

Arbeitsbericht NAB 19-34

Standortregion NL (Nördlich Lägern)

**Abklärung der bautechnischen
Machbarkeit eines Kavernen-/
Stollensystems für eine unter-
tägige Verpackungsanlage für
BE-/HAA-Abfälle im "Ämperg"**

August 2019

P. Züst, D. Marti

Arbeitsbericht NAB 19-34

Standortregion NL (Nördlich Lägern)

**Abklärung der bautechnischen
Machbarkeit eines Kavernen-/
Stollensystems für eine unter-
tägige Verpackungsanlage für
BE-/HAA-Abfälle im "Ämperg"**

August 2019

P. Züst¹⁾, D. Marti²⁾

¹⁾Pöyry, ²⁾Nagra

STICHWÖRTER

BE/HAA-Verpackungsanlage Untertag, BEVA, NL, Ämperg, Kavernen, Verbindungstunnel, bautechnische Machbarkeit, Partizipation, Regionalkonferenz, Fachgruppe OFA

Nationale Genossenschaft
für die Lagerung
radioaktiver Abfälle

Hardstrasse 73
Postfach 280
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 © 2019 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.....	I
Figurenverzeichnis	II
1 Ausgangslage und Auftrag.....	1
2 Randbedingungen	1
3 Vorgehensweise	4
4 Schritt 1: Anlagenlayout Verpackungsanlage Untertag	4
4.1 Schritt 1a: Prozesse Verpackungsanlage Übertag	4
4.2 Schritt 1b: Prozesse Verpackungsanlage Untertag	6
5 Schritt 2: Abklärung bautechnische Machbarkeit	10
5.1 Vorgehen	10
5.2 Resultate	10
5.3 Unsicherheiten Geologie	11
6 Schritt 3: Beurteilung der Auswirkungen einer Verpackungsanlage Untertag.....	12
7 Schritt 4: Fazit Nagra.....	14
Referenzverzeichnis	14

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Ausgewählte, relevante Themen zu betrieblichen und sicherheitstechnischen Aspekten, ergänzt mit qualitativem Vergleich zwischen BEVA Untertag und Übertag mit Auswirkung auf Platzbedarf im Untergrund.....	3
---	---

Figurenverzeichnis

Fig. 1:	Beispielhafte Anordnung und Ausgestaltung der funktional erforderlichen Bauwerke der Oberflächenanlage für ein Kombilager (Nagra 2019).....	5
Fig. 2:	BEVA Übertag im Schnitt und Grundriss mit den Prozessen K1 bis K5.....	6
Fig. 3:	BEVA Übertag, aufgeteilt in die Prozesse K1 bis K5.....	7
Fig. 4:	Mögliches Layout einer BEVA Untertag mit der Aufteilung in die Prozesse K1 bis K5.....	8
Fig. 5:	BEVA Untertag; mögliches Layout des Kavernen- / Stollensystems.....	9
Fig. 6:	BEVA Untertag; mögliches Layout des Kavernen- / Stollensystems mit Angaben zu ungefähren Ausbruchkubaturen.....	12

1 Ausgangslage und Auftrag

Der Bundesrat legte Ende Etappe 2 (E2) des Sachplans geologische Tiefenlager (SGT) zwei Räume für die Oberflächenanlage (OFA) im Standortgebiet Nördlich Lägern fest; dies sind NL-2 (Weiach) und NL-6 (Haberstal). Der Bundesrat hat zudem angewiesen, dass im Rahmen der regionalen Partizipation eine Einengung auf ein Standortareal stattfinden soll und darauf hingewiesen, dass die genaue Lage des Standortareals zu optimieren sei.

Die Vollversammlung der Regionalkonferenz Nördlich Lägern hat in diesem Zusammenhang Ende November 2017 beschlossen, dass das BFE resp. die Nagra vertiefte Abklärungen zur Realisierbarkeit einer untertägigen Oberflächenanlage im Standortgebiet Nördlich Lägern durchführen soll. Mitte Mai 2018 hat das BFE die Nagra beauftragt, die dazu notwendigen Abklärungen vorzunehmen.

Das Vorgehen und die Ergebnisse sowie das Fazit der Nagra aus diesen Abklärungen sind in diesem Bericht dokumentiert. Auch wenn die Überlegungen auf Grobkonzepten mit gewissen Unsicherheiten beruhen, erachtet die Nagra die daraus gewonnenen Erkenntnisse als aussagekräftig.

2 Randbedingungen

Damit der Umfang der Machbarkeitsüberprüfung klar abgegrenzt und der Tiefgang der konzeptionellen Überlegungen der Planungsstufe entsprechend bearbeitet werden können, geht die Nagra von folgenden Randbedingungen¹ aus:

- Die untertägige Anordnung beschränkt sich auf die BE/HAA-Verpackungsanlage (BEVA). Diese ist von der gesamten übertägigen Oberflächenanlage (OFA) das grösste und betrieblich komplexeste Bauwerk und wird daher für eine untertägige Lösung massgebend sein. Dies erfordert entsprechende Kavernengrössen bzw. Kavernenquerschnitte.
- Der vorliegende Bericht beschränkt sich auf die Beurteilung der bautechnischen Machbarkeit von Kavernen und Stollen, die für eine untertägige BEVA erforderlich sind. Dabei werden die mutmasslichen geologischen-hydrogeologischen Verhältnisse im Raum "Ämperg" zugrunde gelegt.
- Als Grundlage für ein Layout einer BEVA Untertag wird davon ausgegangen, dass diese für den Betrieb die gleichen fünf Prozesse K1 bis K5 aufnehmen muss wie eine Übertägige (s. Fig. 3):
 - Prozess K1: Transportlagerbehälter (TLB)-Empfang und Pufferung
 - Prozess K2: TLB-Schleuse; Vorbereitung Demontage Aussendeckel TLB
 - Prozess K3: Demontage Innendeckel TLB, Umlad TLB in Endlagerbehälter (ELB), Montage Innendeckel ELB
 - Prozess K4: ELB-Schleuse; Montage Aussendeckel ELB
 - Prozess K5: Verschweissung Aussendeckel ELB, Pufferung und Auslieferung

¹ Weitere Randbedingungen für die Machbarkeitsprüfung aus Sicht Geologie, Geotechnik und Hydrogeologie sind in (Jäckli + ILF, 2019) formuliert.

