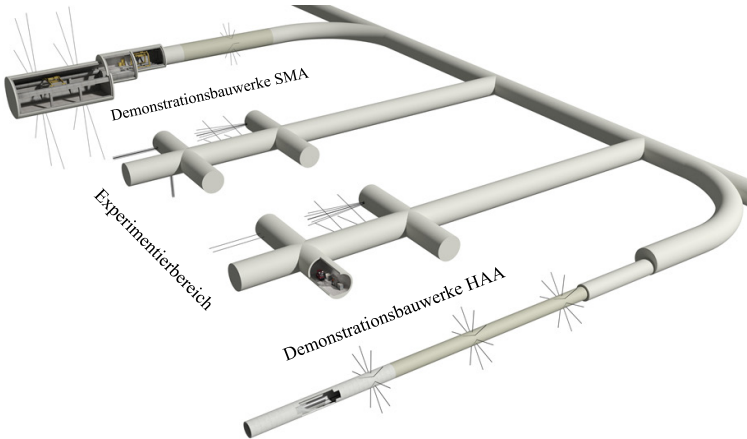
Das Modul C «EUU» besteht nach aktuellem Planungsstand (Nagra 2021b) aus den folgenden Bauwerken:

- Experimentierbereiche inkl. Zugang [5]
- Demonstrationsbauwerke SMA mit Abzweigertunnel, Ablade- und Übernahmehbereich, Lagerkaverne und Siegel [4]
- Demonstrationsbauwerke HAA mit Abzweigertunnel, Umladebereiche, Lagerstollen und Siegel [6]
- Erschliessungstunnel EUU ab ZB
- Betriebsraum

In Tab. 3-3 sind die Bauwerke des Moduls und deren Hauptfunktionen beschrieben. Die Fig. 3-7 und Fig. 3-8 zeigen beispielhafte Umsetzungen in Form von Normalprofilen.

Ausrichtung, Geometrie und Neigung der Demonstrationsbauwerke für SMA und HAA werden denen der Bauwerke der Zugänge zu den Hauptlagern (Module D und E) und den Hauptlagern (Module F und G) entsprechen.

Tab. 3-3: Übersicht Modul EUU

Modul EUU	
Bauwerke des Moduls	 1 Betriebsschacht 2 Lüftungsschacht 3 zentraler Bereich 4 Demonstrations-Bauwerk SMA 5 Experimentbereiche 6 Demonstrationsbauwerke HAA 7 Nebenzugangsanlagen 8 Zugangsschacht 9 Betriebstunnel SMA 10 Lüftungstunnel SMA 11 Kontrollstollen SMA 12 Pilotlager SMA 13 Hauptlager SMA 14 Oberflächenanlage (Hauptzugang) 15 Betriebstunnel HAA 16 Lüftungstunnel HAA 17 Bautunnel HAA 18 Pilotlager HAA 19 Kontrollstollen HAA 20 Hauptlager HAA
Anordnungen der Bauwerke gemäss NAB 21-014 (Nagra 2021b)	 Demonstrationsbauwerke SMA Experimentierbereich Demonstrationsbauwerke HAA
Hauptfunktionen	• Vertiefte Abklärung bzw. Untersuchung von sicherheitsrelevanten Eigenschaften des Wirtgesteins und somit Aktualisierung der erdwissenschaftlichen Datenbasis bzw. der Erhärtung des Sicherheitsnachweises • Erprobung bzw. Funktionsnachweis ausgewählter sicherheitsrelevanter Techniken • technische Demonstration des Einlagerungsbetriebs, der Versiegelung, der Verfüllung und der Rückholung im Massstab 1:1

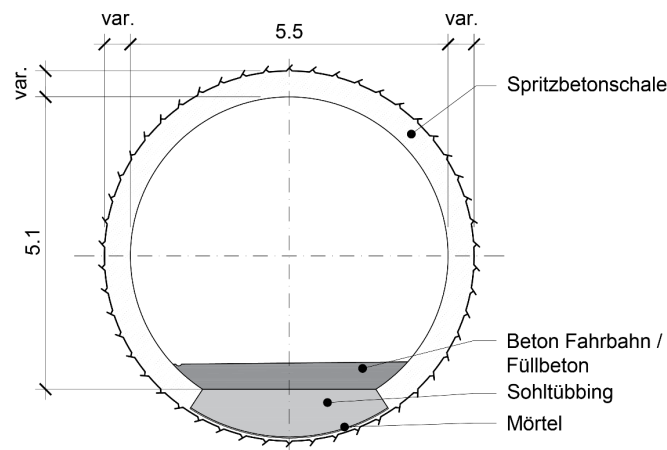


Fig. 3-7: Beispielhaftes Normalprofil im Experimentierbereich

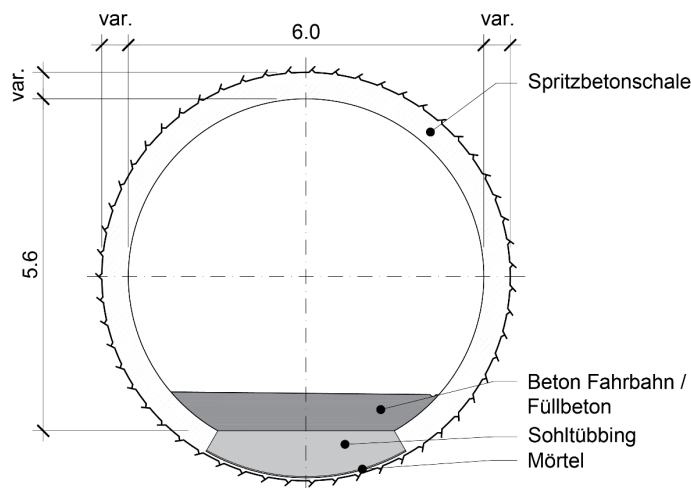


Fig. 3-8: Beispielhaftes Normalprofil für den Erschliessungstunnel zu den Bauten für die EUU

3.5 Modul D: Zugang zu SMA-Hauptlager

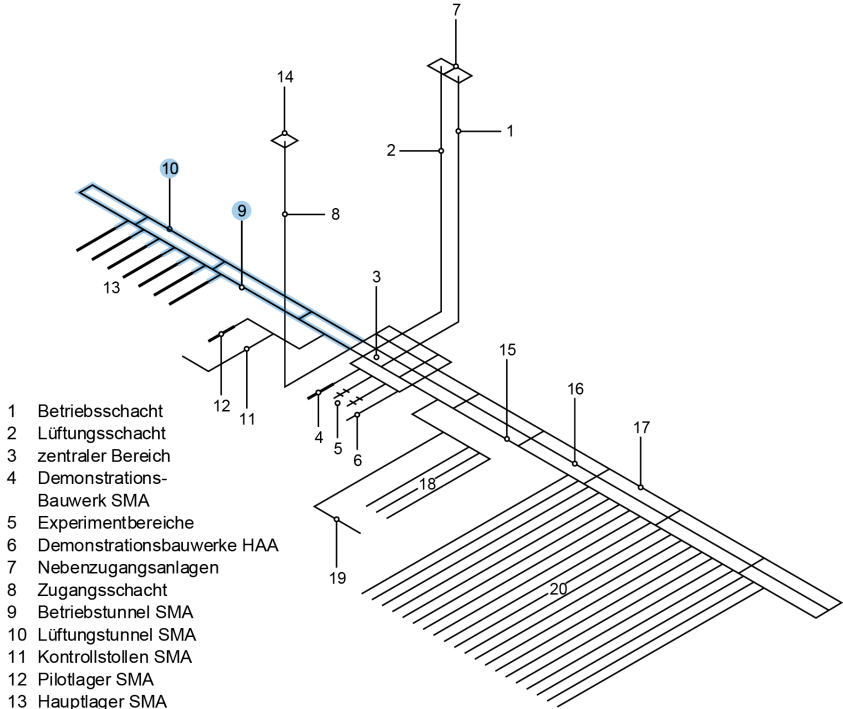
Mit dem Modul D «Zugang zu SMA-Hauptlager» wird die Erschliessung des SMA-Hauptlagers (Modul F) hergestellt. Es stellt die Verbindung zwischen dem Zentralen Bereich [3] (Modul B) und dem SMA-Hauptlager [13] (Modul F) bzw. dem Pilotlager SMA [12] (Modul H) dar und besteht aus den folgenden Bauwerken:

- Betriebstunnel SMA [9]
- Lüftungstunnel SMA [10]
- Querverbindungen SMA zwischen den Tunnels [9] und [10]
- Abzweigertunnel SMA, angeschlossen an [9], zum
- Ablade- und Übernahmehereich SMA zu den einzelnen Lagerkavernen SMA

Über den Betriebs- und Lüftungstunnel SMA werden in der Nutzungsphase 3 das Hauptlager SMA [13] inkl. des Pilotlagers SMA [12] und dem Kontrollstollen SMA [11] aus dem ZB heraus aufgefahren bzw. erschlossen.

