

Raitersaich – Ludersheim – Sittling – Altheim 380-kV-Ersatzneubauprojekt

Juraleitung

**Ltg.-Abschnitt A-Katzwang Raitersaich_West – Luders-
heim_West
(LH-07-B170)**

Planfeststellungsunterlage

Unterlage 1.0.1

Sicherheitskonzept Vortrieb

Antragsteller:



TenneT TSO GmbH
Bernecker Straße 70
95448 Bayreuth

Bearbeitung:



Ingenieurgemeinschaft Katzwangtunnel
c/o SWECO GmbH
Hanauer Landstraße 135 - 137
60314 Frankfurt am Main

Aufgestellt:	TenneT TSO GmbH gez. i.V. J. Gotzler gez. i.V. A. Junginger	Bayreuth, den 30.04.2025
Bearbeitung:	BUNG-PEB Tunnelbau-Ingenieure GmbH, gez. i.V. D. Edelhoff	
Unterlagen zum Dokument		
Änderungs- historie:	Änderung:	Änderungsdatum:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Veranlassung.....	5
2	Objektbeschreibung.....	7
2.1	Allgemein	7
2.2	Räumliche Einordnung.....	7
2.3	Schachtstandorte.....	8
2.3.1	Startschacht	8
2.3.2	Zielschacht	8
3	Risikomanagement-Prozess.....	9
3.1	Ermittlung der Rahmenbedingungen	9
3.1.1	Bauwerke und Bauablauf.....	9
3.1.2	Zeitliche und örtliche Verhältnisse	10
3.1.3	Anforderungen Feuerwehr gemäß [U1]	10
3.2	Gefährdungsidentifikation und Risikobewertung.....	11
3.3	Risiko-Bewältigung.....	23
3.3.1	Sicherheitsmaßnahmen	25
3.3.2	Restrisikobewertung.....	36
4	Brandschutzkonzept und Rettungskonzept	38
4.1	Szenarien	39
4.1.1	Szenario – Kaltereignis TBM mit Erstversorgung vor Ort	40
4.1.2	Szenario – Kaltereignis TBM mit selbstständigem Verletztentransport zur BE.....	41
4.1.3	Szenario – Druckluftarbeiten	41
4.1.4	Szenario – Heißereignis TBM	42
4.1.5	Szenario – Heißereignis Tunnel	42
4.1.6	Szenario – weitere mögliche Heißereignisse	42
4.1.7	Szenario – Selbstrettung zu Fuß	43
5	Hinweise und Empfehlungen	44
6	Zusammenfassung und Fazit	45
7	Quellen	46
7.1	Literatur / Daten / Unterlagen.....	46
7.2	Internetquellen	46
7.3	Gesetze / Normen / Verordnungen	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung Abschnitt A-Katzwang.....	5
Abbildung 2:	Risikobeurteilung nach DAUB [N1].....	24
Abbildung 3:	Rettungscontainer für Vortriebe mit kleinem Durchmesser (eigenes Foto).....	28
Abbildung 4:	Risikomatrix unter Berücksichtigung von weiteren Sicherheitsmaßnahmen	37
Abbildung 5:	Situierung Rettungscontainer.....	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Gefährdungsidentifikation nach Ereignisgruppen.....	12
Tabelle 2:	Sicherheitsmaßnahmen zur Risikominderung.....	36
Tabelle 3:	Ablaufscenario mit zeitkritischem Weg - Arzt zur TBM.....	41
Tabelle 4:	Ablaufscenario mit zeitkritischem Weg - Arzt auf BE	41

1 Einleitung

Die TenneT TSO GmbH plant die Neuverlegung der 380-kV-Leitung Raitersaich – Altheim, Abschnitt A „Juraleitung“. Im Zuge dieser Maßnahme ist es erforderlich ein Teilstück der Leitung als Erdkabel innerhalb eines Tunnelbauwerkes zu verlegen, welches das Rednitztal und den Stadtteil Katzwang mit einer Gesamtlänge von etwa 2,3 km unterquert. Die Trassenführung orientiert sich an der Bestandsleitung und verläuft dabei von östlich der Gaulnhofers Straße bis westlich zur Volckamerstraße. Der Vortrieb unterquert dabei planmäßig den Main-Donau-Kanal, die Rednitz sowie auch eine DB-Strecke.

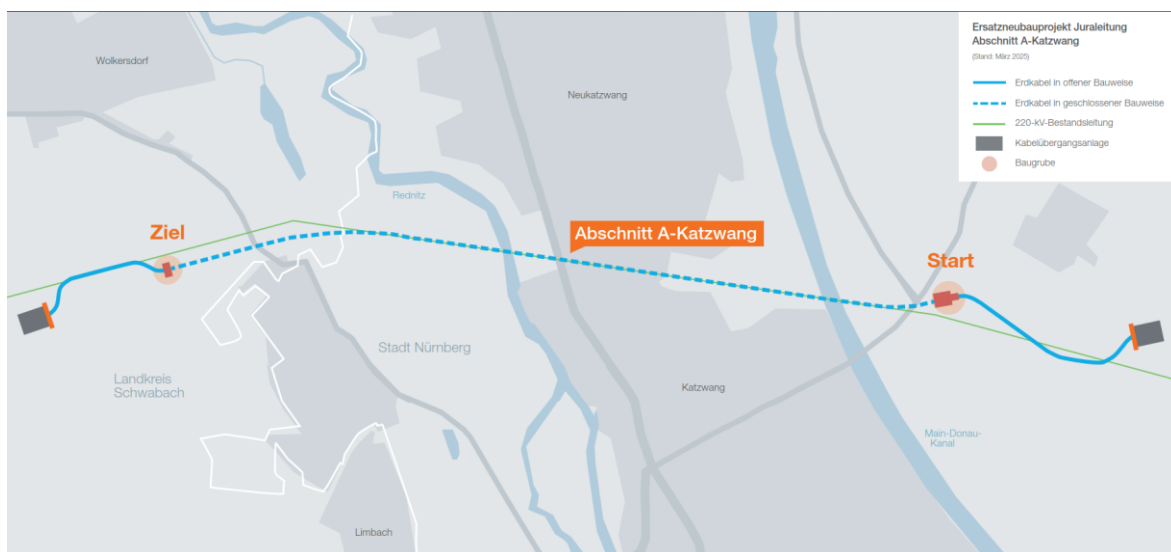


Abbildung 1: Schematische Darstellung Abschnitt A-Katzwang

Die Ingenieurgemeinschaft Katzwangtunnel wurde u.a. mit der Bearbeitung der Leistungsphase 4 beauftragt. Im Zuge dessen wird für die Genehmigung des Projektes, hier für den Vortrieb des Tunnels bzw. der beiden Tunnelröhren ein Sicherheitskonzept notwendig. Für den späteren Betrieb wird das Sicherheitskonzept durch ein gesondertes Dokument ergänzt.

1.1 Veranlassung

Das Sicherheitskonzept hat zum Ziel Gefährdungen des Tunnelbaus aufzuzeigen, aus denen sich sicherheitstechnische, organisatorische und präventive Anforderungen an die spätere Baufirma ergeben, die in der Bauphase umzusetzen sind, bzw. für die Lösungen zu entwickeln sind. Der Eintritt, bzw. das Ausmaß von Arbeitsunfällen ist durch die Festlegung von Maßnahmen auf ein zu akzeptierendes Restrisiko zu reduzieren. Hinnehmbar und zu akzeptieren sind Ereignisse, die maximal zu einem heilbaren Gesundheitsschaden und temporärem Arbeitsausfall führen.

Handlungsprämisse ist:

1. Prävention – Ereignisseintritt verhindern bzw. Ausmaß begrenzen

2. Selbsthilfe – bei Ereigniseintritt
3. Selbstrettung – Festlegung von Einrichtungen und Maßnahmen
4. Fremdrettung – durch Personal des AN-Bau oder Rettungskräfte

2 Objektbeschreibung

Der Katzwangtunnel mit Innendurchmesser DN 3600 verläuft als Teil der A070 Juraleitung in 2 Röhren mit lichtem Abstand von ca. 4,90 m vom Startschacht Ost in Richtung Westen zum Zielschacht und quert dabei den Main-Donau-Kanal, die Rednitz und die DB-Strecke 5971/5320 der Deutschen Bahn AG. Der Regelquerschnitt ist der Unterlage 6.2 zu entnehmen.

Die Trasse der beiden Röhren verläuft in Tiefen zwischen ca. 9 und 35 m unter GOK. Die Sohltiefe des Start- bzw. Zielschachts beträgt ca. 19 m bzw. ca. 27 m. Es ist beabsichtigt den Tunnel mit einer Tunnelbohrmaschine mit einschaligem Tübbingausbau aufzufahren. Nach Ermessen der Entwurfsplanung kommt eine TBM-SLS nach DAUB zum Einsatz. Hierbei wird der anstehende Boden von einem Schneidrad abgebaut und zusammen mit einer Stützsuspension über eine Förderleitung nach obertage transportiert. Durch eine Separation wird der Boden von der Suspension getrennt, so dass die Suspension über eine Speiseleitung im Kreislauf wieder in die Abbaukammer der TBM gepumpt wird. Für den Bau des Tunnels wird das notwendige Material mit einem Kran in den Startschacht eingelassen und auf bereitstehende Transportfahrzeuge gleisbetrieben zur TBM gebracht.

Die aufzufahrenden Tunnelröhren weisen Haltungslängen von jeweils ca. 2.225 m auf. (vgl. Unterlage 7.5 und 7.6)

Die lichte Schachtgeometrie am Startschacht beträgt ca. 20x35 m und am Zielschacht ca. 20x20 m. Die Herstellung der Baugrube erfolgt als rückverankerte Trägerbohlwand.

Weitere Randbedingungen, die sich auf das Brandschutz- und Rettungskonzept auswirken und wie sie zum aktuellen Planungsstand vorliegen sind:

- Logistische Andienung der TBM mit batteriebetriebenen Fahrzeugen (gleisgebunden)
- Überdeckung des Tunnels, weitestgehend im Grundwasser
- Max. Steigungsverhältnisse im Tunnel ca. 4%
- Min. Kurvenradien ca. 500 m

2.1 Allgemein

Das vorliegende Dokument beruht auf der Entwurfsplanung und wurde im Vorgriff auf die Ausführungsplanung erstellt. Entsprechend ist die Detailtiefe noch sehr global und übergeordnet anzusehen. Eine Vollständigkeit des Dokuments kann grundsätzlich nicht unterstellt werden, da im Projekt von der Planung bis zum Zeitpunkt der Ausführung Änderungen und Anpassungen von Bauwerken und deren Standorten, Bauabläufen und Bauverfahren selbstverständlich sind. Das Dokument ist eine erste Grundlage für die Genehmigungsphase und ist mit zunehmender Planungstiefe fortzuschreiben und zu verfeinern.

2.2 Räumliche Einordnung

Der Trassenverlauf des Tunnels erstreckt sich zwischen den Freileitungsmasten 75 und 84 der Bestandsleitung. Der Startschacht liegt ca. 25 m nördlich des Freileitungsmasts 75 auf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche. Auf den ersten knapp 400 m unterquert der Tunnel die Gaulnhöfer Straße,

eine landschaftlich genutzte Fläche und den Main-Donau-Kanal. Die Trasse führt anschließend zwischen dem Main-Donau-Kanal und der Rednitz auf einer Länge von ca. 800 m in einer Siedlungslücke zwischen den Stadtgebieten Katzwang und Neukatzwang. Im westlichen Bereich wird die Katzwanger Hauptstraße, ein Parkplatz und ein Tennisplatz unterquert. Nach Querung der Rednitz folgt ein ca. 500 m langer Abschnitt unterhalb der Wässerwiesen, die mehrmals im Jahr geflutet werden. Die Trasse schwenkt in einer Linkskurve ($R = \text{ca. } 1000 \text{ m}$) und kreuzt die DB-Strecke 5971/5320 in einem Winkel von ca. 75° . Nach Querung der Volckamerstraße führt die Trasse auf einer Länge von ca. 250 m unterhalb von landwirtschaftlich genutzten Flächen. Der Zielschacht liegt zwischen Mast 83 und 84 auf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche. Östlich bzw. westlich der beiden Schächte erstrecken sich Erdkabelabschnitte zu den jeweiligen Kabelübergangsanlagen (vgl. Unterlage 7.11 und 7.12).

2.3 Schachtstandorte

Nachfolgend werden die Schachtstandorte und -bauwerke dargestellt. Alle Schachtbauwerke sind grundsätzlich als Rettungs- und Angriffspunkte bei der Feuerbekämpfung zu berücksichtigen und in Abstimmung mit der Feuerwehr auszustatten.

Eine direkte Zufahrt zum Schacht und Aufstellflächen sind freizuhalten.

2.3.1 Startschacht

Die Lage des Startschachts wurde so gewählt, dass der Schacht außerhalb des Freileitungsbereichs liegt und eine gute Baustellenzugänglichkeit gegeben ist. Der Startschacht liegt östlich der Gaulnhofstraße in einer Entfernung von ca. 60 m zu einem südöstlich liegenden landwirtschaftlichen Betrieb (vgl. Unterlage 7.5 und 7.6). Die BE-Fläche erstreckt sich vom Startschacht bis zu der nördlich gelegenen Gärtnerei und schließt über Baustraßen an die Kemptener Straße an. Die Startbaugrube besitzt einen rechteckigen Grundriss mit den Innenmaßen von ca. $35 \text{ m} \times 20 \text{ m}$. Die Oberkante der bewehrten Bodenplatte liegt in einer Tiefe von ca. 19 m unter GOK.

Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten wird in der Startbaugrube ein Stahlbetonbauwerk errichtet. Über das oberirdisch angeordnete Betriebsgebäude und das Startbauwerk besteht eine Zugangsmöglichkeit zum Tunnel und der Kabelanlage.

