

L 103

hier: **L 103 – Apollo- und Diana-Tunnel, Bad Bertrich**

Fluchtstollen für den Apollo-Tunnel

Apollo-Tunnel, Bauwerk-Nr.: 5908622



Nächster Ort: Bad Bertrich

Baulänge: ca. 0,293 km

Landesbetrieb Mobilität Cochem-Koblenz

FESTSTELLUNGSENTWURF

ERLÄUTERUNGSBERICHT

Gemeinden: Verbandsgemeinde Ulmen

Kreis: Cochem-Zell

<p>Aufgestellt: Cochem, den 06.07.2022</p> <p>gez. Bernd Cornely</p> <p>..... Dienststellenleiter</p>	

Inhaltsverzeichnis

	Seite:
1 Allgemeines	
1.1 Notwendigkeit der Maßnahme, Verkehrswege	3
1.2 Bauwerksgestaltung und Bauweise	3
2 Geologische und felsmechanische Verhältnisse	
2.1 Bodenverhältnisse	5
2.2 Hydrogeologische Verhältnisse	6
2.3 Folgerungen für das Bauwerk	6
2.4 Felsmechanische Grunddaten	7
3 Stollenbauwerk	
3.1 Konstruktion	8
3.2 Bauverfahren	9
3.2.1 Grundsätzlicher Ablauf	9
3.2.2 Klassifizierung von Ausbruch und Sicherung	9
3.2.3 Ausbruch	10
3.2.4 Sicherung	10
3.2.5 Geotechnisches Messprogramm	10
3.3 Abdichtung	11
3.4 Fugenausbildung	11
3.5 Wegbefestigung	11
3.6 Portalausbildung	11
4 Entwässerung	
4.1 Bergwasserdrainage	11
4.2 Wegentwässerung	12
4.3 Gewässerschutzanlage	12
5 Absturzsicherungen, Schutzeinrichtungen	12
6 Betriebstechnische Ausstattung	
6.1 Grundlagen	12
6.2 Beleuchtung	12
6.3 Lüftung	12
6.4 Verkehrsleiteinrichtungen	12
6.5 Sicherheitseinrichtungen	13
6.6 Stromversorgung	13
6.7 Betriebsräume	13
7 Herstellung und Bauzeit	
7.1 Bauablauf	13
7.2 Bauzeiten	13
7.3 Baustelleneinrichtung	14
7.4 Verwendung der Ausbruchmassen	14
8 Kosten	14
9 Baurechtsverfahren	14

1. Allgemeines

1.1 Notwendigkeit der Maßnahme, Verkehrswege

Die in jüngster Vergangenheit verheerenden Brandkatastrophen im Mont Blanc-, Gotthard- und Tauern-Tunnel haben zu einer Verschärfung der Sicherheitsbestimmungen auf europäischer Ebene („Richtlinie 2004/05/EG des Europäischen Parlamentes und Rates vom 29. August 2004“ - EG-Tunnelrichtlinie) geführt. Nach der nationalen Richtlinie (RABT, Ausgabe 2006 - „Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln“), die im Wesentlichen den Anforderungen der EG-Tunnelrichtlinie entspricht, sind danach Tunnel mit einer Länge von mehr als 400 m mit Notausgängen in einem Abstand von weniger als 300 m auszubilden bzw. nachzurüsten.

Der im Zuge der Herstellung der Ortsumgehung des Kurbades Bad Bertrich in den Jahren 1980 bis 1982 hergestellte und im Jahre 1984 in Betrieb genommene 437,5 m lange Apollo Tunnel, der einen vorspringenden Bergrücken auf der Südseite des Üßbaches durchquert, ist nach neuen Richtlinien mit einem Fluchtausgang - respektive Fluchtweg - nachzurüsten. Dieser soll den Verkehrsteilnehmern in erster Linie: zur Selbstrettung im Notfall dienen.

Im Rahmen vorlaufender Studien wurden, in Anlehnung an ein Sicherheitsgutachten mit möglichen Fluchtstollen-Varianten aus dem Jahre 2006, mehrere Varianten untersucht. Der Neubau eines Fluchtstollens hat sich aus topographischen, verkehrstechnischen, ökologischen und ökonomischen Gründen als insgesamt günstigste Lösung herausgestellt.

Der Fluchtstollen liegt im Grundriss annähernd parallel im Abstand von ca. 25 m (Achsenmaß) südlich der Bestandsröhre des Apollo-Tunnels. Er ist im Radius von $R=800,0$ m gekrümmt und verschwenkt am Stollenende mit einem Radius von 15 m in Richtung Apollo-Tunnel, um in Station 0+902,00 der Achse L103 anzuschließen (Notausgang 1). In Station 1+046,00 - bezogen auf die Achse der L103 - erfolgt ein zweiter Anschluss (Notausgang 2) über einen Querschlag senkrecht zur Hauptröhre. Die Anschlüsse sind in etwa den Drittelpunkten des Apollo-Tunnels angeordnet.

Der gesamte Fluchtstollen erhält ein Gefälle in Fluchtrichtung. Wobei das Gefälle zwischen dem ersten Notausgang und dem Querschlag zum zweiten Notausgang rd. 5,08%, zwischen dem Querschlag und Stollenportal rd. 4,77% und im Bereich des Querschlags zum zweiten Notausgang 1,0% beträgt.

Der Stollenweg erhält ein Dachprofil mit 1% Quergefälle.

Der Fluchtstollenquerschnitt wurde für einen gemäß der RABT geforderten lichten Querschnitt von 2,25 m x 2,25 m ausgelegt.

1.2 Bauwerksgestaltung und Bauweise

Auf Grundlage der zu erwartenden geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse erfolgt die Vortriebssicherung des im Regelbereich mit einem Ausbruchquerschnitt von rund 13,25 m² aufzufahrenden Stollens bereichsweise mit einer Systemverankerung (je nach Vortriebsklasse bzw. Erfordernis), einer rund 15 cm dicken bewehrten Spritzbetonschale und einer rund 10 cm dicken bewehrten Spritzbetonsohle und Ausbaubögen.