- Im Hinblick auf das untertägige Layout werden nur vereinzelte Aspekte zu Betrieb und Sicherheit berücksichtigt. Dies erfolgt auf Stufe Grobkonzept². Detailliertere Überlegungen dazu sind nicht Gegenstand des vorliegenden Berichts, da er nur die Überprüfung der bautechnischen Machbarkeit der für den BEVA-Betrieb minimal erforderlichen Kavernen zum Ziel hat. Als planerische Randbedingung werden folgende Annahmen für die Erarbeitung eines untertägigen Kavernen- / Stollenlayouts getroffen:
 - Die fünf Prozesse K1 bis K5 in der BEVA sind in separaten, aber miteinander verbundenen Kavernen untergebracht³.
 - Die einzelnen Prozesse K1 bis K5 beanspruchen bei einer untertägigen Lösung in etwa den gleichen Raumbedarf wie bei einer übertägigen Lösung, wozu entsprechendes Kavernenvolumen benötigt wird.
 - Aus Gründen der Betriebssicherheit (z.B. Flucht und Rettung, Lüftung) sollen Kavernen zweiseitig für den Bau und den Betrieb mit Stollen angeschlossen sein.
- Die Gestaltung eines untertägigen Kavernen- / Stollenlayouts basiert auf den oben erwähnten Randbedingungen und lehnt sich layoutmässig stark an die BEVA Übertag an. Da keine tiefere Betrachtungen zu Betrieb und Sicherheit gemacht werden, ist das in Kap. 4.2 abgeleitete, untertägige Anlagenlayout, welches der Bewertung der bautechnischen Machbarkeit zu Grunde gelegt wird, weniger komplex, als es in Realität unter Berücksichtigung aller Aspekte ausfallen würde. Mit diesem "vereinfachten" Layout einer BEVA Untertag (Kernbereich) kann die bautechnische Machbarkeit i.d.R. mit geringerem Aufwand erreicht werden als bei einem komplizierten Layout mit einer Vielzahl von Stollen. Dies bedeutet, dass in Realität die bautechnische Machbarkeit als noch erschwerter beurteilt werden müsste, als dies in diesem Bericht mit einem "vereinfachten" Layout der Fall ist.
- Hinweise dazu, was bei einer vertiefteren Planung einer BEVA Untertag im Detail zu beachten ist, liefert die nachstehende Tabelle, bei der eine Auswahl an relevanten Themen zu Betrieb und Sicherheit aufgeführt und qualitativ zwischen einer ober- und untertägigen BEVA verglichen werden.

² Bei einem Grobkonzept ist keine detaillierte Betrachtung hinsichtlich der Betriebsprozesse und Betriebssicherheit möglich. Das Ziel dieser vereinfachten Überlegung ist, ein plausibles, aber nicht optimiertes Kavernen-/ Stollensystem entwickeln zu können, an dem die bautechnische Machbarkeit überprüft wird.

³ Die Unterbringung aller Prozesse in einer einzigen Kaverne hätte einen riesigen Kavernenquerschnitt zur Folge, deren bautechnische Machbarkeit, unabhängig von der Geologie, als nicht gegeben beurteilt wird.

Tab. 1: Ausgewählte, relevante Themen zu betrieblichen und sicherheitstechnischen Aspekten, ergänzt mit qualitativem Vergleich zwischen BEVA Untertag und Übertag mit Auswirkung auf Platzbedarf im Untergrund

Annahme ist, dass für eine BEVA Untertag die gleichen Sicherheitsanforderungen gelten wie für eine BEVA Übertag.

Thema mit Auswirkungen auf erforderlichen Platzbedarf	für BEVA Untertag (im Vergleich zu BEVA Übertag)	
	voraussichtlich aufwändigere Umsetzung	voraussichtlich einfachere Umsetzung
Allgemeiner Anlagenbetrieb und Prozesse für die Einlagerung	X	
Unterhaltsarbeiten (Instandhaltung und Instandsetzung)	X (beschränkte Platzverhältnisse und erschwerter Zugang)	
Anlagensicherung (Zugang zur Anlage)		X
"Einwirkungen von aussen" (EWA): z.B. Flugzeugabsturz, (Wald)Brand, Explosion, extreme Wetterbedingungen		X (besserer Schutz)
"Einwirkungen von innen" (EWI): z.B. Brand, Explosion in Anlage	X	
Intervention von aussen	X (längere Interventionszeit)	
Intervention von innen	X	
Flucht und Rettung	X	
Strahlenschutz	X	

- Unter bautechnischer Machbarkeit versteht die Nagra, dass ein Bauwerk mit sinnvollen, angepassten und in der Fachwelt anerkannten und bewährten Lösungen und Methoden gebaut werden kann und zudem dem Aspekt der volkswirtschaftlichen Verhältnismässigkeit Rechnung trägt.
- Die Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit einer untertägigen BEVA ist nicht Gegenstand des vorliegenden Berichts.

3 Vorgehensweise

Der Fokus der Überprüfung der bautechnischen Machbarkeit liegt auf dem sicheren Bau des erforderlichen Kavernen- / Stollensystems zur Abwicklung der BEVA-Prozessschritte K1 bis K5. Zentral für die Fragestellung der bautechnischen Machbarkeit sind die geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten im Raum "Ämperg" (Jäckli + ILF, 2019).

Für diese Abklärung sowie für die Beurteilung der Auswirkungen des Baus einer untertägigen Verpackungsanlage wurde von der Nagra folgendes, schrittweises Vorgehen gewählt:

- *Schritt 1:* Erarbeitung eines Anlagenlayout auf Stufe Grobkonzept für eine BEVA Untertag auf Basis einer BEVA Übertag
- *Schritt 2:* Abklärung der bautechnischen Machbarkeit, basierend auf den heutigen Kenntnissen zur Geologie, Geotechnik und Hydrogeologie im Raum "Ämperg", jeweils für:
 - Einfacher Einzeltunnel
 - Einfache Einzelkaverne
 - Komplexes Kavernen- / Stollensystem als Ganzes für eine BEVA
- *Schritt 3:* Beurteilung der Auswirkungen des Baus einer BEVA Untertag
- *Schritt 4:* Fazit der Nagra aufgrund der Erkenntnisse aus den vorangegangenen Schritten

In den nachstehenden Kapiteln sind die einzelnen Schritte erläutert.