In Tab. 3-4 sind die Bauwerke des Moduls und deren Hauptfunktionen beschrieben. Die Fig. 3-9, Fig. 3-10 und Fig. 3-11 zeigen beispielhafte Umsetzungen in Form von Normalprofilen.

Tab. 3-4: Übersicht Modul Zugang zu SMA-Hauptlager

Modul Zugang zu SMA-Hauptlager	
Bauwerke des Moduls	 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 Betriebsschacht Lüftungsschacht zentraler Bereich Demonstrations-Bauwerk SMA Experimentbereiche Demonstrationsbauwerke HAA Nebenzugangsanlagen Zugangsschacht Betriebstunnel SMA Lüftungstunnel SMA Kontrollstollen SMA Pilotlager SMA Hauptlager SMA Oberflächenanlage (Hauptzugang) Betriebstunnel HAA Lüftungstunnel HAA Bautunnel HAA Pilotlager HAA Kontrollstollen HAA Hauptlager HAA

Tab. 3-4: Fortsetzung

Modul Zugang zu SMA-Hauptlager	
Hauptfunktionen Phase Bau	Betriebstunnel SMA: • Baulogistik, Baulüftung für die Erstellung des Betriebstunnels SMA • Möglichkeit als Flucht- und Interventionsweg Lüftungstunnel SMA: • Baulogistik, Baulüftung für die Erstellung des Lüftungstunnels SMA • Möglichkeit als Flucht- und Interventionsweg Querverbindungen SMA: • Baulogistische Verbindungen inkl. Baulüftung während den Vortrieben des Betriebs- und Lüftungstunnels SMA • Flucht- und Interventionsweg zwischen Betriebs- und Lüftungstunnel SMA Alle Tunnelabschnitte: • Baulogistische Verbindungen inkl. Baulüftung zu den Kavernenbaustellen
Hauptfunktionen Phase Betrieb (bis und mit Verschluss)	Betriebstunnel SMA, Abzweigertunnel Lagerkavernen sowie Ablade- und Übernahmebereich: • Transport von (in Transportbehältern) verpackten Endlagerbehältern zu den Übernahmebereichen vor den Lagerkammern sowie Transport der leeren Transportbehälter zurück zum Zentralen Bereich • Transport von Verfüll- und Versiegelungsmaterialien für die Verfüllung der Lagerkavernen und die Lagerkammerversiegelungen • Einbau eines Siegels (Abzweigertunnel und Betriebstunnel) • Transport von Betriebspersonal • Ver- und Entsorgung (Lüftung, Energie, Druckluft etc.) Lüftungstunnel SMA: • Frischluftversorgung des Betriebstunnels SMA und auf Lagerebene (aus den konventionellen Bereichen in die kontrollierte Zone) • Flucht- und Interventionsweg • Installationen für die Kühlung • Einbau eines Siegels Querverbindungen SMA: • Frischluftversorgung des Betriebstunnels SMA • Frischluftversorgung des Pilotlagers SMA inkl. Kühlung • Flucht-, Rettungs- und Interventionsweg zwischen Betriebs- und Lüftungstunnel SMA • Aufnahme der Schleusen / Tore zur Trennung des Einlagerungsbetriebs vom Lüftungstunnel

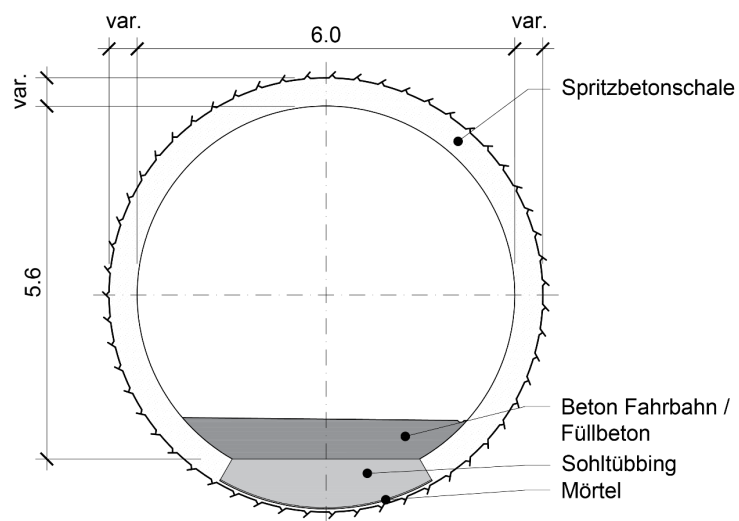


Fig. 3-9: Beispielhaftes Normalprofil der Zugänge, Querverbindungen und Abzweigertunnel SMA