Nach dem Abschluss der Vortriebsarbeiten erfolgt die Herstellung der Verstärkungskörper für den späteren Anschluss des Stollens an die Röhre des Apollo-Tunnels und der Einbau der Innenschalensohle. Anschließend wird die 20 cm dicke bewehrte Innenschale aus Spritzbeton (Ausbauspritzbeton) aufgebracht. Die Oberfläche der Innenschale ist mittels Profillehren abzuziehen.

Aus baubetrieblichen Gründen - wegen der beengten Platzverhältnisse und der eingeschränkten Zugänglichkeit - wäre ein zusätzlicher Innenausbau mit Schalbeton mit erheblichem Mehraufwand verbunden, der in Anbetracht der Funktion als Rettungstollen als unangemessen erscheint.

Die Vortriebssicherung stellt zusammen mit der Innenschale den endgültigen Ausbauquerschnitt dar, wobei lediglich die Innenschale für den Endzustand als statisch wirksam angesetzt wird.

Das Bergwasser wird im Bereich örtlicher Wasserzutritte durch Abschlauungen (Oberhasli-Verfahren) und ringförmig über den Querschnitt angeordnete Flächendrainagen (Noppenbahnstreifen $b=0,5$ m bis 1,0 m) gefasst. Die direkte Einleitung des Bergwassers in die Flächendrainage wird über im Bereich der Wasserzutritte angeordnete Entwässerungsbohrungen gewährleistet. Abschlauungen und Flächendrainage werden am Ulmenfuß in den Querschnitt geführt und entwässern über eine Kiesschicht in die Sohl-drainageleitung. Der Anschluss der Sohl-drainage erfolgt an einen Revisionsschacht am Ostportal. Das gering zu erwartende anfallende Bergwasser wird von dort über eine Leitung und in der Böschung über eine Kaskade in den Üßbach abgeleitet. Eine Abdichtung des Stollens ist nicht vorgesehen.

Der erforderliche Lichtraumquerschnitt und die geologischen Verhältnisse bestimmen das Stollenprofil.

Die Tunnelachse und Symmetrielinie sind auf ganzer Länge vertikal ausgerichtet.

Seitlich des Lichtraumquerschnitts ist im Ulmen- und Firstbereich ausreichend Raum für die Verlegung von Kabeln gegeben.

Unter Berücksichtigung dieser Erfordernisse und der geotechnischen Eigenschaften des Gebirges wurde ein Gewölbequerschnitt aus zusammengesetzten Korbbögen entwickelt, der die vorgegebenen Zwangspunkte aus Lichtraum und Einbauten eng umschreibt und im gesamten Stollen konstant bleibt.

Der Stollenausbau erfolgt mit einer statisch wirksamen Stahlbetonsohle. Die Stellensohle wird flach ausgebildet und dient später gleichzeitig der endgültigen Wegbefestigung.

Die Länge und maximale Tiefe des Voreinschnitts im Bereich des Ostportals ergibt sich aus den topographischen Verhältnissen, die Böschungsneigung aus den geologischen Randbedingungen.

Die Lage des Ostportals ergibt sich aus der Topographie.

Die Lage der Anschlusspunkte an den Apollo-Tunnel ergibt sich aus der Erfordernis, dass nach RABT Ausgabe 2006 mindestens alle 300 m ein Notausgang vorhanden sein muss. Im Rahmen der Variantenuntersuchung hat sich weiterhin gezeigt, dass durch die Anordnung von zwei Notausgängen, die in etwa den Drittelpunkten der Hauptröhre an-

geordnet werden, geringere Anforderungen an die erforderliche Lüftungstechnik des Apollo-Tunnels zu stellen sind. Somit ergeben sich mit dieser Lösung sowohl sicherheitstechnisch als auch wirtschaftlich Vorteile.

Der Fluchtstollen schließt bei km 0+902,00 (Notausgang 1) und km 1+046,00 (Notausgang 2) der L103 an den 437,5m langen Apollo-Tunnel an und tritt bei circa km 1+195,000 im Bereich des Ostportals zu Tage. Die Stollenlänge beträgt 317,85 m beziehungsweise 338,62 m unter Einrechnung des Querschlags.

Die maximale Überdeckung über dem Stollen beträgt etwa 110 m. Die Minimalüberdeckung beträgt rd. 2,5 m (Anfahrtsbereich).

Die südlich des Ostportals des Apollo-Tunnels vorhandene Bruchsteinmauer, die den senkrechten Geländesprung zum Üßbach hin abfängt und nach vorliegenden Informationen die mit unbewehrtem Beton (Betongüte Bn 250) aufgefüllte Baugrube respektive den Arbeitsraum des Brückenwiderlagers verblendet, wird vor Beginn der Herstellung der Anschlagwand für den bergmännisch aufzufahrenden Stollen mittels verpresster Mikropfähle (Einsatzdauer ≥ 2 Jahre) dauerhaft gesichert.

Der Portalbereich des Stollens wird landschaftlich so eingebunden, dass der natürliche Geländehorizont möglichst erhalten bleibt. Der Fluchtstollenausgang wird in offener Bauweise im Portaleinschnitt hergestellt und anschließend hinterfüllt und überschüttet. Sichtbar bleiben lediglich die Stirnwand des Portalgebäudes mit Fluchttür sowie die seitlich anschließenden Flügelwände. Die sichtbaren Bauwerksteile des Stollenausgangs werden so auf ein minimales Maß reduziert, so dass die gestalterische Wirkung des Portals des Apollo-Tunnels erhalten bleibt.

2. Geologische und felsmechanische Verhältnisse

2.1 Bodenverhältnisse

Im Bereich des Apollo-Tunnels wurde im Zuge der Gebirgserkundung und der Erkundungsstollen-/Tunnelauffahrung eine eintönige Wechselfolge aus Schluffsteinen, Feinsandsteinen und untergeordnet Tonschiefern aufgeschlossen bzw. durchörtert, die lithostratigraphisch der unterdevonischen Singhafen-Gruppe und Vallendar-Gruppe (Unterems-Stufe) zugerechnet wird.