4 Schritt 1: Anlagenlayout Verpackungsanlage Untertag

Basierend auf einem bestehenden Layout für eine BEVA Übertag (s. Kap. 4.1) wird eine Anlage mit gleichen Prozessen für Untertag (s. Kap. 4.2) auf Stufe Grobkonzept entwickelt. Unter Berücksichtigung von Randbedingungen aus Kap. 2 wird daraus ein mögliches Kavernen- / Stollenlayout abgeleitet, welches im Schritt 2 analysiert wird.

4.1 Schritt 1a: Prozesse Verpackungsanlage Übertag

Für den Bau und Betrieb eines geologischen Tiefenlagers sind verschiedene Anlagen an der Oberfläche nötig. Wichtige Elemente stellen dabei die Anlagen zur Verpackung der radioaktiven Abfälle dar. Die BEVA ist das grösste Anlagenteil der Oberflächenanlage und weist ungefähr die Abmessungen von L x B x H von knapp 100 m x 80 m x 35 m auf (s. Fig. 2).

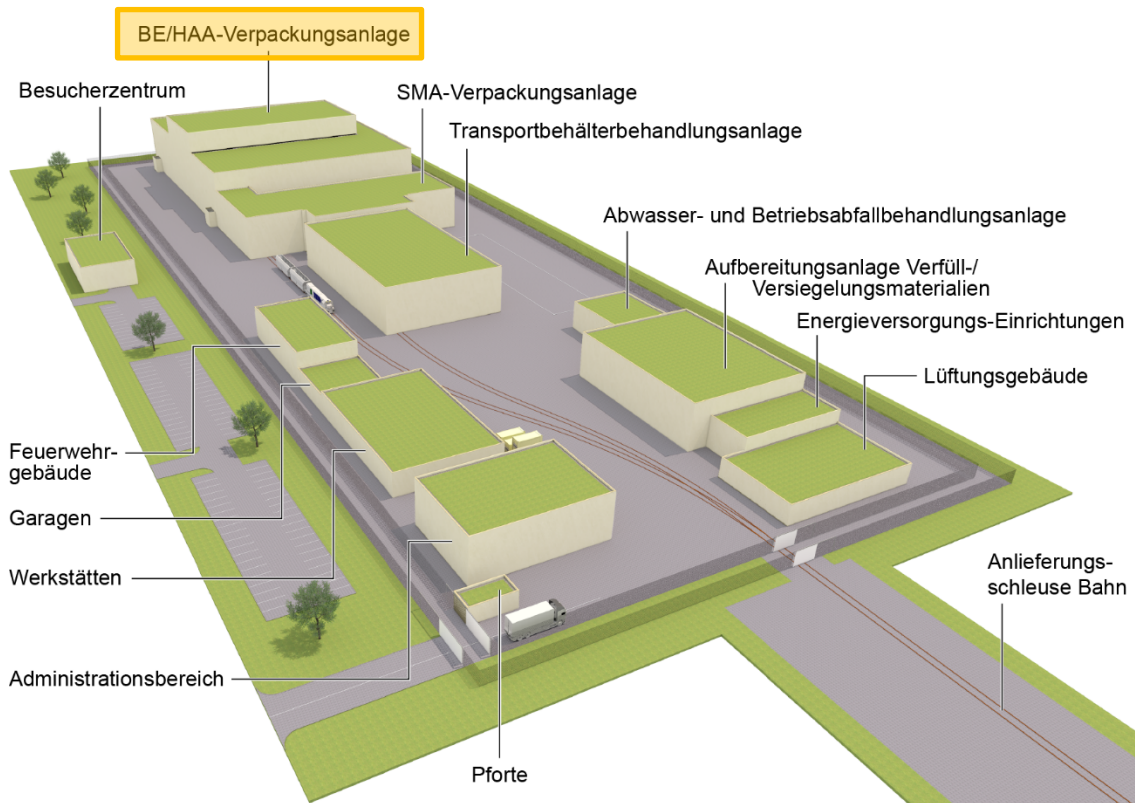


Fig. 1: Beispielhafte Anordnung und Ausgestaltung der funktional erforderlichen Bauwerke der Oberflächenanlage für ein Kombilager (Nagra 2019)

In einer BEVA finden alle Betriebsprozesse statt, die für die effiziente und sichere Umverpackung der radioaktiven Abfälle benötigt werden. Sie erfolgen in einer klar definierten Reihenfolge von der Annahme der in Transportlagerbehälter (TLB) angelieferten Abfälle, mit anschließender Umverpackung in Endlagerbehälter (ELB), dem dichten Verschluss der ELB und nachfolgender Auslieferung für den Transport in das Tiefenlager. Diese Prozesse finden in separaten und abgeschotteten Räumen innerhalb der BEVA statt. Für die Verpackungsanlage als Ganzes, aber auch für diese Räume bestehen insbesondere während der Betriebsphase spezifische Anforderungen, u.a. bezüglich konventioneller (z.B. Arbeits- und Gesundheitsschutz, Intervention, Flucht und Rettung) und nuklearer Sicherheit (Störfallvermeidung und -bewältigung sowie Anforderungen aus dem Strahlenschutz wie die Einrichtung von kontrollierten Zonen und die Gewährleistung einer gerichteten Luftführung) aber auch bezüglich Zugänglichkeit (z.B. Instandhaltung und Instandsetzung / Erneuerung). Analog zur Zwilag, in der heute schon Abfälle verpackt werden, weist die Verpackungsanlage teilweise eine massive Baustruktur sowie Systeme und Komponenten auf, um die Vorgaben an die Betriebssicherheit und die Sicherung erfüllen zu können.

Gemäss aktuellem Planungsstand der Nagra können mit der in Fig. 2 dargestellten BEVA Übertrag alle erforderlichen Prozesse ausgeführt und mit entsprechender Auslegung sicher gebaut, betrieben und unterhalten werden.