2.3.2 Zielschacht

Der Zielschacht liegt in einem Abstand von ca. 25 m zur Freileitungssachse zwischen den Masten 83 und 84 auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (vgl. Unterlage 7.5 und 7.6). Die Zielbaugrube besitzt ebenfalls einen rechteckigen Grundriss und hat Innenmaße von ca. $20 \text{ m} \times 21 \text{ m}$. Die Oberkante der Baugrubensohle liegt ca. 27 m tiefer als die Geländeoberkante. Für die Anbindung der BE-Fläche des Zielschachts an die Volckamerstraße wird eine Baustraße (Länge: mind. 250 m) errichtet. Analog zur Startbaugrube wird nach Abschluss der Vortriebsarbeiten ein Stahlbetonbauwerk in der Zielbaugrube errichtet. Über das oberirdisch angeordnete Betriebsgebäude und das Zielbauwerk besteht eine Zugangsmöglichkeit zum Tunnel und der Kabelanlage.

3 Risikomanagement-Prozess

3.1 Ermittlung der Rahmenbedingungen

Die nachfolgend ermittelten und dargestellten Rahmenbedingungen für den Tunnelbau und die Bauabläufe erfolgen auf Grundlage einer Entwurfsplanung. Dieses Dokument ist mit zunehmender Detailtiefe der Planung von Bauwerken und Bauabläufen zu überprüfen, fortzuschreiben und zu detaillieren.

Zu den Rahmenbedingungen werden die Anforderungen von Feuerwehr und anderen Stakeholdern dargestellt.

In einem ersten Schritt erfolgt eine Risikoanalyse. Die Analyse geht bei der Erstellung des Tunnelbauwerks von einem schildvorgetriebenen Tunnel in Tübbingbauweise aus. Projektspezifisch werden Risiken und Gefährdungen des Tunnel- bzw. Schildvortriebs inklusive äußerer Einflüsse identifiziert.

Der zweite Schritt beinhaltet eine Bewertung der Gefährdungen, in dem eine Eintrittswahrscheinlichkeit innerhalb eines Zeitraums einem abgeschätzten Schadensausmaß gegenübergestellt wird. Hieraus leitet sich ein Risikopotential ab.

Die Bewertung mit einer Einschätzung der Wahrscheinlichkeit und dem Schadensausmaß ist eine erste Einschätzung aus vergleichbaren Projekten. Es wird empfohlen die vorgenommene Einschätzung von Ereignissen vor Ausführung auf Basis der finalen Randbedingungen innerhalb eines Personenkreises auf den Gebieten der Arbeitssicherheit, Gesundheitsschutz, Bauverfahrenstechnik und Rettung gemeinsam zu erörtern, zu überprüfen und bei Erfordernis nachzujustieren.

Abhängig von der Anordnung der Rettungscontainer im Tunnel unterscheidet sich die Fluchtweglänge. Wird ein Rettungscontainer auf der Hälfte der Vortriebslänge angeordnet, beträgt die maximale Fluchtweglänge ca. 560 m.

In Abgleich mit dem DAUB-Leitfaden von 2009 [N2] ist das Projekt KWT in die Gefährdungskategorie B einzugruppieren. Die Einstufung erfolgt auf der Einschätzung, dass die Fluchtweglänge bis zu einem sicheren Bereich (Rettungscontainer oder Startschacht) eine Länge zwischen 500 m und 1000 m beträgt.

Es wird darauf hingewiesen, dass im vorliegenden Dokument die Bauphase betrachtet und im Risikomanagementprozess evaluiert wird; für die Betriebsphase des Bauwerks ist eine gesonderte Studie anzufertigen.

3.1.1 Bauwerke und Bauablauf

Nachstehend wird der zum Zeitpunkt der Entwurfsplanung vorgesehene Bauablauf mit seinen Randbedingungen dargestellt. Im Zuge der weiteren Planung können sich die Randbedingungen maßgeblich verändern, so dass ggfs. eine Anpassung des Sicherheitskonzeptes nötig wird.

Das Tunnelbauwerk mit einem Innendurchmesser von 3,6 m soll nach aktuellem Stand im Schildvortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust aufgefahren werden. Vor Beginn der Arbeiten ist die BE für den Schildvortrieb einzurichten und im Startschacht die TBM aufzubauen, die aufgrund der limitierten Platzverhältnisse im Zuge des Anfahrvorgangs der TBM, Zug um Zug komplettiert werden muss. Der Vortrieb erfolgt aus dem Startschacht. Da zwei Röhren aufzufahren sind, muss die TBM insgesamt jeweils 2 Start- und Zielsituationen bewältigen.

Die Materialandienung und Logistik der TBM erfolgt über (elektrobetriebene) Zugeinheiten. Ein Begegnungsverkehr im Tunnel ist anzustreben und kann durch eine Weiche im Tunnel grundsätzlich eingerichtet werden.

Der Materialaustrag des abgebauten Bodens erfolgt mit der Stützflüssigkeit hydraulisch über eine im Tunnel verlaufende Speise- und Förderleitung. Im Tunnel verlaufen parallel noch zwei Druckluftleitungen, eine Wasser- und Abwasserleitung, ein Starkstromkabel, Kommunikationskabel und die Lutte in der Firste. Aufgrund des begrenzten Tunnelquerschnitts und aus Sicherheitsgründen wird davon ausgegangen, dass kein seitlich verlaufender Laufsteg vorgesehen wird; Personenbeförderung erfolgt ausschließlich mit Fahrzeugen. Für Arbeiten im Tunnel oder für die Selbstrettung in einen sicheren Bereich liegt bei Gleisbetrieb in der Tunnelsohle zwischen den Gleisen ein rutschfester Laufbelag.

Kritische Vortriebszustände bzw. -situationen in der Erstellung des Tunnels sind die Ein- und Ausfahrtvorgänge der TBM in den Baugrund bzw. in das Schachtbauwerk (Undichtigkeiten mit Wasser- und Materialeintritt in Schacht und Tunnel), Druckluftarbeiten in der Abbaukammer der TBM und ggfs. zu viele Personen auf der TBM oder im Tunnel. Nach derzeitigem Stand wird bei einem möglichen Einstieg im Bereich mit der höchsten Überdeckung (ca. km 0+600) ein maximaler Stützdruck von max. ca. 3,35 bar für eine Vollabsenkung erforderlich.

3.1.2 Zeitliche und örtliche Verhältnisse

Der Tunnelvortrieb schließt sich mit dem Auffahren der ersten Röhre dem Herstellen der Startbaugrube an. Nach Auffahren der ersten Röhre wird die TBM am Ziel abgebaut, zur Startbaugrube zurück transportiert und für die zweite Röhre aufgebaut, das Prinzip ist hierbei analog zur Ersten. Gegenwärtig wird davon ausgegangen, dass die Vortriebsarbeiten der ersten Tunnelröhre ca. im 4. Quartal 2028 starten. Die zweite Röhre soll nach der Wiedermontage der Maschine ca. im 2. Quartal 2029 beginnen. Für die beiden Vortriebe wird eine Dauer von je ca. 6 Monaten angesetzt.

3.1.3 Anforderungen Feuerwehr gemäß [U1]

- Es sind ausreichenden Sauerstoffseltretter (SSR. Einsatzzeit min. 30 Minuten) gemäß der max. zulässigen Personen im Tunnel zur Verfügung zu stellen
- Im Brandfall ist vor Begehung des Rettungsteams eine Entrauchung durchzuführen
- Kein Sachwertschutz durch die Feuerwehr, sofern keine Personen in Gefahr sind, wird der Brand nicht durch die Feuerwehr gelöscht
- Installation einer Kommunikationsanlage (Grubentelefon o.ä.)
- Vorhalten eines Fahrzeuges (Ersatzlok) mit Ausstattung für einen Rettungseinsatz an der Schachtsohle (Verfügbarkeit baubetrieblich sicherstellen)
- Einsatz von Fluchtcontainern ist für die Tunnelröhre zu prüfen
- Löschwasserentnahmestellen jeweils an der Schachtsohle und dem Schachtkopf mit mindestens 4,5 bar.
- Hebeeinrichtungen (Kran, Zahnstangenaufzug, Seilwinde o.ä.) um eine Schleifkorbtrage von Schachtsohle nach obertage zu befördern. Geeignete Anschlagpunkte vorsehen um mittels Windentechnik Personen-/Verletztentransport zu gewährleisten
- Auf der TBM sind nur in Erster-Hilfe geschultes Personal einzusetzen, welches eine verunfallte Person im Druckluftbereich erstversorgen und bergen kann

- Für den Fall einer Notschleusung ist eine anschließende Druckluftbehandlung erforderlich. Die Gerätschaften und Organisationen sind auf Basis der Druckluftverordnung vorzuhalten bzw. umzusetzen
- Nach Herstellung des ersten Schachtes ist eine Einsatzübung durch die Feuerwehr einzuplanen
- Nach Vortriebsbeginn (ca. 50 m im Baugrund) ist eine Einsatzübung durch die Feuerwehr auf der TBM einzuplanen

3.2 Gefährdungsidentifikation und Risikobewertung

Auf Grundlage der spezifischen Projektanforderungen sind potenziell mögliche Gefährdungsszenarien für die Einzelbauwerke und die verschiedenen Gewerke zu identifizieren und zu dokumentieren. Nachfolgend werden auf Grundlage von Anhang 2 der DAUB [N1] entsprechende Gefährdungen im Hinblick auf die Baudurchführung des Projekts KWT in Ereignisgruppen eingeteilt, die wiederum untergliedert sind in zugehörige Einzelereignisse.

Neben der Gefährdungsidentifikation wurde eine erste Einordnung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß bei Eintritt eines Szenarios getroffen, diese sind in den weiteren Leistungsphasen, insbesondere vor und während des Vortriebes zu spezifizieren.

Tabelle 1: Gefährdungsidentifikation nach Ereignisgruppen

Gefährdungsgruppe	Gefährdungsidentifikation	Erläuterung	Risikobeurteilung mit Wahrscheinlichkeit und Ausmaß	Risikobewertung nach DAUB [N1]
A Gestein / Gebirge				
A1	Nachbruch / Niederbruch	Unkontrolliertes Hereinbrechen von Wasser- und Bodenanteilen in die Abbaukammer Verschütten von Personen	Kritischer Zustand bei Drucklufteinstiegen durch Hereinbrechen des Bau- grounds durch Öffnungsflächen im Schneidrad Ein vollständiger Verbruch ist aufgrund des weitgehend geschlossenen Schneidrades unwahrscheinlich. Der Zustand ist weitgehend beherrschbar durch Beobachtung der DL-Verbräuche und Beobachtung des Nachbrechverhaltens Wahrscheinlichkeit – selten Verschüttung extrem unwahrscheinlich; Verletzungen durch herabfallendes Material möglich Ausmaß – klein bis mittel	mittel
A2	Verbruch	Verbruch durch Kollaps des Tübbingausbaus mit Tagbruch, etc. Verschüttete und eingeschlossene Personen	Einsturz der Tübbingröhre und Nachbrechen des Erdreiches mit Wassereintrich. Überschwemmung des Tunnels und Verschütten von Personal Ein Verbruch oder Kollaps der Tübbingröhre ist praktisch unmöglich Das Ausmaß wäre potenziell sehr groß Aus subjektiver Sicht des Aufstellers ist die Risikobewertung des Szenarios mit klein zu bewerten	mittel

B Geogene Partikel					
B5	Andere geogene Gefahrstoffe im Gebirge	Geogene Vorkommen von Schwermetallen, Arsen oder Quecksilber (Altlasten im Baugrund) werden unter G2 betrachtet Reizungen und Erkrankungen der Atemwege, langfristig Folgeerkrankungen	Vorkommen von geogener Hintergrundbelastung sind als Teil des geotechnischen Berichts 0 geprüft worden: Es wurde keine Grenzwertüberschreitung von Schwermetallen, Arsen und Quecksilber in den untersuchten Bodenproben festgestellt.	Lokale geogene Vorkommen von Schwermetallen, Arsen oder Quecksilber können dennoch auftreten ist allerdings unwahrscheinlich Auswirkungen sind abhängig von den betroffenen Stoffen. Aufgrund des Hydroschildvortriebs und der Flüssigkeit an der Ortsbrust und der Durchmischung mit Suspension Richtung Separation werden die Auswirkungen als sehr klein bis klein bewertet.	klein
C Wasser					
C1	Wassereinbruch	Wassereinbruch bedingt durch: - Kollaps Tübbingröhre - Wassereinbruch in die Baugruben	(siehe A2 – hier nicht weiter vertieft) Wassereinbruch durch nicht fachgerecht hergestellten Baugrubenverbau oder während der TBM-Anfahrt bzw. TBM-Ausfahrt	Aufgrund der Grundwasserabsenkung/-haltung sind Wassereinbrüche unwahrscheinlich Die Auswirkungen wären klein	klein

		- Ein- und Ausfahrvorgänge der TBM	Wassereinbruch beim Durchfahren der Schachtbauwerke	Die sensiblen Vorgänge werden dicht überwacht und Maßnahmen zur Abdichtung bei Leckagen sind planerisch abzudecken Ein Wassereintritt ist – selten Die Auswirkungen – sehr klein	klein
		- die Schildschwanzdichtung der TBM	Leckage und Wasserzutritte an der Schildschwanzdichtung (Übergang TBM zu Tübbingausbau)	Die Dichtung unterliegt einem gewissen Verschleiß. Mit den Schachtbauwerken ergibt sich die Möglichkeit der Kontrolle und Reparatur Der Störfall ist unwahrscheinlich und die Auswirkungen sehr klein	klein
		Flutung von Schächten, TBM und Tunnel			
C2	Überflutungen von außen	Überflutungen durch Oberflächengewässer	Im Projektgebiet fließt die Rednitz und der Main-Donau-Kanal, die potenziell Hochwasser führen können (Bewertung von Überflutung durch Naturgefahren erfolgt unter J4)	Der Wasserstand des Main-Donau-Kanals wird über Zu- und Abläufe reguliert. Es sind ausreichende Wasserspeicherkapazitäten vorhanden, um Hochwasser zu verhindern. Die Rednitz ist potenziell hochwassergefährdet. Die Wässerwiesen sind als Überschwemmungsgebiet ausgewiesen und können ein gewisses Hochwasser aufnehmen.	klein
		Flutung von Schächten, TBM und Tunnel			

				men. Eine Überschwemmung der Wä- serwiesen wirkt sich aufgrund des Hö- henunterschieds > 30 m zur Schachtober- kante nicht aus. Eintretenswahrscheinlichkeit – praktisch unmöglich Auswirkungen sehr klein	
--	--	--	--	--	--