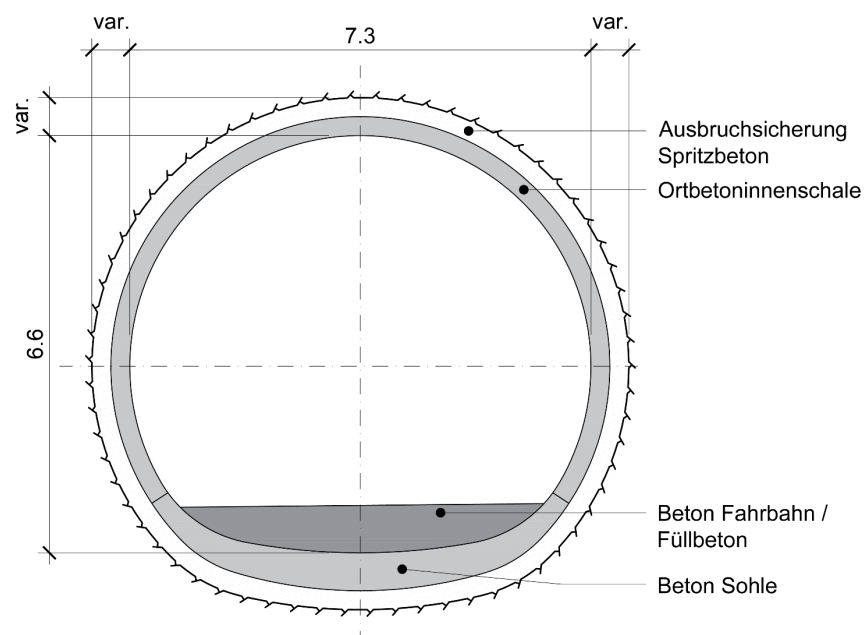


Fig. 3-10: Beispielhaftes Normalprofil Abladebereich SMA

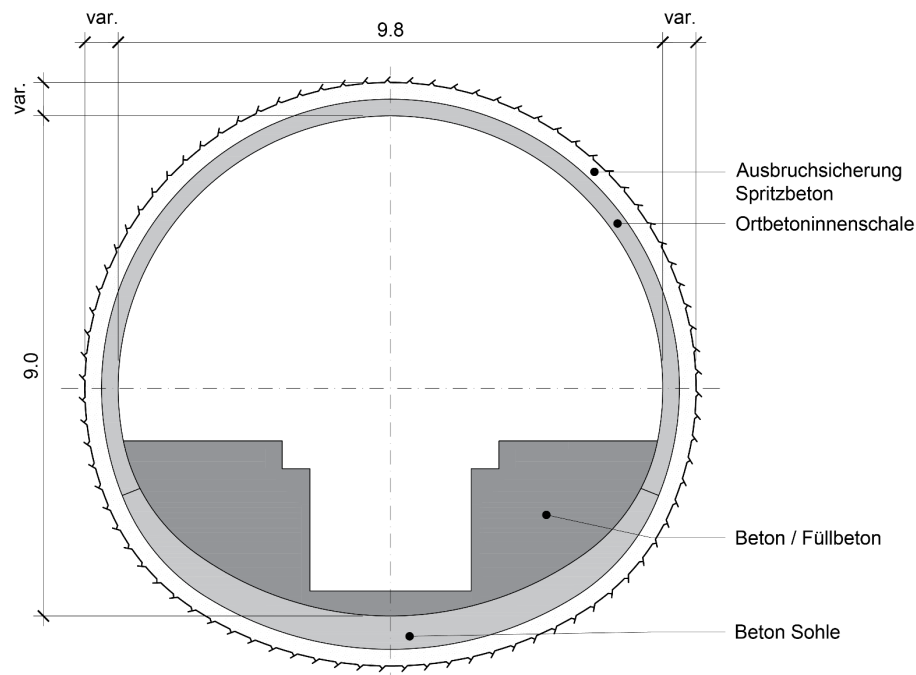


Fig. 3-11: Beispielhaftes Normalprofil Übernahmebereich SMA

3.6 Modul E: Zugang zu HAA-Hauptlager

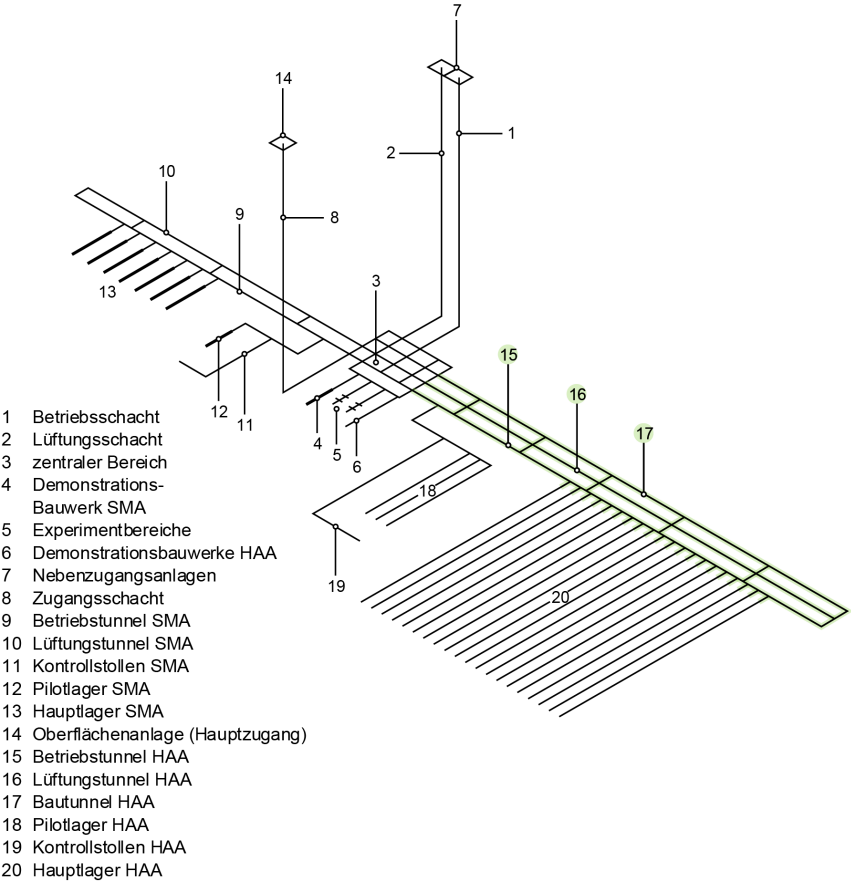
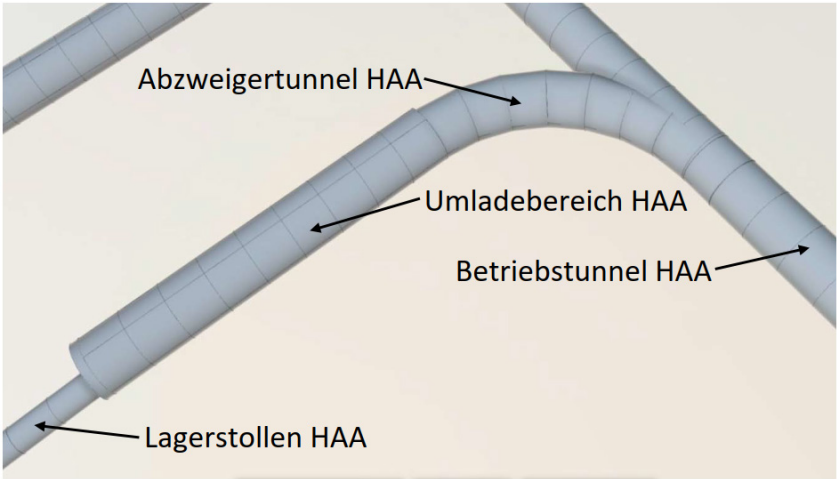
Mit dem Modul E «Zugang zu HAA-Hauptlager» wird die Erschliessung des HAA-Hauptlagers hergestellt. Es stellt die Verbindung zwischen den Bauten im Zentralen Bereich [3] (Modul B) und dem HAA-Hauptlager [20] (Modul G) dar und besteht aus den folgenden Bauwerken:

- Betriebstunnel HAA [15]
- Lüftungstunnel HAA [16]
- Bautunnel HAA [17]
- Querverbindungen HAA zwischen den Tunnels [15] bis [17]
- Abzweigertunnel, angeschlossen an [16], zu den einzelnen HAA Lagerstollen
- Umladebereich zu den einzelnen HAA Lagerstollen

Über den Betriebs-, Lüftungs- und Bautunnel HAA werden in der Nutzungsphase 4 das Hauptlager HAA [20] aus dem ZB heraus erschlossen und das Pilotlager HAA [18] (Modul I) und der Kontrollstollen HAA (19) gebaut.

In Tab. 3-5 sind die Bauwerke des Moduls und deren Hauptfunktionen beschrieben. Die Fig. 3-12 und Fig. 3-13 zeigen beispielhafte Umsetzungen in Form von Normalprofilen.

Tab. 3-5: Übersicht Modul Zugang zu HAA-Hauptlager

Modul Zugang zu HAA-Hauptlager	
Bauwerke des Moduls	 1 Betriebsschacht 2 Lüftungsschacht 3 zentraler Bereich 4 Demonstrations-Bauwerk SMA 5 Experimentbereiche 6 Demonstrationsbauwerke HAA 7 Nebenzugangsanlagen 8 Zugangsschacht 9 Betriebstunnel SMA 10 Lüftungstunnel SMA 11 Kontrollstollen SMA 12 Pilotlager SMA 13 Hauptlager SMA 14 Oberflächenanlage (Hauptzugang) 15 Betriebstunnel HAA 16 Lüftungstunnel HAA 17 Bautunnel HAA 18 Pilotlager HAA 19 Kontrollstollen HAA 20 Hauptlager HAA
Beispielhafte Umsetzung des Abzweigers ab Betriebstunnel HAA bis zum Lagerstollen HAA	 Länge Umladebereich HAA von ca. 50 m

Tab. 3-5: Fortsetzung

Modul Zugang zu HAA-Hauptlager	
Hauptfunktionen Phase Bau	Bautunnel HAA: • Baulogistik, inkl. Baulüftung für die Erstellung des Bautunnels HAA • Ver- und Entsorgung für den Bau der Lagerstollen während des zeitlich parallelen Einlagerungsbetriebs (Förderung und Transport von Personal und Baugeräten sowie Bau- und Ausbruchsmaterial) Betriebstunnel HAA: • Baulogistik, inkl. Baulüftung für die Erstellung des Betriebstunnels HAA • Flucht- und Interventionsweg Abschnitt des Betriebstunnels HAA ohne Betriebseinlagerung: • Ver- und Entsorgung für den Bau der Lagerstollen während des zeitlich parallelen Einlagerungsbetriebs (Förderung und Transport von Personal und Baugeräten sowie Bau- und Ausbruchsmaterial) Lüftungstunnel HAA: • Baulogistik, inkl. Baulüftung für die Erstellung des Lüftungstunnels HAA • Flucht- und Interventionsweg Querverbindungen HAA: • Baulogistische Verbindungen während den Vortrieben des Betriebs-, Lüftungs- und Bautunnels HAA (Sicherstellung Einbahnverkehr bis zur vordersten Querverbindung des jeweiligen Vortriebs) • Baulüftung (inkl. Kühlung) während des Vortriebs der Lagerstollen • Flucht- und Interventionsweg zwischen Betriebs- und Lüftungstunnel HAA, resp. Bau- und Lüftungstunnel HAA Alle 3 Tunnels, inkl. Querverbindungen: • Antransport von Tunnelbohrmaschinen ab Schachtfuss Betriebs- und Lüftungsschacht zum Einsatzort im Pilotlager bzw. Hauptlager und entsprechende Verschiebungen zwischen dem Pilot- und dem Hauptlager. • Ermöglichen eines Einbahnbaustellenverkehrs für den Bau des Moduls Zugang zu HAA-Hauptlager Umladebereich HAA: • Montage der Tunnelbohrmaschinen für die Lagerstollen inkl. Anfahreinrichtung (Abstosseinrichtung)