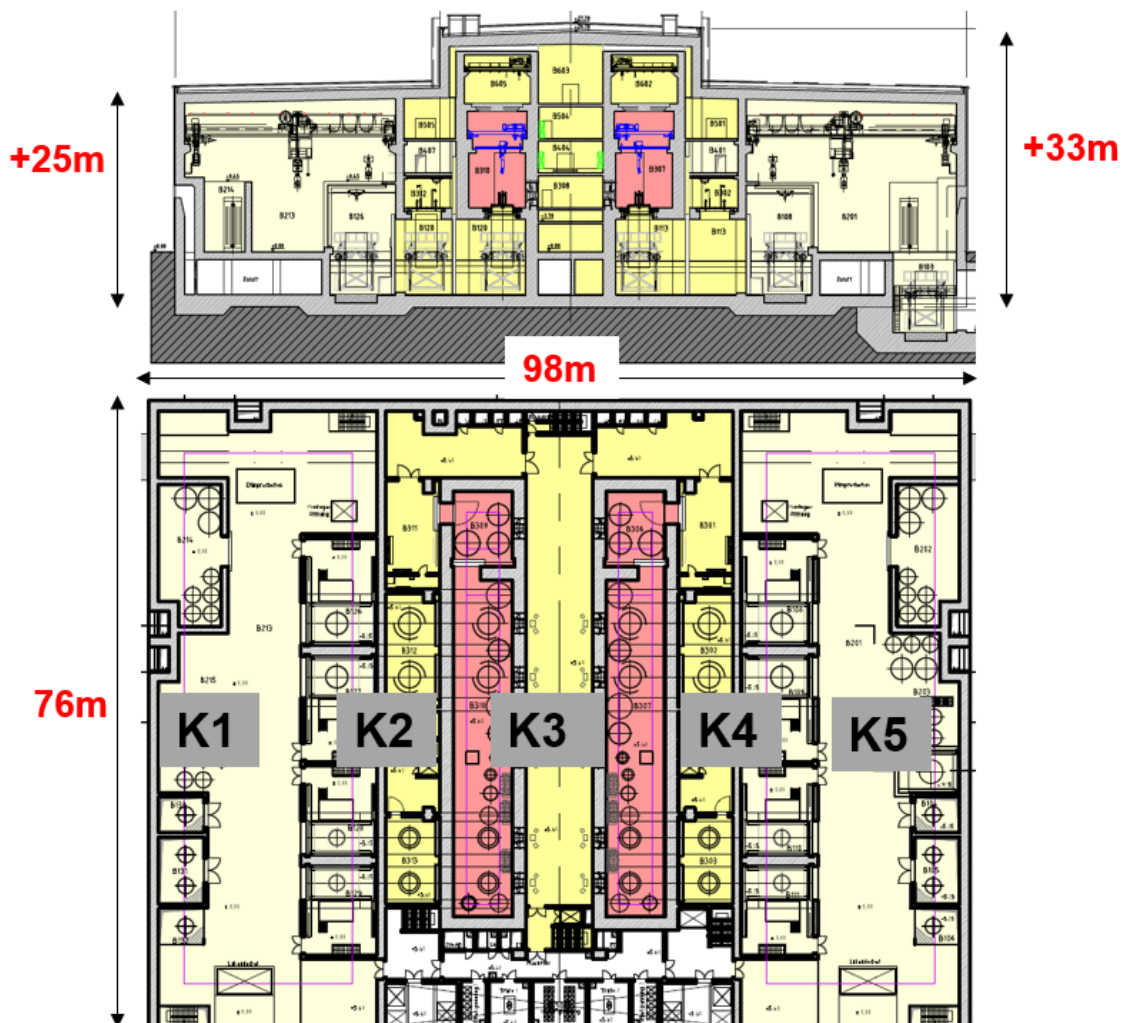


Fig. 2: BEVA Übertag im Schnitt und Grundriss mit den Prozessen K1 bis K5

Die Prozesse erfolgen schrittweise, beginnend bei K1 bis zum letzten K5. Eine Übersicht der Prozesse ist in Fig. 3 ersichtlich.

4.2 Schritt 1b: Prozesse Verpackungsanlage Untertag

Gemäss Randbedingungen in Kap. 2 wird für die Festlegung eines Kavernen-/ Stollenlayouts für eine BEVA Untertag davon ausgegangen, dass diese die gleichen Prozesse enthält wie eine Verpackungsanlage Übertag und die Prozesse Übertag und Untertag in etwa den gleichen Raumbedarf beanspruchen. Grundsätzlich muss die Anlage Untertag während des Betriebs so ausgelegt und betrieben werden, dass sie gleichen Anforderungen an die konventionelle und nukleare Sicherheit sowie Sicherung genügt wie eine über-tägige Anlage (vgl. Kap. 4.1). Wie jedoch in Kap. 2 erwähnt, ist eine detaillierte Planung einer BEVA Untertag unter Berücksichtigung aller massgebenden betrieblichen und sicherheitstechnischen Aspekte nicht Bestandteil des vorliegenden Berichts.

Eine BEVA Übertag gemäss Fig. 2 kann nicht als Ganzes unter-tägig angeordnet werden, da dies eine viel zu grosse Kaverne benötigen würde, die bautechnisch nicht realisierbar wäre. Aus

diesem Grund wird die Verpackungsanlage Übertag für eine untertägige Lösung konzeptionell in fünf kleinere "Einzelstücke" aufgeteilt, damit sich die Kavernengrösse reduzieren lässt. Die "Einzelstücke" ergeben sich aufgrund der fünf wichtigsten Prozessschritte K1 - K5 in der BEVA. Sie sind in Kap. 2 aufgeführt und in den Figuren 2 und 3 dargestellt.