D Gas					
D1	Gaszutritt	Eintritt von Gas aus dem Gebirge in die Ab- baukammer bei Druckluftein- stiegen. Erstickung oder Vergiftung	Geogen vorkommende Gase entstehen meist aus der Zersetzung organischer Überreste unter Luftabschluss. (Methan, Schwefelwasserstoff, evtl. Kohlendioxyd) Nach dem geotechnischen Bericht 0 sind Gasaustritte im Untersuchungsge- biet nach bisherigen Erkenntnissen nicht relevant. Vorkommen sind im Rahmen der geo- technischen Erkundung zu beschreiben.	Bei Gasvorkommen im Projektgebiet sind bei Druckluftarbeiten Gasmessgeräte mitzuführen und Freimessungen vorzu- nehmen. Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist un- wahrscheinlich Die Auswirkungen sind klein	klein

E Feuer					
E1	Brand	Offenes Feuer im Schacht, Tunnel oder auf der TBM, Verbrennungen, Erstickten	Resultierend aus verschiedensten Brandlasten wie Stromquellen, Maschinen, Elektroanlagen, Förderbändern, Baustoffen, brennbaren Materialien, Fahrzeugen oder bei Schweißarbeiten (insb. unter Druckluft)	Ereignisse auf TBM-Tunnelbaustellen sind - unwahrscheinlich Ausmaße bei einem sich ausbreitenden, durch das Baustellenpersonal nicht zu beherrschenden Brand – groß	mittel
E2	Rauch	Unkontrollierte Rauchentwicklung in schlecht zu belüftender Umgebung (Abbaukammer / Tunnel allgemein) Vergiftung, Erstickten	Rauchentwicklung und Ausbreitung im Tunnel infolge eines (Schwel-)Brandes. Die Brandstelle kann oft nicht rechtzeitig gefunden werden. Verrauchung, die infolge der Luftströmung im Tunnel (oder auch in der Lutte) in Bereichen weitab eines Brandherds auftreten kann.	Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist – unwahrscheinlich Das Schadensausmaß ist im schlimmsten Fall – mittel	mittel
E3	Explosion	Explosion Verletzung, Verbrennung, Tod	Explosion an Anlagenteilen, Druckbehältern, Druckluftanlage oder von Knallgas (Batterieladestationen), Dämpfen von Lösungsmitteln (Beschichtungen, Anstrichen, Klebstoffen), Arbeitsgasen (Flüssiggas, Acetylen).	Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist – unwahrscheinlich Das Schadensausmaß und Auswirkungen sind im schlimmsten Fall – groß	mittel

F Strom					
F1	Elektrizität	Stromschlag Verbrennungen, Herzstillstand, Tod	Stromschlag an stromführenden Leitungen, Anlagenteilen, etc. durch direkte und indirekte Berührung, Lichtbogen	Eine Eintrittswahrscheinlichkeit ist - selten Die Auswirkung müssen mit mittel bis groß angenommen werden	mittel
F2	Stromausfall	Stromausfall durch Netzausfall oder durch Kurzschlüsse auf der Baustelle Indirekte Auswirkungen	Stromausfall kann in Folge zu kritischen Situationen führen (z.B. Ausfall der Beleuchtung oder Kommunikation im Brandfall, Ausfall der Pumpen bei Wassereinbruch, der Schachtwinden bei Brand, der Druckluftversorgung bei Arbeiten unter Druck).	Eintrittswahrscheinlichkeit – gelegentlich Die Auswirkungen bei Ausfall der Druckluftversorgung wären – sehr groß	klein
G Chemie					
G1	Chemieunfall	Haut- oder Augenkontakt mit chemischen Substanzen bzw. Baustoffen oder Einatmen von chemischen Dämpfen Verätzungen, Erblindung, Vergiftung	Unfall, der auf die Wirkung chemischer Stoffe, speziell von Säuren und Laugen zurückzuführen ist.	Eintrittsfälle sind selten . Die Auswirkungen von Chemieunfällen werden als klein bis mittel eingeschätzt.	mittel

G2	Altlasten	Kontakt mit chemischen Altlasten beim Durchfahren von kontaminierten Böden mit Gesundheitsgefährdung in der Abbaukammer oder im Bereich der Separation, Abwurf oder bei der weiteren Verbringung Vergiftung, Atemnot, Erstickten	Anfahren von nicht im Altlastenkataster erfassten Bereichen oder, die im Zuge der Erkundungsmaßnahmen nicht kartiert sind	Ein Antreffen von nicht kartierten Altlasten ist – unwahrscheinlich Auswirkungen sind abhängig von den angetroffenen Stoffen. Aufgrund des Hydroschildvortriebs und der Flüssigkeit an der Ortsbrust und der Durchmischung mit Suspension Richtung Separation werden die Auswirkungen als sehr klein bis klein bewertet.	klein
----	-----------	---	---	--	--------------

H Technik					
H1	Verkehrswege	Gefährdungen durch alle Arten von Begegnungsverkehren auf der Baustelle und insbesondere im Tunnel, aber auch Fördertransporte (Kranbewegungen) Diverse Verletzungen durch Personenschäden	Gefährdung durch den Förder- und Fahrverkehr auf der Baustelle, z. B. durch Material- oder Personentransport, infolge unzureichender Trennung zwischen Förder-, Fahr- und Gehweg. Dies betrifft alle Arten der Fördertechnik wie Rad, Schiene, Band, Seil.	Auf Tunnelbaustellen mit Schildvortrieb und Personentransporten mittels Zug oder MSV ist die Häufigkeit von Zwischenfällen – unwahrscheinlich Das Schadensausmaß bzw. der Personenschaden kann von klein bis groß ausfallen	mittel

H2	Geräte- / Maschinen- ausfall	Ausfall von Maschinen, die direkt im Zusammenhang mit den Vortriebsarbeiten und deren Aufrechterhaltung in Zusammenhang stehen Allgemeine Gefährdung	Ausfall von Maschinen oder Geräten, die zur Aufrechterhaltung eines bestimmten Regelzustandes oder zur Rettung von Personen erforderlich sind (z. B. Lüfter zur Frischluftversorgung oder Abluftabsaugung; Kompressor zur Druckluftversorgung; Trafo, Stromaggregat oder Elektroverteiler zur Stromversorgung; Personenfördermittel).	Ausfallszenario ist - selten Das Schadensausmaß ist – sehr klein	klein
H3	Bestehende Anlagen/ Ver- und Entsorgungsleitungen	Ausfall von Versorgungsleitungen der TBM Allgemeine Gefährdung	Gefährdung durch den Ausfall von Anlagen und/oder Ver- und Entsorgungsleitungen, die den Betrieb einer Untertagebaustelle auch unter besonderen Bedingungen sicherstellen sollen (z. B. Pumpen und Leitungen bei Wasser- und Schlammzutritt, Löschwasserversorgung, Kühlinstallationen für die Bewetterung).	Der Ausfall von Versorgungsleitungen muss im Kontext eines größeren Schadens-, Brand- oder Havarieszenarios stehen. Ansonsten ist die Eintretenswahrscheinlichkeit – unwahrscheinlich Die Auswirkungen könnten sind klein .	klein

I Luft					
I1	Arbeiten unter Druckluft	Arbeiten unter hohen Drücken sind risikobehaftet. Arbeiten bei Drücken von ca. 2,0 bis über 3,6 bar Im Zuge oder im Nachgang zu Druckluftarbeiten treten Dekompressionserkrankungen auf Barotrauma, Dekompressionskrankheit	Dekompressionserkrankungen erfordern eine spezielle medizinische Betreuung und spezielle technische und organisatorische Vorkehrungen. Die Rettung aus dem Druckbereich erfordert besondere Maßnahmen; der Verunfallte, u.U. eine Begleitperson und das Rettungsmaterial müssen die Schleuse passieren können. Das Rettungspersonal muss über besondere medizinische Kenntnisse verfügen und, wie auch das Rettungsmaterial, drucklufttauglich sein.	Eintretenswahrscheinlichkeit unter ärztlicher Aufsicht und unter Einsatz von druckluffterfahrenem Personal – selten Bei Auftreten von Komplikationen während und nach dem Drucklufteinsatz sind die Auswirkungen in aller Regel klein bis mittel	mittel
I2	Sauerstoffmangel	bei Schweißarbeiten in der Abbaukammer (unter Druckluft) oder bei Gasvorkommen im Erdreich (z.B. Faulgase), die den Sauerstoff verdrängen. Ersticken	Der Atemluft wird der Sauerstoff entzogen (Sauerstoffanteil < 19 %, z.B. durch ein Brandereignis, sauerstoff-untersättigtes Bergwasser, Schweiß- und Brennarbeiten usw.). Dies kann besonders in schlecht oder nicht belüfteten Abschnitten des Bauwerks und in Schächten kritisch werden.	Eintretenswahrscheinlichkeit unwahrscheinlich Die Auswirkungen bei Sauerstoffmangel sind klein bis mittel, im schlimmsten Fall groß	mittel

13-15	Dieselmotoremissionen Gasförmige Diesel Motoremissionen	Erhöhte Schadstoff- und Rußpartikelkonzentration in der Umgebungsluft Sauerstoffmangel, Reizung der Atemwege, krebserregende Umgebungsluft, Vergiftung	Gefährdung durch krebserzeugende Wirkung partikelförmige Dieselmotoremissionen (Dieselrußpartikel). Gefährdung durch Sauerstoffmangel, Vergiftung/Reizung der Atemwege.	Eintretenswahrscheinlichkeit – häufig Auswirkungen – sehr klein Derzeit ist der Einsatz von elektrisch betriebenen Fahrzeugen vorgesehen!	derzeit nicht relevant
16	Arbeitstechnische Stäube	Alle auf der Baustelle entstehenden Stäube, die potenziell gesundheitsgefährdend werden können Reizungen und Erkrankungen der Atemwege	Auftretende Feinstäube in unterschiedlichsten Vorkommnissen bei Beton Schrämmarbeiten, Schweißarbeiten, Einblasen von Zement- oder Bentonit in Silos, Verwehungen am Abwurf. Stäube in geschlossenen und engen Arbeitsplatzsituationen können hohe Arbeitsplatzkonzentrationen nach sich ziehen.	Eintretenswahrscheinlichkeit - häufig Die Auswirkungen bei erhöhten Arbeitsplatzkonzentrationen sind dennoch - sehr klein bis klein	mittel
J Umgebung Übertage, Naturgefahren					
J2	Eisschlag	Lösen und herabfallen von Eis (-brocken oder -zapfen) Gefährdung von herabfallendem Eis	Eisbildung an Einrichtungen und Maschinen (Dächern, Kran, Leitungen, etc.)	Eintretenswahrscheinlichkeit – gelegentlich Gefährdung, bzw. Auswirkungen von Eisschlag – sehr klein	klein

J3	Schnee / Eis (Winterarbeit)	Winterbaustelle – Schnee, Glatteis, zufrieren von Leitungen und Tanks Rutsch- und Verletzungsgefahr	Sturzgefahr und Unfallgefahr auf Straßen, Gehwegen, Leitern, etc.	Eintretenswahrscheinlichkeit - gelegentlich Auswirkungen – sehr klein bis klein	mittel
J4	Überflutung	Starkregenereignis Flutung der Baustelle	Starkregen bei versiegelter BE-Fläche, so dass die Pumpenkapazität in den Schächten nicht ausreicht. Überflutung der BE und Schächte, mit Überflutung des Tunnels	Eintretenswahrscheinlichkeit - selten Auswirkungen – sehr klein	klein
J6	Blitzschlag	Gefährdung von Personen durch Blitzschlag	Erhöhte Gefahr in den Bereichen Schacht, Baustelleneinrichtungsflächen, Unterkünfte, Zufahrtsstraßen, Wege, Deponien usw. durch exponierte Einrichtungen und Leitungen der Baustelle	Eintretenswahrscheinlichkeit – praktisch unmöglich Auswirkungen – mittel bis groß	klein
J7	Sturm	Gefährdung von Personen durch Sturm	Gefährdung von Personen durch Sturm und herabfallende Gegenstände in den Bereichen Schacht (Kran), Baustelleneinrichtungsflächen, Unterkünfte, Zufahrtsstraßen, Wege, Deponien, usw.	Eintretenswahrscheinlichkeit – gelegentlich Auswirkungen – klein bis groß	mittel

3.3 Risiko-Bewältigung

Der maschinelle Tunnelbau mit Schildvortriebsverfahren ist ein sehr sicheres Bauverfahren, was sich bei der Durchführung der Risikoidentifikation und Risikobewertung aus Kapitel 3.2 widerspiegelt.

Das Auswertungsergebnis soll aber nicht zum Ausdruck bringen, dass der Schildvortrieb und Tunnelbau risikoarm oder risikolos sind.

Bei der Betrachtung aller Gefährdungen wird davon ausgegangen, dass Mitarbeiter ihre Arbeiten grundsätzlich mit der gebotenen Sorgfaltspflicht ausführen und einen sachgemäßen und vorausschauenden Umgang mit Maschinen, Anlagenteilen oder Gefahrstoffen pflegen und sie vorausschauend arbeiten und ein Gefahrenbewusstsein für ihre Tätigkeiten untertage haben und die nötige und geeignete PSA bei den Arbeiten tragen.