Tab. 3-5: Fortsetzung

Modul Zugang zu HAA-Hauptlager	
Hauptfunktionen Phase Betrieb (bis und mit Verschluss)	Bautunnel HAA: • Ver- und Entsorgung für den Bau der Lagerstollen während des zeitlich parallelen Einlagerungsbetriebs (Förderung und Transport von Personal und Baugeräten sowie Bau- und Ausbruchsmaterial) • Einbau eines Siegels Betriebstunnel HAA, Abzweigertunnel Lagerstollen sowie Umladebereich: • Transport von in Transportbehältern verpackten Endlagerbehältern zu den Umladebereichen vor den Lagerkammern sowie des Transports der leeren, internen Transportbehälter zurück zum Zentralen Bereich • Transport von Verfüll- und Versiegelungsmaterialien für die Verfüllung der Lagerstollen und die Lagerstollenversiegelungen • Einbau eines Siegels im Betriebstunnel • Transport von Betriebspersonal • Ver- und Entsorgung (Energie, Druckluft etc.) Abschnitt des Betriebstunnels HAA ohne Einlagerungsbetrieb: • Ver- und Entsorgung für den Bau der Lagerstollen während des zeitlich parallelen Einlagerungsbetriebs (Förderung und Transport von Personal und Baugeräten sowie Bau- und Ausbruchsmaterial) Lüftungstunnel HAA: • Frischluftversorgung auf Lagerebene • Flucht- und Interventionsweg • Installationen für die Kühlung • Einbau eines Siegels Querverbindungen HAA: • Frischluftversorgung des Betriebs- und Bautunnels HAA während des Einlagerungsbetriebs • Baulüftung (inkl. Kühlung) für den Bau der Lagerstollen während des zeitlich parallelen Einlagerungsbetriebs (ab Ventilator/Lutte in der Querverbindung) • Frischluftversorgung des Pilotlagertunnel HAA (Zugang) und des Kontrollstollens HAA (ab Ventilator/Lutte in der Querverbindung) • Flucht-, Rettungs- und Interventionsweg zwischen Betriebs- und Lüftungstunnel HAA, bzw. Bautunnel HAA • Installationen für die Kühlung • Aufnahme von Schleusen / Tore zur Trennung des Einlagerungsbetriebs vom Lüftungs- und Bautunnel

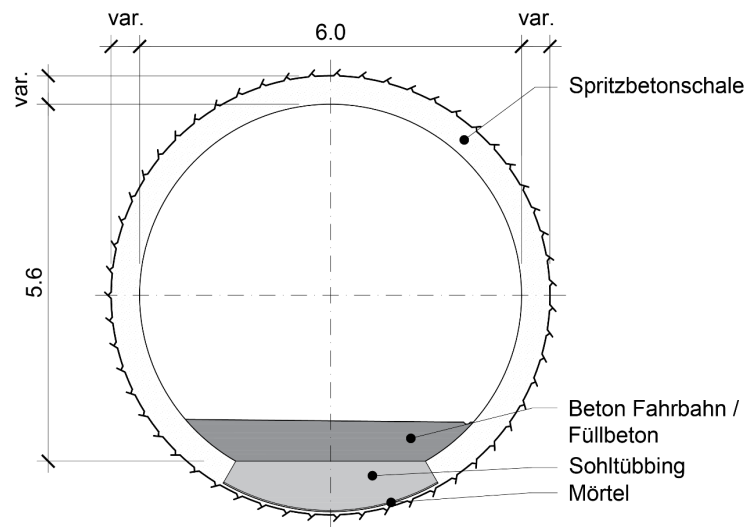


Fig. 3-12: Beispielhaftes Normalprofil Lüftungstunnel HAA, Bautunnel HAA, Betriebstunnel HAA, Querverbindungen HAA und Abzweigertunnel HAA

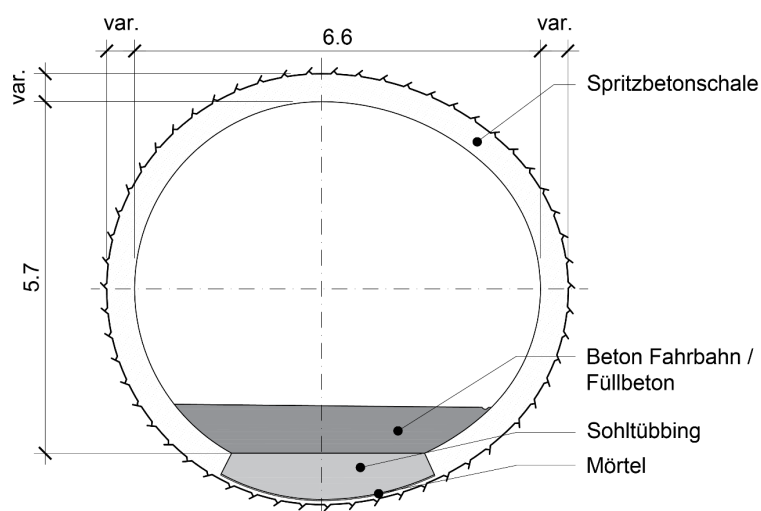


Fig. 3-13: Beispielhaftes Normalprofil Umladebereich HAA

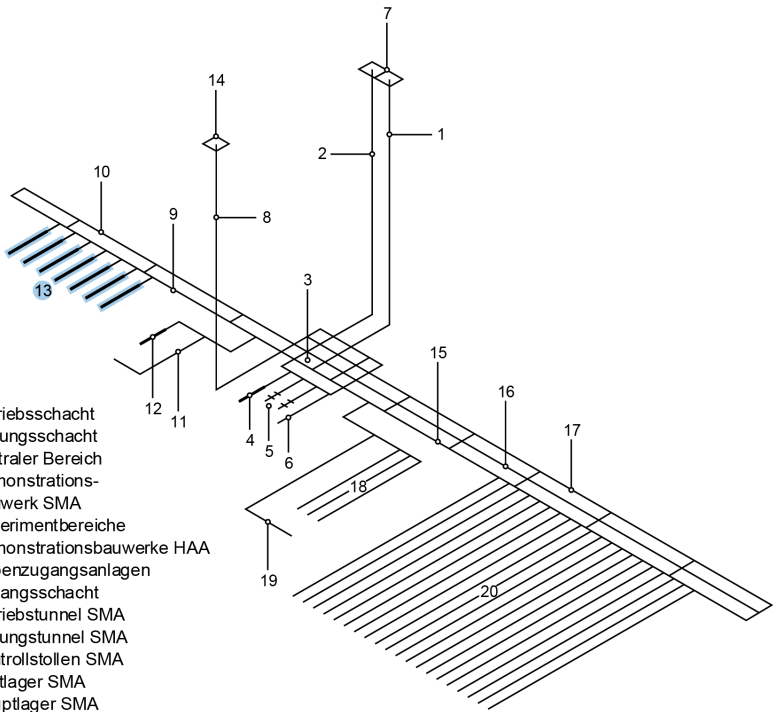
3.7 Modul F: SMA-Hauptlager

Das Modul SMA-Hauptlager [13] beinhaltet die Lagerkavernen SMA. In den Lagerkavernen SMA werden die in Endlagerbehältern verpackten schwach- und mittlerradioaktiven Abfälle dauerhaft eingelagert. Die Länge der Lagerkavernen ist abhängig von der Kavernenbelegung. Das aktuelle Layout geht von 7 Lagerkavernen mit Längen zwischen 230 und 250 m aus. Die Lagerkavernen des SMA-Hauptlagers können standortspezifisch in Gruppen angeordnet werden.

Die Lagerkavernen werden laufend mit der Einlagerung der Endlagerbehälter verfüllt.

In Tab. 3-6 sind die Bauwerke des Moduls und deren Hauptfunktionen beschrieben. Die Fig. 3-14 zeigt eine beispielhafte Umsetzung in Form eines Normalprofils.