Innerhalb dieser Schichtenfolge wurden vereinzelt auch spröde, quarzitische Feinsandsteine angetroffen, die in dezimeterstarke Bänke gegliedert sind.

Magmatische Gesteine quartärem Alters, die im Raum Bad Bertrich an fünf Ausbruchstellen bekannt sind und auf einer Nordwest-Südost streichenden tektonischen Bruchlinie des Rheinischen Schiefergebirges liegen, wurden weder in den Bohrungen noch beim Vortrieb angetroffen.

Im Zuge der variszischen Gebirgsbildungsphase wurden die ursprünglich horizontal gelagerten Schichtpakete in Nordwest-Südost-Richtung eingeengt und in Falten unterschiedlicher Größenordnung gelegt. Im Bereich von Bad Bertrich streichen die Faltenachsen Westsüdwest/Ostnordost und die Schichten fallen in der Regel steil mit 75° bis 90° nach Nordnordwesten, seltener auch steil nach Südosten ein.

Durch die Faltungsphase entstanden Felstrennflächen, bei denen unterschieden werden muss zwischen

- Schichtung,

- Schieferung,
- Klüftung und
- Störungen.

Die Anlage und Ausprägung der Trennflächen wurde zum einen durch den Materialwechsel während der Sedimentation (Schichtung), zum anderen durch die starke tektonische Beanspruchung während der variszischen Faltungsphase (Schieferung, Klüftung und Störungen) hervorgerufen.

Im Bereich des Apollo-Tunnels fällt - wie zuvor beschrieben - die Schichtung faltungsbedingt mehr oder weniger steil nach Nordnordwesten ein. Durch die Verschiebung einzelner Schichtpakete während der Biegegleitfaltung entstanden offene Fugen, auf denen sich aufgrund höherer Wasserwegsamkeiten feinkörniges Material der Ton- und Schlufffraktion (Lettenfüllungen) ablagern konnte. Zudem wurden auf Schichtflächen neben Harnisch-Striemungen mit unterschiedlicher Orientierung auch Zonen mit Gesteinszerreibsel (Mylonit im ingenieurgeologischen Sinne) festgestellt, die durch Scherbewegungen entstanden und Mächtigkeiten von bis zu 10 cm, abschnittsweise auch mehr, erreichen.

Die Schieferung, die während der Gebirgsbildung in der Hauptschubspannungsebene angelegt wurde, fällt nach vorliegenden Unterlagen hier ebenfalls nach Nordnordwesten ein, jedoch etwas flacher als die Schichtung mit Fallwinkel zwischen 50° und 85°. In weit aushaltenden Schieferungsfugen sind - analog den Schichtfugen - lokal mehr oder weniger mächtige Füllungen in Form von tonig-schluffigem Material (Letten) und/oder Gesteinszerreibsel vorhanden.

Die Hauptkluftrichtung im Bereich des Apollo-Tunnels ist die der Querklüfte, die zwischen 60° und 90° nach Nordosten, untergeordnet auch nach Südwesten bis Westen mit Einfallwinkel von über 75° einfallen. Häufig ist das Auftreten zweier spitzwinklig zueinander stehender Querklufscharen charakteristisch, die sich allerdings statistisch kaum trennen lassen.

Nach vorliegenden Unterlagen treten noch weitere Kluftrichtungen auf, die diagonal und auch \pm parallel zu den Faltenachsen streichen und sowohl mittelsteiles als auch steiles Einfallen aufweisen.

Bei der Gebirgserkundung und den Tunnelvortrieben wurden Trennflächen mit mylonitischer Füllung angetroffen, die überwiegend parallel der Schichtung und auch parallel der Schieferung vorkommen. Demgegenüber sind Kluffugen nur vereinzelt mit Mylonit verfüllt, wobei im Bereich großräumiger Störungszonen ein gehäuftes Auftreten beobachtet wurde.

Eine mächtige Störungszone, wie sie bei der Auffahrung des Erkundungsstollens und des endgültigen Tunnelquerschnitts zwischen km 0+850 bis km 0+870 angetroffen wurde, ist im Bereich der geplanten Fluchtstollentrasse nicht zu erwarten. Nach vorliegenden Unterlagen ist jedoch beim Stollenausbruch auf den ersten rd. 50 m bis 60 m von einer reduzierten Gebirgsstandfestigkeit durch offene Trennflächen und kleinräumige Störungen zu rechnen, die auf oberflächennahe Entspannungsvorgänge zurückzuführen sind.

2.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Im Vorfeld der Baumaßnahme für die Ortsumgehung von Bad Bertrich und zur Aufschließung weiterer Thermalwässer durch Bohrungen wurden in den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts umfangreiche ingenieurgeologisch-hydrogeologische Untersuchungen durchgeführt, um eine Beeinträchtigung der Bergquelle, die als zugelassene Heilquelle die Kureinrichtung von Bad Bertrich versorgt, ausschließen zu können. Neben der Bergquelle wird in der Literatur häufig noch die nur wenige Meter südwestlich liegende Gartenquelle zitiert, die nach vorliegenden Angaben im Jahre 1788 gefasst, heute aber nicht mehr genutzt und überbaut wurde.

Nach den Ergebnissen des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz (heutiges Landesamt für Geologie und Bergbau) liegt die Quelle am Kreuzungspunkt einer über mehrere Kilometer verlaufenden Nordwest-Südost streichenden tektonischen Linie, auf der auch die basaltischen Laven der West-Eifel aus dem tieferen Untergrund aufgedrungen sind, und einer im Gebirgsstreichen (Nordost-Südwest) liegenden Störungszone.

Chemische Analyseergebnisse ergaben, dass die Herkunftstiefe des Wassers über 2,3 km beträgt und das Wasser eine Verweildauer in der tiefreichenden Bruchzone von etwa 24.800 Jahren aufweist.