Dennoch muss der „Faktor Mensch“ berücksichtigt bleiben, so dass nachstehende Gefährdungen als maßgebend erachtet werden müssen. Das verbleibende Risiko muss mit zu ergreifenden Maßnahmen möglichst in den Bereich eines zu tolerierenden Restrisikos überführt werden.

- | | |
|------------------|--|
| E1 Brand: | Ein Brandereignis auf einer Tunnelbaustelle mit TBM Vortrieb kann sich grundsätzlich nur auf der Tunnelbohrmaschine selbst oder am Rolling Stock (Zug) ereignen. Auf der TBM sind zahlreiche stromführende und sich erhitzen Motoren und Aggregate installiert. Dazu werden in den entsprechenden Verbrauchsmengen Fette, Öle und Hydraulikflüssigkeiten mitgeführt, die grundsätzlich brennbar sind. Die Transporteinheiten (Lokomotive) werden elektrisch betrieben und die Batterien müssen als potenzielle Brandquelle angesehen werden. |
| E2 Rauch: | Eine Rauchausbreitung durch ein Brandereignis oder durch Schmelzbrände im Tunnel ist grundsätzlich ebenfalls auf der TBM oder an den Elektrofahrzeugen möglich und stellt insbesondere unter Beachtung des kleinen und beengten Tunnelquerschnitts erhöhtes Gefährdungspotential dar. |
| F1 Elektrizität: | Ein Stromschlag an Leitungen, Anlagenteilen, etc. durch direkte und indirekte Berührung ist unwahrscheinlich, da die Anlagen entsprechenden sicherheitstechnischen Richtlinien unterliegen. Grundsätzlich ist ein Unfall mit stromführenden Teilen nicht völlig auszuschließen. |
| G1 Chemieunfall: | Im maschinellen Tunnelbau werden verschiedene Baustoffe eingesetzt, bei deren Einsatz meist eine untergeordnete Gefährdung für die Gesundheit ausgeht. Gängig sind z.B. Betonbeschleuniger bzw. -verzögerer, 2-K Materialien, Konditionierungsmittel und Mittel für die Betonsanierung, etc. |

H1 Verkehrsunfälle: Auf der Baustelle ober- und untertage besteht eine allgemeine Gefährdung durch Baustellenverkehre durch von LKWs, Bagger, Kranbetrieb, Zügen.

Die vorgenannten Gefährdungen werden in eine Risikomatrix gemäß nachstehender Abbildung 2 übertragen. Weiteres Ziel ist eine weitere Risikominderung unter Berücksichtigung einer wirtschaftlichen Verhältnismäßigkeit. Die Festlegung und Anwendung gesonderter Sicherheitsmaßnahmen, wie sie im nachfolgenden Kapitel erörtert werden, sollen die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß weiter reduzieren.

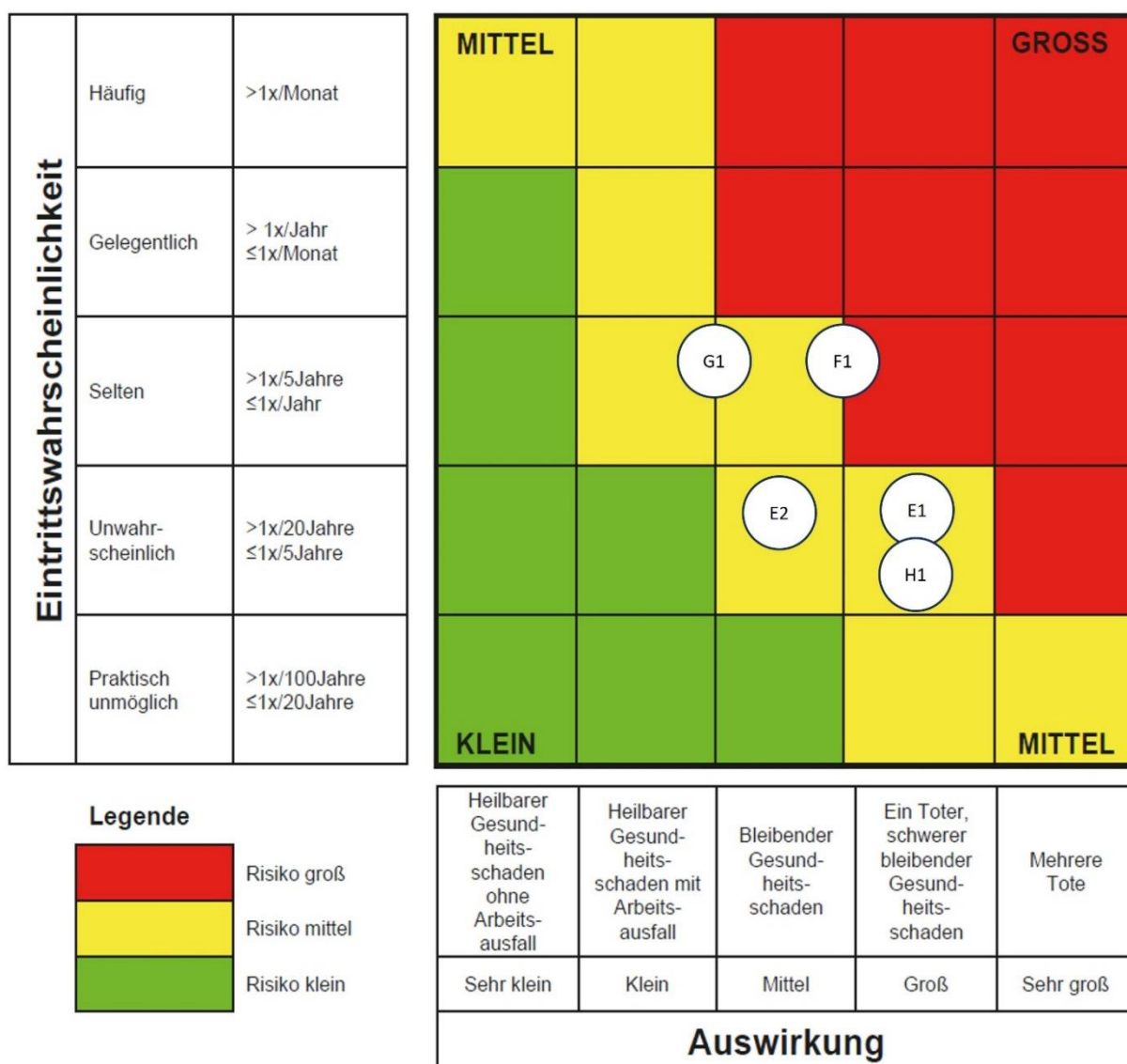


Abbildung 2: Risikobeurteilung nach DAUB [N1]

Es sind im Folgenden Sicherheitsmaßnahmen zu erörtern und festzulegen, die die aufgezeigten Risiken nicht vollständig ausschließen können, diese aber möglichst weiter verringern, so dass das verbleibende Restrisiko tolerabel und akzeptierbar wird.

3.3.1 Sicherheitsmaßnahmen

Die Sicherheitsmaßnahmen dienen sowohl der Reduzierung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses als auch der Bewältigung eines eingetretenen Ereignisses.

Die Sicherheitsmaßnahmen werden in die nachstehenden Kategorien – strukturelle / bauliche, organisatorische, persönliche Sicherheitsmaßnahmen – eingeteilt:

1. Strukturelle / bauliche Sicherheitsmaßnahmen:

1.1. Zufahrten und Bewegungsflächen für die Feuerwehr

Die Zuwegungen zur Baustelle und allen Schachtstandorten sind für Schwerlastverkehr (mindestens 40 to) auszulegen. Im Bereich der Schachtbauwerke werden Aufstellflächen für die Feuerwehr vorgesehen, welche die Aufstell- bzw. Bewegungsfläche eines Löschfahrzeugs der Maße 12 m x 7 m gewährleisten.

1.2. Löschwasserversorgung

Am Baufeld Katzwang erfolgt die Löschwasserversorgung über einen unterirdischen Frischwasserbehälter bzw. nach Durchschlag der ersten Röhre am Baufeld Wolkersdorf auch über ein Löschwasserbecken mit einem Volumen von jeweils 100 m³. Unterirdische Behälter sind gemäß DIN 14230 [N34] auszuführen. Von dort wird eine Trockenleitung bis zum Schachtkopf sowie zur Schachtsohle installiert, wo jeweils Anschlüsse vorgesehen sind. Das Pumpen/Saugen des Wassers und Einspeisen in die Trockenleitung erfolgt über das Löschfahrzeug der Feuerwehr, für das im Bereich des Frischwasserbehälters/Löschwasserbeckens eine Aufstell- bzw. Bewegungsfläche der Maße 12 m x 7 m gewährleistet wird. Der geforderte Betriebsdruck von > 4,5 bar wird durch das Löschfahrzeug generiert.

1.3. Notausgänge, Flucht- und Rettungswege

Grundsätzlich sind alle Wege und Ausgänge zu kennzeichnen und mit den dazugehörigen Piktogrammen auszustatten. Die Wege und Ausgänge sind stets freizuhalten und sind grundsätzlich eben auszubilden. Vorgaben zur Querschnittsgestaltung von Flucht- und Rettungswegen sind einzuhalten.

In den Schächten werden Treppentürme angeordnet. In Schachtnähe ist jeweils ein Rettungskorb für Kräne bereit zu halten. Wenn am Schachtstandort kein Kran vorgesehen ist oder vorgehalten wird, dann ist eine Hebekonstruktion mit motorgetriebener Winde zu installieren, die eine Personenrettung mit Rettungskorb ermöglicht.

Verkehrswege sind baulich möglichst von Fußgängerwegen zu trennen und zu kennzeichnen.

1.4. Entwässerung

Vor den Tunnelportalen und in den Tiefpunkten der Tunnel sind Pumpensümpfe einzurichten. Die Pumpenleistung in den Schächten vor den Portalen muss auf Starkregenergieereignisse bemessen werden.

1.5. Bewetterung

Für die Frischluftzufuhr und Verdrängung der Abluft wird i.d.R. eine drückende Bewetterung installiert. Eine Lutte aus schwer entflammbarem Material wird vom Schachtbauwerk bis zur TBM geführt. Abluft oder Abgase werden durch den Tunnelquerschnitt in Richtung Schachtbauwerk gedrückt. Im Brandfall ist die Belüftung zu unterbrechen.

Bei Durchschlägigkeit eines Tunnelabschnitts ist die Luttenführung und Ventilation an den neuen Standort anzupassen. Bereits fertig gestellte Tunnelabschnitte sind aufgrund der Transporte und Logistik weiter zu bewettern.

1.6. Notstromversorgung

Auf der Baustelle ist ein Notstromaggregat zu installieren, das im Falle eines Stromausfalls selbständig anspringt und die sicherheitsnotwendigen Anlagen mindestens so lange aufrechterhalten kann, bis alle Personen sich in sichere Bereiche begeben können, mindestens aber 180 Minuten. Mindestens der Weiterbetrieb für folgende Einrichtungen ist zu gewährleisten:

- Bewetterung
- Druckluftversorgung
- Notbeleuchtung
- Pumpenanlagen
- Vakuumbreifer

Für den Betrieb des Aggregats ist stets ausreichend Kraftstoff vorzuhalten.

1.7. Brandbekämpfung

Brandmeldeeinrichtungen:

Es sind manuelle und automatische Brandmeldeeinrichtungen zu installieren, von denen die Bauleitung alarmiert wird. Die genauen Standorte der Brandmelder sind im Laufe der Ausführungsplanung in Zusammenarbeit mit der Feuerwehr abzustimmen.

Handfeuerlöscher:

TBM: Standorte, Anzahl und Art sind in Abhängigkeit der Brandlast und in Abstimmung mit dem TBM-Lieferanten abzustimmen.

Weitere Handfeuerlöcher sind auf jedem Transportfahrzeug mitzuführen und an Unterverteilern und Anlagen im Tunnel oder den Schächten vorzuhalten.

Brandbekämpfungsanlagen:

TBM und Transportfahrzeuge sind mit automatischen Löschanlagen auszustatten.

Alle Einrichtungen sind regelmäßig auf ihre Funktionalität, Vollzähligkeit und auf Beschädigungen zu überprüfen.

Rauchschotts oder Wasservorhänge:

In Abständen von 1000 m ist der Einbau von Rauchschotts oder Wasservorhängen direkt nach Durchfahren des letzten Nachläufers zu installieren. Ein festes Rauchschott mit einem festen Gewebavorhang verhindert eine Rauchausbreitung deutlich sicherer als ein Wasservorhang. Sollten sich aufgrund der Größenverhältnisse negative Auswirkungen auf die Luftzirkulation der Bewetterung ergeben, ist alternativ in Abstimmung mit der Feuerwehr ein gleichwertiges System zu installieren.

1.8. Rettungscontainer

Auf der TBM sind in Abhängigkeit der geometrischen Möglichkeiten ein oder mehrere Rettungscontainer zu installieren, so dass ein sicherer Bereich für das TBM-Personal, Bauüberwachung, AG, Vermesser, etc. geschaffen wird, mindestens aber für 12 Personen. Es ist mit entsprechenden organisatorischen und technischen Vorrichtungen sicherzustellen, dass die Anzahl der Personen auf der TBM niemals die Kapazitäten der Rettungscontainer übersteigt.

Die Anforderungen und Empfehlungen für den Einsatz von Fluchtkammern auf Untertagebaustellen [N3] sind zu berücksichtigen.