Tab. 3-6: Übersicht Modul SMA-Hauptlager

Modul SMA-Hauptlager	
Bauwerke des Moduls	 1 Betriebsschacht 2 Lüftungsschacht 3 zentraler Bereich 4 Demonstrations-Bauwerk SMA 5 Experimentbereiche 6 Demonstrationsbauwerke HAA 7 Nebenzugangsanlagen 8 Zugangsschacht 9 Betriebstunnel SMA 10 Lüftungstunnel SMA 11 Kontrollstollen SMA 12 Pilotlager SMA 13 Hauptlager SMA 14 Oberflächenanlage (Hauptzugang) 15 Betriebstunnel HAA 16 Lüftungstunnel HAA 17 Bautunnel HAA 18 Pilotlager HAA 19 Kontrollstollen HAA 20 Hauptlager HAA
Hauptfunktionen	• Transport und Einlagerung der Einlagerungsbehälter • Dauerhafte Aufnahme / Einlagerung der in Endlagerbehältern verpackten SMA in den Lagerkavernen • Verfüllung der Lagerkaverne

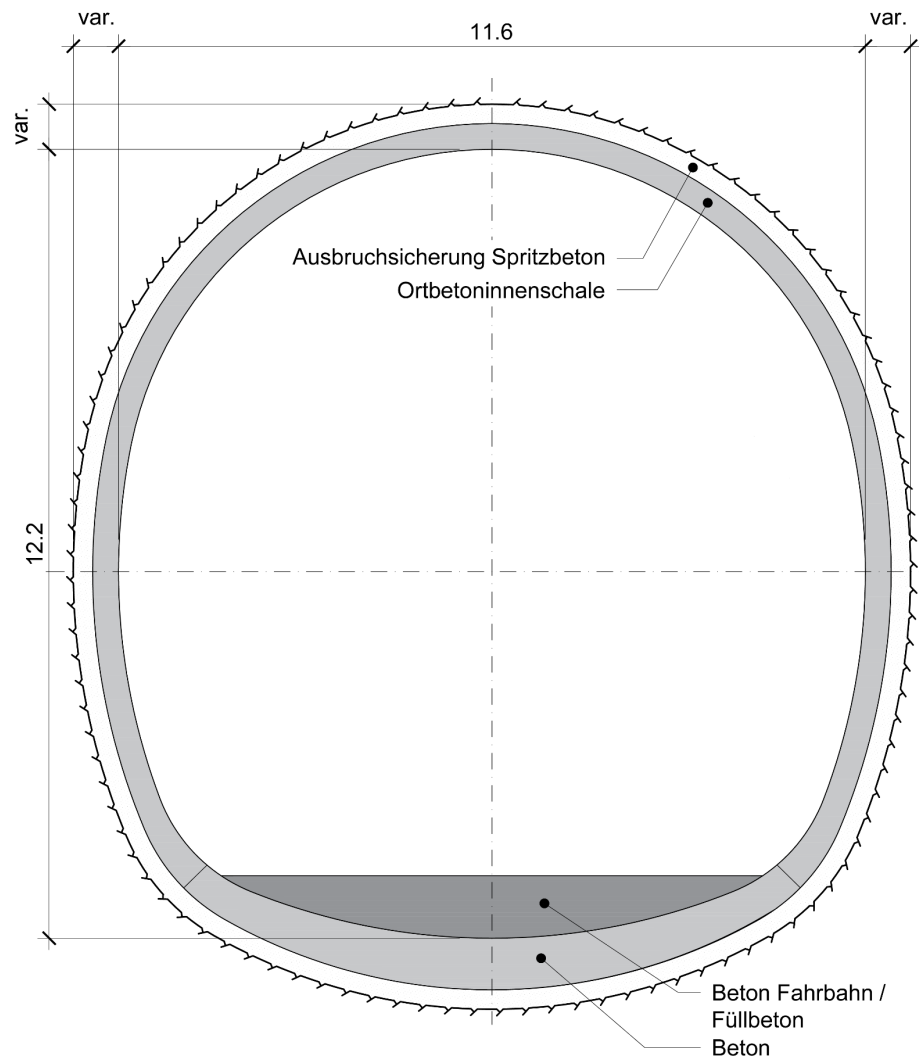


Fig. 3-14: Beispielhaftes Normalprofil Lagerkavernen SMA

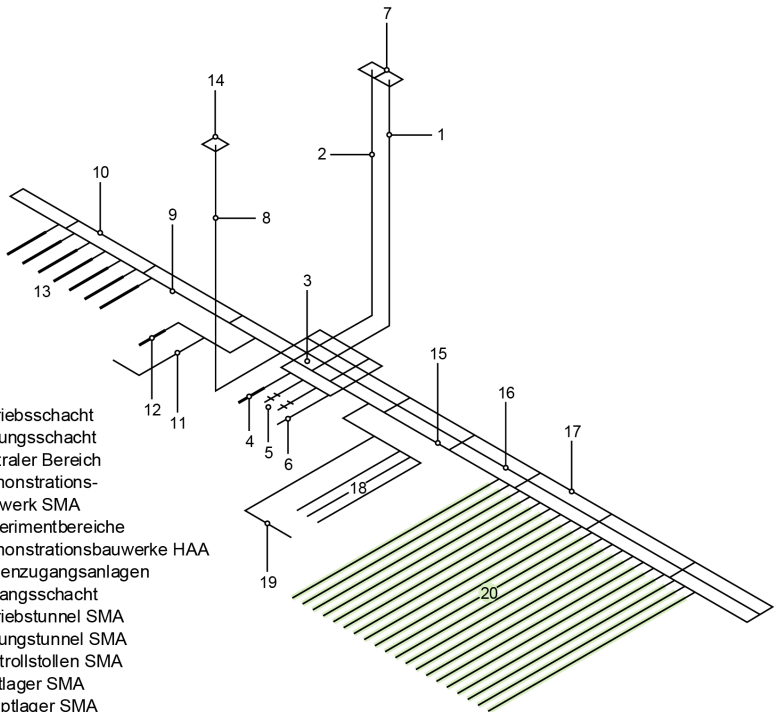
3.8 Modul G: HAA-Hauptlager

Das Modul HAA-Hauptlager [20] beinhaltet die Lagerstollen HAA. In den Lagerstollen HAA werden die in Endlagerbehältern verpackten hochradioaktiven Abfälle dauerhaft eingelagert. Es sind aktuell 20 Lagerstollen mit einer Länge von je ca. 900 m (vom Ende des Umladebereichs bis Stollenende) vorgesehen. Die Lagerstollen des HAA-Hauptlagers können standortspezifisch in Gruppen angeordnet werden.

Die Lagerstollen werden laufend mit der Einlagerung der Endlagerbehälter mit Bentonitmaterial verfüllt. Komplett gefüllte Lagerstollen werden mit einem Siegel (Nagra 2021d) verschlossen.

In Tab. 3-7 sind die Bauwerke des Moduls und deren Hauptfunktionen beschrieben. Die Fig. 3-15 zeigt eine beispielhafte Umsetzung in Form eines Normalprofils.

Tab. 3-7: Übersicht Modul HAA-Hauptlager

Modul HAA-Hauptlager	
Bauwerke des Moduls	 1 Betriebsschacht 2 Lüftungsschacht 3 zentraler Bereich 4 Demonstrations-Bauwerk SMA 5 Experimentbereiche 6 Demonstrationsbauwerke HAA 7 Nebenzugangsanlagen 8 Zugangsschacht 9 Betriebstunnel SMA 10 Lüftungstunnel SMA 11 Kontrollstollen SMA 12 Pilotlager SMA 13 Hauptlager SMA 14 Oberflächenanlage (Hauptzugang) 15 Betriebstunnel HAA 16 Lüftungstunnel HAA 17 Bautunnel HAA 18 Pilotlager HAA 19 Kontrollstollen HAA 20 Hauptlager HAA
Hauptfunktionen	• Transport und Einlagerung des Einlagerungsbehälters • Fortlaufende Verfüllung des Lagerstollens • Dauerhafte Aufnahme / Einlagerung der in Endlagerbehältern verpackten hochradioaktiven Abfälle in den Lagerstollen HAA • Einbau eines Siegels

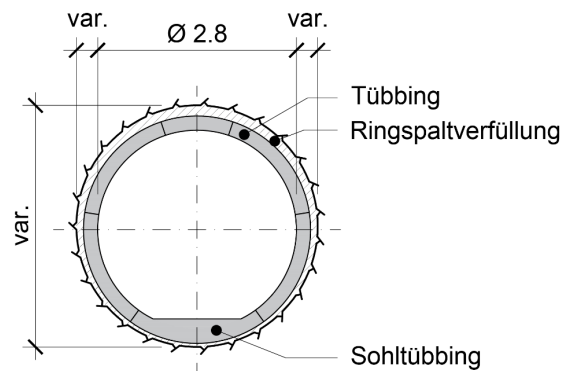


Fig. 3-15: Beispielhaftes Normalprofil Lagerstollen HAA

3.9 Modul H: SMA-Pilotlager inkl. Zugang und Kontrollstollen

Im Pilotlager ist das Verhalten der Abfälle, der Verfüllung und des Wirtgesteins bis zum Ablauf der Beobachtungsphase zu überwachen. Bei der Überwachung sind im Hinblick auf den Verschluss Daten zur Erhärtung des Sicherheitsnachweises zu ermitteln (Art. 66 KEV 2004).