Im Jahre 1961 wurden u.a. auch nördlich und im Bereich des heutigen Ostportals des Apollo-Tunnels geothermische Untersuchungen vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung durchgeführt. Dabei lieferten die thermischen Messungen an keiner Stelle des Messgebietes einen Hinweis auf einen Einfluss von Thermalwasser auf die Bodentemperatur. Auch die CO₂-Gehaltsbestimmungen der Bodenluft in den abgeteuften Bohrungen ergaben ebenfalls keinen Anhalt für eine kohlenensäureführende Struktur im Untergrund.

Zusammenfassend wurde festgestellt, dass nach der geologisch-tektonischen Gliederung des Gebirges und den Ergebnissen der geothermischen Untersuchungen der aufzufahrende Apollo-Tunnel nicht im Zustromgebiet zur Bergquelle, das im Nordwesten bzw. Westsüdwesten vorhanden ist, liegt.

Berg- bzw. Grundwasser liegt in dem hier zu unterfahrenden Bergrücken in Form von Klufthwasser vor. Ein geschlossener Bergwasserspiegel wurde beim Auffahren des Erkundungsstollens und des Apollo-Tunnels nicht festgestellt.

Nach vorliegenden Unterlagen wurde im Erkundungsstollen für den Apollo-Tunnel während der Bauzeit (Zeitraum März 1979 bis Oktober 1979) ein sehr geringer Wasserandrang beobachtet, der tropfend bis schwach rinnend entlang von Felstrennflächen erfolgte, wobei die Schichtfugen und parallel dazu verlaufende Störungszone die beste Wasserwegsamkeit aufweisen sollen. Stärkere oder langandauernde Niederschläge sollen sich relativ rasch - nach vorliegenden Angaben etwa innerhalb eines Tages - auf die zutretende Wassermenge auswirken, was auch als Indiz auf eine erhöhte Gebirgsauflockerung und einer daraus resultierenden höheren Gebirgsdurchlässigkeit zu werten ist.

Die Gesamtmenge des am Stollenmund austretenden Bergwassers betrug nach Fertigstellung des Erkundungsstollens am 01.10.1979 ca. 1 l/s.

Die bauzeitlich im Erkundungsstollen entnommenen Wasserproben zeigten keine Mineralisierung, auch wurden keinerlei CO₂-Gasaustritte, die die Schüttung der Bad Bertricher Heilquelle negativ beeinflussen würden, beobachtet.

In diesem Zusammenhang sind auch Analyseergebnisse zum Heilwasser von Bad Bertrich über einen Zeitraum von mehr als 100 Jahren zu erwähnen, die zeigen, dass die Bergquelle seit der Brunnensanierung Anfang des 20. Jahrhunderts äußerst geringe Schwankungen sowohl in der Schüttmenge und Wassertemperatur als auch in der Ge-

samtmineralisation aufweist und durch den Bau der Ortsumgehung auch nachhaltig nicht beeinflusst wurde.

Nach vorliegenden Unterlagen sind die im Zuge der Gebirgserkundung für den Apollo-Tunnel resp. für die Ortsumgehung Bad Bertrich beprobten Grundwässer aufgrund ihrer Gehalte an kalkaggressivem Kohlendioxid nach DIN 4030-1:1991-06 als schwach angreifend gegenüber Beton zu bezeichnen und nach heutiger Normung (DIN 4030-1:2008-6) in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

Aufgrund der Höhenlage und der Entfernung des Fluchtstollens zur Bergquelle sowie den Untersuchungsergebnissen und den bei der Auffahrung des Apollo-Tunnels gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnissen liegt der südlich in Parallellage zur Bestandsröhre herzustellende Fluchtstollen nicht in der Anstromrichtung der Bergquelle. Eine Veränderung der Zuflussverhältnisse in den Quellenbau kann daher mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

2.3 Folgerungen für das Bauwerk

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse wird der Stollen, bis auf den unmittelbaren Nahbereich zum Bestandstunnel, nach den Prinzipien der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise (NÖT) im Sprengvortrieb mit sofortiger Sicherung mit Spritzbeton aufgefahren. Der Ausbruch erfolgt in der Regel als Vollausruch.

Auf die unterschiedlichen geologischen Verhältnisse wird bei der Bemessung der Stollenschalen mit unterschiedlichen Lastansätzen reagiert. Für die Ausbausohle ist die Wirkung möglicher Klufkörper zu berücksichtigen.

Der Stollenvortrieb liegt in den Bereichen der Vortriebsklasse 4A, 6A, 7.1A und 7.2A. Der Anschlussbereich zum Apollo-Tunnel wird in Sonderbauweise aufgefahren. In der Vortriebsklasse 4A wird der überwiegende Anteil erwartet.

Für den Stollen ist eine Sohl drainage vorgesehen.

2.4 Felsmechanische Grunddaten

Anhand der vorliegenden Ergebnisse zur Herstellung des Probestollens und des Apollo-Tunnels kann von den nachfolgend zusammengestellten Kennwerten (Charakteristische Größen) ausgegangen werden:

Lockergestein

Hang-Verwitterungsschutt bestehend aus überwiegend
Kies, sandig, schluffig, mit schwach tonigen und steinigen Beimengungen

Wichte	γ/γ'	= 20/10 kN/m ³
Reibungswinkel	φ_E	= 32 5°
Kohäsion*	c	= 2 bis 5 kN/m ²
Steifemodul	E _s	= 50 MN/m ²

(*Kohäsion aus Verzahnungsfestigkeit und/ oder Wurzelkohäsion)

Festgestein

Wechselfolge bestehend aus Schluffsteinen, Feinsandsteinen und untergeordnet Ton-schiefern, vereinzelt spröde, quarzitische Feinsandsteinbänke im dm-Bereich

Wichte	y/y'	= 27/17 kN/m ³
Elastizitätsmodul des Gebirges*	E_G	= 1.000 bis 2.000 MN/m ² im Mittel 1.500 MN/m ²

Gebirgszonen mit höherer Teilbeweglichkeit

Elastizitätsmodul des Gebirges*	$E_{G, zer}$	= 350 bis 500 MN/m ²
Poissonzahl (Schätzwert)	ν	= 0,25
Seitendruckbeiwert*	k_0	= 0,4
Gesteinsreibungswinkel (Schätzwert)	$\varphi_{Gestein}$	= 35°
Gesteinskohäsion (Schätzwert)	$C_{Gestein}$	= 200 kN/m ²

(*Kennwerte übernommen aus: Statische Berechnung "Bergmännische Bauweise - Innenschale", Apollo-Tunnel im Zuge der L 103 - Umgehung Bad Bertrich -, aufgestellt vom Technischen Büro Beton- und Mo-nierbau, A-6020 Innsbruck, am 27.04.1981, geprüft von Dipl.-Ing. A. Hereth, Karlsruhe, 1981.)