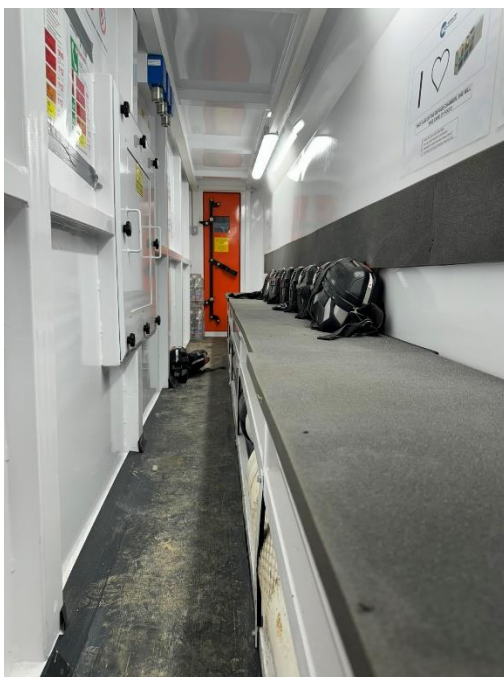


Abbildung 3: Rettungscontainer für Vortriebe mit kleinem Durchmesser (eigenes Foto)

Die Schichtübergabe hat so zu erfolgen, dass die übergebende Schicht mehrheitlich bereits in der Transporteinheit sitzt und ausfahrbereit ist.

Auf der Tunnelstrecke ist ein weiterer Rettungscontainer als sicherer Bereich einzurichten. Die Anzahl der Rettungscontainer auf der Strecke bemisst sich nach der Fluchtweglänge, die mit einem SSR (siehe Kapitel 3.6) zurückgelegt werden kann.

Bei der maximal zu berücksichtigenden Tunnellänge von max. 2.225 m ist ein Rettungscontainer auf der Strecke ausreichend.

1.9. Fluchtweg

Während der Vortriebsarbeiten erfolgt der Personentransport ausschließlich mit den Tunnelfahrzeugen. Sondersituationen stellen Arbeiten im Tunnel dar, für die Personen auf der Strecke sind. Zu nennen sind u.a. Vermessungsarbeiten oder Inspektions- oder allgemeine Wartungsarbeiten.

Für diese Ausnahmefälle erfolgt die Flucht zu Fuß bis zum nächstgelegenen sicheren Bereich. Der Fluchtweg im Tunnel verläuft in der Sohle bzw. zwischen den Gleisen. Auch in Tiefpunkten des Tunnels ist eine wasserfreie Sohle zu gewährleisten. Bei Gleisbetrieb ist in der Tunnelsohle ein rutschfester und ebener Laufsteg ohne Belagswechsel einzurichten; die Stöße sollten möglichst keine Höhenunterschiede aufweisen.

Die Fluchtrichtung zu einem sicheren Bereich ist an der Tunnellaibung in engen Abständen mit selbstleuchtenden Schildern auszuweisen.

1.10. Kommunikationssystem

Es sind zwei voneinander unabhängige, geeignete und redundante Kommunikationssysteme (Mobilnetz/Telefon und Funk) vorzusehen, um zu gewährleisten, dass die Vortriebsmannschaften bzw. die Bauleitung von einem Alarmfall unverzüglich informiert werden können und die Absetzung eines Notrufs möglich ist. Im Falle einer kabelgebundenen/LWL Lösung, sind diese gegen Beschädigungen zu schützen.

Es ist sicherzustellen, dass im Ereignisfall alle Mitarbeiter über eine Alarmierung erreicht werden.

Die Feuerwehr kriegt für die Kommunikation im Ereignisfall Geräte auf der Baustelle gestellt. Es ist ein drahtloses Mehrkanal-Funktelefonssystem zu installieren, wovon eine Frequenz den Rettungskräften zur Verfügung steht.

2. Organisatorische Sicherheitsmaßnahmen:

2.1. Grundsätzliches

Arbeiten bzw. der Aufenthalt Untertage sind grundsätzlich mindestens zu zweit auszuführen, so dass eine gegenseitige Kontrolle bzw. Aufsicht gegeben ist. Die betrifft das alleinige Betreten des Tunnels (Schildwache), den Vortrieb bis hin zu Arbeiten in der Abbaukammer unter Druckluft. Alleinarbeit ist untersagt.

2.2. Sicherheits- und Gesundheitsschutz Koordinator (SiGeKo)

Die Bestellung des SiGeKo wird durch die Baustellenverordnung (BaustellV) geregelt wird nach § 3 BaustellV erforderlich, da bei dem Projekt:

- Mehrere Arbeitgeber ihre Bauleistungen gleichzeitig oder nacheinander auf der Baustelle erbringen
- Die Bauzeit > 30 Tage betragen wird und die Anzahl der Beschäftigten auf der Baustelle deutlich höher als 20 Mitarbeiter betragen wird
- Die Dauer der Baustelle 500 Personentage überschreiten wird
- Und insbesondere, weil gefährliche Arbeiten nach Anhang II der BaustellV anfallen

Der SiGeKo ist bereits zu Beginn der Planungsphase in das Bauvorhaben einzubinden und entwickelt hier ein SiGe-Plan Konzept als Grundlage für die Ausführungsphase.

2.3. Koordinator

Mit Beginn der Baustellenarbeiten wird seitens des AG ein Koordinator für das Brandschutz- und Sicherheitskonzept benannt, der als zentraler Ansprechpartner „Sicherheit“ für alle sicherheitsrelevanten Aspekte im internen und für SiGeKo, AG und Rettungskräfte aussagekräftig ist und für die Umsetzung des Konzeptes verantwortlich ist.

Im Einsatzfall fungiert der Koordinator als Bindeglied zu den Rettungskräften und der Baustelle. Der Koordinator unterstützt den Einsatzleiter der Feuerwehr / Rettungsdienst bei

Bedarf. Er empfängt die Rettungskräfte auf der Baustelle und weist die Rettungskräfte vor Ort ein und hält Kontakt zu den baustelleneigenen Rettungskräften.

Wenn der Koordinator nicht vor Ort ist, ist ein Vertreter zu bestimmen.

2.4. Aktiver Umgang mit Arbeitsunfällen

Der AN-Bau hat bei Arbeitsunfällen oder bei Arbeitsplatzsituationen mit Verletzungsgefahr Analysen durchzuführen, um eine Verbesserung der Arbeitssicherheit anzustreben. Durch den AN-Bau ist der Unfallhergang zu beschreiben und die Ursachen zum Hergang zu ermitteln. Hieraus sind Maßnahmen zum zukünftigen Umgang mit den ermittelten Gefahrenquellen bzw. zur Beseitigung der Gefährdung abzuleiten.

2.5. Fahrzeuge (Zug oder MSV)

Alle Transportfahrzeuge müssen stets eine Personenkabine angehängt mitführen. Für eine Fluchtsituation bzw. für Verletztentransporte ist immer ein Transportfahrzeug auf der TBM zu behalten.

Die Fahrzeuge sind mit einer Sicherheitsfahrschaltung (Totmannsteuerung) auszurüsten, die bei nicht ordnungsgemäßer Nutzung des Fahrzeugs zu einer Zwangsbremmung führt. Es sind Assistenzsysteme vorzusehen, bei einer Hinderniserkennung auf der Strecke ist ebenfalls eine Zwangsbremmung auszuführen.

Die Fahrerinnen sind rauchdicht auszurüsten.

Alle Fahrzeuge sind mit einem selbstauslösenden Feuerlöschsystem auszustatten.

Die Antriebsfahrzeuge sind mit Akkus auszustatten. Lithium Akkus haben im Vergleich zu Akkus auf Bleibasis eine höhere Energiedichte allerdings auch eine höhere Brandgefahr. Die aktuelle Planung sieht den Einsatz von Bleiakkus vor.

2.6. Ausweichstellen

Es sind Ausweichstellen für Transportfahrzeuge zu schaffen. Dazu ist etwa in Tunnelmitte auf der Strecke eine Möglichkeit zum gegenseitigen Passieren von Fahrzeugen zu schaffen.

2.7. Versorgungsleitungen

Alle für den Betrieb der TBM notwendigen Versorgungsleitungen werden an der Tunnellaibung geführt. Die Druckluftleitung ist redundant auszuführen. Alle Leitungen sind in einer Höhe anzuordnen, so dass eine Beschädigung durch Anprall verhindert wird. Ist dies nicht durchgehend auf der Tunnelstrecke möglich, dann sind an der Stelle sicher greifende Schutzmaßnahmen umzusetzen oder organisatorisch dürfen während Druckluftarbeiten keine Materialtransporte stattfinden.

2.8. Zugangskontrolle:

Die Rettungskräfte brauchen für den Ernstfall einen schnellen Überblick auf die sich darstellende Situation. Hierfür ist es erforderlich die Anzahl der Personen auf der Baustelle, in den Schächten und im Tunnel zu erfassen, so dass eine Suche vermisster Personen ziel-

gerichtet erfolgen kann und sich Rettungskräfte nicht unnötig in Gefahrensituationen begeben müssen. Es sind (technische) Maßnahmen zu ergreifen, die ein Betreten des Tunnels ohne digitale Erfassung verhindern.

Eine Zugangskontrolle muss nachstehende Funktionen und Anforderungen erfüllen:

- Zugang zu Baufeldern nur über gesicherte Zugänge (Haupttore mit Sicherheitsdienst, Drehtore, etc.)
- Erfassung von Personen und den im Tunnel verkehrenden Transporteinheiten
- Grafische Darstellung und Visualisierung der Personen im entsprechenden Tunnelabschnitt in Echtzeit
- Zuweisung von verschiedenen Zugangsberechtigungen auf der Baustelle, mindestens für die Bereiche:
 - Zugang Baustelle allgemein
 - Zugang Schachtbauwerke
 - Zugang Tunnel
- Das System muss für den Tunnel ausweisen, ob sich Personen im Tunnel aufhalten (Vermessungsarbeiten, Sanierungsarbeiten, etc.) oder auf der TBM
- Das System muss die aktuelle Personenanzahl im Tunnel sicher ermitteln können und eine Überschreitung der maximal zulässigen Personenanzahl durch technische / bauliche Maßnahmen sicher verhindern
- Es ist zu gewährleisten, dass Personen sich nicht doppelt unter einer Identität anmelden können („Mitnahme von nicht registrierten Personen“ – z.B. Person hat eigene Zugangskarte vergessen)

Alle Baustellenareale sind mit Kameras zu überwachen, so dass ein Zutritt von unbefugten Personen möglichst unterbunden werden kann.

LKW-Andienung, Paketdienstleister, Lieferanten und andere Besucher der Baustelle sind zu erfassen, wenn sie die Baustelle betreten und wieder verlassen, so dass die Personenerfassung vollständig ist.

2.9. Alarmplan

Der AN-BAU hat in Abstimmung mit AG, eingeschalteten SiGeKo, Behörden und Rettungskräften einen oder mehrere Alarmpläne zu erstellen und während der Bauzeit an die sich verändernden Bedingungen der Baustelle fortzuschreiben und anzupassen.

Aus den Alarmplänen muss klar und schnell ersichtlich sein:

- Meldepflichtige Ereignisse
- Die Verantwortlichkeit(en)
- Die Meldekette – Fließschema der Meldung / Alarmierung mit Hinterlegung der aktuellen Telefonnummern
- Klar definierte Anweisungen und Verhaltensregeln im Ereignisfall
- Zu treffende Sofortmaßnahmen
- Einleitung von Rettungsmaßnahmen

Es empfiehlt sich ggfs. Alarmpläne für verschiedene Ereignisgruppen zu entwerfen:

- Personenschaden (Unfall oder Verletzung)
- Brand / Feuer (Heißereignis, ggfs. auch Explosion)
- Grenz- oder Alarmwerte überschritten (Baugrubenverformung, unzulässige Setzungen, etc.)
- Bauwerksschaden (starke Wasserzutritte Baugrube / Tunnel, Bauwerksverformungen, Verbruch, große Betonabplatzungen, etc.)

2.10. Brandlasten

Grundsätzlich sind alle brennbaren Stoffe bzw. Gefahrstoffe außerhalb des Tunnels und der Schächte zu lagern. Im Tunnel bzw. auf der TBM sind Materialien mit brennbaren Eigenschaften nur in den für den Vortrieb erforderlichen Mengen vorzuhalten.

Die Lagerorte für regelmäßig im Vortrieb zum Einsatz kommende Stoffe sind in den Feuerwehrplänen auszuweisen.

TBM, Tunnelstrecke und Schächte sind regelmäßig zu reinigen; brennbare Baureste oder -materialien sind hierbei aus dem Tunnelbereich zu entfernen.

2.11. Heißenarbeiten

Heiß- bzw. Schweißarbeiten sind grundsätzlich nur von befähigtem Personal durchzuführen. Im Arbeitsbereich sind sämtliche Brandlasten zu entfernen und geeignete Löschmittel griffbereit zu deponieren. Nach Beendigung der Arbeiten ist für mindestens 2 Stunden eine Brandwache vor Ort vorzusehen.

Heißenarbeiten unter Druckluft in der Abbaukammer sind mit erheblichen zusätzlichen Risiken verbunden und sind durch einen Sicherheitsposten zu begleiten. Die besonderen Umstände (beengte Platzverhältnisse, Gesundheitsgefahr durch Rauchgase, erhöhte Brandgefahr durch erhöhte Sauerstoffzufuhr) sind zu berücksichtigen. Die Arbeitskleidung muss aus schwer entflammbar Materialien bestehen. Es ist eine ausreichende Lüftung oder Gefahrstoffabsaugung zu gewährleisten.