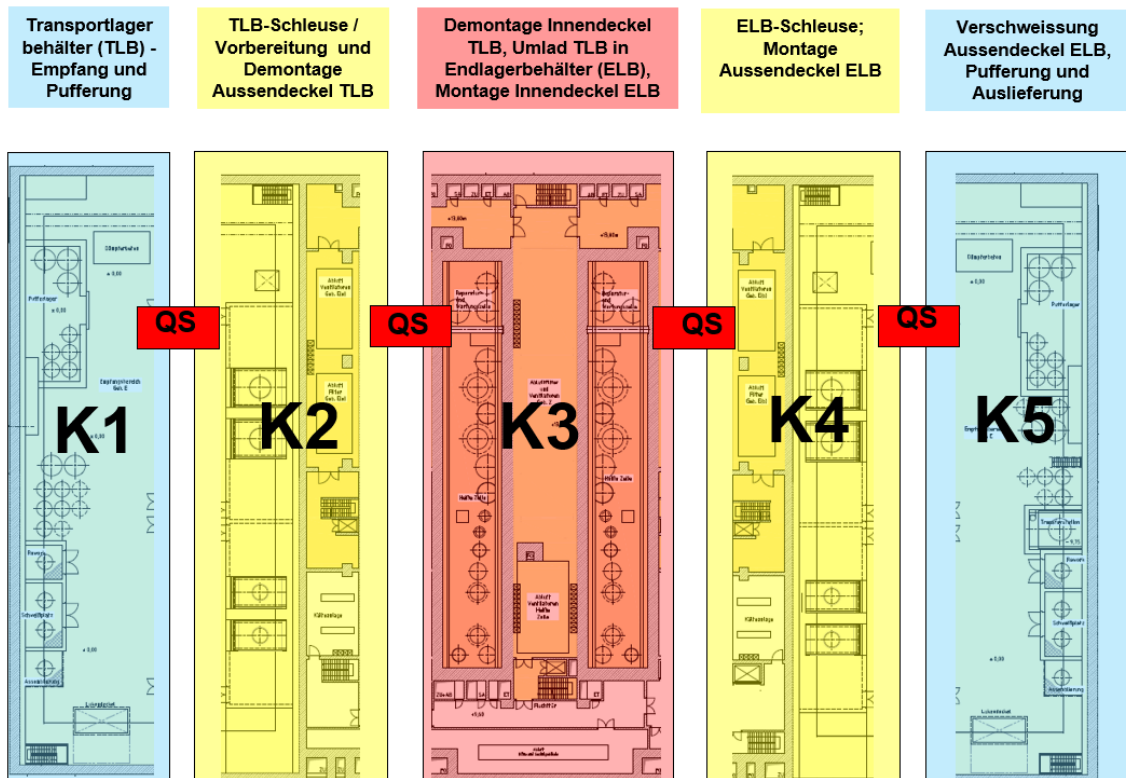


Fig. 3: BEVA Übertag, aufgeteilt in die Prozesse K1 bis K5

Für die untertägige Verpackungsanlage wird für jeden Prozess eine separate Kaverne benötigt, wobei benachbarte Kavernen mittels Querstollen (QS) miteinander verbunden sind (vgl. Fig. 4).

Für das untertägige Layout wird angenommen, dass jeder Prozess gemäss Fig. 3 in einer separaten Kaverne untergebracht werden kann. Somit resultieren für die insgesamt fünf Prozesse drei grosse Kavernen je für Anlieferung (K1), Umverpackung (K3) und Auslieferung (K5) sowie zwei kleinere Kavernen je für TLB-Schleuse (K2), resp. ELB-Schleuse (K4). Die kleineren zwei Kavernen sind jeweils mit vier Querstollen (QS) mit den benachbarten grösseren Kavernen verbunden (Fig. 4). Die je vier Querstollen ergeben sich aus der Anzahl der sogenannten Andockstellen für die TLB und ELB bei den Prozessen K2 und K4.

Unter Berücksichtigung der in Kap. 2 erwähnten Randbedingungen wird ein mögliches Kavernenlayout für die fünf Prozesse, das als "Herzstück" der Verpackungsanlage Untertag gilt, auf Stufe Grobkonzept entwickelt und in der nachstehenden Fig. 4 dargestellt. Sie zeigt, dass für das "Herzstück" eine Kavernen- und Stolleninfrastruktur mit einer Ausdehnung von mindestens 300 m x 300 m erforderlich ist. Bei den grossen Kavernen für die Prozesse K1, K3 und K5 beträgt die Ausbruchfläche im Querschnitt ca. 700 m², bei den kleineren Kavernen K2 und K4 rund 300 m².

Voraussetzung für die bautechnische Machbarkeit ist, dass mit dieser Ausdehnung ein Körper mit ausreichend guten Gebirgseigenschaften vorhanden ist, um einerseits das System als Ganzes bauen und andererseits auch einzelne Kavernen mit Ausbruchflächen von bis zu 700 m² erstellen zu können. Zudem gilt beim Kavernenlayout zu berücksichtigen, dass zwischen den Kavernen und Stollen ausreichend grosse, nicht ausgehöhlte Felsbereiche vorhanden sein müssen, damit das Hohlraumssystem während Bau, Betrieb und Verschluss stabil bleibt. Die bautechnische Machbarkeit der Kavernen und des gesamten Systems (dargestellt in Figur 4) aufgrund vorhandener Geologie im Raum "Ämperg" wird erst in Schritt 2 beurteilt.