Als Reibungswinkel (Restreibungswinkel) für vollkommen durchtrennte Felstrennflächen können folgende Rechenwerte angesetzt werden:

Schicht-/ Schieferungs-/Kluffugen	φ_T	= 35°
-----------------------------------	-------------	-------

3. Stollenbauwerk

3.1 Konstruktion

Das Stollengewölbe wird als einschalige Konstruktion mit einer Gesamtstärke von 35 cm ohne Dichtungsschicht hergestellt.

Als Vortriebssicherung sind im Regelbereich eine 15 cm dicke bewehrte Spritzbetonschale (Sohle 10 cm) und Ausbaubögen vorgesehen. In Abhängigkeit von den im Zuge der Ausbrucharbeiten angetroffenen Gebirgsverhältnissen ist zudem eine Systemverankerung einzubauen. Nach Herstellung der Verstärkungskörper für den Anschluss an den Apollo-Tunnel und der Innenschalensohle erfolgt auf ganzer Stollenlänge der Einbau einer 20 cm dicken Innenschale (Ausbauschicht) bestehend aus zwei Lagen bewehrtem Spritzbeton.

Zusammen bilden die Vortriebssicherung und die Ausbauschicht den endgültigen Ausbaquerschnitt, wobei die Ausbruchsicherung der Qualitätssicherung der Ausbauspritzbetonschicht dient und im Endzustand die Funktion einer zusätzlichen Dichtungsschicht übernimmt. Lediglich die Ausbauspritzbetonschicht wird im Endzustand als statisch wirksam angesetzt, da durch die unter Vortriebsbedingungen aufgebrauchte erste Spritzbetonschale die Anforderungen bezüglich der Qualität und Dauerhaftigkeit kaum zu gewährleisten sind.

Im Vorfeld standen zwei weitere Varianten hinsichtlich des Querschnittsaufbaus des Stollengewölbes zur Diskussion:

- Einschalige Konstruktion mit einer Gesamtstärke von 25 cm bestehend aus 5 cm Spritzbetonversiegelung, 10 cm bewehrte Spritzbetonschicht mit Ausbaubögen und 10 cm bewehrte Spritzbetonschicht als Ausbauschicht.

- Zweischalige Konstruktion mit Schutzvlies und KDB und einer Innenschale aus Spritzbeton - an Stelle der sonst üblichen Stahlbetonkonstruktion.

Die einschalige Konstruktion mit einer Gesamtstärke von 25 cm, stellte zwar die in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit und baupraktische Ausführung günstigste Lösung dar, ist aber wegen den Nachteilen in Bezug auf die Qualitätsanforderungen (das Auftreten von Feuchtstellen ist hier wahrscheinlicher) und Dauerhaftigkeit letztlich nicht zu favorisieren. Da bei der gewählten Variante ein robusteres und mit weniger Undichtigkeiten versehenes Bauwerk zu erwarten ist, erscheinen die Mehrkostenkosten für eine zusätzliche Lage bewehrten Spritzbetons und den hierfür erforderlichen Mehrausbruch vertretbar.

Die zweischalige Konstruktion mit Schutzvlies und KDB ist dann zu bevorzugen, wenn besondere Anforderungen an die Dichtigkeit bestehen. Im Rahmen eines Fluchtstollens ist diese Bauweise aus wirtschaftlichen Gründen nicht zu empfehlen und wurde deshalb nicht weiter behandelt.

Die Innenschalensohle wird mit einer Dicke von 37 cm bis 40 cm in Ortbeton ausgeführt und dient später gleichzeitig der Wegbefestigung.

Unter der Innenschalensohle erfolgt der Einbau einer 10 cm dicken Sauberkeitsschicht.

Stollengewölbe und -sohle der Vortriebssicherung sowie das Innenschalengewölbe werden aus Spritzbeton C25/30 hergestellt. Die Herstellung der Innenschalensohle erfolgt mit Gießbeton C25/30.

Anfallendes Bergwasser wird über Abschlauungen und Drainstreifen gefasst. Von diesen wird das Wasser über eine Kiesschicht in die unter der Stollensohle angeordnete Drainageleitung DN 150 eingeleitet.

Das Fluchtstollengewölbe wird auf ganzer Länge ohne Blockfugen hergestellt. Lediglich die Arbeitsfugen der Stollensohle werden als Pressfugen ausgebildet.

Die gleiche Konstruktionsweise wurde auch schon bei einem anderen Fluchtstollen mit vergleichbaren Randbedingungen ausgeführt. Bei einer kürzlich durchgeführten Begehung des seit 4 Jahren bestehenden Fluchtstollens am Ditschhardt-Tunnel zeigten sich im Innenbereich so gut wie keine Feuchtstellen und keine Schäden an der Konstruktion, wodurch die Robustheit und Dichtigkeit der Konstruktion bestätigt wird.

3.2 Bauverfahren

3.2.1 Grundsätzlicher Ablauf

Der Fluchtstollen wird auf einer Länge von rd. 338,5 (inklusive Querschlag zum zweiten Notausgang bei 1+046) in bergmännischer Bauweise hergestellt.

Der Vortrieb des Stollens erfolgt vom Ostportal aus steigend. Der Anschlag vom Inneren des Apollo-Tunnels verbietet sich aus räumlichen und verkehrstechnischen Gründen.

Nach Herstellung des Voreinschnitts beginnen der Ausbruch und die Sicherung des bergmännischen Vortriebs.

