



Empfehlungen zum

Notfallmanagement für Unfall-, Brand- und projektspezifische Risiken auf Untertagebaustellen

Empfehlungen zum Notfallmanagement für Unfall, Brand und projektspezifische Risiken auf Untertagebaustellen

Herausgeber

Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB)

German Tunnelling Committee (ITA-AITES)

Mathias-Brüggen-Str. 41, 50827 Köln

Tel. +49 - 221 - 5 97 95-0

Fax +49 - 221 - 5 97 95-50

E-Mail: info@daub-ita.de

www.daub-ita.de

Hinweise zu den vorliegenden Empfehlungen senden Sie bitte an die o. a. E-Mail-Adresse.

Erarbeitet vom DAUB-Unterausschuss „Empfehlungen zum Notfallmanagement für Unfall-, Brand- und projektspezifische Risiken auf Untertagebaustellen“

Mitglieder des Unterausschusses:

Rainer Antretter	BEMO Tunnelling GmbH (Österreich)
Heinz Ehrbar	DB InfraGO AG
Markus Gey	Ministerium für Verkehr, Baden-Württemberg
David Götz	Implenia Civil Engineering GmbH (Deutschland)
Daniel Hahne	STUVAtec GmbH
Michael Halwachs	PORR GmbH & Co. KGaA (Deutschland)
Dieter Handke	IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
Diego Martini	Suva Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
Arno Krause	BG RCI Berufsgenossenschaft Rohstoffe u. chemische Industrie
Arnold Luschnik	BEMO Tunnelling GmbH (Deutschland)
Stefan Rehm	Landeshauptstadt München, Branddirektion
Armin Semmelmann	Ed. Züblin AG
Martin Sonnberger	PORR GmbH & Co. KGaA (Deutschland)
Matthias Spegele	Ed. Züblin AG
Ludger Speier	SOCOTEC Deutschland GmbH
Ulf Spod (Leiter)	BG BAU Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft

Mitglieder des Unterausschusses der Feuerwehren (im Auftrag des Fachausschuss Vorbeugender Brand- und Gefahrenschutz der deutschen Feuerwehren von AGBF Bund und Deutschem Feuerwehrverband):

Andreas Clement	Stadt Frankfurt am Main, Branddirektion
Arno Krause	BG RCI, Präventionsabteilung Notfallmanagement
Steffen Kwiatkowski	Landeshauptstadt Stuttgart, Branddirektion
Stefan Rehm	Landeshauptstadt München, Branddirektion
Marc Stielow	Thüringer Ministerium für Inneres und Kommunales
Christian Wagner	Freie und Hansestadt Hamburg, Feuerwehr
Adrian Wibel	Regierungspräsidium Stuttgart, Bezirksbrandmeister

Satz, Layout und redaktionelle Bearbeitung:

Gabriele Konopka

Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen – STUVA e. V.

Prof. Dr.-Ing. Roland Leucker

Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen – STUVA e. V.

November 2025

Titelbild: Rettungsübung auf einer Tunnelbaustelle (Quelle: Landeshauptstadt Stuttgart, Branddirektion)

Inhalt

1	Einführung	5	6.8	Fremdrettung	17
2	Anwendungsbereich	5	6.8.1	Allgemeines	17
3	Begriffsbestimmungen/Definitionen	5	6.8.2	Löscheinrichtungen in Bereichen unter Tage	17
4	Bemessungsszenarien und akzeptiertes Restrisiko	7	6.8.3	Organisatorische Schutzmaßnahmen	17
4.1	Bemessungsszenarien	7	7	Konkretisierung von Schutzmaßnahmen für das Ereignis Brand bei konventionellem Vortrieb	18
4.2	Akzeptiertes Restrisiko	8	7.1	Herstellung der Bauwerksabdichtung	18
5	Ereignisunabhängige Schutzmaßnahmen	8	7.2	Konventionelle Kleinvortriebe	18
5.1	Kommunikation	8	8	Konkretisierung von Schutzmaßnahmen für das Ereignis Brand bei maschinellem Vortrieb	18
5.2	Alarmierung	9	8.1	Brandschutztechnische Anforderungen an die TBM gemäß EN 16191	18
5.3	Zugangskontrolle/Personenerfassung	9	8.2	Maschinelle Kleinvortriebe	19
5.4	Erste Hilfe	10	9	Schutzmaßnahmen bei anderen projekt-spezifischen Ereignissen unabhängig vom Vortriebsverfahren	19
5.5	Flucht- und Rettungswege	10	9.1	Ereignisse bei Arbeiten in Druckluft	19
5.6	Beleuchtung	10	9.2	Ereignis Gaszutritt	20
5.7	Notstromversorgung	10	9.3	Ereignis Wasser- und Schlammereinbruch	20
5.8	Funktionserhalt	11	9.4	Ereignis Verbruch/Nachbruch	20
5.9	Fremdrettung	11	10	Instandhaltung, Kontrollen und Prüfungen	21
5.9.1	Allgemeines	11	11	Gemeinsame Begehungen	21
5.9.2	Technische Schutzmaßnahmen – Erschließung/Zugänglichkeit	11	12	Literatur	21
5.9.3	Technische Schutzmaßnahmen für/in untertägige/n Arbeitsbereiche/n	12	Anhänge	23	
5.9.4	Organisatorische Schutzmaßnahmen	13	Anhang 1:	Rauchschotts	24
6	Schutzmaßnahmen für das Ereignis Brand im untertägigen Arbeitsbereich	13	Anhang 2:	Erforderliche Ausstattung und Ausbildung der öffentlichen Einsatzdienste (Feuerwehren) für den Einsatz auf Tunnelbaustellen	28
6.1	Vermeidung einer Brandentstehung/Brandausbreitung	14	Anhang 3:	Einsatzvoraussetzungen, erforderliche Ausbildung und Ausrüstung einer Tunnelwehr	30
6.1.1	Brandlasten und Zündquellen	14	Danksagung	32	
6.1.2	Brandausbreitung	14			
6.1.3	Branddetektion	14			
6.2	Bekämpfung Entstehungsbrand	14			
6.3	Funktionserhalt sicherheitsrelevanter Einrichtungen	15			
6.4	Temporäre Standsicherheit	15			
6.5	Begrenzung der Rauchausbreitung	16			
6.6	Flucht- und Rettungswege	16			
6.6.1	Fluchtweglänge	16			
6.6.2	Rettungsweglänge	16			
6.7	Selbstrettung	17			
6.7.1	Atemschutzgeräte für die Selbstrettung	17			
6.7.2	Fluchtkammern	17			
6.7.3	Fahrzeuge zur Unterstützung der Selbstrettung	17			

Aus Gründen der Lesbarkeit wird im Folgenden auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher, männlicher oder neutraler Sprachformen verzichtet und das generische Maskulinum verwendet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

1 Einführung

Diese Empfehlungen ersetzen den „Anhang A – Deutschland“ im „D-A-CH-Leitfaden für Planung und Umsetzung eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzkonzeptes auf Untertagebaustellen“, Stand 2007, der mit der Veröffentlichung dieser Empfehlungen zurückgezogen wird.

Für die in der Regel plötzlich und unerwartet eintretenden Notfälle infolge von Unfällen, Bränden oder projektspezifischen Risiken ist ein Notfallmanagementkonzept zu erstellen. Als Ergebnis des Risikomanagement-Prozesses sind die erforderlichen Maßnahmen zur Verhinderung des Eintrittes, Verminderung der Auswirkungen sowie zur Beherrschbarkeit der vorgenannten Ereignisse festzulegen und zu beschreiben.

2 Anwendungsbereich

Die nachfolgenden DAUB-Empfehlungen dienen zur Risiko-Bewältigung gemäß Kapitel 5.2.1.3 des DAUB-Leitfaden für Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Untertagebaustellen [1]. Sie helfen bei der Ermittlung der speziell für Untertagebaustellen erforderlichen Schutzmaßnahmen bei den Ereignissen Unfall und Brand sowie bei projektspezifischen Risiken, zu denen das existierende Regelwerk des Arbeitsschutzes keine konkreten Vorgaben macht bzw. Hinweise gibt. Die DAUB-Empfehlungen geben damit für diese

Bereiche den Stand der Technik wieder, so wie es im § 4 „Allgemeine Grundsätze“ des Arbeitsschutzgesetzes gefordert wird. Das Notfallmanagement ist ein kontinuierlich ablaufendes systematisches Verfahren zum zielgerichteten Umgang mit Schadensereignissen, das die Analyse und Bewertung sowie die Planung und Umsetzung von Maßnahmen, insbesondere zur Minimierung der Auswirkungen von Schadensereignissen, beinhaltet.

3 Begriffsbestimmungen/Definitionen

Alarmplan	Der Alarmplan legt fest, wie ein Notruf bzw. eine Alarmierung an eine Stelle gelangt, die ereignisabhängig unverzüglich die notwendigen Maßnahmen veranlasst.
Auftraggeber, Bauherr (AG)	Jede natürliche oder juristische Person, in deren Auftrag Bauarbeiten ausgeführt werden. Zu Bauarbeiten zählen im Wesentlichen die Errichtung, Änderung oder der Abbruch baulicher Anlagen.
Auftragnehmer (AN)	Alle am Projekt beteiligten Unternehmen und Selbstständige, die für den Auftraggeber mittel- oder unmittelbar Dienstleistungen, insbesondere die Errichtung baulicher Anlagen, erbringen.
Bauseits	Durch den AG organisatorisch und/oder finanziell zu erbringende Leistungen, die entweder komplett zu stellen oder zu beauftragen sind.
Baustelleneinsatzleitstelle	Die Baustelleneinsatzleitstelle dient der Bau- und Einsatzleitung zur zentralen Visualisierung, Koordinierung gegebenenfalls Steuerung aller Sicherheitseinrichtungen der Tunnelbaustelle im Ereignisfall.
Beschäftigte	Beschäftigte sind sämtliche Personen, die in Wahrnehmung einer baustellenbezogenen Aufgabe, bzw. in Erfüllung eines z. B. gesetzlichen Auftrags, die Baustelle betreten. Dabei ist es nicht relevant, ob dies im Rahmen eines Arbeitsverhältnisses oder in Ausübung einer selbstständigen Tätigkeit erfolgt.
Besucher	Jede Person, die ohne baustellenbezogene Aufgabe bzw. ohne gesetzlichen Auftrag die Baustelle betritt.
Einsatzdienste, Einsatzkräfte	Alle öffentlichen und privaten Dienste und Einrichtungen, die bei einem Ereignis Hilfe leisten, insbesondere Feuerwehr, Rettungsdienste und Polizei.