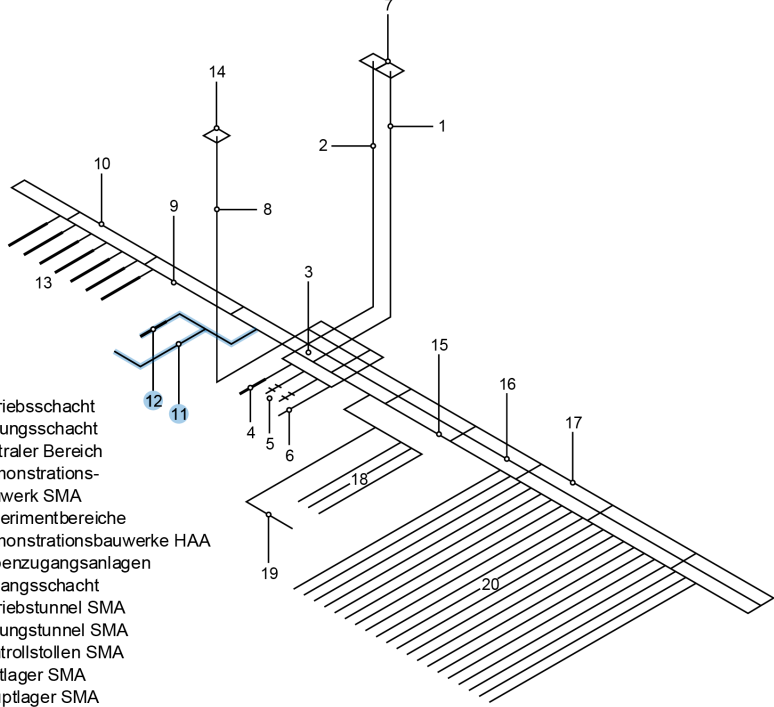
Das Modul SMA-Pilotlager besteht aus den folgenden Bauwerken:

- Lagerkaverne des Pilotlagers SMA [11]
- Kontrollstollen SMA [12]
- Pilotlagerzugangstunnel SMA (Zugang ab dem Betriebstunnel SMA bis zum Abzweigertunnel Pilotlager SMA)
- Abzweigertunnel Pilotlager SMA zur Pilotlagerkaverne SMA
- Ablade- und Übernahmebereich Pilotlager SMA zur Pilotlagerkaverne SMA

In Tab. 3-8 sind die Bauwerke des Moduls und deren Hauptfunktionen beschrieben. Die Normalprofile des Pilotlagertunnels SMA (Zugang zum Pilotlager), des Abzweigertunnels Pilotlager SMA sowie des Ablade- und Übernahmebereichs des Pilotlagers SMA entsprechen den Normalprofilen aus dem Modul D (Zugang zu SMA-Hauptlager; Kap. 3.5). Das Normalprofil der Pilotlagerkaverne SMA entspricht dem Normalprofil der Lagerkaverne aus dem Modul F (SMA-Hauptlager; Kap. 3.7). Die Fig. 3-16 zeigt eine beispielhafte Umsetzung des Kontrollstollens in Form eines Normalprofils.

Aktuell ist eine 80 m lange SMA-Pilotlagerkaverne vorgesehen.

Tab. 3-8: Übersicht Modul SMA-Pilotlager

Modul SMA-Pilotlager	
Bauwerke des Moduls	 1 Betriebsschacht 2 Lüftungsschacht 3 zentraler Bereich 4 Demonstrations-Bauwerk SMA 5 Experimentbereiche 6 Demonstrationsbauwerke HAA 7 Nebenzugangsanlagen 8 Zugangsschacht 9 Betriebstunnel SMA 10 Lüftungstunnel SMA 11 Kontrollstollen SMA 12 Pilotlager SMA 13 Hauptlager SMA 14 Oberflächenanlage (Hauptzugang) 15 Betriebstunnel HAA 16 Lüftungstunnel HAA 17 Bautunnel HAA 18 Pilotlager HAA 19 Kontrollstollen HAA 20 Hauptlager HAA
Hauptfunktionen	• Die Hauptfunktionen des Pilotlagertunnels SMA, des Kontrollstollens SMA, des Abzweigertunnels Pilotlager SMA sowie des Ablade- und Übernahmebereichs Pilotlager SMA entsprechen den Hauptfunktionen aus dem Modul Zugang SMA-Hauptlager (siehe Tab. 3-4). • Die Hauptfunktionen der Pilotlagerkaverne SMA entsprechen den Hauptfunktionen der Lagerkaverne aus dem Modul SMA-Hauptlager (siehe Tab. 3-6). • Der Kontrollstollen soll gewährleisten, dass die für Überwachung des Pilotlagers erforderlichen Messungen durchgeführt werden können.

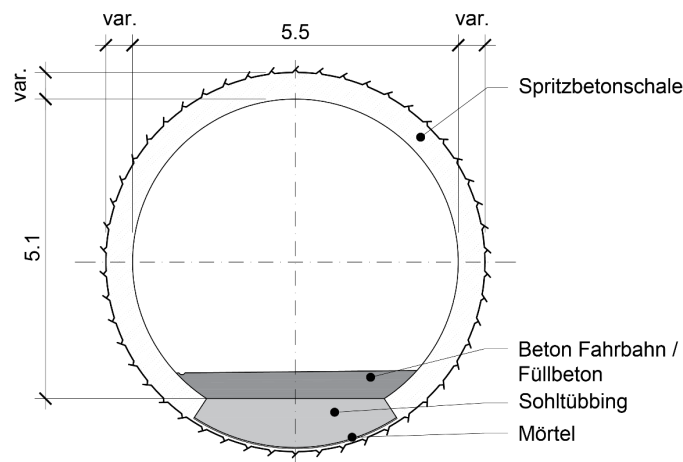


Fig. 3-16: Beispielhaftes Normalprofil des Kontrollstollens SMA

3.10 Modul I: HAA-Pilotlager inkl. Zugang und Kontrollstollen

Im Pilotlager ist das Verhalten der Abfälle, der Verfüllung und des Wirtgesteins bis zum Ablauf der Beobachtungsphase zu überwachen. Bei der Überwachung sind im Hinblick auf den Verschluss Daten zur Erhärtung des Sicherheitsnachweises zu ermitteln (Art. 66 KEV 2004).

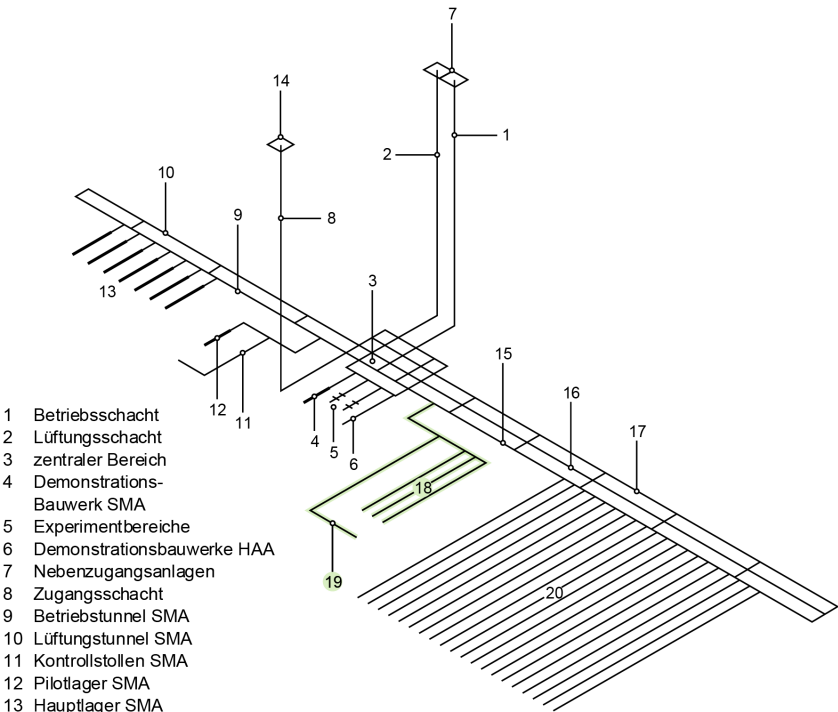
Das Modul HAA-Pilotlager besteht aus den folgenden Bauwerken:

- Pilotlagerstollen des Pilotlagers HAA [181]
- Kontrollstollen HAA [19]
- Pilotlagertunnel HAA (Zugang ab dem Betriebstunnel HAA bis zum Abzweigertunnel Pilotlager HAA)
- Abzweigertunnel Pilotlager HAA zum Umladebereich Pilotlager HAA
- Umladebereich Pilotlager HAA zu den einzelnen Pilotlagerstollen HAA

In Tab. 3-9 sind die Bauwerke des Moduls und deren Hauptfunktionen beschrieben. Die Normalprofile des Pilotlagertunnels HAA (Zugang zum Pilotlager), des Abzweigertunnels Pilotlager HAA sowie des Übernahmebereichs Pilotlager HAA entsprechen den Normalprofilen aus dem Modul E (Zugang zu SMA-Hauptlager; Kap. 3.6). Das Normalprofil des Pilotlagerstollens HAA entspricht dem Normalprofil des Lagerstollens aus Modul G (HAA-Hauptlager, Kap. 3.8). Das Normalprofil des Kontrollstollens des HAA-Pilotlagers entspricht dem Profil des Kontrollstollens des SMA-Pilotlagers (Fig. 3-16).