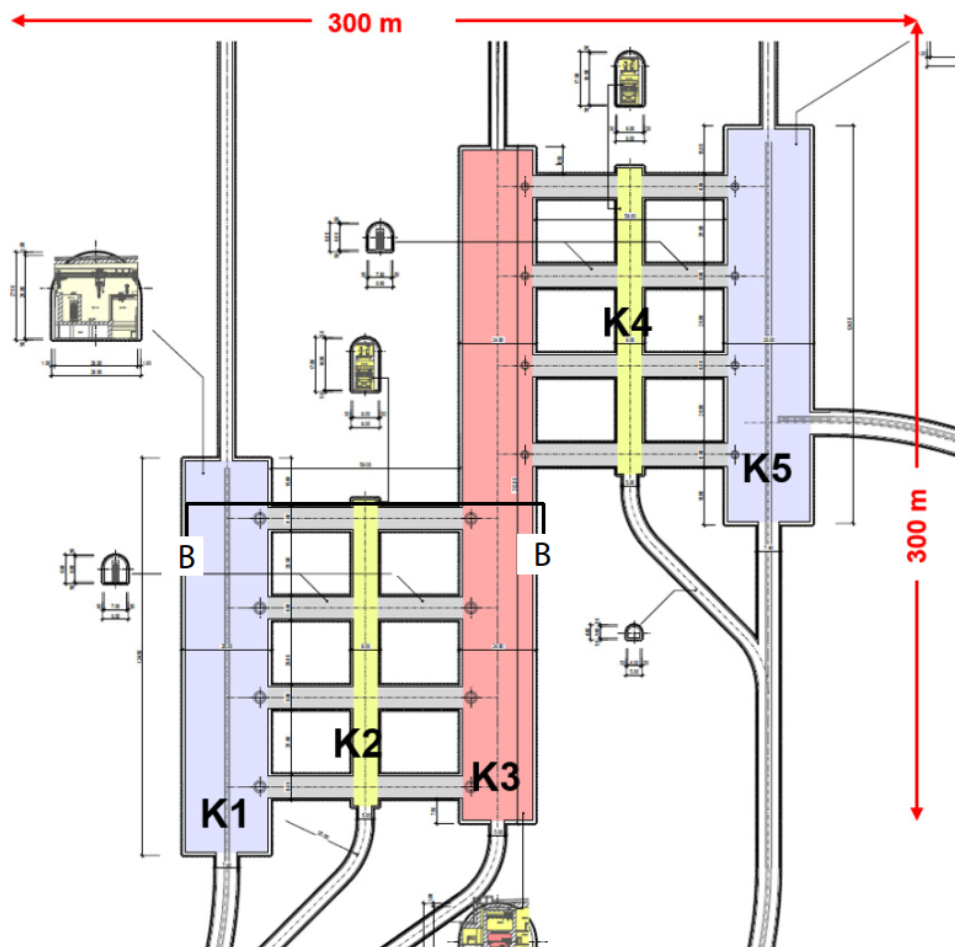


Fig. 4: Mögliches Layout einer BEVA Untertag mit der Aufteilung in die Prozesse K1 bis K5

Wie in Fig. 5 ersichtlich, ist neben dem Kavernensystem für die BEVA zusätzlich ein verzweigtes Stollensystem (grüne Tunnel und Stollen) erforderlich, dass der logistischen Erschliessung für den Bau und Betrieb der Verpackungsanlage Untertag dient. Um den Anforderungen bezüglich Betriebssicherheit während Bau und Betrieb bei den Aspekten Flucht, Intervention und Lüftung zu genügen, sind die drei grossen Kavernen jeweils an beiden Enden mit Stollen angeschlossen. Wie in Kap. 2 erläutert, dürfte das nachstehend abgebildete Kavernen- / Stollensystem in Realität zudem noch komplexer ausfallen, wenn alle Anforderungen an den Bau, Betrieb, Rückbau, Unterhalt und die Sicherheit abschliessend berücksichtigt würden.

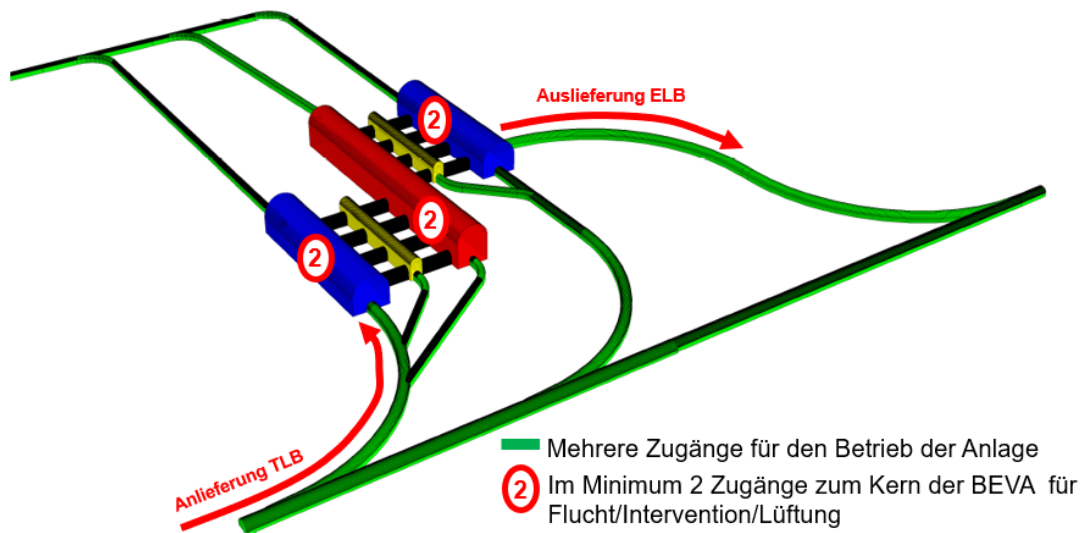


Fig. 5: BEVA Untertag: mögliches Layout des Kavernen- / Stollensystems

5 Schritt 2: Abklärung bautechnische Machbarkeit

In diesem Kapitel geht es darum, die bautechnische Machbarkeit des Kavernen- / Stollensystems in anstehender Geologie des "Ämperg" zu beurteilen. Für diese Abklärungen wurden die Geologiebüros Dr. Heinrich Jäckli AG, Zürich, und ILF Beratende Ingenieure, Zürich, zugezogen, welche die vorhandenen Informationen zum Baugrund im "Ämperg" aktualisiert und dessen Eignung für den Untertagbau beurteilt haben. Dies ist in einem separaten Bericht (Jäckli + ILF, 2019) dokumentiert. Als Grundlage für ihre Beurteilung dient u.a. das im vorangegangenen Kap. 4 entwickelte Kavernen- / Stollenlayout gemäss Fig. 4.

Um Doppelspurigkeiten weitgehend zu vermeiden, werden an dieser Stelle lediglich das Vorgehen und die wichtigsten Erkenntnisse und Resultate erläutert. Weitergehende Informationen können Jäckli + ILF (2019) entnommen werden.

5.1 Vorgehen

In Jäckli + ILF (2019) wird die bautechnische Machbarkeit folgender Untertagbauten beurteilt:

- *Fall 1:* Beurteilung der bautechnischen Machbarkeit für einen einfachen Einzeltunnel mit ca. 50 - 70 m² Ausbruchfläche. Dies entspricht ungefähr einem erforderlichen Querschnitt eines Verbindungstunnels, wie er im Nagra-Bericht NAB 19-08, Teil 2 (Nagra, 2019) im Vorschlag 1 vorgesehen ist. Dieses Tunnelprofil deckt als "Platzhalter" sämtliche grün gezeichneten Stollen gemäss Fig. 5 ab, welche für den Bau und die Erschliessung einer BEVA Untertag benötigt werden.
- *Fall 2:* Beurteilung der bautechnischen Machbarkeit für eine einfache Einzelkaverne mit mittlerer Grösse von ca. 100 - 300 m² Ausbruchfläche. Dies entspricht z.B. einer Kaverne für die Prozesse K2 und K4 gemäss Fig. 4, resp. den gelben Kavernen in Fig. 5.
- *Fall 3:* Beurteilung der bautechnischen Machbarkeit des komplexen Kavernen- / Stollensystems gemäss Fig. 4 im vorliegenden Bericht.