Eintrittswahrscheinlichkeit	Häufigkeit für das Eintreten eines bestimmten Ereignisses innerhalb eines Bezugszeitraumes.
Ereignis	Vorkommnis, das durch die Arbeit oder während der Arbeit auftritt und zu Verletzungen oder Erkrankungen führt oder führen könnte. Ein Ereignis, bei dem Verletzungen oder Erkrankungen auftreten, wird mitunter als „Unfall“ bezeichnet. Ein Ereignis, das keine Verletzung oder Erkrankung zur Folge hat, bei dem jedoch die Möglichkeit dazu besteht, wird als „Beinahe-Unfall“ oder „kritische Situation“ bezeichnet. Des Weiteren ist im Rahmen der Ereignisbewältigung eine Unterscheidung zwischen kalten (ohne Brand) und heißen Ereignissen (mit Brand) vorzunehmen.
Fluchtkammer	Ort mit temporärer Sicherheit auf einer Untertagebaustelle, in den sich die unter Tage anwesenden Personen bei einem Brandereignis zurückziehen können. Vor den Brandgasen geschützt, werden sie in der Fluchtkammer mit Atemluft und anderen überlebenswichtigen Medien versorgt und bleiben dort, bis sie durch Einsatzkräfte gerettet werden, oder bis sie die Fluchtkammer aus eigenen Kräften sicher wieder verlassen können. Eine Fluchtkammer ist kein (temporär) sicherer Bereich im Sinne dieser Empfehlungen, da sie nicht jederzeit zum öffentlichen Verkehrsraum oder anderen Flächen im Freien (Zielort der Rettung) verlassen werden kann.
Flucht- und Rettungswege	Fluchtwege sind Verkehrswege, an die besondere Anforderungen zu stellen sind und die der selbstständigen Flucht (Selbstrettung) aus einem möglichen Gefahrenbereich dienen. In der Regel werden diese zugleich von den Einsatzkräften als Rettungsweg benutzt, um Personen aus einem möglichen Gefahrenbereich zu retten.
Fremdrettung	Rettungsmaßnahme, die von nichtgefährdeten Personen, in der Regel von Einsatzkräften, unternommen wird.
Gefährdung	Ursache, die potenziell zu Verletzung oder Erkrankung führen kann, ohne bestimmte Anforderungen an deren Ausmaß oder Eintrittswahrscheinlichkeit.
Notfallmanagement	Kontinuierlich ablaufendes, systematisches Verfahren zum zielgerichteten Umgang mit Notfällen, das die Analyse und Bewertung von Notfällen sowie die Planung und Umsetzung von Maßnahmen insbesondere zur Minimierung der Auswirkungen von Notfällen beinhaltet.
Rauchschott	Temporäre oder dauerhafte Einbauten, die im Ereignisfall eine Rauchausbreitung in Tunnellängsrichtung und/oder zwischen einzelnen Tunnelröhren bzw. in verzweigten Stollensystemen verhindern.
Restrisiko	Akzeptiertes Risiko, das nach Umsetzung der Maßnahmen zur Risikobewältigung verbleibt, weil eine äußerst geringe Eintrittswahrscheinlichkeit für ein Ereignis vorliegt, keine hinreichend wirksamen Schutzmaßnahmen bekannt sind, oder der Aufwand für mögliche Schutzmaßnahmen unverhältnismäßig hoch ist (Risikoakzeptanzkriterien).
Rettungslotse	Besonders geschulte, ausgerüstete, orts- und baustellenkundige Person, die im Ereignisfall die Einsatzkräfte zu den untertägigen Einsatzstellen führt.
Rettungsfahrzeug	Fahrzeug der Einsatzkräfte, das zur schnelleren Erreichbarkeit des Einsatzorts, zum Mitführen der notwendigen Ausrüstung und zum Retten von verletzten Personen dient.
Risiko	Kombination aus der Eintrittswahrscheinlichkeit arbeitsbezogener gefahrbringender Ereignisse oder Expositionen und der Schwere der Verletzung oder Erkrankung, die durch die Ereignisse oder die Expositionen hervorgerufen werden kann.

Schutzmaßnahmen	Maßnahmen, die die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses reduzieren, ein eingetretenes Ereignis bewältigen und/oder das Schadensausmaß vermindern.
Selbstrettung	Rettungsmaßnahme, die von den gefährdeten Personen selbst unternommen wird, um (temporär) sichere Bereiche aus eigener Kraft zu erreichen.
Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator (SiGeKo)	Natürliche oder juristische Person, die vom Bauherrn bestellt und mit der Durchführung der in der BaustellV den Koordinatoren (nach RAB 30) zugewiesenen Aufgaben für die Planungs- und/oder Ausführungsphase betraut wird.
(Temporär) Sicherer Bereich	Ort, zu dem ein Flucht- oder Rettungsweg führt und der während der Selbst- und Fremdrettung eine Gefährdung durch das Notfallereignis verhindert. Der (temporär) sichere Bereich kann, anders als bei einer Fluchtkammer, jederzeit zum öffentlichen Verkehrsraum oder anderen Flächen im Freien (Zielort der Rettung) verlassen werden und Einsatzkräfte haben jederzeit uneingeschränkt Zugang. „Sicherer Bereich“ und „temporär sicherer Bereich“ werden in anderen Regelwerken z. T. synonym verwendet und deshalb in diesem Dokument gleichgestellt.
Untertagebaustelle	Baustelle zur Erstellung unterirdischer Hohlräume in geschlossener Bauweise sowie deren Ausbau, Umbau, Instandhaltung und Beseitigung. Zu Untertagebaustellen zählen z. B. Stollen-, Tunnel- (auch in Deckelbauweise), Kavernen- und Schachtbaustellen sowie bemannte Rohrvortriebe und Durchpressungen.

4 Bemessungsszenarien und akzeptiertes Restrisiko

4.1 Bemessungsszenarien

Unabhängig vom Vortriebsverfahren sind für Untertagebaustellen die im Folgenden genannten Szenarien exemplarisch unter Abwägung von Ausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit als wesentliche Bemessungsszenarien für die Auslegung der Selbst- und Fremdrettungsmaßnahmen zugrunde zu legen. Dabei werden die unter **Kapitel 4.2** beschriebenen Restrisiken akzeptiert.

▪ Bemessungsszenario 1

Technische Rettung eines nicht gehfähigen Schwerverletzten bei einem kalten Ereignis ohne Verrauchung des Tunnels

▪ Bemessungsszenario 2

Selbstrettung einer ortskundigen Personengruppe mit einem Verletzten aus dem verrauchten Bereich eines Tunnels zwischen dem Brandereignis und dem nächstgelegenen (temporär) sicheren Bereich. Nach dem Eintreffen der Einsatzkräfte ist eine externe Hilfeleistung lageabhängig möglich.

▪ Bemessungsszenario 3

Fremdrettung einer durch ein Brandereignis eingeschlossenen, ortskundigen Personengruppe mit einem Verletzten aus einer Fluchtkammer bei ver-

rauchtem Tunnel innerhalb der Haltezeit der Fluchtkammer. Der Standort der Fluchtkammer ist auf dem Nachläufer einer TBM bzw. 200 m von der Ortsbrust entfernt anzunehmen.

➔ **Anmerkung:** Es wird für das Bemessungsszenario 2 und 3 davon ausgegangen, dass eine Entstehungsbrandbekämpfung stattgefunden hat, der Brand jedoch nicht vollständig gelöscht werden konnte

Insbesondere folgende Anforderungen zur Ereignisbewältigung sind für die Bemessungsszenarien zu erarbeiten und zu beschreiben:

- Alarmierung
- Rettungskette:
 - Ersthelfer
 - Feuerwehr
 - Notarzt
- Kommunikation, einschließlich der für die Einsatzkräfte
- Zugänglichkeit/Transport
- Rettungswege

- Zugänglichkeit/Transport für die Einsatzkräfte (z. B. fußläufig/fahrzeuggebunden)
- gegebenenfalls Transportgeräte (z. B. Gleisbetrieb, Fahrzeugbetrieb, Vertikalförderung)
- gegebenenfalls Zusatzausstattung aufgrund begrenzter Verhältnisse und/oder hoher Lasten
- gegebenenfalls Zusatzausstattung und Zusatzausbildung, aufbauend auf das Ausstattungs- und Ausbildungsniveau der Einsatzkräfte
- Zusätzlich für ein heißes Ereignis:
 - Brandvorbeugung
 - Branddetektion
 - Brandschutzhelfer für Erst-/Entstehungsbrandbekämpfung
 - Erstbrandbekämpfung
 - Alarmierung der Betroffenen und der Einsatzkräfte
 - Auslegung und Bereitstellung von Atemschutzgeräten für die Selbstrettung, z. B. Sauerstoffselbstretter (SSR)
 - Auslegung und Bereitstellung von Fluchtkammern
 - Schaffung unverrauchter Rettungswege bzw. (temporär) sicherer Bereiche

4.2 Akzeptiertes Restrisiko

Unter Berücksichtigung der Eintrittswahrscheinlichkeit und der in diesen Empfehlungen beschriebenen Maßnahmen wird die Gleichzeitigkeit der folgenden exemplarischen Ereignisse als Restrisiko akzeptiert:

- Brandereignis/Verrauchung mit einer nicht transportfähigen, verletzten Einzelperson ohne SSR im verrauchten Bereich
- Brandereignis/Verrauchung in Kombination mit einer technischen Rettung, z. B. eingeklemmte Person im verrauchten Bereich
- Brandereignis/Verrauchung und Ausfall erforderlicher Gerätetechnik zur Selbstrettung, z. B. vom Brandereignis unabhängiger Ausfall der Fluchtkammer oder Ausfall von Transporteinrichtungen trotz ordnungsgemäßer, betriebsbereiter Vorhaltung
- Eintritt voneinander unabhängiger Ereignisse wie z. B. Verbruch zeitgleich mit Brandereignis/Verrauchung

Werden Arbeiten in Druckluft ausgeführt, sind die aus den folgenden Randbedingungen resultierenden Restrisiken zu akzeptieren:

- bei einem Brand im Überdruckbereich werden keine weiteren Personen zur Rettung/Brandbekämpfung in die Arbeitskammer eingeschleust
- eine technische Rettung ist im Überdruckbereich nur eingeschränkt möglich
- Einsatzkräfte betreten in der Regel die Abbaukammer einer TBM nicht

5 Ereignisunabhängige Schutzmaßnahmen

Nachfolgende bauzeitliche Schutzmaßnahmen sind auf jeder Art von Untertagebaustelle zu planen, einzurichten, vorzuhalten und zu betreiben, unabhängig davon, was für ein Ereignis (Unfall, Brand oder projektspezifischen Risiken) eintreten kann. Diese Schutzmaßnahmen sind so lange aufrechtzuerhalten, bis sie durch Maßnahmen und Einbauten für den Betriebszustand ersetzt werden oder nicht mehr erforderlich sind.

Alle Beschäftigten sind über die erforderlichen Schutzmaßnahmen zu unterweisen bzw. in diese einzuweisen.

5.1 Kommunikation

Ein projektspezifisches Konzept für die Kommunikationseinrichtungen ist zu erarbeiten, das den Besonderheiten der Baustelle, den örtlichen Gegebenheiten und den Strukturen der Einsatzkräfte Rechnung trägt. Es ist im Vorfeld und fortlaufend mit dem Baufortschritt sicherzustellen, dass die Verfügbarkeit notwendiger Kommunikationen im Ereignisfall unter Berücksichtigung der Einsatzumstände gegeben ist. Zu diesem Zweck sollte z. B. regelmäßig die Belastbarkeit des Mobilfunknetzes überprüft werden sowie vorbeugende Maßnahmen gegen Energieausfall und zum Schutz gegen mechanische und thermische Einwirkung getroffen werden.

Im gesamten Tunnelbauwerk und auf der eingesetzten Maschinenteknik im Tunnel (z. B. TBM, Schalenwagen) ist eine flächendeckende schnurlose Kommunikation sicherzustellen. Sinnvollerweise sollte die Kommunikation mit marktüblichen Mobiltelefonen möglich sein. Als redundantes Kommunikationssystem sollte ein ortsfestes, kabelgebundenes System zum Einsatz kommen. Diese stationären Kommunikationseinrichtungen sind zur Sicherstellung einer schnellen Erreichbarkeit in einem Maximalabstand von 300 m anzuordnen. Neben der Anordnung in den

Arbeitsbereichen, sind die stationären Kommunikationseinrichtungen bevorzugt an Kreuzungspunkten (z. B. Querschläge) sowie an Positionen zu platzieren, wo planmäßig auch Löschwasser- und Stromentnahmestellen angeordnet sind. Ausnahmen ergeben sich z. B. in Kavernen und unterirdischen Haltestellen, die in kurzen Abständen Kreuzungspunkte haben. Hier ist ein sinnvolles Raster zu wählen. Die stationären Kommunikationseinrichtungen sind eindeutig zu kennzeichnen, zu beleuchten und mit einheitlichen Informationen (genaue Standortbezeichnung, 5-W-Fragen, aktuelles Rufnummernverzeichnis etc.) auszustatten.

Die Redundanz der beiden Systeme dient dazu, dass z. B. bei einem Ausfall einer Sendestation oder bei einem Kabelschaden die Funktionsfähigkeit eines Systems gewährleistet wird. Die gewählten Systeme sind so einzurichten, dass bei einer Störung oder einem Ausfall die Bauleitung unverzüglich automatisch informiert wird.

Es ist im Rahmen des Alarmplans festzulegen, wie ein Notruf bzw. eine Alarmierung von Untertage an eine baustelleninterne Stelle (z. B. Bauleitung, Baustelleneinsatzleitstelle) oder an eine externe Stelle (z. B. öffentlicher Rettungsdienst, Feuerwehr) gelangt, die dann unverzüglich die notwendigen Maßnahmen veranlassen.