Zunächst wird der Hohlraum ausgebrochen und mit einem kombinierten System aus Spritzbeton, Ankern und Ausbaubögen gesichert. Anschließend werden die Verstärkungskörper für den Anschluss an den Apollo-Tunnel hergestellt und rücklaufend die Sohle der Innenschale eingebaut. Im Nachgang erfolgt der Einbau der Innenschale aus Spritzbeton.

Der Einsatz von Schal- und Nachbehandlungswagen ist nicht erforderlich.

Das Portal mit Fluchtstollenausgang und seitlichen Flügelwänden wird südseitig des Ostportals des Apollo-Tunnels in offener Bauweise erstellt. Der Anschluss des Stollens an das Portal erfolgt über eine kurze Luftbogenstrecke.

Die Gebirgsverhältnisse lassen in der Regel einen Vollausbuch des Querschnitts zu. Kurz vor dem Anschluss an die Hauptröhre sollte in Abhängigkeit von den angetroffenen Gebirgsverhältnissen die Möglichkeit einer Ertüchtigung der seitlichen Bettung des Apollo-Tunnels durch Vorausinjektion eingeplant werden. Der Ausbruch erfolgt in steigendem Vortrieb.

3.2.2 Klassifizierung von Ausbruch und Sicherung

Zur Grundlage des vorgesehenen Vortriebsverfahrens wurde in Anlehnung an DIN 18312 - Untertagebauarbeiten für Ausbruch und Sicherung- ein projektbezogenes Klassifizierungsschema mit 4 Klassen (AKL 4A, 6A, 7.1A und 7.2A) festgelegt, bei dem die Arbeiten für Ausbruch und Sicherung jeweils in einer Klasse zusammengefasst sind. Die Anschlüsse an den Apollo-Tunnel werden in Sonderbauweise aufgefahren. Eine Prognose und die wahrscheinliche Verteilung der unterschiedlichen Ausbruchklassen sind im geotechnischen Längsschnitt angegeben.

Die Festlegung zu den einzelnen Vortriebsklassen und der Sonderbauweise sind den entsprechenden Planbeilagen zu entnehmen.

3.2.3 Ausbruch

Der Ausbruch erfolgt im Bohr- und Sprengverfahren in gebirgsschonender Bauweise. In Anbetracht des Abstands zur Bestandsröhre sind besondere Anforderungen an die Abstimmung von Bohrlochanzahl, Abschlagslänge und Lademenge pro Zündstufe zu stellen.

Der Einsatz von Teilschnittmaschinen und Tunnelbaggern erscheint bei den geometrischen und geologischen Gegebenheiten wirtschaftlich nicht möglich. Im unmittelbaren Nahbereich zum Bestandstunnel ist vom Sprengvortrieb auf die Sonderbauweise umzustellen.

Die notwendigen Sprengarbeiten beim Stollenvortrieb erfolgen im Schutze eines zweistufigen Sprengschutzes, bestehend aus einem Sprengvorhang und einer stabilen, massiven Einhausung des Vortriebsportals gegen Steinflug. Die Einhausung, der sog. "Sprengschusstunnel", wird zudem höchst vorsorglich mit einem Vlies gegen übermäßige Staubeentwicklung ausgekleidet.

Entsprechend dem neusten Stand der Technik und den Vorgaben der Normen dürfen nur emissionsarme Baugeräte und Baumaschinen eingesetzt werden und die Stollenbewette-

rungsanlage (Ventilatoren) und Stromaggregate müssen mit aktiven Schallschutzmaßnahmen (Schalldämpfer, Einhausungen) ausgestattet sein.

Das bauzeitig anfallende Wasser kann bei steigendem Vortrieb über eine Freigefälleleitung Richtung Ostportal abgeführt werden.

3.2.4 Sicherung

Zur Sicherung des Hohlraumes bis zum Einbau der Ausbauschicht sind folgende Sicherungsmittel vorgesehen:

Spritzbetongewölbe mit einer Stärke von 15 cm
und einlagiger Bewehrung (bergseitig) Q257A,
Spritzbetonsohle mit einer Stärke von 10 cm
und einlagiger Bewehrung Q257A,
Ausbaubögen, z.B. Typ P50/20/30,
nach Erfordernis vermörtelte Felsanker (SN-Anker) mit Längen von 2 m bis 3 m, in
schwierigen Verhältnissen Selbstbohranker (SB-Anker) mit Längen von 2 m bis 3 m.

Die Abschlagstiefen betragen

maximal	1,5 m und
minimal	0,8 m.

Weitere Einzelheiten sind den Ausbruchplänen zu entnehmen.

3.2.5 Geotechnisches Messprogramm

Ein geotechnisches Messprogramm unter Tage hat mit begleitenden Messungen die Richtigkeit der gewählten Maßnahmen zu überprüfen und Hinweise für die Rechenansätze der statischen Berechnungen zu geben. Die Messhäufigkeit ist nach den Ergebnissen auszurichten und jeweils bis zum vollständigen Abklingen von Verformungen durchzuführen.

Die vorliegenden Verhältnisse lassen geringe Verformungen und deren rasches Abklingen erwarten.

Über dem Stollen befinden sich keine Bebauung oder sonstige gefährdete und verformungsempfindliche bauliche Anlagen. Auf ein Messprogramm kann mit Ausnahme des Portalbereichs deshalb verzichtet werden.

Im Apollo-Tunnel werden an der Tunnelinnenschale in regelmäßigen Abständen Messquerschnitte mit jeweils 5 Reflex-Targets zur Durchführung von geodätischen Verformungsmessungen eingerichtet, die zur Beweissicherung und zur Überwachung möglicher Verformungen an der Tunnelröhre während der Vortriebsarbeiten dienen sollen.

Zudem werden zur Kontrolle der Einhaltung zulässiger Schwinggeschwindigkeiten, die im Zuge der Stollenauffahrung durch die Sprengarbeiten ausgelöst werden, permanente Erschütterungsmessungen nach DIN 4150 im Fassungsbereich der Heil- und Thermalquelle von Bad Bertrich und an noch festzulegenden Punkten im Gelände sowie im Bestands-tunnel (Apollo-Tunnel) durchgeführt.