Es sind aktuell drei Pilotlagerstollen mit Längen von je ca. 210 m vorgesehen.

Tab. 3-9: Übersicht Modul HAA-Pilotlager

Modul HAA-Pilotlager	
Bauwerke des Moduls	 1 Betriebsschacht 2 Lüftungsschacht 3 zentraler Bereich 4 Demonstrations-Bauwerk SMA 5 Experimentbereiche 6 Demonstrationsbauwerke HAA 7 Nebenzugangsanlagen 8 Zugangsschacht 9 Betriebstunnel SMA 10 Lüftungstunnel SMA 11 Kontrollstollen SMA 12 Pilotlager SMA 13 Hauptlager SMA 14 Oberflächenanlage (Hauptzugang) 15 Betriebstunnel HAA 16 Lüftungstunnel HAA 17 Bautunnel HAA 18 Pilotlager HAA 19 Kontrollstollen HAA 20 Hauptlager HAA
Hauptfunktionen	• Die Hauptfunktionen des Pilotlagertunnels HAA, des Kontrollstollens HAA, des Abzweigertunnels Pilotlager HAA sowie des Umladebereichs Pilotlager HAA entsprechen den Hauptfunktionen aus dem Modul Zugang HAA-Hauptlager (siehe Tab. 3-5). • Die Hauptfunktionen des Pilotlagerstollens HAA entsprechen den Hauptfunktionen der Lagerstollen aus dem Modul HAA-Hauptlager (siehe Tab. 3-7). • Der Kontrollstollen soll gewährleisten, dass die für Überwachung des Pilotlagers erforderlichen Messungen durchgeführt werden können.

4 Bildung von Einzellagern aus den Modulen

Ein Kombilager wird durch die Anordnung aller in diesem Bericht aufgezählten Module gem. Fig. 3-1 gebildet. Für die Begründung der Standortwahl und den Entscheid zum Lagertyp muss die RBG-Dokumentation gemäss ENSI (2018) einen Vergleich von Einzellagern umfassen. SMA-Einzellager (Fig. 4-1) bzw. HAA-Einzellager (Fig. 4-2) werden durch Anordnung der hierzu notwendigen Module gebildet.

Wie beim Kombilager sind bei einem HAA-Einzellager drei Zugänge zur Lagerebene erforderlich, da der Bau und die Einlagerung HAA gleichzeitig – aber räumlich getrennt – erfolgen. Bei einem Einzellager SMA erfolgt der Bau und der Einlagerungsbetrieb seriell, so dass zwei Zugänge ausreichend sind.

Der Zentrale Bereich und der EUU-Bereich fallen bei Einzellagern nur geringfügig kleiner aus als bei einem Kombilager, da für den Bau und Betrieb der Einzellager in den massgebenden Phasen ähnliche Logistikanforderungen abzudecken sind wie bei einem Kombilager.

Die Unterschiede zwischen einem Kombi- und zwei Einzellagern sind in Nagra (2020) umfassend erläutert.

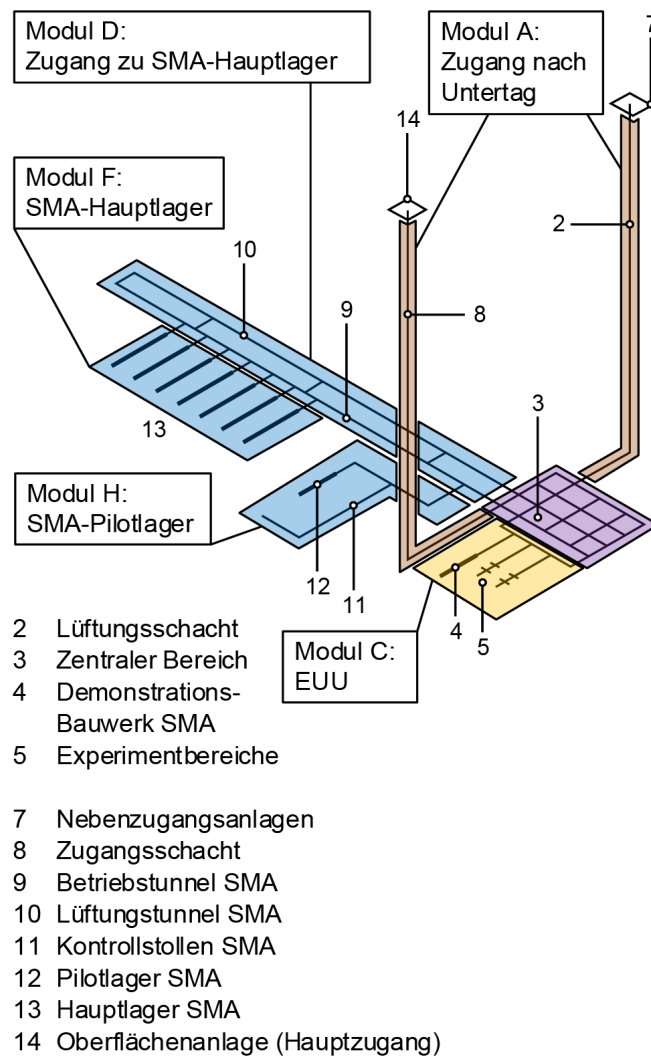


Fig. 4-1: Systemskizze eines SMA-Einzellagers mit Schachterschliessung
Dargestellt sind nur die für das Einzellager erforderlichen Module (vgl. Fig. 3-1).

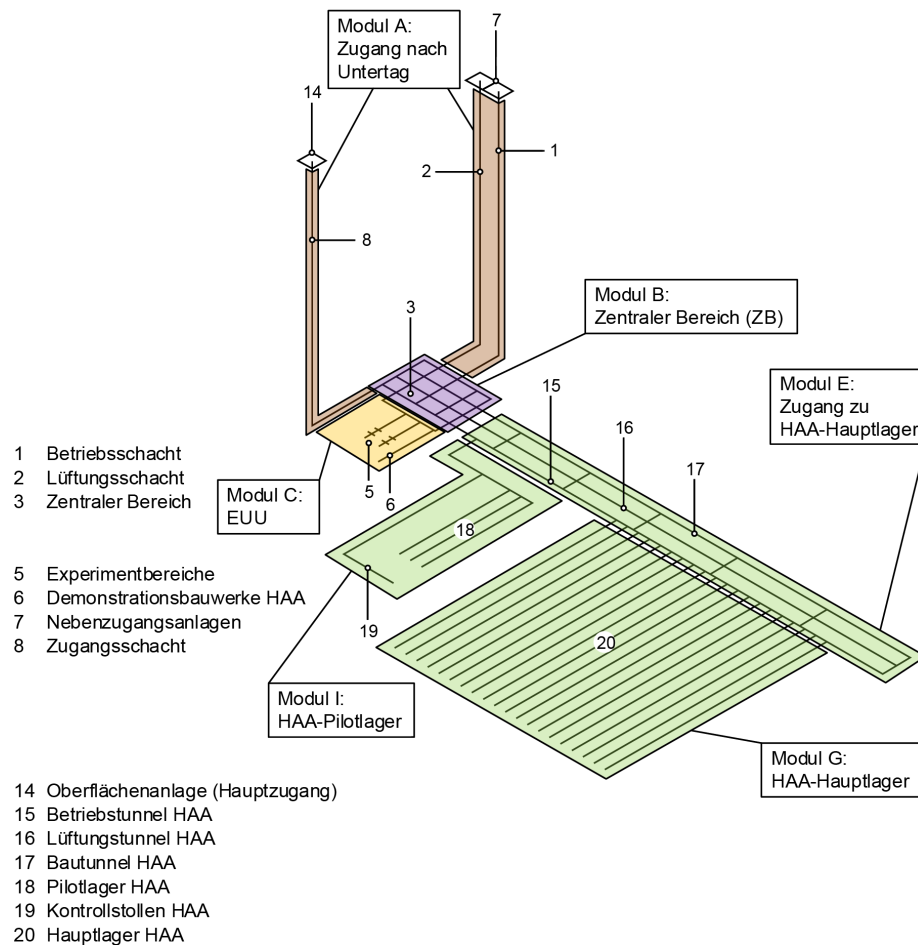


Fig. 4-2: Systemskizze eines HAA-Einzellagers mit Schachterschliessung
Dargestellt sind nur die für das Einzellager erforderlichen Module (vgl. Fig. 3-1).