Die Kommunikationsmittel für die Fremdrettung (z. B. Betriebsfunk mit eigenem Kanal und Funkgerät oder gegebenenfalls BOS-Funk) sind im Rahmen der Planungsphase mit den örtlich zuständigen Einsatzdiensten abzustimmen und während der Ausführungsphase vorzuhalten. Die baustellenseitige Installation, die notwendige laufende vortriebsbegleitende Erweiterung sowie die damit verbundene Prüfung der Funktionsbereitschaft von BOS-Funk auf Tunnelbaustellen können problematisch sein. Insbesondere eine unzureichende Reichweite der Funktechnik, aber auch erforderliche ständig fortzuschreibende Genehmigungsprozesse oder fehlende Berechtigung des Baustellenpersonals zur Teilnahme am BOS-Funk können zu Problemen führen. Da im Bau befindliche Tunnel nicht wie in den Normen und Richtlinien gefordert vor der Installation eingemessen werden können, ist der Einbau von BOS-Funkanlagen gegebenenfalls nur mit Sondergenehmigungen möglich. Soll trotz der aufgezeigten Probleme eine BOS-Funkanlage in der Bauphase installiert werden, so sind die Anträge und Genehmigungen zwingend vorab durch den Auftraggeber zu stellen bzw. einzuholen.

Aufgrund der aufgezeigten formalen Probleme sowie der Unsicherheiten hinsichtlich der Betriebsbereitschaft, ist als Kommunikationsmittel für die Fremdrettung der Einsatz eines alternativen Funksystems (Betriebsfunk) zu bevorzugen.

5.2 Alarmierung

Eine sofortige Alarmierung ist im Ereignisfall die Grundvoraussetzung für die Selbstrettung der Beschäftigten sowie ein schnelles Eintreffen der Einsatzkräfte. Alarmeinrichtungen sind so zu installieren und zu unterhalten, dass diese von jeder Person umgehend wahrgenommen oder ausgelöst werden können. Die Alarmierung hat optisch und akustisch (2-Sinne-Prinzip z. B. mit Sirene und Blitzleuchte) zu erfolgen. Die Signalgebung muss eindeutig zuordenbar sein und Personen dazu auffordern, den betroffenen Bereich umgehend zu verlassen bzw. den Tunnel nicht mehr zu betreten. Verantwortliche Personen (z. B. Bauleitung) außerhalb des Tunnels müssen automatisch mit alarmiert werden.

5.3 Zugangskontrolle/Personenerfassung

Die Anforderungen an die Zugangskontrolle zur Baustelle selbst und zum untertägigen Arbeitsbereich sind festzulegen. Die Personenerfassung muss zu jeder Zeit sichere Auskunft darüber geben können, wie viele Personen sich gerade im untertägigen Arbeitsbereich der Baustelle aufhalten.

Im Ereignisfall muss sie darüber hinaus ab einer Vortriebslänge von ca. 500 m oder bei verzweigten Bauwerksstrukturen die Informationen liefern, in welchen Bereichen sich die Personen befinden. Diese zusätzliche Anforderung ist nur durch digitale Systeme zu erfüllen.

Um ein zielgerichtetes Vorgehen der Einsatzkräfte im Ereignisfall sicherzustellen, ist eine Zonenlänge von 300 m bis 500 m einzuhalten. Ferner ist der Aufenthalt in Fluchtkammern zu erfassen. Bei Untertagebaustellen mit mehreren Zu- und Ausgängen (z. B. Portale, Notausgänge, Querschläge, Schächte, Nachbarbaulose) ist sicherzustellen, dass eine lückenlose Erfassung aller Personen, die den untertägigen Arbeitsbereich betreten oder verlassen, erfolgt und stets aktuell visualisiert wird.

Bei digitalen Personenerfassungssystemen sind auch für die Einsatzkräfte Erfassungsmedien (z. B. Tags) in ausreichender Anzahl vorzuhalten.

Zur Feststellung der Vollzähligkeit sind Sammelstellen einzurichten, an denen sich alle geflüchteten Personen einfinden, um diese mit der Personenerfassung abzugleichen.

Erfassungsmedien müssen vor dem Zutritt ins Bauwerk durch geeignete Maßnahmen eigenständig auf Funktionsfähigkeit geprüft werden können. Um die Funktion zu gewährleisten, sollten die Erfassungsmedien über eine lange Batterielaufzeit verfügen und für den rauen Baustelleneinsatz geeignet sein.

5.4 Erste Hilfe

Alle zur Ersten Hilfe und zur Rettung aus Gefahr erforderlichen Einrichtungen und Sachmittel sowie das erforderliche Personal (z. B. Ersthelfer, Betriebs-sanitäter) sind in Abstimmung mit den Projektbeteiligten und den örtlichen Einsatzdiensten im Vorfeld projektspezifisch zu ermitteln und festzulegen. Hierbei sind baustellenspezifische Gegebenheiten und Gefahren besonders zu berücksichtigen. Aufgrund der für Untertagebaustellen zum Teil deutlich verlängerten Zeiten zur Herstellung der Einsatzbereitschaft der Einsatzkräfte sollten über die Mindestanzahl der Ersthelfer (gem. DGUV Vorschrift 1) hinaus möglichst alle regelmäßig unter Tage beschäftigten Personen als Ersthelfer ausgebildet sein.

5.5 Flucht- und Rettungswege

Die Flucht- und Rettungswege sind projektspezifisch zu planen und dem Baufortschritt kontinuierlich anzupassen. Sämtliche Flucht- und Rettungswege, über wie unter Tage, sind deutlich zu kennzeichnen, müssen stets in voller Breite sicher begehbar und ausreichend beleuchtet sein sowie von Brandlasten freigehalten werden. Folgende Kennzeichnung ist mindestens erforderlich:

- Stationierung in Tunnellängsrichtung/Vortriebsrichtung mit einem Maximalabstand von 50 m unter Angabe der Entfernung zum Portal (Tunnelmeter) sowie zusätzlich an Querschlägen und Sicherheitseinrichtungen. In Anlehnung an DIN 4066 sind die Schilder mit schwarzer Schrift auf weißem Grund und rotem Rand auszuführen.
- An Querschlägen, Verzweigungen sind grüne Rettungszeichen nach ISO 7010 (h/b = 300/600 mm) zu verwenden, die auch unter Sicherheitsbeleuchtung erkennbar bleiben.
- An Querschlägen, Ausgängen oder Zugängen zu (temporär) sicheren Bereichen und Fluchtkammern ist zusätzlich zum Rettungszeichen eine grüne Beleuchtung zu installieren.

Zur Risikominimierung sollten Querschläge, Fluchttollen oder Notausstiege frühestmöglich dem Vor-

trieb folgend erstellt werden. Dies dient der Verkürzung der Flucht- und Rettungswege sowie der Schaffung von (temporär) sicheren Bereichen.

5.6 Beleuchtung

Bei der Beleuchtung einer Untertagebaustelle ist zwischen der Allgemeinbeleuchtung und der Sicherheitsbeleuchtung zu unterscheiden. Diese müssen die in **Tabelle 1** und **Tabelle 2** genannten Mindestanforderungen erfüllen.

Sicherheitseinrichtungen und Gefahrstellen sind auch bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung permanent mit Leuchten nach folgendem Farbschema deutlich sichtbar zu kennzeichnen:

- Notruf- und Alarmierungseinrichtungen: **gelb**
- Rettungswege: **grün**
- Löschwasserentnahmestellen: **blau**
- Fluchtkammern: Blitzlampe/Blinklicht für den Ereignisfall (entsprechend DAUB-Empfehlungen für den Einsatz von Fluchtkammern auf Untertagebaustellen, Ziffer 3.10) **grün**, zusätzlich bei Bedarf Positionslampen analog zum Rettungsweg **grün**
- Gefahrstellen (z. B. Trafos, Sprengmittellager): **rot**
- Die Leuchten müssen im jeweiligen Nahbereich von jeder begehbaren Stelle im Tunnelquerschnitt aus erkennbar sein.

5.7 Notstromversorgung

Es ist zu ermitteln und festzulegen, welche Einrichtungen, Maschinen und Anlagen im Ereignisfall zur Ermöglichung einer Selbst- oder Fremdreitung oder zur Vermeidung von anderen kritischen Situationen mit einer autarken Notstromversorgung ausgestattet sein müssen. Insbesondere sind hier zu nennen:

- Beleuchtung
- Kommunikation
- Branddetektions- und Alarmierungsanlage
- Löschsysteme inklusive gegebenenfalls erforderlicher Druckerhöhungsanlage zur Löschwasserversorgung

Tabelle 1 Allgemeinbeleuchtung für den normalen Baubetrieb (gem. ASR 3.4)

Verkehrswege	20 Lux
Arbeitsplätze (z. B. Ausbruch, Laden, Sichern)	100 Lux
Anspruchsvolle Tätigkeiten (z. B. Abdichtung)	200 Lux

Tabelle 2 Sicherheitsbeleuchtung bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung (gem. ASR 3.4)

Flucht- und Rettungswege	min. 1 Lux für die Dauer einer sicheren Flucht, mindestens jedoch 1 Std.
Arbeitsplätze	15 Lux (für die Dauer der Gefährdung)

- Fluchtkammern
- Personenerfassung
- Belüftung
- erforderliche Hebeeinrichtungen (Krane, Aufzüge)
- Anlagen z. B. zur Aufrechterhaltung des Stützdrucks bei TBM, Drucklufthaltung
- Baustelleneinsatzleitstelle

Aber auch der Ausfall von Pumpen bei einem Wassereinbruch oder der Ausfall der Einrichtung zur Personenbeförderung (Aufzug, Schachtwinde) bei einem Brand sowie der Ausfall der Druckluftversorgung bei Arbeiten in Druckluft kann zu den eingangs genannten, kritischen Situationen führen. Daher ist die Notwendigkeit hinsichtlich der Notstromversorgung immer projektspezifisch zu prüfen.

5.8 Funktionserhalt

Dort, wo die Notstromversorgung über ein Kabel eingespeist wird, ist projektspezifisch zu prüfen, welche Maßnahmen zum Funktionserhalt des Kabels notwendig und möglich sind. Das kann z. B. durch eine geschützte Verlegung (mechanisch, thermisch) oder durch ein Kabel mit Funktionserhalt oder durch örtlich getrennte Verlegung erreicht werden.

Dies gilt analog für andere Versorgungsleitungen sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen, wie z. B. Glasfaser-, Löschwasser- oder Druckluftleitungen. Glasfaser- und Datenkabelnetze können z. B. auch über geeignete Funklösungen redundant ausgelegt werden.

5.9 Fremdrettung

5.9.1 Allgemeines

Die Fremdrettung auf Untertagebaustellen kann in der Regel durch die öffentlichen Einsatzdienste im Rahmen ihrer gesetzlichen Aufgaben erfolgen. Eine Tunnelwehr gemäß **Anhang 3** ist nur erforderlich, wenn die Leistungsfähigkeit der Feuerwehr für die in diesem Papier beschriebenen Anforderungen und Rahmenbedingungen auch nicht durch ergänzende Maßnahmen (z. B. Ausbildung, Ausstattung und personelle Unterstützung) auf das erforderliche Maß gebracht werden kann. Für die diesbezügliche Abstimmung ist den Einsatzdiensten das Notfallmanagementkonzept einschließlich der geplanten Bauabläufe sowie eine Beschreibung der eingesetzten Verfahren vorzulegen. Das Erfordernis einer Tunnelwehr ist bereits in der Planungsphase vor der Ausschreibung zwischen dem AG und den Einsatzdiensten abschließend zu klären. Das Ergebnis dieser Klärung muss in der Ausschreibung/Baubeschreibung eindeutig beschrieben sein.

Das Notfallmanagementkonzept muss die regional unterschiedliche Leistungsfähigkeit der Einsatzdienste berücksichtigen und ist frühzeitig sowie fortlaufend mit den örtlich zuständigen Brandschutzdienststellen abzustimmen (siehe Kapitel 4.1 und Kapitel 5.2.3.2 des DAUB-Leitfaden für Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Untertagebaustellen [1]).

Die erschwerten Einsatzbedingungen auf Untertagebaustellen führen dazu, dass bei der Fremdrettung nicht die gleiche Geschwindigkeit und Qualität wie bei einer Rettung aus Gebäuden oder bei Unfällen im Straßenverkehr erreicht wird. Auch Einsatzgrenzen der Einsatzkräfte werden früher erreicht als bei in Betrieb befindlichen Bauwerken. Diese Tatsachen sind im Notfallmanagementkonzept zu berücksichtigen. Quantitative Leistungsanforderungen an Einsatzdienste, wie zum Beispiel die Zeit zum Erreichen einer Einsatzstelle im Tunnel, die über rechtliche Vorgaben (z. B. Feuerwehrgesetze der Länder) hinausgehen, sollen nicht festgelegt werden.