Die Messungen beginnen mit den Arbeiten zur Herstellung des Geländeeinschnitts für das Fluchtstollenportal und enden mit den Vortriebsarbeiten.

3.3 Abdichtung

Die hydrologischen Verhältnisse lassen es zu, den Bergwasser- bzw. Kluftwasserdruck um den Stollen mit einem dauerhaft wirkenden Drainagesystem abzubauen. Eine Abdichtung des Tunnelgewölbes ist nicht vorgesehen.

3.4 Fugenausbildung

Der in Spritzbetonbauweise ausgeführte Fluchtstollen erhält keine Raumfugen. Die Arbeitsfugen im Bereich der Stahlbetonsohle werden als Pressfugen ausgebildet.

3.5 Wegbefestigung

Die 37 cm - 40 cm dicke Stollensohle aus Beton C25/30 dient gleichzeitig als Wegbefestigung.

3.6 Portalausbildung

Das südlich des Ostportals des Apollo-Tunnels liegende Stollenportal wird in offener Bauweise hergestellt. Hierbei bildet die Stirnwand des Portals mit den seitlichen Stützwänden zur Böschungssicherung den Abschluss. Die gestalterische Ausbildung der Wandansicht erfolgt mit der Zielsetzung, die Ansichtsfläche zu minimieren und die gestalterische Wirkung des Portals des Apollo-Tunnels zu erhalten. Die Ansichtsflächen werden mit einer Natursteinverblendung aus ortsüblicher Grauwacke versehen.

4. Entwässerung

Während der Bauzeit wird das im Bereich der Ortsbrust und hinter der Spritzbetonschale anfallende Wasser sowie das Spül- und Anmachwasser aus dem Baubetrieb in seitlich verlaufenden temporäre Rinnen am Gewölbefuß gefasst und über eine Freispiegelleitung (steigender Vortrieb) zum Stollenportal abgeführt.

Eine Trennung zwischen Schmutz- und Bergwasser ist in diesem Stadium nicht möglich. Da bei der Ausführung der Spritzbetonarbeiten eine Veränderung des pH-Wertes des anfallenden Wassers zu erwarten ist, wird, um den zulässigen pH-Grenzwert zu gewährleisten, das gesamte Wasser über eine Neutralisationsanlage geleitet. Zusätzlich ist eine Klärung über entsprechend dimensionierte Absetzbecken erforderlich.

Das im Stollen anfallende Wasser wird über Absetzbecken mit Leichtflüssigkeitsabscheider und nachgeschalteter CO₂-Neutralisationsanlage geklärt und in den Üßbach eingeleitet.

4.1 Bergwasserdrainage

Ein Wasserrückstau zwischen Gebirge und Spritzbetonschale wird durch den Einbau von Abschlauungen und Drainagestreifen im Bereich örtlicher Wasserzutritte mit Anschluss an die Sohldrainage unterbunden. Der Einbau erfolgt durch direktes Einspritzen in das Stollengewölbe. Über eine Sohldrainageleitung DN 150 wird das anfallende Bergwasser in Richtung Ostportal abgeleitet. Die Kontroll- und Spülmöglichkeit der Drainageleitung ist durch in der Stollensohle angeordnete Revisionsöffnungen im Abstand von ca. 30m gegeben.

4.2 Wegentwässerung

Die Wegentwässerung erfolgt durch zwei seitlich des Weges in Längsrichtung durchgehend angeordnete Rinnen. Das hier anfallende Wasser wird über senkrechte Entwässerungsleitungen in regelmäßigen Abständen in die Kiesschicht unter der Innenschalensohle und damit über die in der Gewölbesohle liegende Drainageleitung abgeleitet.

4.3 Gewässerschutzanlage

Nach Fertigstellung des Stollens werden alle anfallenden Bergwässer ohne weitere Behandlung über eine im Böschungsbereich herzustellende Kaskade zum Üßbach abgeleitet.

5. Absturzsicherungen, Schutzeinrichtungen

Vor der Herstellung des Voreinschnittes sind Baumfällarbeiten in der Böschungsfläche und eine großflächige Beräumung von Totholz sowie lose im Hang lagernden Felsblöcken und aus dem Felsverband bereits gelösten Kluffkörpern durchzuführen.

In den nicht im Abtragsbereich liegenden Böschungsabschnitten ist nur zu beräumen, was sich von Hand mit den geeigneten Werkzeugen, z.B. Brecheisen, Berghauen und Spitzhacken, lösen lässt. Dies auch nur soweit es nicht hangenden Partien als Widerlager dient und die Entfernung der betreffenden Felspartien nicht zur Unterschneidung der höher liegenden Bereiche führen würde. Die Beräumung ist streifenweise vertikal von oben nach unten durchzuführen, wobei mit tiefer liegenden Bereichen erst begonnen werden darf, wenn die darüber liegenden Bereiche vollständig beräumt wurden.

Auf Grund der Steilheit des Geländes und des oberflächlich vorhandenen Lockergesteinmaterials sind auch für den Endzustand zusätzliche Maßnahmen zur Sicherung gegen Steinschlag in Form von Schutz- und Fangzäunen erforderlich. Hierzu ist ein Steinschlagschutzzaun oberhalb des Fluchtstollenportals mit einer Verbauhöhe von min. 3 m und einem Stützenabstand entsprechend statischer Erfordernis zu errichten, der gleichzeitig als Wildschutzzaun dient.

6. Betriebstechnische Ausstattung

Zum Zeitpunkt der Entwurfsbearbeitung liegt noch keine Fachplanung bezüglich der betriebstechnischen Ausstattung vor. Diese wird erst nach erfolgter Planfeststellung beauftragt und im Zuge der Ausschreibungsplanung berücksichtigt.

6.1 Grundlagen

Die betriebstechnische Ausstattung kann nach den Grundsätzen der RABT erfolgen. Der herzustellende Stollen weist keine besonderen Charakteristika auf, welche nach derzeitigem Stand zusätzliche Maßnahmen über die der RABT hinaus erfordern würden.