2.12. Feuerwehrpläne

Für die Feuerwehr sind eigene BE- und Bauwerkspläne zu erstellen, aus denen die wesentlichen Informationen für den Fall eines Einsatzes hervorgehen. Die genauen Inhalte sind zwischen Feuerwehr und AN-Bau im Detail abzustimmen. Mindestens sind nachstehende Informationen in den Plänen zu hinterlegen:

- Lotsenpunkte
- TBM Pläne mit Rettungswegen, Aggregaten und Löscheinrichtungen
- Darstellung von Rauchschotts bzw. Wasservorhängen
- Lagerorte bzw. Verwendungsorte mit brennbaren Materialien
- Standort von Rettungscontainern, Druckluftschleuse auf der BE, Erste Hilfe Standorten, Sammelplätzen etc.
- Darstellung der Löschwasserleitung und der Entnahmestellen

- Darstellung der wesentlichen Anlagenteile und Aggregate im Tunnel und Über-tage
- Detailpläne für die Schachtbauwerke, inklusive der vorhandenen Einrichtungen für Rettungseinsätze, wie z.B. Kranstandort und Standort der lagernden Ausrüs-tung für die Rettung aus dem Schacht

2.13. Wartung und Kontrolle

Alle Aggregate mit heißen Oberflächen, stromführende Systeme, etc. sind regelmäßig zu kontrollieren, zu warten und zu säubern, so dass Defekte oder Fehlfunktionen frühzeitig erkannt und abgestellt werden können.

2.14. Rauchverbot

Auf der TBM herrscht grundsätzlich Rauchverbot. In Abstimmung mit der Feuerwehr können Raucherzonen eingerichtet werden, die in ausreichend großem Abstand von Brand-lasten oder Anlagenteilen angeordnet werden.

2.15. Ersthelfer und Brandschutzhelfer

Das gesamte Vortriebspersonal untertage ist als Ersthelfer und Brandschutzhelfer auszu-bilden. Die Nachweise sind dem AG unaufgefordert vorzulegen. Einmal jährlich sind Auf-frischungskurse durchzuführen.

Das Personal muss in die Lage versetzt werden, um Verletzte sicher bergen und lebenser-haltende Maßnahmen durchzuführen, bis die Rettungskräfte vor Ort sind.

Brandschutzhelfer sollen in der Lage sein, einen Entstehungsbrand in geeigneter Weise und mit der richtigen Wahl der Mittel bekämpfen bzw. eindämmen zu können, um zumin-dest eine Flucht zu ermöglichen und ohne sich selbst in Gefahr zu begeben.

2.16. Brandschutzübungen

Unter Beteiligung der Feuerwehr und der ausgebildeten Brandschutzhelfer erfolgen re-gelmäßige Übungen, die eine Einweisung in die Örtlichkeiten und die Standorte von allen für einen Einsatz nötigen Materialien und Einrichtungen enthält.

Gemeinsame Übungen von Rettungskräften und Brandschutzhelfern auf der Baustelle sind in Abstimmung mit der Feuerwehr anzustreben.

2.17. Besucher (-gruppen)

Aufgrund der sehr beengten Verhältnisse und den sicherheitstechnischen Randbedingun-gen sind Besuchergruppen nur zu Beginn des Vortriebs vertretbar, bis die TBM vollständig in den schon erstellten Tunnel eingefahren ist.

Wenn die TBM in den Tunnel eingefahren ist, dann sind Besuchergruppen nur bei plan-mäßigen Stillständen der Vortriebseinheit durchführbar und nur dann, wenn sicherge-stellt ist, dass ausreichend Plätze im Rettungscontainer vorhanden sind.

Besucher sind grundsätzlich vor Betreten der Baustelle sicherheitstechnisch zu unterwei-sen. Der Zugang zur Baustelle ist für Besucher nur in Begleitung von Baustellenpersonal gestattet.

Für Besucher besteht die Pflicht PSA zu tragen, die mindestens aus Schutzhelm, Sicherheitsweste, Sicherheitsschuhen und Sicherheitsbrille besteht. Gehörschutz ist seitens der Baustelle anzubieten.

3. Personenbezogene Sicherheitsmaßnahmen:

Persönliche Schutzausrüstung (PSA), medizinische Eignungs- und Vorsorgeuntersuchung (müssen im Sicherheitspass dokumentiert werden), Ausbildung und Übungen in Erste-Hilfe, in der Gerätehandhabung, projektbezogene technische Information und Unterweisung, usw.

3.1. Grundsätzliches:

Der AN-Bau setzt grundsätzlich nur Fachpersonal im Untertagebau ein. Das eingesetzte Personal verfügt über Baustellenerfahrungen im Tunnelbau oder wird eingehend in die Aufgabenbereiche eingearbeitet und hierauf geschult.

Arbeiten und Reparaturen an Anlagenteilen der Vortriebseinrichtungen werden nur durch Fachpersonal durchgeführt oder durch beauftragte Fachfirmen. Der Einsatz von fachfremden Personen im Umgang mit Maschinenteilen, Anlagen oder stromführenden Einheiten, auch für Hilfsarbeiten ist sicher auszuschließen.

3.2. Arbeitszeiten:

Grundsätzlich sind die gesetzlichen Vorgaben zu Arbeitszeiten und Ruhezeiten für Arbeitnehmer einzuhalten (ArbZG). Die Vortriebsarbeiten werden im Durchlaufbetrieb (24/7) durchgeführt. Arbeiten an Sonn- und Feiertagen müssen beim zuständigen Gewerbeaufsichtsamt angemeldet und genehmigt werden und bedürfen darüber hinaus der Zustimmung des AG. Die Ausnahmegenehmigung mit Darstellung des Arbeitszeitmodells ist frühzeitig mit AG und Behörde abzustimmen.

3.3. Unterweisungen und Schulungen:

Das auf der Baustelle eingesetzte Personal muss fachlich und persönlich geeignet sein und ist fortlaufend zu schulen und zu unterweisen.

Alle Mitarbeiter erhalten beim ersten Betreten der Baustelle eine (SHE)-Erstunterweisung/Ersteinweisung. Inhalt der Unter-/Einweisung ist unter anderem:

- die Organisation der Baustelle
- die Baustelleneinrichtung, ggf. mit Rundgang über die Baustelle
- Arbeitssicherheitsbewusstsein
- die Baustellenordnung
- Zugang zu den Betriebspunkten
- Einweisung in die Alarmpläne
- Pflicht zum Tragen der persönlichen Schutzausrüstung
- Verhaltensregeln
- Erste-Hilfe-Einrichtungen
- Brandschutz, insbesondere des vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzes
- Gesundheitsschutz

- Gefahrstoffe
- Ortskunde (Zufahrten / Lotsenpunkte / Rettungsmittel...)

Im Tunnel eingesetztes Personal ist weiterführend über die im Tunnel und auf der TBM vorkommenden Gefahren zu unterweisen.

Je nach Tätigkeit des Personals und nach Bedarf sind weitere Schulungen und Belehrungen, ggfs. mit regelmäßigen Wiederholungen durchzuführen.

Beispiele sind:

- Erste-Hilfe-Kurs
- Abwehrender Brandschutz
- Erlernen von druckluftspezifischen Grundlagen, Druckluftbelehrung und Drucklufttauglichkeit
- Bedienen von Geräten (teilweise durch den Hersteller)
- tätigkeitsbezogene Belehrung durch den Polier oder Bauleiter nach der Gefährdungsanalyse

3.4. Übungen:

Ergänzend zu den durchgeführten Einweisungen und Schulungen empfehlen sich Übungen, die das Personal befähigen bei Eintreten eines Szenarios richtig und schnell zu handeln. Folgende Übungen empfehlen sich:

- Gemeinsame Übungen mit der Feuerwehr mit dem Durchspielen verschiedener Szenarien wie z.B. Verletztentransporte, Selbstrettung, Brandbekämpfung (Entstehungsbrand), etc.
- Probeschleusungen vor erstmaligem Drucklufteinsatz
- Rettung von Verletzten aus der Abbaukammer unter Leitung des zuständigen Druckluftarztes zum Erlernen der erarbeiteten Rettungskonzepte und Randbedingungen vor Ort

3.5. Persönliche Schutzausrüstung (PSA):

Im Baustellenbereich herrscht grundsätzlich PSA-Pflicht. Das bedeutet, dass grundsätzlich Helm, Warnweste und Sicherheitsschuhe zu tragen sind.

Im Tunnel ist die PSA zwingend um eine Sicherheitsbrille, Helmlampe und einen SSR zu ergänzen. Gehörschutz ist mitzuführen, bzw. an Orten mit permanenter Schallquelle zugänglich auszulegen.

Gemäß Arbeitseinsatz und Gefahrstoff ist die PSA entsprechend zu ergänzen (Handschuhe, Atemschutz, Schutzkleidung, Seilsicherung).

Auf der BE gelegene Baubüros müssen für externe Personen auch ohne PSA erreichbar sein. Entsprechende Laufwege sind zu sichern und zu kennzeichnen. Die Wege sind stets freizuhalten.

3.6. Sauerstoffseltretter (SSR)

Alle Personen, die in Schacht oder Tunnel einfahren sind in der Anwendung eines SSR einzuweisen. Die SSR sind grundsätzlich von allen Personen, die sich im Tunnel oder der

TBM aufhalten mitzuführen und sind bei Arbeiten in direkter Zugänglichkeit sicher und trocken zu lagern.

Zusätzliche SSR sind in den Rettungscontainern, in den Lokomotiven und den Transportkabinen in ausreichender Anzahl zu deponieren.

Aufgrund der großen Haltungslängen sind alle 1000 m Depots mit SSRs in ausreichender Anzahl, die entsprechend kenntlich gemacht und beleuchtet sind, einzurichten.

Sauerstoffseltretter sind am Markt mit unterschiedlichen Sauerstoffkapazitäten erhältlich. Anders als in Abschnitt 3.1.3 festgehalten, wird bei allen weiteren Betrachtungen von Geräten mit einer Atemkapazität von 60 Minuten ausgegangen, um höhere Fluchtweglängen zu erreichen.

3.3.2 Restrisikobewertung

Unter Berücksichtigung und Implementierung der beschriebenen Sicherheits- und Schutzmaßnahmen werden die in Kapitel 3.3 thematisierten Risikobilder nachstehend neu bewertet und eingestuft. Die maßgeblichen Sicherheitsmaßnahmen für die Risikofelder werden in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Sicherheitsmaßnahmen zur Risikominderung

Risiko	Sicherheitsmaßnahmen		
	Strukturell / baulich	organisatorisch	persönlich
E1 Brand	Brandbekämpfungssysteme, Rettungscontainer	Personenkabine für Fluchtsituationen immer vor Ort, Zugangskontrolle, Reduzierung von Brandlasten, Rauchverbot, Brandschutzhelfer	Unterweisungen und Schulungen, persönliche Schutzausrüstung und Sauerstoffseltretter
E2 Rauch	Brandbekämpfungssysteme, Rauchschotts, Wasservorhänge, Rettungscontainer	Personenkabine für Fluchtsituationen immer vor Ort, Zugangskontrolle, Reduzierung von Brandlasten, Rauchverbot, Brandschutzhelfer	Unterweisungen und Schulungen, persönliche Schutzausrüstung und Sauerstoffseltretter
F1 Elektrizität		Regelmäßige Wartung von Aggregaten, nur Einsatz von autorisiertem Fachpersonal	Unterweisungen und Schulungen, persönliche Schutzausrüstung
G1 Chemieunfall		Ersthelfer	Unterweisungen und Schulungen, persönliche Schutzausrüstung
K1 Verkehrswege	Trennung und Kennzeichnung von Verkehrswegen	Ersthelfer, Sicherheitsausrüstung Baustellenfahrzeuge (Assistenzsysteme, Sicherheitsfahrerschaltung, etc.)	Persönliche Schutzausrüstung

Die Neubewertung und Verschiebung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß bei Eintritt eines Szenarios beruht auf einer Einschätzung auf Basis Referenzprojekten und sollte im Rahmen der Ausführungsplanung, auf die dann vorherrschenden Randbedingungen objektiviert werden.

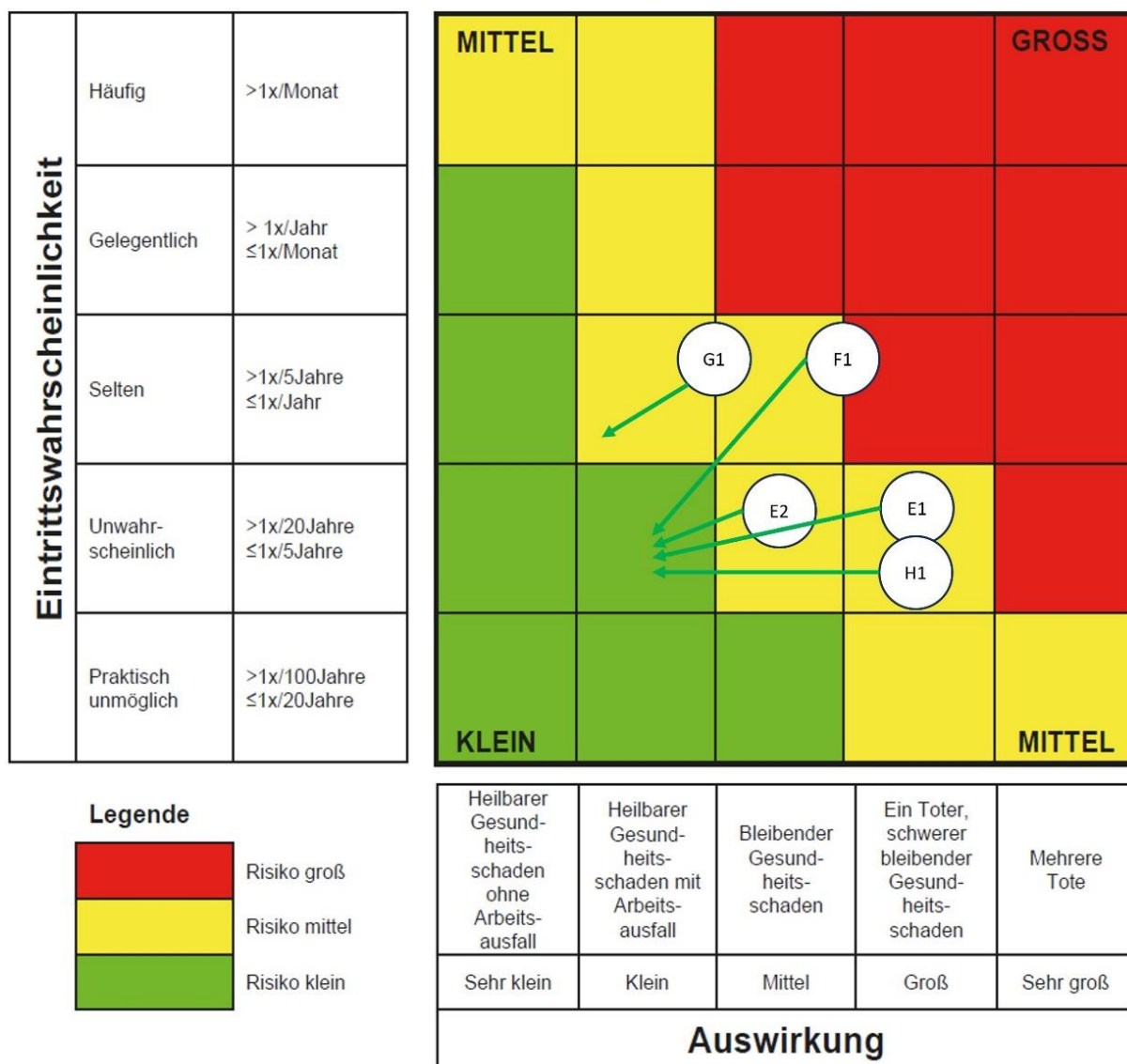


Abbildung 4: Risikomatrix unter Berücksichtigung von weiteren Sicherheitsmaßnahmen

4 Brandschutzkonzept und Rettungskonzept

Die Schachtbauwerke werden in Massivbauweise und der Tunnel wird mit Betonfertigteilen, Tübbings, erstellt. Brandlasten stellen die Transportfahrzeuge und die TBM dar. Die Schachtbauwerke und der Tunnel dürfen nicht als Lagerstätten für Baustoffe, Chemikalien oder Gefahrstoffe und dergleichen genutzt werden.