In manchen Bereichen ist eine Fremdrettung durch Einsatzdienste nicht sinnvoll möglich, wie beispielsweise aus der druckbeaufschlagten Abbaukammer einer TBM. Im Notfallmanagementkonzept ist eindeutig darauf hinzuweisen.

Unter Heranziehung der im **Kapitel 4.1** beschriebenen Bemessungsszenarien sind Notfallszenarien für Fälle zu entwickeln, die nicht mit erster und erweiterter Löschhilfe bzw. Selbstrettung bewältigbar sind. Notfallszenarien sind mit den Brandschutzdienststellen abzustimmen und bei Erfordernis an die Gegebenheiten anzupassen. Szenarien, die dem reinen Sachschutz dienen sind in diesem Prozess nicht relevant.

Da sich die Einsatzbedingungen in Untertagebaustellen vom üblichen Einsatzspektrum der Einsatzdienste unterscheiden, sind sie in aller Regel nicht vollständig für Einsätze auf Tunnelbaustellen eingerichtet und müssen dies nach der Feuerwehrbedarfsplanung für solche temporären Einrichtungen auch nicht sein. Die zusätzlich notwendigen Ausbildungsmaßnahmen und zusätzlich notwendige Ausstattung sind mit der örtlich zuständigen Brandschutzdienststelle abzustimmen und die Finanzierung/Bereitstellung bauseits zu regeln.

5.9.2 Technische Schutzmaßnahmen – Erschließung/Zugänglichkeit

Im Einvernehmen mit der örtlich zuständigen Brandschutzdienststelle sind ausreichende Zu- und Abfahrtsmöglichkeiten sowie Bewegungsflächen für die Einsatzdienste herzustellen und benutzbar zu halten. Die Zufahrten und Bewegungsflächen sind auch im Winter benutzbar zu halten und von Schnee zu räumen.

Falls der Einsatz eines Rettungshubschraubers für notwendig erachtet wird (z. B. sehr abgelegene Bau-

stelle), sind Landemöglichkeiten in der Nähe auszuweisen.

Sofern die Untertagebaustelle über einen Startschacht oder eine Baugrube erschlossen wird, müssen Feuerwehrlflächen im Schwenkbereich eines Krans liegen. Der Kran muss mit einem Personenaufnahmemittel zur Rettung einer liegenden Person in Begleitung einer betreuenden Einsatzkraft geeignet sein. Alternativ kann ein Personen- und Lastenaufzug vorgesehen werden, der die Rettung einer liegenden Person mit Begleitung sowie den Gerätetransport für die Einsatzdienste ermöglicht.

Zur Planung des Platzbedarfs für die Rettungsfahrzeuge im untertägigen Bereich siehe **Kapitel 5.9.3**.

Bei Bedarf sind in Abstimmung mit der örtlich zuständigen Brandschutzdienststelle eindeutige Lotsenpunkte (gegebenenfalls auch los- oder baustellenübergreifend nummeriert) festzulegen und zu kennzeichnen. Bauseits müssen ortskundige Lotsen gestellt werden, die die Einsatzkräfte an dem bei der Alarmierung gemeldeten Lotsenpunkt erwarten und zur Einsatzstelle führen.

Die Größe und Ausstattung der im Ereignisfall zu besetzenden Baustelleneinsatzleitstelle ist im Rahmen der Erarbeitung des Notfallmanagementkonzeptes zu ermitteln. Die Baustelleneinsatzleitstelle dient der Bau- und Einsatzleitung zur zentralen Visualisierung, Koordinierung und gegebenenfalls Steuerung der Sicherheitseinrichtungen der Tunnelbaustelle im Ereignisfall. Die Stromversorgung ist auch bei einem Stromausfall sicherzustellen. Folgende Informationen sind anzuzeigen, sofern diese nach dem Notfallmanagementkonzept vorgesehen sind:

- Alarmierungs- und Branddetektionssystem
- Auslösung von Löschsystemen
- Personenerfassungssystem
- Kommunikationssysteme
- Stand der (Vortriebs-)Arbeiten
- Fluchtwegsituation
- Belüftungssystem
- Status der Rauchschotts, sofern zentral eingebunden
- Videoüberwachung
- Verkehrssituation unter Tage
- Gasmesseinrichtungen (z. B. Methan)

Weitere Steuerungs- bzw. Anzeigemöglichkeiten können projektabhängig hinzukommen und sind mit der Brandschutzdienststelle abzustimmen.

Für den Einsatzfall ist ein funktionsfähig ausgerüsteter Kommunikationsraum für die Einsatz- und

Lageführung einzurichten, der mindestens Platz für 6 Personen bietet. Es ist zu prüfen, ob der Kommunikationsraum in der Baustelleneinsatzleitstelle integriert werden kann.

Die erforderliche Löschwasserversorgung ist projektspezifisch für jede Baustelleneinrichtungsfläche zu ermitteln und mit der zuständigen Brandschutzdienststelle abzustimmen. Sofern die Löschwassermenge nicht über die öffentliche Löschwasserversorgung sichergestellt wird, ist diese zu bevorraten. In Abhängigkeit von den vorhandenen Brandlasten ist für größere Baustelleneinrichtungsflächen mit einem Löschwasserbedarf von mindestens 800 l/min über einen Zeitraum von 120 Minuten zu planen.

Bei Schächten/Baugruben kann abhängig von der Tiefe, in Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle eine Löschwasserleitung mit lokalen Entnahmestellen(n) im Schacht bzw. der Baugrube erforderlich sein.

Die Löschwasserversorgung der Baustelleneinrichtungsfläche kann auch zur Einspeisung der Löschwasserentnahmestellen im Tunnel (siehe **Kapitel 6.8.2**) verwendet werden.

5.9.3 Technische Schutzmaßnahmen für/in untertägige/n Arbeitsbereiche/n

Zur erfolgreichen Durchführung einer Fremdrettung ist es notwendig, eine entsprechende technische Ausstattung vorzuhalten. Dazu ist eine Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle erforderlich. Erforderliche tunnelspezifische Ausstattungen sind bauseits zu stellen. Sofern diese durch den AN gestellt werden sollen, sind diese im Bauvertrag durch entsprechende Leistungspositionen zu beschreiben. Bedarfsweise losübergreifende technische Maßnahmen sind so auszulegen, dass sie untereinander kompatibel sind.

Für die Einsatzdienste muss eine Funkkommunikation unter Tage und zur Einsatzleitung über Tage möglich sein. Das zu verwendende System ist mit den Einsatzdiensten abzustimmen (siehe auch **Kapitel 5.1**). Der Bedarf der Einsatzdienste ist dabei zu berücksichtigen und gegebenenfalls sind geeignete Kommunikationsmittel bauseits vorzuhalten.

Zur schnelleren Erreichbarkeit der Einsatzstelle, zum Mitführen der notwendigen Ausrüstung und zum Retten von verletzten Personen ist für die Einsatzkräfte ein einsatzbereites Rettungsfahrzeug vorzuhalten. Nachfolgende Anforderungen sind dabei zu berücksichtigen:

- Der Fahrer muss bauseits gestellt werden und bei Erfordernis grundsätzlich mit dem gleichen Atemschutzgerät wie die Einsatzkräfte ausgerüstet sein.
- Das Rettungsfahrzeug ist mit einer Wärmebildkamera zur Überwachung des Bereichs vor dem Rettungsfahrzeug auszustatten.

- Die konzeptionell vorgesehene Anzahl an Einsatzkräften muss sicher transportiert werden können.
- Die gegebenenfalls erforderliche Geräteausstattung auf dem Rettungsfahrzeug ist mit den Einsatzdiensten abzustimmen.
- Der schonende Transport von liegenden Verletzten mit einer Begleitperson muss möglich sein.
- Auf dem Rettungsfahrzeug muss eine Transportfläche für Geräte/Material der Feuerwehr vorhanden sein. Dabei ist die Möglichkeit einer Beladung mittels Baustellenkran sicherzustellen.

Zusätzlich ist ein zweites Fahrzeug ohne Geräteausstattung mit Fahrer für die Ablösung von Einsatzkräften oder den Abtransport von Verletzten vorzusehen.

Der für die Vorhaltung der Rettungsfahrzeuge und deren Einsatz erforderliche Platzbedarf ist zusätzlich zu den baubetrieblich notwendigen Flächen bereits bei der Planung zu berücksichtigen.

In Abhängigkeit von den Szenarien, der eingesetzten Logistik (gummibereift oder gleisgebunden), der Fahrbahnbeschaffenheit und den vorhandenen Platzverhältnissen kann geprüft werden, ob alternativ Einsatzfahrzeuge der Feuerwehr als Rettungsfahrzeuge einsetzbar sind. Dieses muss mit der Brandschutzdienststelle im Vorfeld abgestimmt werden.

Bei einer Vortriebslänge von insgesamt weniger als ca. 300 bis 500 m können in Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle auch einfache Transportmittel ohne eigenen Antrieb (z. B. Rettungsloren, Draisinen, Handwagen) statt eines Rettungsfahrzeugs vorgesehen werden.

Im Ereignisfall ist der Fahrweg von sonstigen Fahrzeugen zu räumen, so dass die Anfahrt des Rettungsfahrzeugs nicht blockiert wird.

Eine fest installierte Möglichkeit zur Stromentnahme ist in Abhängigkeit vom erforderlichen, abgestimmten Geräteeinsatz alle 100 m zu installieren. Alternative Lösungen (z. B. akkubetriebene Geräte) sind nach Absprache mit der Brandschutzdienststelle denkbar.

Eine Möglichkeit zur Stromabschaltung im Tunnel im Ereignisfall muss von über Tage gegeben sein. Wichtige sicherheitstechnische Einrichtungen bleiben hiervon unberührt. Die endgültige technische Lösung ist mit der Brandschutzdienststelle abzustimmen.

5.9.4 Organisatorische Schutzmaßnahmen

Über die Dauer der Baumaßnahme ist ein Verantwortlicher mit Entscheidungskompetenz (z. B. Bauleitung) für die Koordination der Rettung auf der Baustelle zu benennen. Er ist für die erste Einsatzkoordination entsprechend den erstellten Notfallplänen und für die Information über alle unter Tage laufenden Arbeitsbereiche verantwortlich.

Zum effizienten Einsatz der Einsatzkräfte ist bauseits ein deutschsprachiger, ortskundiger, atemschutztauglicher Rettungslotse zu stellen, der im Ereignisfall die Einsatzkräfte zur Einsatzstelle begleitet. Als Rettungsloten sind Personen, in der Regel Mitarbeiter des AN, einzusetzen, die sich im Ereignisfall planmäßig außerhalb des Tunnels aufhalten. Sie dienen den Einsatzkräften als Kontaktpersonen und verfügen über die erforderlichen Kenntnisse in der Zusammenarbeit mit den Einsatzkräften. Die Anzahl der gleichzeitig erforderlichen Rettungsloten ist mit der Brandschutzdienststelle abzustimmen. Rettungsloten dürfen gleichzeitig auch Fahrer des Rettungsfahrzeugs sein. Eine feuerwehrtechnische Qualifikation ist dafür nicht erforderlich.

Im Einzelfall kann beispielsweise bei übersichtlichen Baustellen und/oder geringen Vortriebslängen in Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle auf Rettungsloten verzichtet werden.

In Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle sind bauseits Feuerwehrpläne mit einsatztaktisch relevanten Informationen, wie z. B. Löschwasserentnahmestellen oder Sprengmittellager, als besonderer Gefahrenbereich zu erstellen. Sie dienen der Einsatzleitung und den Einsatzkräften zur raschen Orientierung innerhalb und außerhalb der Baustelle. Diese Pläne müssen nicht der DIN 14095 entsprechen.

Begehungen der Untertagebaustelle sind den Einsatzdiensten grundsätzlich jederzeit zu ermöglichen und sind in der Regel nicht mit einem Stillstand der Baustelle verbunden.

Art und Umfang von erforderlichen Übungen wie z. B. Personenräumungs-, Rettungs- und Löschübungen sind möglichst frühzeitig gemeinsam mit dem Bauherrn, dem AN und den Einsatzdiensten abzustimmen. Eventuell anfallende Kosten für die Durchführung der Übungen sowie die Aufwendungen der Einsatzdienste sind bauseits zu tragen. Nach Erfordernis sind dafür im Bauvertrag entsprechende Leistungspositionen vorzusehen.