Sämtliche für den Betrieb einer BEVA erforderlichen Untertagbauten werden in Molasseformationen zu liegen kommen, grösstenteils in der Unteren Süsswassermolasse (USM).

Für die Beurteilung der Machbarkeit aus geologischer, geotechnischer und hydrogeologischer Sicht werden in Jäckli + ILF (2019) die Randbedingungen festgelegt, wie z.B. diejenige zur Höhenlage des Kavernen- / Stollensystems oder auch die Gebirgseigenschaften.

5.2 Resultate

Bezugnehmend auf die zu beurteilenden Bauwerke kommt der Bericht Jäckli + ILF (2019) zu folgenden Erkenntnissen bezüglich der bautechnischen Machbarkeit aus Sicht Geologie, Geotechnik und Hydrogeologie:

- *Fall 1:* Die bautechnische Machbarkeit für einen Einzeltunnel mit beschränkter Grösse (Tunnelquerschnitte 50 - 70 m²) unter Anwendung bewährter Baumethoden mit entsprechenden Baumassnahmen ist am Standort grundsätzlich gegeben.
- *Fall 2:* Die bautechnische Machbarkeit für eine mittelgrosse Einzelkaverne unter Anwendung bewährter Baumethoden mit entsprechenden Baumassnahmen ist gegeben. Dies basiert auf

Erfahrung von ausgeführten, vergleichbaren Bauwerken in vergleichbarer Geologie (z.B. Flurlinger- resp. Cholfirsttunnel, Eppenbergtunnel).

- *Fall 3:* Die bautechnische Machbarkeit eines komplexen Kavernen- / Stollensystems für den Betrieb einer BEVA Untertag im "Ämperg" ist mit Einsatz von anerkannten, erprobten und sinnvollen Verfahren im Untertagbau nicht gegeben⁴. Es müssten im "Ämperg" deutlich günstigere geotechnische Gebirgseigenschaften vorhanden sein als heute angenommen, um eine bautechnische Machbarkeit ermöglichen zu können.

Umgesetzt auf das Layout der Fig. 5 bedeutet dies, dass die grün eingezeichneten Stollen als Einzelbauwerke bautechnisch machbar sind, ebenso ein ansatzweise eingezeichneter Verbindungstunnel zum Haberstal sowie die beiden gelben Kavernen als Einzelbauwerke. Bautechnisch nicht machbar ist hingegen das komplexe Kavernen- und Stollensystem als Ganzes, das für eine BEVA Untertag erforderlich ist.

5.3 Unsicherheiten Geologie

Jäckli + ILF (2019) kommt zum Schluss, dass im "Ämperg" markante Unterschiede bestehen zwischen erforderlichen Gebirgskennwerten, die ein stabiles Kavernen- / Stollensystem ermöglichen, und den aufgrund heutiger Kenntnisse anzunehmenden Kennwerte. Weiter zeigt sich, dass der Baugrund in der Unteren Süsswassermolasse (USM) sehr heterogen aufgebaut ist und Zonen mit ungünstigen Gesteins- und Gebirgseigenschaften auftreten. Aufgrund dieser Heterogenität lassen sich die ungünstigen Zonen nicht prognostizieren, auch nicht im Falle von weiteren Sondierungen, sodass für die Planung und Bau diese ungünstigen Gebirgskennwerte zu berücksichtigen wären.

Zusammenfassend heisst das, dass die geotechnischen Eigenschaften der USM ungenügend sind für den Bau einer solchen komplexen Anlage Untertag. Allfällige Massnahmen, wie z.B. grössere Abstände zwischen den Kavernen und Stollen dürften aufgrund der vorhandenen, unzureichenden Gebirgseigenschaften nicht zu einer bautechnischen Machbarkeit führen; ebenso nicht (theoretisch) denkbare Massnahmen, wie z.B. Felspfeiler zwischen den Hohlräumen grossräumig durch Beton zu ersetzen. Nebst erhöhten Risiken während den Untertagbauarbeiten, wie z.B. Arbeitssicherheit, sind solche Massnahmen und die damit verbundenen Vortriebsarbeiten des Weiteren weder sinnvoll aufgrund einer deutlich längeren Bauzeit und markant höheren Ausbruchkubaturen (s. Kap. 6.1), noch sind sie volkswirtschaftlich verhältnismässig.

⁴ Gemäss (Jäckli + ILF, 2019) könnte allenfalls das System gebaut werden, aber nur mit äusserst umfangreichen Bauhilfsmassnahmen, wie sonst im Untertagbau nicht üblich. Diese hätten unverhältnismässig grosse Aufwendungen und Risiken zur Folge. Aus geologisch-geotechnischer Sicht ist vom Bau eines solchen Kavernen / Stollensystems abzuraten.

6 Schritt 3: Beurteilung der Auswirkungen einer Verpackungsanlage Untertag

Auch wenn die bautechnische Machbarkeit einer untertägigen BEVA gemäss Kap. 5 nicht gegeben ist, werden in diesem Kapitel trotzdem Angaben von minimal zu erwartenden Auswirkungen und eine Beurteilung durch die Nagra gemacht.

Da es im vorliegenden Bericht um die bautechnische Machbarkeit des Kavernen- / Stollensystems geht, werden Themen zum Betrieb sowie Sicherheit während des Betriebs nicht behandelt. Ein qualitativer Vergleich zwischen BEVA Übertag und Untertag mit Auswirkungen auf den Platzbedarf Untertag kann der Tab. 1 in Kap. 2 entnommen werden.