Grundsatz ist

- Dem Entstehen eines Brandes vorzubeugen,
- Die Ausbreitung von Rauch und Feuer zu verhindern,
- Voraussetzungen für eine sichere Selbstrettung schaffen,
- Voraussetzungen für wirksame und sichere Löscharbeiten schaffen.

Der AN Bau erstellt ein projektbezogenes Flucht- und Rettungskonzept, das die Besonderheiten der Baustelle mit ihren Hauptbautätigkeiten, zeitlichen Zusammenhängen und Abhängigkeiten und den handelnden einzelnen Gewerken aufzeigt.

Konkret sind für die unterschiedlichen Bauphasen und Gewerke die technischen, organisatorischen und personellen Maßnahmen aufzuzeigen, die für Flucht- und Rettung ergriffen werden.

Das Konzept ist mit den zuständigen Behörden und Rettungskräften abzustimmen und rechtzeitig vor Aufnahme der Bauleistungen dem AG vorzulegen.

Im Zuge der Baumaßnahme sind Behörden und Rettungskräfte regelmäßig über den Stand der Arbeiten und den Baufortschritt zu informieren.

Das Brandschutz- und Sicherheitskonzept ist im Laufe der Bauarbeiten und entsprechend zum Baufortschritt oder sich ergebende Änderungen im Bauablauf anzupassen und durch den AN-Bau fortzuschreiben.

Nachfolgend werden erste Annahmen zum Brandschutz getroffen, die vom AN-Bau vor Baubeginn zu bestätigen und zu detaillieren sind.

- Trockenleitung ausgehend von einem unterirdischen Frischwasserbehälter (Baufeld Katzwang) bzw. einem Löschwasserbecken (Baufeld Wolkersdorf)
- Rettungscontainer Kategorie I oder II (Kategorie I berücksichtigt eine Aufenthaltsdauer im Rettungscontainer bis 12h, Kategorie II bis 24h) auf der TBM mit autarker Sauerstoffversorgung, die erforderliche Aufenthaltsdauer hängt im Wesentlichen davon ab, wie lange das Brandereignis anhält
- Rettungscontainer im Bereich einer Ausweichstelle auf der Vortriebsstrecke
- Ausstattung der TBM mit Feuerlöschanlagen und Feuerlöschern für verschiedene Brandkategorien
- Wasservorhang am Ende des letzten Nachläufers der TBM
- Installation von Rauchschotts oder Wasservorhänge alle ca. 1000 m im Tunnel (2 Schotts bei 2.225 m – ein zusätzliches, permanentes Schott stellt der Wasservorhang am Ende der TBM dar)
- Sauerstoffselbstretter (SSR) sind stets mitzuführen

- Sauerstoffseltretter sind in ausreichender Anzahl auf der TBM, in den Personenwagen der Zugeinheiten und auf der Vortriebsstrecke zu deponieren
- Personenwagen sind stets an der Transporteinheit anhängend mitzuführen
- Begegnungsverkehr ist jeweils in Mitte des Teilvortriebs zu ermöglichen
- Ausbildung aller im Vortrieb eingesetzten Mitarbeiter zu Ersthelfern und Brand-schutzhelfern

4.1 Szenarien

Im Zuge der Vortriebsarbeiten können verschiedene Situationen und Szenarien auftreten, die durch die Rettungskräfte zu bewältigen sind.

Personen und Mitarbeiter befinden sich grundsätzlich nur auf der TBM oder in den Personenwagen bei der An- und Abfahrt von Schacht oder TBM. Im Tunnel dürfen sich keine Personen aufhalten. So ist gewährleistet, dass Personen nicht erst durch die Rettungskräfte gesucht werden müssen. Arbeiten im Bereich der Strecke finden nur für Vermessungsarbeiten oder für Routinekontrollen statt. Sonstige Arbeiten, wie z.B. Sanierungsmaßnahmen sind erst durchzuführen, wenn die Röhre durchschlägig ist. Der Aufenthaltsort z.B. eines Messtrupps ist stets bekannt, da die Ortswechsel mit den Transporteinheiten erfolgen.

Eine Zugangskontrolle gewährleistet, dass die Anzahl der Personen im Tunnel und deren Aufenthaltsort (TBM, Schacht oder Zug / Tunnel) im Tunnel in Echtzeit erfasst wird.

Ein Zug oder MSV muss zu jeder Zeit eine Personenkabine mit sich führen und auf der TBM muss zu jeder Zeit ein Transportfahrzeug abfahrbereit vor Ort sein.

Die maßgeblichen Szenarien für einen Rettungseinsatz sind:

- Kaltereignis
 - TBM mit Erstversorgung vor Ort
 - TBM mit Verletztentransport zur BE
 - Druckluftarbeiten in der Abbaukammer
- Heißereignis
 - TBM
 - Tunnel

Für eine Bewertung verschiedener Szenarien werden nachstehende Variablen bzw. Annahmen getroffen:

Maximale Fluchtweglänge:	2.225 m
Fahrgeschwindigkeit Zug:	15 km/h bei Notfallsituationen (Herstellerangaben bis zu ca. 25 km/h für batteriebetriebene Lokomotiven abhängig Steigung/Gefälle und Schlepplast)
Anfahrt / Rückfahrt Rettungsdienste:	Hilfsfrist Notfallrettung 12 Minuten 0 Hilfsfrist Brand 10 Minuten 0

Erstversorgung vor Ort:	15 Minuten – statistische Dauer des Notarztes vor Ort 22,3 Minuten 0
Fluchtgeschwindigkeit zu Fuß:	40 m/min

Grundsatz: Bei einem eingetretenen Unfall im Rahmen der Tunnelbaumaßnahmen sind alle erforderlichen Anstrengungen und Maßnahmen von Ersthelfern vor Ort zu unternehmen, um den Schwerverletzten schnellstmöglich einer notfallmedizinischen Versorgung zukommen zu lassen bzw. schnellstmöglich den Transport in die Notfallaufnahme eines Krankenhauses zu befördern und zu gewährleisten.

Auf der TBM ist in Abhängigkeit der Verletzungsart und der Schwere der Verletzung, möglichst nach telefonischer Abstimmung mit dem Notarzt, zu entscheiden, ob der Transport des Verletzten bis zur Baustelle möglich und vertretbar ist. Für eine erste Fernbeurteilung der Situation vor Ort kann dem zuständigen Notarzt mittels Telemedizin (Videotelefonie) die Lage vor Ort dargestellt werden.

In den meisten Fällen wird ein Liegendtransport zur BE möglich sein, so dass wertvolle Zeit bis zum Eintreffen des Notarztes eingespart werden kann.

Bei potentiellen Kopf- oder Wirbelsäulenverletzungen sollten die Verunfallten nur im Rahmen der notwendigen Erste-Hilfe Maßnahmen vor Ort behandelt werden, da jede Bewegung eine Verschlimmerung der Verletzung verursachen könnte.

Die Gefährdungsidentifikation und Risikobewertung aus Kapitel 3.2 lässt sich nicht eindeutig auf die nachfolgend betrachteten Szenarien anwenden oder übertragen. Die reine Identifikation eines Risikos und eine Eintretenswahrscheinlichkeit lassen keine Rückschlüsse auf die Art und Schwere einer Verletzung zu. Bei der Risikoidentifikation werden Risikogruppen betrachtet denen ein vorausgehendes oder eintretendes Ereignis zugeordnet ist. Ziel ist es ein potenzielles Risiko zu erkennen, um organisatorische, technische oder persönliche Maßnahmen zu ergreifen, um eine Eintrittswahrscheinlichkeit zu reduzieren. Allgemeine Arbeitsunfälle und deren Auswirkungen, die eine Rettung erfordern sind hier nicht erfasst und es erfolgt keine Zuweisung von Risikogruppen, sondern eine allgemeine Beschreibung.

4.1.1 Szenario – Kaltereignis TBM mit Erstversorgung vor Ort

Das betrachtete Szenario erfordert eine Rettung von der TBM, kurz vor Durchbruch der Maschine in das nachfolgende Schachtbauwerk, mit einer maximal angenommenen Vortriebsstrecke von ca. 2.225 m. Hiermit wird das zeitkritischste Szenario im Detail geprüft und stellt den Worst Case mit einem Unfall auf der TBM dar, bei dem der Verletzte nicht transportfähig ist und durch den Notarzt an Ort und Stelle erstversorgt, und auf dem Transportweg begleitet werden muss.

tere Behandlung des Verletzten ist ggfs. in einer Krankendruckluftschleuse auf der Baustelle fortzuführen. Der Einsatz von einem drucklufttauglichen Notarzt ist ggfs. für das Rettungskonzept zu prüfen.

Der zuständige Druckluftarzt bzw. der ermächtigte Arzt muss innerhalb von 30 Minuten [N18] vor Ort sein und die erforderlichen und notwendigen Maßnahmen einleiten. Eine zeitliche Einschätzung der Vorgänge ist aufgrund der sehr komplexen Randbedingungen nicht möglich! Gründe hierfür sind die Bergung aus beengten Verhältnissen im Schneidradbereich und die erforderliche Ausschleusezeit die je nach Druckstufe variiert.

Nach derzeitigem Stand beträgt der maximale Stützdruck für eine Vollabsenkung ca. 3,35 bar. Ein möglicher Drucklufteinstieg in diesem ungünstigen Bereich würde innerhalb der Druckluftverordnung (Drücke < 3,6 bar) liegen. Eine Ausnahmegenehmigung wäre somit nicht erforderlich.

4.1.4 Szenario – Heißereignis TBM

Bei einem Brandereignis auf der TBM müssen sich Personen in Richtung Portal / Schachtbauwerk flüchten. Grundsätzlich sollte immer eine Transporteinheit auf der TBM vor Ort sein, so dass die Flucht mit Lok erfolgt.

Die Flucht zu Fuß muss dennoch immer in Betracht gezogen werden. Eine Fluchtgeschwindigkeit zu Fuß wird mit 40 m/min angenommen. Bei einer Vortriebslänge von 2.225 m würde die Fluchtdauer ca. 60 min betragen. Bei einer Vorhaltdauer eines SSR von 60 Minuten, sind keine Reserven vorhanden, weshalb auf der Vortriebsstrecke entsprechend Zwischendepots für einen Austausch SSR einzurichten sind. Mit Blick auf die individuelle Konstitution jeden Mitarbeiters, unter Berücksichtigung der beengten Platzverhältnisse und möglicherweise schlechten Sichtverhältnissen durch Ver Rauchung wird eine Lagerung von SSR alle 1000 m im Tunnel empfohlen. Ein Rettungscontainer in Tunnelmitte gewährleistet, dass ein sicherer Bereich mit einem SSR zu erreichen ist.

4.1.5 Szenario – Heißereignis Tunnel

Auf der Strecke bzw. im Tunnel stellt der Zug oder ggfs. eine elektrische Anlage eine Brandlast dar. Bei einem Brandereignis im Tunnel ist eine Fluchtrichtung zum Schachtbauwerk oder in Richtung TBM zum Rettungscontainer erforderlich, abhängig vom aktuellen Aufenthaltsort der betreffenden Person.

Der Normalfall ist, dass Personen auf der TBM arbeiten oder Personal gerade in der An- oder Abfahrt von der TBM sind. Personen auf der TBM flüchten sich in den Rettungscontainer; Personen im Zug flüchten möglichst Richtung eines dauerhaft sicheren Bereichs, zum Schachtbauwerk.

4.1.6 Szenario – weitere mögliche Heißereignisse

Projektbezogen bestehen nachstehende Varianten von Heiß- bzw. Brandereignissen:

- In einem bereits erstellten Tunnelabschnitt zwischen zwei zugänglichen Schachtbauwerken (Starkstromverteiler oder Transportfahrzeug)
- In einem Schachtbauwerk (Lagermaterialien, Transportfahrzeug, Förderanlagen)

Die maßgeblichen Szenarien wurden zuvor bereits betrachtet. In einem fertig gestellten Tunnelabschnitt fahren während des Vortriebs weiterhin Transportfahrzeuge und der Tunnelabschnitt ist

gegen Personenzutritte zu sichern – es herrscht Betretungsverbot. Mit der Durchschlägigkeit bestehen für das Personal auf einem Transportfahrzeug grundsätzlich zwei Fluchtrichtungen. Für eine Fluchtsituation müssen die SSR-Depots im Tunnel mindestens bis zum Ende der Vortriebsarbeiten vorgehalten werden.