6 Schutzmaßnahmen für das Ereignis Brand im untertägigen Arbeitsbereich

Im Rahmen des Risikomanagementprozesses sind die erforderlichen Schutzmaßnahmen zur Verhinderung, Beherrschbarkeit sowie zur Minimierung der Auswirkungen von Brandereignissen im Bereich der Untertagebaustelle zu ermitteln. Nachfolgend werden zunächst unabhängig vom eingesetzten Vortriebsverfahren die Maßnahmen zur Vermeidung einer Brandentstehung/Brandausbreitung, zur Entstehungsbrandbekämpfung, zur Selbstrettung sowie zur

Ermöglichung einer Fremdrettung beschrieben. Diese Schutzmaßnahmen sind so lange aufrechtzuerhalten, bis sie durch Maßnahmen und Einbauten für den Betriebszustand ersetzt werden, oder nicht mehr erforderlich sind.

Die erforderlichen Maßnahmen sind in die jeweiligen Unterpunkte des Notfallmanagementkonzeptes für Brandschutz sowie für Flucht und Rettung zu übernehmen.

Grundsätzlich steigt das Risiko mit zunehmender Entfernung und abnehmendem Tunnelquerschnitt. Bei Entfernungen von mehr als ca. 2.000 m bis zu einem (temporär) sicheren Bereich ist bei der Erarbeitung des Notfallmanagementkonzeptes zu prüfen, ob über die vorliegenden Empfehlungen hinaus zusätzliche Maßnahmen erforderlich sind.

Alle Beschäftigten sind über die erforderlichen Schutzmaßnahmen zu unterweisen bzw. in diese einzuweisen.

6.1 Vermeidung einer Brandentstehung/Brandausbreitung

Bereits die Auswahl der Arbeitsverfahren sowie die Planung der Arbeitsabläufe muss die Verhinderung von Entstehungsbränden bzw. die Beschränkung der Brandausbreitung zum Ziel haben. Hierbei ist unter anderem Folgendes kritisch zu prüfen:

- verwendete Arbeitsstoffe und Arbeitsmittel (Brandlast)
- verwendete Betriebsstoffe von Maschinen, Fahrzeugen und Arbeitsmitteln (Brandentstehung)
- zeitliche und räumliche Entflechtung des Einsatzes großer Brandlasten
- zeitliche und räumliche Entflechtung von Arbeiten mit erhöhter Brandgefahr
- Überwachung großer Brandlasten und potenzieller Zündquellen
- Tätigkeiten mit erhöhter Brandgefahr (z. B. Heißenarbeiten)

6.1.1 Brandlasten und Zündquellen

Brandlasten und Zündquellen sind unter Einbeziehung/Planung von Arbeitsabläufen zu ermitteln und zu minimieren. Zur Erreichung dieses Ziels sind unter anderem folgende Punkte zu beachten:

- Einsatz und Gestaltung von Maschinen, Fahrzeugen und Arbeitsmitteln inklusive der verwendeten Betriebsstoffe

- Verbot von Verbrennungsmotoren, die mit Treibstoffen wie Benzin- und Flüssiggas betrieben werden, die einen niedrigen Flammpunkt haben
- Auswahl der Arbeitsverfahren
- Prüfung der Substitution leicht entflammbarer Arbeitsstoffe und Materialien
- Einsatz möglichst nicht brennbarer oder schwer entflammbarer Arbeitsstoffe und Materialien
- Umsetzung der Vorgaben der Sicherheitsdatenblätter
- Ordnung und Sauberkeit auf der Baustelle
- Verwendung von Sicherheitsabfallbehältern
- Unverzügliche Entfernung baubedingt anfallender Abfälle und Rückstände

Grundsätzlich ist die Lagerung brennbarer Stoffe unter Tage auf ein betrieblich erforderliches Minimum zu berenzen.

6.1.2 Brandausbreitung

Damit es zu keiner Ausbreitung eines Brands in Tunnelängsrichtung kommen kann, muss das für die Herstellung von Lutten verwendete Material schwerentflammbar (z. B. Baustoffklasse B1 gem. DIN 4102 Teil 1) und selbstverlöschend sein, so dass dieses nach dem Entfernen der Zündquelle selbstständig verlöscht. Gleiches gilt für die unter Tage verwendeten Förderbänder, die den Anforderungen der EN 14973 entsprechen müssen.

Laufstege, Podeste, Handläufe etc. vom Portal bis in die jeweiligen Arbeitsbereiche sind grundsätzlich mit nichtbrennbaren Materialien auszuführen.

6.1.3 Branddetektion

Bereiche mit erhöhter Brandgefahr, in denen Beschäftigte nicht permanent anwesend sind (z. B. Werkstätten, Tankstellen, Trafostationen, Hydraulikstation, Lagerbereiche in Abhängigkeit vom vorgehaltenen Material, gegebenenfalls Abstellflächen für Fahrzeuge und Maschinen), sind je nach Erfordernis mit einem geeigneten Detektionssystem (z. B. Branddetektion durch vernetzte Brandmelder) auszustatten, das eine Alarmierung gem. **Kapitel 5.2** auslöst.

6.2 Bekämpfung Entstehungsbrand

Um eine schnelle Bekämpfung eines Entstehungsbrands zu gewährleisten, sind in Arbeitsbereichen mit erhöhter Brandgefahr (z. B. Werkstätten, Tankstellen, Trafostationen, Hydraulikstation, Lagerbereiche in Abhängigkeit vom vorgehaltenen brennbaren Material) sowie bei Arbeiten mit einer Brandgefährdung (z. B. Schweißen, Brennschneiden) geeignete Feuerlöscher,

Löscheinrichtungen sowie im Bedarfsfall eine Brandwache vorzuhalten.

Alle selbstfahrenden Arbeitsmittel (Baumaschinen, Fahrzeuge etc.) sind mit einem Feuerlöscher mit mindestens 6 Löschmitteleinheiten auszustatten. Die Verwendung von Pulverlöschern unter Tage wird nicht empfohlen. Selbstfahrende Arbeitsmittel sind unter anderem:

- Kraftfahrzeuge im Sinne der StVZO, unabhängig von einer Straßenzulassung
- Alle motorbetriebenen Arbeitsmittel mit Ketten oder Räderantrieb, egal ob schienengebunden oder gummibereift (dazu zählen auch sogenannte Multi-Service-Vehicle, MSV)

Selbstfahrende Arbeitsmittel mit Dieselantrieb und einem Gesamtgewicht über 3,5 t sind mit einer integrierten, das heißt bordfesten Löschanlage auszurüsten. Diese sollte grundsätzlich selbsttätig und manuell auslösend sein, wobei eine rein manuelle Auslösung sinnvoll sein kann, wenn verfahrensspezifische Randbedingungen (z. B. Staubbelastung bei Sprengvortrieb) automatische Fehlauflösungen verursachen können.

Von der Pflicht zur Ausrüstung selbstfahrender Arbeitsmittel mit einer bordfesten Löschanlage darf abgewichen werden, wenn für zeitweise angemietete Maschinen wie z. B. Hebebühnen durch eine Gefährdungsbeurteilung nachgewiesen wird, dass mit kompensierenden Maßnahmen (z. B. Betrieb nur unter Aufsicht einer Person mit der Qualifizierung als Brand-schutzhelfer) das Risiko des Einsatzes akzeptabel ist.

Der Einsatz und der Ladevorgang von batteriebetriebenen selbstfahrenden Arbeitsmitteln sind im Notfallmanagementkonzept hinreichend zu planen. Besonderes Augenmerk muss auf die Auswahl der Batteriemanagementsysteme sowie der Batterietypen und ihrer Zellchemie hinsichtlich der Brandgefährdung gelegt werden.

Sonstige stationäre Anlagen wie z. B. Transformatoren, Stromaggregate, Kompressoren, nicht selbstfahrende Betonpumpen, Brecher, Betonmischanlagen, Pumpstationen, Belüftungen, Kühlanlagen, Aufzüge und Tankanlagen sind im Fall einer Aufstellung im Tunnel bei Erstellung des Notfallmanagementkonzeptes brandschutztechnisch gesondert zu betrachten und zu beurteilen. Im Rahmen der brandschutztechnischen Beurteilung kann sich die Notwendigkeit ergeben, dass diese Anlagen mit automatisch auslösenden Feuerlöscheinrichtungen auszurüsten sind.

Wenn die Löschwasserleitung aus **Kapitel 6.8.2** gemäß Notfallmanagementkonzept auch (bereichsweise) zur Entstehungsbrandbekämpfung genutzt werden soll, sind an den betreffenden Entnahmestel-

len entsprechendes Schlauchmaterial und ein Strahlrohr einsatzbereit vorzuhalten.

Regelmäßig unter Tage eingesetzte Beschäftigte sind theoretisch und praktisch in der Funktions- und Wirkungsweise der vorhandenen Feuerlöscheinrichtungen fachkundig zu unterweisen (z. B. Löschübungen mit Handfeuerlöschern).

Löscheinrichtungen sind an den jeweiligen Bauzustand bzw. die jeweilige Bauphase anzupassen und gemäß **Kapitel 10** zu prüfen und zu warten.

6.3 Funktionserhalt sicherheitsrelevanter Einrichtungen

Bei Erstellung des Notfallmanagementkonzeptes ist festzulegen, für welche sicherheitsrelevanten Einrichtungen ein Funktionserhalt im Brandfall in welchem Umfang notwendig ist. Darauf aufbauend sind projektspezifisch die notwendigen Maßnahmen zu planen. Mögliche Alternativen zu einem klassifizierten Funktionserhalt können z. B. sein:

- autarke Funktion beispielsweise von Beleuchtung, Personenortung und Fluchtkammern
- redundante Versorgung beispielsweise von Kommunikationseinrichtungen
- redundante Versorgung beispielsweise über Querschläge (z. B. Ringleitungen für Strom, Löschwasser)
- tiefstmögliche Anordnung von Kabeln und Leitungen im Querschnitt zur Reduzierung der Temperatureinwirkung
- geschützte Verlegung beispielsweise von Kabeln und Leitungen
- Anordnung von Absperrschiebern in der Löschwasserleitung nach jeder Entnahmestelle für die bereichsweise Wiederherstellung der Funktion

Dabei ist zu beachten, dass nicht alle der exemplarisch angeführten Maßnahmen unter Berücksichtigung der individuellen Randbedingungen von Baustelle und Bauverfahren erforderlich oder technisch umsetzbar sind.

6.4 Temporäre Standsicherheit

Temporäre tragende oder aussteifende Konstruktionen ohne Feuerwiderstand (z. B. Stützen oder Aussteifungen aus Stahl ohne Betonummantelung) sind im Notfallmanagementkonzept zu betrachten. Falls bei einem Brand unter oder neben solchen Konstruktionen eine Gefährdung auch außerhalb des unmittelbaren Brandnabereichs zu erwarten ist (z. B. durch Einsturz oder Verbruch/Tagbruch), sind geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen. Diese können je nach

örtlicher Situation und möglichem Schadensausmaß beispielsweise sein:

- Minimierung der Brandlasten an oder unter der Konstruktion
- Robuste Auslegung der Bauteile, z. B. auch bei Ausfall einer Stütze/Steife ist die Standsicherheit insgesamt weiterhin nachweisbar (mit Teilsicherheitsbeiwerten für Brand, Gebrauchstauglichkeit kann unberücksichtigt bleiben)
- Statischer Nachweis für den Brandfall (Heißbemessung)
- Schutz der Bauteile durch Bekleidung oder automatische Löschanlage.

Dies gilt z. B. nicht für nach oben überwiegend offenen Baugruben/Startschächte und Bauteile von Tunnelbohrmaschinen. Für die temporäre Standsicherheit in der Bauphase ist bei Bauteilen aus Spritzbeton/Beton bzw. Bauteile mit Betonummantelung auch ohne rechnerischen Nachweis von einem ausreichenden Feuerwiderstand auszugehen.

6.5 Begrenzung der Rauchausbreitung

Um im Ereignisfall eine Rauchausbreitung zwischen einzelnen Tunnelröhren bzw. in verzweigten Stollensystemen möglichst zu verhindern, sind da, wo es für die Schaffung (temporär) sicherer Bereiche erforderlich ist, Rauchschotts einzubauen und unter Berücksichtigung des Lüftungskonzeptes für die einzelnen Bauphasen vorzuhalten und zu betreiben.

Bei langen einröhrigen Tunnelbauwerken ist, wenn die maximale Eindringtiefe der Einsatzdienste ihre Grenze erreicht, die Anordnung von Rauchschotts, zur Erschaffung (temporär) sicherer Bereiche, die einzige Maßnahme, eine Fremdrettung zu ermöglichen. Die technischen Anforderungen sowie die bauliche Ausbildung werden im **Anhang 1** beschrieben.