Auslöser: erhöhtes Ausbruch- / Verfüllvolumen

Bei dem in Fig. 5 dargestellten Kavernen- / Stollensystem für eine BEVA Untertag resultiert ein Ausbruchvolumen in der Grössenordnung von ca. 500'000 m³ fest. Dies entspricht ca. der Hälfte des Ausbruchvolumens eines ganzen HAA-Lagers (ca. 1 Mio. m³). Mit einer Verlagerung der Prozesse von einer BEVA Übertag in eine BEVA Untertag werden im "Herzstück" total ca. 400'000 m³ Ausbruchvolumen veranschlagt. Weitere ca. 100'000 m³ Ausbruch resultieren aus den für den Bau, Betrieb und Unterhalt des für die Verpackungsanlage Untertag erforderlichen Stollensystems (vgl. Figur 6).

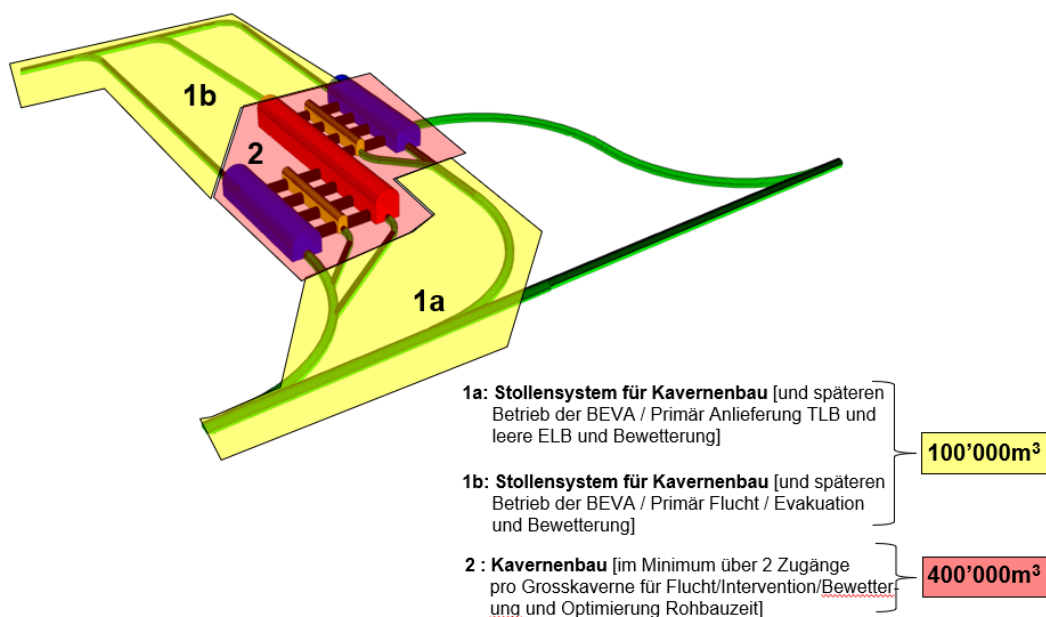


Fig. 6: BEVA Untertag: mögliches Layout des Kavernen- / Stollensystems mit Angaben zu ungefähren Ausbruchkubaturen

Wenn der gesamte Lebenszyklus eines geologischen Tiefenlagers betrachtet wird, wird nicht nur gebaut und eingelagert, sondern am Ende wird es während zwei Phasen schrittweise verschlossen. Dabei sind sämtliche untertägigen Hohlräume, inkl. des Kavernen- / Stollensystems für die BEVA Untertag, zu verfüllen. Allein dafür ist ungefähr halb so viel Verfüllmaterial notwendig wie für ein gesamtes HAA-Lager.

Auswirkungen:

Das erhöhte Ausbruchvolumen hat eine zusätzliche Bauzeit von rund acht Jahren für die Realisierung der Hohlräume zur Folge. Die Verfüllung wird ebenfalls deutlich länger dauern. All diese Mehrkubaturen wirken sich auf die Anzahl Transporte und somit auch auf die Emissionen / Immissionen aus. Nur für den Bau des Kavernen- / Stollensystems sind somit ungefähr 50'000 - 75'000 zusätzliche LKW-Transporte resp. 1'000 - 1'500 Aushubzüge erforderlich.

7 Schritt 4: Fazit Nagra

Mit der heutigen Kenntnis zur Geologie des "Ämperg" beurteilt die Nagra das für die BEVA Untertag erforderliche komplexe Kavernen- / Stollensystems als bautechnisch nicht machbar.

Auch mit allfällig weiteren, umfangreichen Untersuchungen könnten geotechnisch ungünstige Zonen in der heterogenen Unteren Süsswassermolasse nicht zuverlässig prognostiziert werden, so dass eine andere Einschätzung der bautechnischen Machbarkeit sehr unwahrscheinlich wäre.

Aus diesen Gründen kommt die Nagra zum Schluss, auf eine untertägige Verpackungsanlage im "Ämperg" zu verzichten und diesen Vorschlag nicht mehr weiter zu verfolgen.

Hingegen sind aufgrund der getätigten Abklärungen zur Geologie und zu vergleichbaren, ausgeführten Projekten Tunnels mit Ausbruchflächen von 50 bis 70 m² und vereinzelt grössere Tunnelabschnitte und Kavernen von 100 bis 300 m² Ausbruchfläche im "Ämperg" bautechnisch machbar. Der in Nagra (2019) aufgeführte Vorschlag 1 von Nördlich Lägern mit einem einfachen Verbindungstunnel kann somit im Rahmen des SGT-E3 weiterverfolgt werden.

Referenzverzeichnis

Jäckli + ILF (2019): Nördlich Lägern, untertägige Platzierung von Oberflächeninfrastruktur im Ämperg. Abklärungen zur bautechnischen Machbarkeit einer grösseren Kavernenanlage im Ämperg, Gemeinden Weiach, Glattfelden und Stadel / ZH. Geologische Machbarkeitsbeurteilung, 30. April 2019. Dr. Heinrich Jäckli AG, Zürich und ILF Beratende Ingenieure AG, Zürich.

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

Nagra (2019): Vorschläge zur Konkretisierung der Oberflächeninfrastruktur der geologischen Tiefenlager, Teil 1: Einführung und Grundlagen und Teil 2: Standortspezifische Vorschläge. Nagra Arbeitsbericht NAB 19-08. Nagra, Wettingen.