Bei einem Brand im Schachtfuß bringen sich Personen über den Treppenturm in Sicherheit, bzw. flüchten sich in den Tunnel und hier bis zum Rettungscontainer auf der TBM bis Entwarnung gegeben wird. Organisatorisch sind die Schächte frei von brennbaren Materialien zu halten, bzw. sind nicht als Lagerflächen für brennbare Stoffe zu nutzen.

4.1.7 Szenario – Selbstrettung zu Fuß

Bei einer Flucht zu Fuß wird von einer Laufgeschwindigkeit von 40 m/min ausgegangen. Der theoretisch erzielbare Fluchtweg bei Ausnutzung der SSR-Kapazität würde 2400 m betragen. Die Sauerstoffkapazität der SSR ist abhängig von der Konstitution des Anwenders bzw. auch von dessen persönlicher Stressbelastung. Weitere Faktoren, die sich negativ auf die Fluchtgeschwindigkeit auswirken sind z.B. eine vollständige Verrauchung von Tunnelabschnitten mit sehr eingeschränkter Sicht im Tunnel und ggfs. (anfänglicher) Orientierungslosigkeit oder kurze Verschnaufpausen bei der Flucht. Gemäß Abbildung 5 ergeben sich Fluchtlängen von ca. 556 m bis in einen sicheren Bereich. Unter Ansatz der theoretisch erzielbaren Fluchtweglänge von 2400 m mit SSR, würde eine Atemkapazität von > 50% als Restsicherheit im SSR verbleiben.

Bei einer maximalen Fluchtweglänge von 2.225 m wären insgesamt 2 SSR je Person notwendig, um eine vollständige Flucht zu ermöglichen. Der Wechsel eines SSR im Tunnel ist nicht als Selbstrettungsmaßnahme (Erstickungsgefahr bei Abziehen der Sauerstoffversorgung) vorzusehen, weshalb jeweils in Tunnelmitte ein Rettungscontainer einzurichten ist.

Sichere Bereiche stellen die Rettungscontainer auf der TBM und in Tunnelmitte dar und der Schacht. Die maximale Tunnellänge von 2.225 m unterteilt sich gemäß Abbildung 5 in vier maximal 556 m lange Abschnitte, die mit SSR zu bewältigen sind.

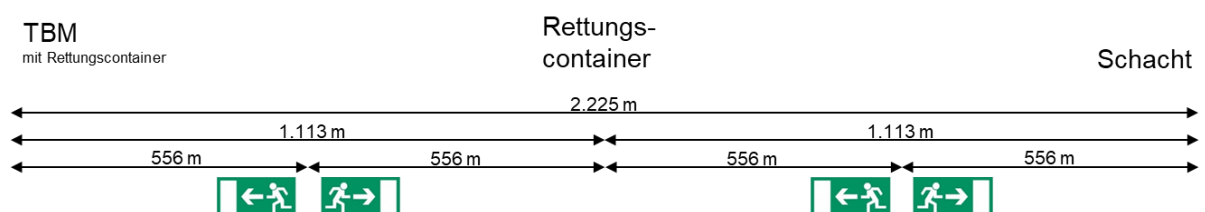


Abbildung 5: Situierung Rettungscontainer

5 Hinweise und Empfehlungen

- Der Risikomanagementprozess und die identifizierten Risiken im maschinellen Tunnelbau wurden in ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und ihrem Schadensausmaß aus Referenzprojekten getroffen. Analog zum DAUB-Leitfaden [N1] sollten, die getroffenen Einschätzungen im Rahmen der Ausführung objektiviert werden und ggfs. angepasst werden.
- Vereinbarungsgemäß wurde ein Worst-Case Szenario bei einem Schachtabstand von 2,23 km untersucht.
- Im Rahmen der Ausführungsplanung ist das vorliegende Sicherheitskonzept durch den AN-Bau fortzuschreiben. Neue Projektrandbedingungen sind einzupflegen und neu identifizierte Risiken sind festzuhalten, zu bewerten und Gegensteuerungsmaßnahmen zu entwickeln.
- Durch die Neufassung bzw. anstehende Einführung der prEN 16191:2023 verschärfen sich die Arbeitsplatzanforderungen auf einer TBM, die für deren Betriebserlaubnis notwendig sind. Die Norm wird direkten Einfluss haben auf die Planungsrandbedingungen und sollte direkte Berücksichtigung in der weiteren Planung finden. Es ergeben sich möglicherweise u.a. Auswirkungen auf die Schachtgrößen und das Tübbingdesign inklusive Statik. [U6]
- Durch den DAUB werden aktuell weitere Veröffentlichungen und Empfehlungen erarbeitet, deren Veröffentlichung möglicherweise in den zeitlichen Kontext der weiteren Planungsphasen des Projektes Abschnitt A Katzwang fällt und entsprechend zu berücksichtigen sind. Im Einzelnen stehen folgende Veröffentlichungen im Raum:
 - Empfehlungen zum Notfallmanagement für Unfall, Brand und projektspezifische Risiken auf Untertagebaustellen
 - Empfehlungen für Maßnahmen zur Minderung von Gefahrstoffen in der Luft auf Untertagebaustellen

6 Zusammenfassung und Fazit

Das Flucht- und Rettungskonzept wurde in Anlehnung an den Leitfaden für Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Untertagebaustellen [N1] erstellt. Auf Grundlage der bis dato vorliegenden Planunterlagen, die auf der Entwurfsplanung fußen, wurden die allgemeinen Gefährdungen einer Tunnelbaustelle mit maschinellm Tunnelvortrieb und Tübbingausbau herausgearbeitet und durch den Aufsteller mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit und einem möglichen Schadensausmaß beurteilt. Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass der maschinelle Tunnelvortrieb im Schutze eines Schildmantels und mit seinen wiederkehrenden Arbeitsschritten ein sehr sicheres Bauverfahren ist. Die Projektrandbedingungen mit einem kleinen Tunnelinnendurchmesser von 3,6 m und mit langen Vortriebshaltungen ohne direkten Zugang in einen dauerhaft sicheren Bereich erfordern jedoch ein Höchstmaß an Sicherheit zum Schutz der Mineure und Angestellten untertage.

Die maßgebenden Gefährdungsgruppen stellen Strom und Feuer dar. Der Eintritt einer der beiden Gefährdungen ist grundsätzlich sehr unwahrscheinlich, kann aber auch niemals ausgeschlossen werden. Das bestehende Restrisiko birgt ein hohes Schadenspotential an Material, Bauwerk und bei den handelnden Personen untertage unter den beengten Platzverhältnissen und den wenigen zur Verfügung stehenden Rettungsmöglichkeiten.

Für eine Risikobewältigung bzw. Risikominderung werden strukturelle, bauliche, organisatorische und persönliche Maßnahmen aufgezeigt, die die Sicherheit einer Tunnelbaustelle gesamthaft erhöhen. Viele der Maßnahmen zielen dabei explizit auf die beiden genannten Gefährdungsgruppen Strom und Feuer ab, um diese Szenarien in einen Bereich des „zu akzeptierenden Restrisikos“ überführen zu können.

Bei einer Detailbetrachtung denkbarer Flucht- und Rettungsszenarien zeigt sich, dass unter Ansatz eines Worst-Case Szenarios mit maximaler Fluchtweglänge von 2.225 m (bis kurz vorm Durchschlag in den Zielschacht) und eines Arzteinsatzes im Tunnel von einer Rettungszeit von ca. 68 Minuten ausgegangen werden muss. Aufgrund der herausfordernden Örtlichkeit und den zeitlichen Randbedingungen ist das Vortriebspersonal vollständig zu Ersthelfern mit regelmäßigen Auffrischungen auszubilden. Seitens des AN-Baus ist zusätzlich ein Rettungssanitäter auf der Baustelle zu stellen, der bei einem Ereignis unmittelbar vor Ort ist. Er steht schon vor Eintreffen des Notarztes an der Baustelle im direkten Kontakt zum Arzt, so dass lebenserhaltende Maßnahmen direkt abgestimmt werden können, ohne dass wertvolle Zeit verloren geht. Der Anspruch muss es sein den Patienten möglichst schnell ins Krankenhaus zu überführen. Mit Blick auf die Zeit sollte die Prämisse gemäß [U2] sein, dass „Präklinisch notwendige Maßnahmen zur Stabilisierung der Patienten [...] nicht zu Gunsten des Faktors Zeit unterlassen werden.“

Das Flucht- und Rettungskonzept ist im Rahmen der Ausführungsplanung fortzuschreiben und an die Projektrandbedingungen anzupassen.

Gleichzeitig ist für die Zwischenphase, nach Vortriebsende bzw. Durchschlag in den Zielschacht und dem nachfolgenden Ausbau des Tunnels, durch den AN-Bau ein ergänzendes Sicherheitskonzept zu erstellen und mit HSE des AG abzustimmen. Nicht zu verwechseln mit dem Betriebssicherheitskonzept, welches nach Inbetriebnahme greift und separat erstellt wird.

7 Quellen

7.1 Literatur / Daten / Unterlagen

- [U1] Besprechungsprotokoll: Abstimmung Rettungskonzept, IGKWT, 31.07.2024
- [U2] Rettungszeit und Überleben von Schwerverletzten in Deutschland, Der Unfallchirurg, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012, 16.03.2012
- [U3] Vollzug des Bayerischen Feuerwehrgesetzes (VollzBekBayFwG), 1.2 Hilfsfrist, BayMBl. Nr. 597, 28.09.2020
- [U4] Juraleitung Abschnitt A-Katzwang Projektkarte, Tennet TSO GmbH, <https://www.tennet.eu/de/abschnitt-katzwang-kabeluebergangsanlage-wolkersdorf-kabeluebergangsanlage-katzwang-ost>, abgerufen am 27.08.2024
- [U5] Rettungsdienstbericht Bayern 2023, Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement (INM) LMU Klinikum, PD Dr. Stephan Prückner, 2023
- [U6] BGBau Bauportal, Neue Sicherheitsanforderungen beim maschinellen Tunnelvortrieb, Februar 2024, <https://bauportal.bgbau.de/bauportal-22024/tiefbau/sicherertunnelvortrieb>

7.2 Internetquellen

7.3 Gesetze / Normen / Verordnungen

- [N1] Leitfaden für Sicherheits- und Gesundheitsschutz auf Untertagebaustellen, DAUB-Arbeitskreis, März 2022
- [N2] Leitfaden für Sicherheits- und Gesundheitsschutz auf Untertagebaustellen, DAUB-Arbeitskreis, 2009
- [N3] Empfehlungen für den Einsatz von Fluchtkammern auf Untertagebaustellen, DAUB-Arbeitskreis, März 2018
- [N4] Arbeitsschutzgesetz, 2023 (ArbSchG) einschließlich nachstehender Verordnungen und technischen Regeln
- [N5] Baustellenverordnung, 2023 (BaustellV) sowie Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen (RAB)
- [N6] Druckluftverordnung, 2017 (DruckLV)
- [N7] RAB 25 Arbeiten in Druckluft (Konkretisierung zur DruckLV), 2003

-
- [N8] Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge, 2019 (ArbMedVV)
 - [N9] Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) sowie Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)
 - [N10] Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sowie Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
 - [N11] Arbeitsstättenverordnung, 2020 (ArbStättV) sowie Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR)
 - [N12] Arbeitszeitgesetz, 2021 (ArbZG)
 - [N13] Betriebssicherheitsverordnung, 2002 (BetrSichV)
 - [N14] Feuerwehr-, Brandschutz-, Katastrophenschutz- und Hilfeleistungsgesetze Berlin
 - [N15] Unfallverhütungsvorschrift Grundsätze der Prävention (DGUV Vorschrift 1)
 - [N16] Unfallverhütungsvorschrift Bauarbeiten (DGUV Vorschrift 38)
 - [N17] DGUV Information 201-035 „Sicher Arbeiten im Tunnelbau“, 2011
 - [N18] DGUV Information 201-061 „Handlungsanleitung für sicheres Arbeiten unter Druckluft“, 2022
 - [N19] DGUV Regelwerk (u.a. Bauarbeiten, Bauarbeiten unter Tage, Sicherheitshinweise für Grabenlose Bauen)
 - [N20] BG Bau: Elektrische Einrichtungen im Tunnelbau, 2007
 - [N21] DIN 5510.2 Vorbeugender Brandschutz in Schienenfahrzeugen, 2009
 - [N22] DIN EN ISO 12100: Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsgrundsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung
 - [N23] DIN ISO 45001: Managementsysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung
 - [N24] EN 1889-2 Bewegliche Maschinen für die Verwendung unter Tage – Sicherheit – Teil 2: Lokomotiven, 2009
 - [N25] EN 12110 Tunnelbaumaschinen – Druckluftschleusen, 2014
 - [N26] EN 12021 Atemgeräte – Druckgase für Atemschutzgeräte, 2014
 - [N27] EN 13478 Sicherheit von Maschinen – Brandschutz, 2008
 - [N28] EN ISO 14116 Schutzkleidung gegen begrenzte Flammenausbreitung Materialien, 2015 EN 16191:201 Tunnelbaumaschinen – Sicherheitstechnische Anforderungen, 2014
 - [N29] EN ISO 20471 Hochsichtbare Warnkleidung, 2017
 - [N30] ASR A1.8 Verkehrswege, 2022

-
- [N31] ASR A2.3 Fluchtwege und Notausgänge, 2022
 - [N32] ASR A3.4 Beleuchtung, 2023
 - [N33] TRGS 900 Arbeitsplatzgrenzwerte, 2024
 - [N34] DIN 14230 Unterirdische Löschwasserbehälter, 2021-08.