Der Einsatz von Sprühnebelvorhängen oder Wasserschilden auf der Tunnelstrecke zur Reduktion der Rauchausbreitung ist nach aktuellem Kenntnisstand unwirksam, da diese die Rauchsichtung in der Regel zerstören und so zu einer schnelleren Verrauchung des gesamten Tunnelquerschnittes führen.

Treppentürme als vertikaler Fluchtweg müssen durch Einhausung mit nichtbrennbaren Materialien und falls erforderlich, durch drückende Belüftung (Kompensation von Leckagen), vor Raucheintrag geschützt werden. Dieses gilt nicht, wenn andere Treppen/Treppentürme in größerem Abstand existieren, wie z. B. bei einem längerem Trogbauwerk. Hier ist gewährleistet, dass diese jederzeit als zweiter unabhängiger Fluchtweg erreicht werden können.

6.6 Flucht- und Rettungswege

Im Rahmen des Notfallmanagementkonzeptes sind die Flucht- und Rettungswege für alle Bauphasen zu planen. Die Rahmenbedingungen sind bereits in der Entwurfsplanung zu definieren.

Bereits bei der Planung des Bauwerks und der zugehörigen Bauabläufe ist das Augenmerk darauf zu legen, dass auch unter dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit ein Einschlusszenario möglichst vermieden wird. Die Schaffung eines alternativen Fluchtweges (Querschläge, Fluchtstollen oder Notausstiege) soll in Abhängigkeit vom Bauablauf so früh wie möglich erfolgen.

Die maximalen Flucht- und Rettungsweglängen im verrauchten Bereich sind unter Berücksichtigung der Haltezeiten des verwendeten Atemschutzes für die Selbst- bzw. Fremdrettung zu begrenzen.

6.6.1 Fluchtweglänge

Für die Planung der Selbstrettung bis in einen (temporär) sicheren Bereich oder eine Fluchtkammer kann in der Regel bei einem ebenen, gut erkennbaren Fluchtweg (z. B. mit Leiteinrichtung) von einer Fluchtgeschwindigkeit von 40 m/min ausgegangen werden. Dieser Wert ist im Einzelfall zu überprüfen. Dabei sind örtliche Gegebenheiten (z. B. Bodenbeschaffenheit, Durchgangsquerschnitte, Steigungen, Schächte, Hindernisse) zu berücksichtigen, die die Fluchtgeschwindigkeiten deutlich reduzieren können. Die maximale Fluchtweglänge für die Selbstrettung sollte, unter Verwendung von Atemschutzgeräten für die Selbstrettung, 1.400 m nicht überschreiten.

6.6.2 Rettungsweglänge

Bei Verwendung von Langzeit-Pressluftatmern durch die Einsatzdienste sind selbst bei Anfahrt mit dem Rettungsfahrzeug, einer kurzen Arbeitszeit (z. B. Löschen, Versorgung von Verletzten) an der Einsatzstelle im Tunnel sowie einem ebenen, gut erkennbaren Rettungsweg (z. B. mit Leiteinrichtung) Entfernungen bis zu einem (temporär) sicheren Bereich von mehr als 1.250 bis 1.500 m grundsätzlich nicht möglich. Falls der Einsatz von Regenerationsgeräten einvernehmlich abgestimmt wurde, können größere Eindringtiefen möglich sein.

Bei allen Betrachtungen wird davon ausgegangen, dass der Rückweg bei Ausfall des Fahrzeugs notfalls zu Fuß zu bewältigen ist (siehe **Anhang 2**). Dies gilt auch, falls ein Fahrzeug mit autarker Luftversorgung zur Verlängerung der Arbeitszeit an der Schadensstelle eingesetzt wird.

6.7 Selbstrettung

Bei einem Brandereignis auf einer Untertagebaustelle ist die erfolgreiche Selbstrettung das primäre Schutzziel. Die Selbstrettung wird durch eine Kombination verschiedener Maßnahmen sichergestellt.

Zum einen ist die Rauchausbreitung zu begrenzen, damit Flucht- und Rettungswege möglichst rauchfrei gehalten werden und zum anderen sind Atemschutzgeräte für die Selbstrettung vorzuhalten, um verrauchte Bereiche sicher durchqueren zu können. Kann es zu einem Einschluss von Beschäftigten im verrauchten Bereich kommen, ist der Einsatz von Fluchtkammern zu planen, bis die Flucht in einen (temporär) sicheren Bereich möglich ist.

6.7.1 Atemschutzgeräte für die Selbstrettung

Da auf Untertagebaustellen grundsätzlich die Gefahr besteht, dass sich durch ein Brandereignis toxische Gase ausbreiten, muss gewährleistet werden, dass für jede anwesende Person unter Tage (Bauherr, Auftragnehmer, Besucher) mindestens ein geeignetes Atemschutzgerät für die Selbstrettung (z. B. ein Sauerstoffseltretter, SSR) zur Verfügung gestellt wird. Die Eignung ist anhand der Einsatzbedingungen zu prüfen, die Haltezeit muss die erforderliche Fluchtdauer sicher überdecken. Der Seltretter muss ständig mitgeführt bzw. kann in unmittelbarer Nähe der Person abgelegt werden.

Jede Person ist in die bestimmungsgemäße Benutzung der Atemschutzgeräte für die Selbstrettung zu unterweisen. Zum Erhalt der Einsatzfähigkeit sind die Atemschutzgeräte gemäß den Angaben des Herstellers zu prüfen und instand zu halten.

6.7.2 Fluchtkammern

Für die Planung und den Einsatz von Fluchtkammern wird auf die „DAUB-Empfehlungen für den Einsatz von Fluchtkammern auf Untertagebaustellen“ [2] verwiesen.

6.7.3 Fahrzeuge zur Unterstützung der Selbstrettung

Fahrzeuge, die im Nahbereich der Arbeitsstellen (z. B. der Ortsbrust, des TBM-Nachläufers, des Schalwagens) in Fluchtrichtung abgestellt sind, können die Selbstrettung unterstützen. Da die Nutzbarkeit der Fahrzeuge zur Flucht nicht immer sichergestellt werden kann (z. B. durch technischen Ausfall des Fahrzeuges oder Hindernissen auf dem Fahrweg), muss die Selbstrettung stets auch zu Fuß möglich sein.

6.8 Fremdrettung

6.8.1 Allgemeines

Bei Bränden auf Untertagebaustellen kann es zu starker Rauch- und Wärmeentwicklung kommen, die während der Vortriebsphase vor dem Durchschlag weder durch natürliche noch durch technische Lüftung gemindert werden kann. In Verbindung mit den teilweise sehr langen Angriffswegen werden daher Einsatzgrenzen der Einsatzdienste früher als bei durchschlägigen oder in Betrieb befindlichen Tunneln erreicht, was dazu führen kann, dass über einen längeren Zeitraum keine Einsatzkräfte unter Tage vorrücken können. Bei einzelnen größeren Brandereignissen in der Vergangenheit war dies teils über mehrere Stunden der Fall. Diese Einschränkung gilt sowohl für öffentliche Feuerwehren als auch für baustellenseitige Tunnelwehren (siehe **Kapitel 5.9.1**).

Diese Umstände sind Grundlage dieser Empfehlungen und daher bei der Erarbeitung des Notfallmanagementkonzeptes zugrunde zu legen.

6.8.2 Löscheinrichtungen in Bereichen unter Tage

Ab einer Vortriebslänge von 200 m ist eine Löschwasserversorgung (auch Brauchwasserleitung) mit ausreichenden Anschlüssen (Abstand max. ca. 100 m, gegebenenfalls einschließlich Schlauchmaterial und Strahlrohr) mit ausreichender Kapazität im Tunnel einzubauen.

Die Ausführung der Entnahmestellen sowie die an den Entnahmestellen erforderlichen Fließ- und Ruhe drücke sind mit der Feuerwehr abzustimmen. Die Vorhaltung von Hohlstrahlrohren ist zu vermeiden, da sie unter Baustellenbedingungen leicht verstopfen.

Falls ein Wasseraustritt problematisch sein sollte, z. B. bei Anhydrit, kann in Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle eine Löschwasserleitung trocken in Betracht kommen.

Bei besonderen Brandlasten ist gegebenenfalls eine Bereitstellung von Sonderlöschmitteln bzw. Sonderlöschgeräten erforderlich.

An den Löschwasserentnahmestellen muss bei größeren Höhenunterschieden, z. B. zwischen dem Fahrweg in der Sohle und dem Laufsteg oder von der Innenschalensohle auf die Bankette, gewechselt werden können. Dafür sind Aufstiegshilfen vorzusehen, die auch unter Atemschutz sicher begangen werden können. Ferner ist das Anschließen des Schlauchmaterials und das Bedienen der Entnahmestellen in allen Bauzuständen zu ermöglichen.

Zur allgemeinen Löschwasserversorgung der Baustelle siehe auch **Kapitel 5.9.2**.

6.8.3 Organisatorische Schutzmaßnahmen

Das für die Baustelle zu erstellende Lüftungskonzept hat den Brandfall zu beinhalten, hat alle Bauphasen zu

berücksichtigen und ist bei Änderungen fortzuschreiben.

Vor dem Durchschlag ist im Brandfall die Belüftung in der betroffenen Tunnelröhre in der Regel auszuschalten. Bei mehreren Tunnelröhren muss die Belüftung für jede Röhre getrennt gesteuert werden können. Wird eine nicht vom Brand betroffene Tunnelröhre als (temporär) sicherer Bereich genutzt, sollte bei einer drückenden Belüftung die Belüftung in dieser Röhre unter Volllast betrieben werden.

7 Konkretisierung von Schutzmaßnahmen für das Ereignis Brand bei konventionellem Vortrieb

7.1 Herstellung der Bauwerksabdichtung

Die Einzellängen der Abschnitte der vorlaufend zusammenhängend verlegten, aber noch freiliegenden Bauwerksabdichtungen, ist auf ca. 50 m zu begrenzen. Diese Abschnitte sind durch Auslassen einer Abdichtungsbahn als Brandschneise zu trennen. Die Länge der freiliegenden Abdichtung, die sich nach dem Schließen der Schneisen, direkt vor der Herstellung des Innenschalenbetons ergibt, ist auf max. 200 m zu begrenzen.

Im Sohlbereich kann die Brandschneise alternativ durch das Auflegen eines nicht brennbaren Schutzvlieses (z. B. Fassadenbahn aus Glasseidengewebe, Baustoffklasse A2) ausgebildet werden, das bis über den Abdichtungsanschluss zum Gewölbe hochzuführen ist.

Das Verlegen der Bauwerksabdichtung sollte erst nach dem Tunneldurchschlag oder anderen vergleichbar wirksamen Schutzmaßnahmen (z. B. Anordnung von Rauchschotts) erfolgen. Ist dies nicht möglich, sollte zwischen dem Abdichtungsbereich und der Ortsbrust mindestens ein Zugang zu einem (temporär) sicherer Bereich liegen, der innerhalb der Haltezeit der verwendeten Atemschutzgeräte für die Selbstrettung erreichbar ist.

7.2 Konventionelle Kleinvortriebe

Grundsätzlich sollten bei der Planung von konventionellen Vortrieben die Minstdurchmesser bzw. Mindestabmessungen gem. „DAUB-Leitfaden für Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Untertagebaustellen“, Kapitel 7.3.1.2 [1] eingehalten werden. Dies dient dazu, dass in der Ausführungsphase der erforderliche Platzbedarf für die Installation und den Betrieb der nach dem Stand der Technik notwendigen

Schutzmaßnahmen vorhanden ist. Nur so kann die bei einem Brandereignis erforderliche Selbst- bzw. Fremdrettung ermöglicht werden.

Ist der Tunneldurchmesser/-querschnitt für die Anordnung der Fluchtkammer im Querschnitt zu klein ($<12 \text{ m}^2$), kann planerisch mit dem Ausbruch von Nischen der notwendige Platz für die Fluchtkammer geschaffen werden. Die Nischen sollten einen regelmäßigen Abstand haben, damit die Fluchtkammer nicht weiter als 150 m bis 300 m von der Ortsbrust entfernt ist.

Auf Grund der beengten Platzverhältnisse sowie der erschwerten Selbst- und Fremdrettung sollten grundsätzlich keine Besuchergruppen in den Bereich des Tunnelvortriebs geführt werden.