5 Literaturverzeichnis

- BFE (2018): Sachplan geologische Tiefenlager: Ergebnisbericht zu Etappe 2: Festlegungen und Objektblätter. Bundesamt für Energie BFE, Bern.
- ENSI (2018): Präzisierungen der sicherheitstechnischen Vorgaben für Etappe 3 des Sachplans geologische Tiefenlager. Sachplan geologische Tiefenlager, Etappe 3. ENSI 33/649. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, Brugg.
- KEG (2003): Kernenergiegesetz (KEG) vom 21. März 2003, Stand am 1. Januar 2021. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 732.1, Schweiz.
- KEV (2004): Kernenergieverordnung (KEV) vom 10. Dezember 2004, Stand am 1. Februar 2019. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 732.11, Schweiz.
- Nagra (2016a): Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen. Nagra Technischer Bericht NTB 16-01 D.
- Nagra (2016b): Generische Beschreibung von Schachtkopfanlagen (Nebenzugangsanlagen) geologischer Tiefenlager. Nagra Technischer Bericht NTB 16-08.
- Nagra (2019a): Platzierung der Hauptschliessungsbereiche (HEB) in den Standortgebieten Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost. Nagra Arbeitsbericht NAB 19-19.
- Nagra (2019b): Vorschläge zur Konkretisierung der Oberflächeninfrastruktur der geologischen Tiefenlager. Teil 2: Standortspezifische Vorschläge. Nagra Arbeitsbericht NAB 19-08 Teil 2.
- Nagra (2020): Standortunabhängiger Vergleich eines Kombilagers mit zwei Einzellagern hinsichtlich Bau- und Betriebsabläufe sowie Umwelt. Nagra Arbeitsbericht NAB 19-15.
- Nagra (2021a): Entsorgungsprogramm 2021 der Entsorgungspflichtigen. Nagra Technischer Bericht NTB 21-01.
- Nagra (2021b): Konzept erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (EUU). Nagra Arbeitsbericht NAB 21-14.
- Nagra (2021c): Methodik zur Definition des Mindestabstands zwischen den HAA- und SMA-Lagerteilen im Kombilager. Nagra Arbeitsbericht NAB 20-31.
- Nagra (2021d): Verschlusskonzept für ein geologisches Tiefenlager. Nagra Arbeitsbericht NAB 21-12.
- Nagra (2022): Ableitung Anforderungen an Lagerauslegung aus Sicht Langzeitsicherheit. Nagra Arbeitsbericht NAB 21-02.
- Nagra (*in Bearb.*): Betriebskonzepte eines geologischen Tiefenlagers. Nagra Arbeitsbericht NAB 21-06.
- Nagra (*in Bearb.*): Grundlagen des schweizerischen Lagerkonzeptes für die geologische Tiefenlagerung (aus Sicht Langzeitsicherheit). Nagra Arbeitsbericht NAB 21-29.

Anlage A Beispielhafte Hauptabmessungen eines gTL

In Fig. A-1 werden die Abmessungen eines Kombilagere anhand einer beispielhaften Umsetzung dargestellt.

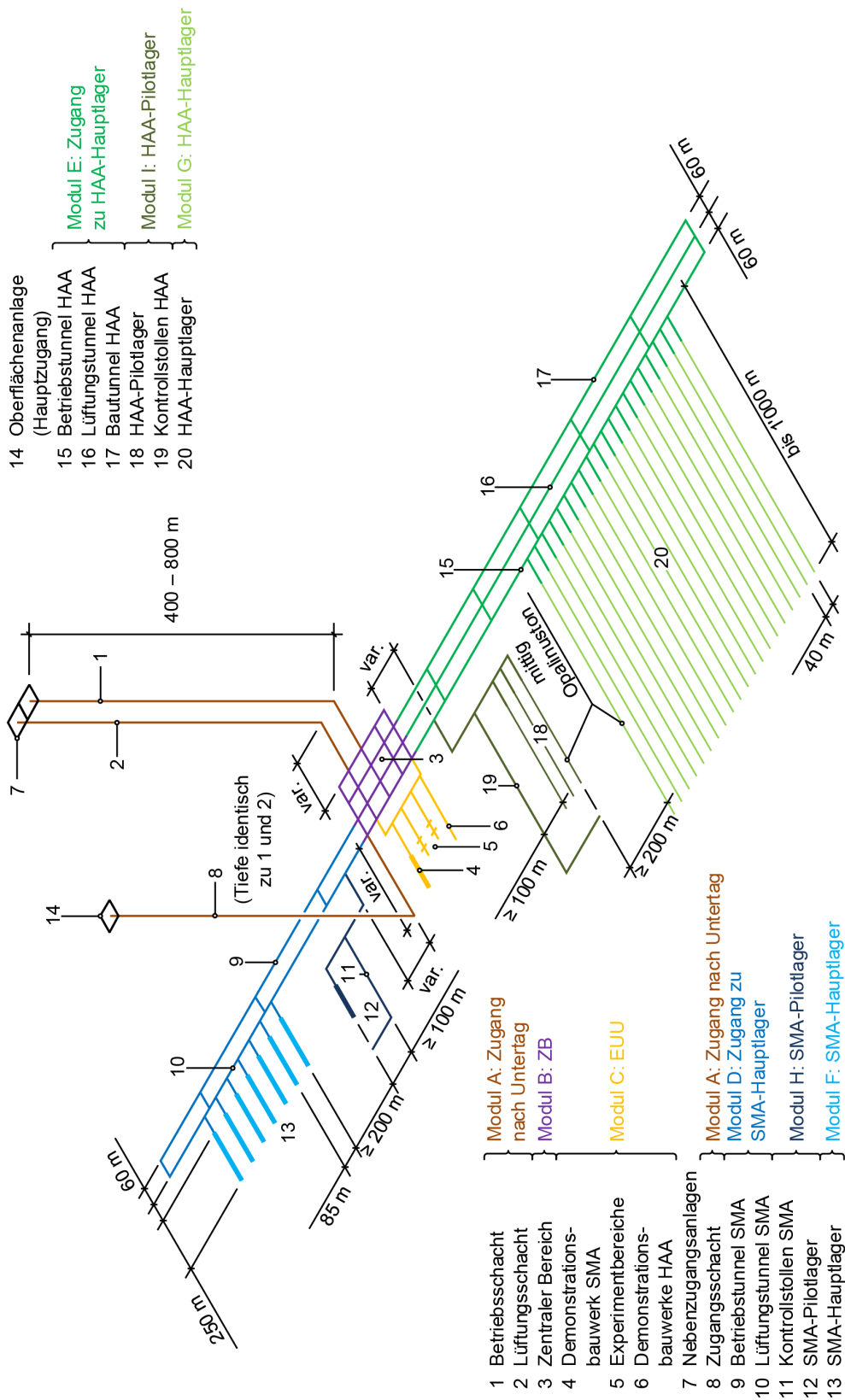


Fig. A-1: Generisches Kombilager mit Hauptabmessungen einer beispielhaften Umsetzung

Tab. A-1 gibt die Spannweite der erwarteten Längen der untertägigen Bauwerke und des erforderlichen Ausbruchvolumens eines Kombilagers an. Für ein Kombilager werden je nach standortspezifischen Bedingungen ca. 41 bis 47 km Schächte, Stollen, Tunnel und Kavernen aufgeföhren und ein Volumen von ca. 1.3 bis 1.7 Mio. m³ ausgebrochen.

Tab. A-1: Ungeföhre Wertebereiche für Hauptausmasse untertägiger Bauwerke eines Kombilagers

Lage	Bereich	Ausbruchvolumen [in 1'000 m³f]	Tunnel/ Schachtlängen [km]
Zugang nach Untertag	Schächte *	130 - 250	1.5 - 3.0
Lagerebene	ZB und EUU**	150 - 250	4.0 - 5.5
	SMA-Lagerteil ***	450 - 550	7.0 - 8.0
	HAA-Lagerteil ***	550 - 650	28.0 - 31.0
Total (gerundet)		1'300 - 1'700	41 - 47

* In Abhängigkeit der Lagertiefe

** In Abhängigkeit der Lage des ZB zu den OFI-Arealen und der Lage des EUU-Bereichs zur Lage des ZB

*** In Abhängigkeit der Lage des Lagerteils zur Lage des ZB