6.2 Beleuchtung

siehe hierzu Kapitel 6

6.3 Lüftung

Gemäß dem "Gutachten zur Beurteilung der Rauchfreiheit im Rettungsstollen" vom 11.07.2014, aufgestellt durch die Firma HBI Haerter GmbH, erfolgt die Belüftung des Rettungsstollens mittels "natürlicher" Belüftung (ohne Überdruck) mit Schleusen an den Notausgängen zum Schutz vor Ausbreitung von Feuer und Rauch in den parallel zum Apollo-Tunnel verlaufenden Rettungsstollen. Unter Berücksichtigung der Vorgaben der neuen RABT (2015) wird eine Ausführung ohne Überdruckbelüftung für den Rettungsstollen des Apollo-Tunnels als sinnvoll erachtet.

6.4 Verkehrsleiteinrichtungen

Im Apollo-Tunnel als auch im Fluchtstollen ist eine deutliche und eindeutige Kennzeichnung der Flucht- und Rettungswege gemäß RABT vorgesehen.

6.5 Sicherheitseinrichtungen

Der Fluchtstollen wird brandschutztechnisch mittels Schleusen an den Notausgängen vom Querschnitt des Apollo-Tunnels getrennt.

6.6 Stromversorgung

siehe hierzu Kapitel 6

6.7 Betriebsräume

siehe hierzu Kapitel 6

7. Herstellung, Bauzeit

7.1 Bauablauf

Nach Aushub und Sicherung des Voreinschnitts kann der Stollen vom Ostportal aus angeschlagen und in steigendem Vortrieb aufgeföhren werden.

Bei optimiertem Ablauf kann von einer durchschnittlichen Vortriebsleistung von rd. 3 m ausgegangen werden.

Mit bzw. nach Herstellung der bergseitigen Verstärkung des Bestandstunnelgewölbes (Verstärkungskörper) an den Stollenanschlüssen erfolgt rücklaufend der Einbau der Innenschalensole.

Anschließend wird die Innenschale des Gewölbes für den endgültigen Ausbauquerschnitt aufgebracht.

Der Ausschnitt für die Fluchtstollenzugänge im Querschnitt des Apollo-Tunnels kann nach Fertigstellung der Verstärkungskörper erfolgen.

Abschließend erfolgen die Herstellung des Portals inklusive Hinterfüllung und Verblendung, die Anbindung und Befestigung des Zufahrtbereichs, die Reprofilierung des Geländes sowie die Installation der Betriebseinrichtungen.

7.2 Bauzeiten

Bei der angenommenen Vortriebsleistung von durchschnittlich 3 m je Arbeitstag wird die Vortriebszeit etwa 4 Monate betragen. Weitere 4 Monate sind für die Herstellung der Stollensole und der Ausbauschicht anzusetzen. Parallel dazu können die Arbeiten im Anschlussbereich an den Apollo-Tunnel erfolgen. Mit den Arbeiten im Portalbereich, den Innenausbau, der Betriebseinrichtungen sowie der Baustelleneinrichtung und -räumung wird die Gesamtbauzeit auf etwa 12 Monate angesetzt.

Der vorgesehene Baubeginn ist -vorbehaltlich des Verlaufs des Baurechtsverfahren- voraussichtlich im Jahre 2023ff.

7.3 Baustelleneinrichtung

Für die Baustelleneinrichtung stehen im unmittelbaren Bereich des Ostportals räumlich nur eingeschränkte Flächen auf der Parkplatzfläche unterhalb der Üßbachbrücke zur Verfügung. Das Ostportal ist ohne besondere Ausbaumaßnahmen über das öffentliche Wegenetz erreichbar. Als Baustelleneinrichtungsfläche ist daher geplant, die Üßbachbrücke und den Tunnel bauzeitlich halbseitig zu sperren. Kurzzeitige Vollsperrungen werden nur während der Sprengarbeiten erforderlich werden.

7.4 Verwendung der Ausbruchmassen

Nach entsprechender Vorbehandlung kann das Ausbruchmaterial als Hinterfüllmaterial verwendet werden. Das im Sprengvortrieb gelöste Material ist vor dem Einbau entsprechend aufzubereiten. Der Wiedereinbau der Aushub- und Ausbruchmassen vor Ort ist jedoch nur in sehr geringem Umfang möglich.

Der größte Teil der anfallenden Ausbruchmassen müssen abgelagert oder - soweit technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll - einer höherwertigen Verwertung (z.B. Lärmschutzwälle, Rekultivierungen im Umfeld des Projektes, Waldwegebau etc.) zugeführt werden.

Eine abfall-/umwelttechnische Einstufung des Felsausbruchmaterials kann erst im Zuge der Stollenauffahrung erfolgen. Nach Literaturangaben (Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland-Pfalz: Hintergrundwerte der Böden von Rheinland-Pfalz, Fortschreibung Stand 2013) muss zz. angenommen werden, dass in den hier zu durchörternden Gesteinsschichten relevante Überschreitungen an Nickel und Arsen zu erwarten sind. Nach aktueller Fassung der LAGA-Mitteilung M 20 (Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen. Teil II: Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Stand: 05.11.2004) müssten die anfallenden Ausbruchmaterialien dann in die Kategorie ZO* (Nickel) bzw. Z1 (Arsen) eingestuft werden. Die Felsausbruchmassen könnten dann nur in hydrogeologisch günstigen Gebieten eingebaut werden. Vor Bauausführung erfolgt eine Abstimmung mit den zuständigen Fachbehörden hinsichtlich möglicher Gebiete zur Ablagerung von ggf. geogen vorbelastetem Stollenausbruchmaterial. Die Vorgehensweise wurde mit der Geotechnik des Landesbetriebs Mobilität Rheinland-Pfalz abgestimmt.

8. Kosten

Kostenträger ist das Land Rheinland-Pfalz.

9. Baurechtsverfahren

Das Baurecht wird im Rahmen eines Planfeststellungsverfahrens erlangt.

Aufgestellt:



Frankfurt am Main, den 13.05.2022