8 Konkretisierung von Schutzmaßnahmen für das Ereignis Brand bei maschinellm Vortrieb

8.1 Brandschutztechnische Anforderungen an die TBM gemäß EN 16191

Tunnelbohrmaschinen müssen die Typ-C-Norm EN 16191 „Tunnelbaumaschinen – Sicherheitstechnische Anforderungen“ erfüllen. Dazu hat der Hersteller im Rahmen seiner Konformitätserklärung zu bestätigen, dass er bei der Konstruktion der TBM die sicherheitstechnischen Anforderungen der EN 16191 berücksichtigt hat. Diese Norm macht nach dem derzeitigen Stand (2014-09) im Zusammenhang mit der Erstellung des Notfallmanagementkonzeptes bezüglich der Anforderungen an „Brandschutz und Brandsicherheit“ unter anderem folgende Vorgaben:

- Verwendung von schwer entflammenden Hydraulikflüssigkeiten
- Tunnelbohrmaschinen müssen mit einem Branddetektions- und Alarmierungssystem ausgestattet sein.

➔ **Anmerkung:** Das Branddetektions- und Alarmierungssystem der TBM muss mit dem entsprechenden System der gesamten Baustelle vernetzt sein

- An Einrichtungen, wie z. B. Motoren, Transformatoren, hydraulischen Aggregaten und elektrischen Schaltschränken sowie in Bereichen mit Konzentrationen von hydraulischen Schläuchen, Hydrauliktanks, elektrischen Kabeln oder Schmierstoffen, müssen Tunnelbohrmaschinen mit festen Feuerlöscheinrichtungen ausgestattet sein. Die Aktivierung

jeder Einrichtung muss entweder automatisch oder manuell erfolgen.

- Als Ergänzung zu den festen Feuerlöscheinrichtungen müssen für kleinere Brände tragbare Feuerlöscher über die gesamte Tunnelbohrmaschine verteilt sein, einschließlich aller Steuerstände.

➔ **Anmerkung:** Alternativ können anstatt der tragbaren Feuerlöscher auch Wandhydranten (nicht zwingend nach Norm) oder Druckluftschaumsysteme (CAFS) eingesetzt werden.

- Am hinteren Ende des Nachläufers muss ein Wassersprühsystem installiert sein. Zur Verminderung der Temperatúrausbreitung in Tunnellängsrichtung muss dieses einen Wasservorhang über den gesamten Tunnelquerschnitt erzeugen. Das System muss manuell einschaltbar sein und muss unabhängig von der Hauptenergieversorgung funktionieren.

➔ **Anmerkung:** Nach heutigem Kenntnisstand sind Wassersprühsysteme auf der Tunnelstrecke für die Begrenzung der Rauchausbreitung unwirksam (siehe **Kapitel 6.5**).

8.2 Maschinelle Kleinvortriebe

Grundsätzlich sollten bei der Planung von maschinellen Vortrieben die Mindestdurchmesser gemäß „DAUB-Leitfaden für Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Untertagebaustellen“, Kapitel 7.3.1.1 [1] eingehalten werden. Dies dient dazu, dass in der Ausführungsphase der erforderliche Platzbedarf für die Installation und den Betrieb der nach dem Stand der Technik notwendigen Schutzmaßnahmen vorhanden ist. Nur so kann die bei einem Brandereignis erforderliche Selbst- bzw. Fremdrettung ermöglicht werden.

Die Fluchtkammern sind üblicherweise so konzipiert, dass sie auf Tunnelbohrmaschinen mit einem Innendurchmesser des Tübbingausbaus von ca. 4 m ($\approx 12 \text{ m}^2$ Querschnittsfläche) und größer installiert und betrieben werden können. Bei kleineren Durchmessern muss das Design (Geometrie und Abmessungen) der Kammer als Sonderkonstruktion den projektspezifischen Platzverhältnissen angepasst werden. Ist die Anordnung der Fluchtkammer auf dem Nachläufer der Vortriebsmaschine aus Platzgründen nicht möglich, kann sie auch kontinuierlich an dessen Ende nachgezogen werden.

Bei maschinellen Vortrieben mit einem Innendurchmesser des Tübbingausbaus $\leq 4 \text{ m}$ wird die Umsetzung der folgenden zusätzlichen Schutzmaßnahmen empfohlen:

- Der gesamte Maschinenbereich der TBM muss mit Sprinkleranlagen oder mit Wassernebelanlagen ausgerüstet sein.

- Jeder Beschäftigte ist als Ersthelfer und Brand-schutzhelfer auszubilden.
- Brandgefährdende Arbeiten auf der Strecke dürfen nur in Anwesenheit einer Brandwache (siehe **Kapitel 6.2**) ausgeführt werden.

Auf Grund der beengten Platzverhältnisse sowie der erschwerten Selbst- und Fremdrettung, sollten grundsätzlich keine Besuchergruppen in den Bereich der Tunnelvortriebs geführt werden.

9 Schutzmaßnahmen bei anderen projektspezifischen Ereignissen unabhängig vom Vortriebsverfahren

9.1 Ereignisse bei Arbeiten in Druckluft

Bei der Ausführung von Arbeiten in Druckluft sind neben der Druckluftverordnung, die RAB 25 sowie die DGUV Information 201-061 „Handlungsanleitung für sicheres Arbeiten in Druckluft“ als Regelwerk heranzuziehen. Nachfolgende Punkte sind im Rahmen der Planung des Notfallmanagements besonders bzw. zusätzlich zu berücksichtigen:

- Für die sofortige Selbstrettung müssen jederzeit alle in der Arbeitskammer befindlichen Personen gleichzeitig in eine Schleuse flüchten können. Die Schleusenkapazitäten und Schleusungsvorgänge sind entsprechend zu planen.
- Sofern geplant ist, dass Einsatzkräfte für eine technische Rettung in den Überdruckbereich vorrücken, ist bei der Auslegung der Schleusenkapazitäten zu berücksichtigen, dass neben den Plätzen für die in der Arbeitskammer befindlichen Personen, zusätzliche Plätze für die Einsatzkräfte vorhanden sein müssen. Die erforderliche Anzahl der Einsatzkräfte (erfahrungsgemäß ca. 5 Personen) ist abzustimmen.
- Beim maschinellen Tunnelvortrieb werden keine Einsatzkräfte in die unter Überdruck stehende Abbaukammer der TBM eingeschleust, auch nicht bei einem kalten Ereignis.
- Bei der Planung der Selbstrettung ist zu berücksichtigen, dass bei einem Brand im Überdruckbereich grundsätzlich keine Einsatzkräfte zur Personenrettung/Brandbekämpfung in die Arbeitskammer eingeschleust werden.
- Drucklufttaugliche Einsatzkräfte benötigen gegebenenfalls mehr Zeit, bis sie vor Ort sind.

- Medizinische Hilfe in der Arbeitskammer/Schleuse ist nur bedingt möglich (z. B. Notarzt nicht drucklufttauglich, medizinisches Gerät nicht einschleusbar).
- Die gegebenenfalls erforderliche Lagerung von Geräten/Material für die Einsatzkräfte in der Arbeitskammer ist abzustimmen.
- Im Überdruckbereich dürfen keine Fluchtkammern eingesetzt werden, da diese im Brandfall, auf Grund der hohen Temperaturen und dem in der Regel zu geringen Abstand zum Brandereignis, für die schutzsuchenden Personen keine Orte mit temporärer Sicherheit darstellen.
- Das Ausschleusen der in Druckluft Beschäftigten muss bei einem Brand im atmosphärischen Bereich sicher möglich sein. Dafür sind unter Berücksichtigung der Flucht- und Rettungswege Festlegungen zu treffen, welche Arbeiten im Tunnel/Schacht/Rampe parallel zu den Druckluftarbeiten durchgeführt werden dürfen
- Einsatzkräfte benötigen für eine technische Rettung und medizinische Einsätze im Überdruckbereich die nach § 10 DruckLV (Ärztliche Untersuchung) erforderlichen Eignungsuntersuchungen und gegebenenfalls nach § 6 DruckLV (Beschäftigungsverbot für Beschäftigte älter 50 Jahre) erforderliche Ausnahmebewilligungen. Die Eignungsuntersuchungen sind bauseits zu organisieren.
- Damit ein Brandereignis im atmosphärischen Bereich nicht zum Ausfall der Druckluftstützung führt und damit die Standsicherheit gefährdet, sind Kompressoren räumlich zu trennen oder zu schützen. Dieses gilt sinngemäß für die Verlegung der Druckluftleitungen.
- Sofern für die Standsicherheit bei einem Brandereignis erforderlich, sind Schleusen und Druckwände ohne Feuerwiderstand thermisch zu schützen, z. B. mit Wasserberieselung.

Bezüglich des akzeptierten Restrisikos siehe **Kapitel 4.2.**

9.2 Ereignis Gaszutritt

Ist infolge von aus dem Gebirge austretender Gase (z. B. Methan) mit der Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen, muss ein Explosionsschutzdokument erstellt werden. Insbesondere muss die Belüftung entsprechend dimensioniert werden und diese mit einer redundanten Energieversorgung ausgestattet sein. Zur Überwachung der Atmosphäre im Vortriebsbereich sind entsprechende Messgeräte vorzuhalten und zu betreiben. Erreicht der Mess-

wert für Methan 10 % der unteren Explosionsgrenze (UEG) ist ein Voralarm auszulösen und die Belüftung zur Verdünnung der Gaskonzentration zu verstärken. Bei 20 % UEG ist der Gefahrenbereich unverzüglich zu räumen und alle elektrischen Betriebsmittel sind unverzüglich außer Betrieb zu nehmen und spannungslos zu schalten. Können einzelne Einrichtungen oder Betriebsmittel betriebsbedingt nicht spannungslos geschaltet werden, sind diese explosionsgeschützt auszuführen. Vor Wiederaufnahme der Arbeiten ist der Gefahrenbereich freizumessen.

Die Freisetzung von Radongas aus dem anstehenden Gebirge stellt keinen plötzlich eintretenden Notfall dar und wird deshalb in diesem Dokument nicht behandelt.

9.3 Ereignis Wasser- und Schlamm einbruch

Eine Gefährdung entsteht vor allem dann, wenn plötzlich große Mengen an Bergwasser oder in Kombination mit Bodeneintrag (Schlamm) in den Vortriebsbereich einbrechen und anwesende Personen sich nicht rechtzeitig retten können. Kann diese Gefährdung nicht ausgeschlossen werden, so sind hierfür Schutzmaßnahmen auf Grundlage entsprechender Vorerkundungen gegebenenfalls auch aus dem Vortrieb heraus zu erarbeiten. Mögliche Schutzmaßnahmen sind abhängig vom geplanten Bauverfahren. Die projektspezifisch festgelegten Schutzmaßnahmen müssen in ihrer Gesamtheit Flucht und Rettung aller betroffenen Personen ermöglichen, auch wenn das Ereignis unerwartet eintritt. Hierzu zählen beispielsweise

- Höherlegung des Fluchtweges z. B. bei siphonartigen Vortrieben
- Platzierung der Stromversorgung in einer sicheren Position
- Ausführung der gefährdeten Stromversorgung mindestens spritzwassergeschützt
- Notstromversorgung auf die Pumpenkapazität abgestimmt
- Auslegung des Fördersystems auf den prognostizierten Wasseranfall
- Vorhaltung von festgelegten Notfallmaterialien (z. B. Schläuche, Rohre, Blitzement, Verbaupholz, Keile, Holzwolle)

9.4 Ereignis Verbruch/Nachbruch

Im Ereignisfall müssen die projektspezifisch festzulegenden Schutzmaßnahmen in ihrer Gesamtheit Flucht und Rettung aller betroffenen Personen ermöglichen. Zur Planung eines sicheren Vortriebsverfahrens, der

Prognose der geeigneten Ausbruchsklassen und der notwendigen Sicherungsmittel sind geotechnische Vorerkundungsmaßnahmen durchzuführen.

Zur Minimierung des Risikos gegenüber einem Verbruch/Nachbruch sind in der Ausführungsphase nach Erfordernis z. B. folgende Präventivmaßnahmen möglich:

- Intensive Beobachtung und Dokumentation der geologischen und geotechnischen Verhältnisse an der Ortsbrust durch einen Geotechniker (Ortsbrustaufnahme mit Beurteilung der Ortsbruststandssicherheit)
- Kontinuierliche Aufnahme und Analyse der Baugrundverformungen, insbesondere die Konvergenzmessungen im Einflussbereich des Vortriebs
- Verstärkung der Sicherungsmittel z. B. durch Nachankerung, Setzen von Spießen zur vorausseilenden Sicherung, gegebenenfalls auch unterstützt durch vorausseilende Injektionen
- Verringerung der Abschlaglänge
- Unterteilung des Ausbruchquerschnittes in Teilausbrüche
- Vorauserkundungen
- Vorausseilende Entwässerungsbohrungen

Folgende Maßnahmen können bei einem drohenden Verbruch/Nachbruch helfen, die Gefährdungen von Personen in Gebäuden oder im öffentlichen Verkehrsraum zu vermindern:

- Vorhaltung von ausreichender Menge an Absperrmaterial, welches im Ereignisfall durch Baustellenpersonal kurzfristig aufgebaut wird
- Berücksichtigung von besonders gefährdeten Gebäuden (z. B. Verkaufs- und Versammlungsstätten) und Verkehrswegen im Alarmplan
- Gefahrenzonenplan für Einsatzkräfte mit Darstellung des möglichen Einflussbereiches im Falle eines Verbruchs/Nachbruchs
- Angaben im Alarmplan zur Erreichbarkeit einer fachkundigen Person, die im weiteren Einsatzverlauf den Einsatzkräften als Fachberater/Ansprechpartner zur Verfügung steht

10 Instandhaltung, Kontrollen und Prüfungen

Die Instandhaltung ist die Gesamtheit aller Maßnahmen, um die Funktionsfähigkeit stets zu erhalten. Sie umfasst insbesondere regelmäßige Kontrollen, War-

tung und Instandsetzung der Schutzmaßnahmen und Einrichtungen, welche nach dem Notfallmanagementkonzept erforderlich sind. Das frühzeitige Erkennen von Mängeln ist die Voraussetzung dafür, dass das Notfallmanagementkonzept im Ereignisfall funktioniert. Mängel sind im Rahmen der Instandsetzung unverzüglich zu beseitigen.

Art und Umfang der erforderlichen wiederkehrenden Prüfungen sind festzulegen. In der Regel werden diese von einer zur Prüfung befähigten Person durchgeführt, die über die erforderlichen Kenntnisse zur Prüfung der jeweiligen Schutzmaßnahmen und Einrichtungen verfügt.

Die erforderlichen Fristen, in denen Instandhaltungsarbeiten, Kontrollen sowie wiederkehrende Prüfungen durchzuführen sind, müssen im Rahmen der Fortschreibung des Notfallmanagementkonzeptes in der Ausführungsphase ermittelt und festgelegt werden. Die Fristen ergeben sich aus den Vorgaben der Regelwerke des Arbeitsschutzes, aus Vorgaben der Hersteller sowie aus den vorherrschenden Einsatzbedingungen (z. B. Einsatz im Durchlaufbetrieb, Beeinflussung durch Staub, Wasser und mechanische Beanspruchung), die eine Verkürzung der Fristen erfordern können.

11 Gemeinsame Begehungen

Zusätzlich zu den in **Kapitel 10** beschriebenen Kontrollen und Prüfungen wird empfohlen, regelmäßig gemeinsame Begehungen z. B. mit AG, AN, SiGeKo, Brandschutzdienststelle und Vertretern des Arbeitsschutzes durchzuführen.

12 Literatur

- [1] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB) (2022): Leitfaden für Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Untertagebaustellen. Köln, online verfügbar unter: https://www.daub-ita.de/fileadmin/documents/daub/gt-crec3/2022-03_Daub-Leitfaden_Untertagebaustellen_final.pdf
- [2] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB) (2018): Empfehlungen für den Einsatz von Fluchtkammern auf Untertagebaustellen, Köln, online verfügbar unter: https://www.daub-ita.de/fileadmin/documents/daub/gtcrec3/2018-03_Daub_Empfehlungen_fuer_den_Einsatz_von_Fluchtkammern_auf_Untertagebaustellen_DE_web.pdf

Anhänge

Anhang 1: Rauchschotts

Das Primärziel bei der Anordnung von Rauchschotts liegt in der Vermeidung der Rauchausbreitung zwischen einzelnen Tunnelröhren bzw. verzweigten Stollensystemen und in langen einröhrigen Tunnelbauwerken durch Abtrennung des betroffenen Tunnelabschnitts (siehe **Kapitel 6.5**). Sie dienen nicht zur Verhinderung einer Brandausbreitung. Daher müssen Rauchschotts auch keine definierte Feuerwiderstandsklasse aufweisen, sie sollten aber auch keine unnötigen Brandlasten in die Untertagebaustelle eintragen. Um die Rauchausbreitung über die im Rauchschott angeordneten und baubetrieblich notwendigen Öffnungen zu verhindern, sind möglichst dichtschießende Abschlüsse vorzusehen. Diese sind beispielsweise:

- Türen und Tore für den Personen- und Fahrzeugdurchgang, die bei Raucheinwirkung am Schott selbstständig schließen. Automatisch schließende Tore sind mit einer geeigneten Warneinrichtung auszustatten, die den Schließvorgang signalisiert. Damit Türen und Tore für die Fluchtenden und Einsatzkräfte jederzeit passierbar sind, müssen diese manuell vor Ort zu öffnen und zu schließen sein. Bei der Auswahl der Tortechnik ist das Erfordernis von Personendurchgängen, wie z. B. Schlupftüren bei befahrbaren Querschlagen/Querschnitten, zu prüfen sowie die Funktionsfähigkeit im Ereignisfall sicherzustellen.

- Klappen im Lutzenquerschnitt (bei vorhandener Luttendurchführung), die im Brandfall abhängig vom Betriebszustand der Belüftung geschlossen werden. Deren Stellung muss in der Baustelleneinsatzleitstelle angezeigt werden.
- Klappen im Förderbandbereich (bei vorhandener Förderbanddurchführung), die im Brandfall abhängig vom Betriebszustand der Bandanlage geschlossen werden.

Die Anordnung von Rauchschotts hat unter Berücksichtigung der **Kapitel 6.5 und 6.6** im Notfallmanagementkonzept zu erfolgen und ist bei Auslegung der Belüftungsanlagen (beispielsweise Querschnittsverengungen im Abluftstrom) zu berücksichtigen. Ebenfalls sind die Auswirkungen infolge von Sog- und Druckkräften durch die Belüftung zu berücksichtigen, die beim Schließen von Abschlüssen auf die Rauchschotts einwirken.

Vor der Inbetriebnahme und nachfolgend in regelmäßigen Abständen sind die Rauchschotts sachkundig zu prüfen und die bestimmungsgemäße Funktion unter den jeweiligen Baustellenbedingungen zu bestätigen.

Exemplarische Anordnung von Rauchschotts:

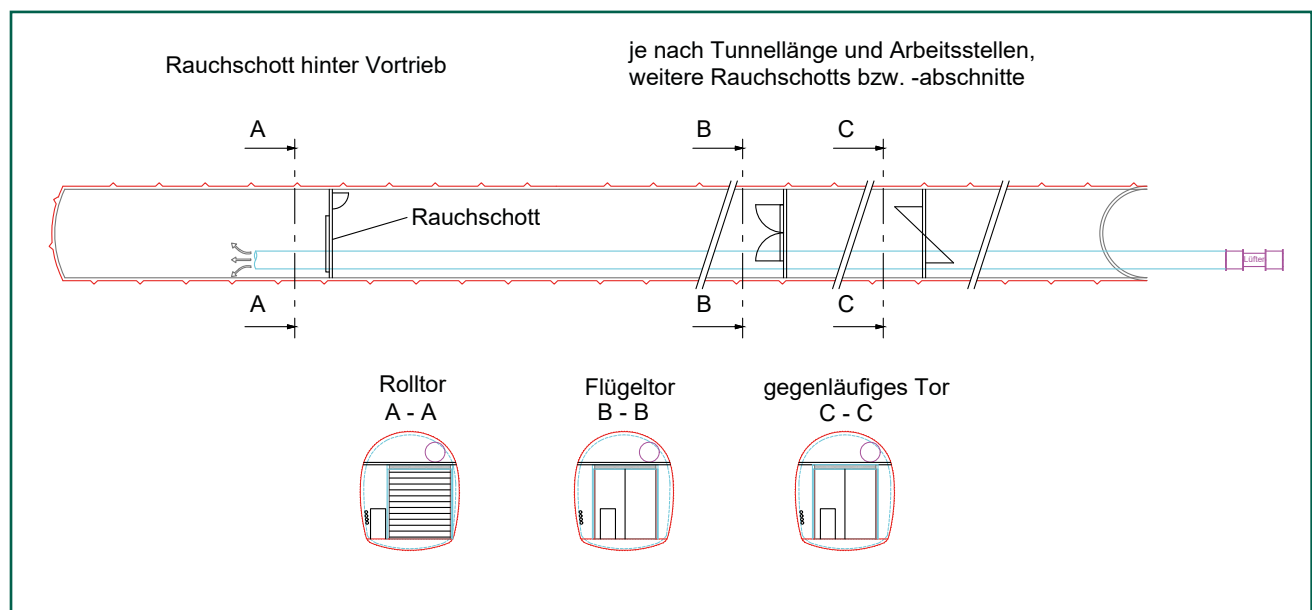


Abbildung 1 Rauchschotts in einer Einzelröhre (Quelle: BEMO Tunnelling GmbH)

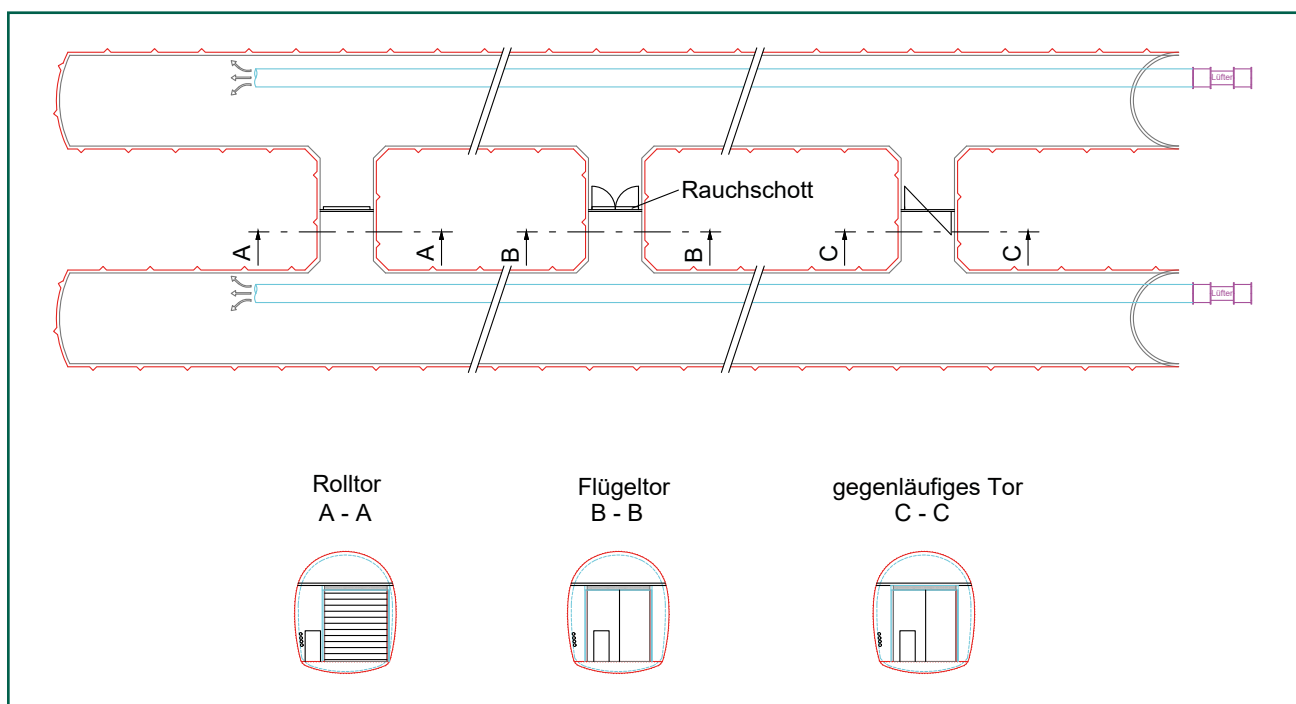


Abbildung 2 Rauchschotts bei Doppelröhren mit befahrbaren Querschlägen (Quelle: BEMO Tunnelling GmbH)

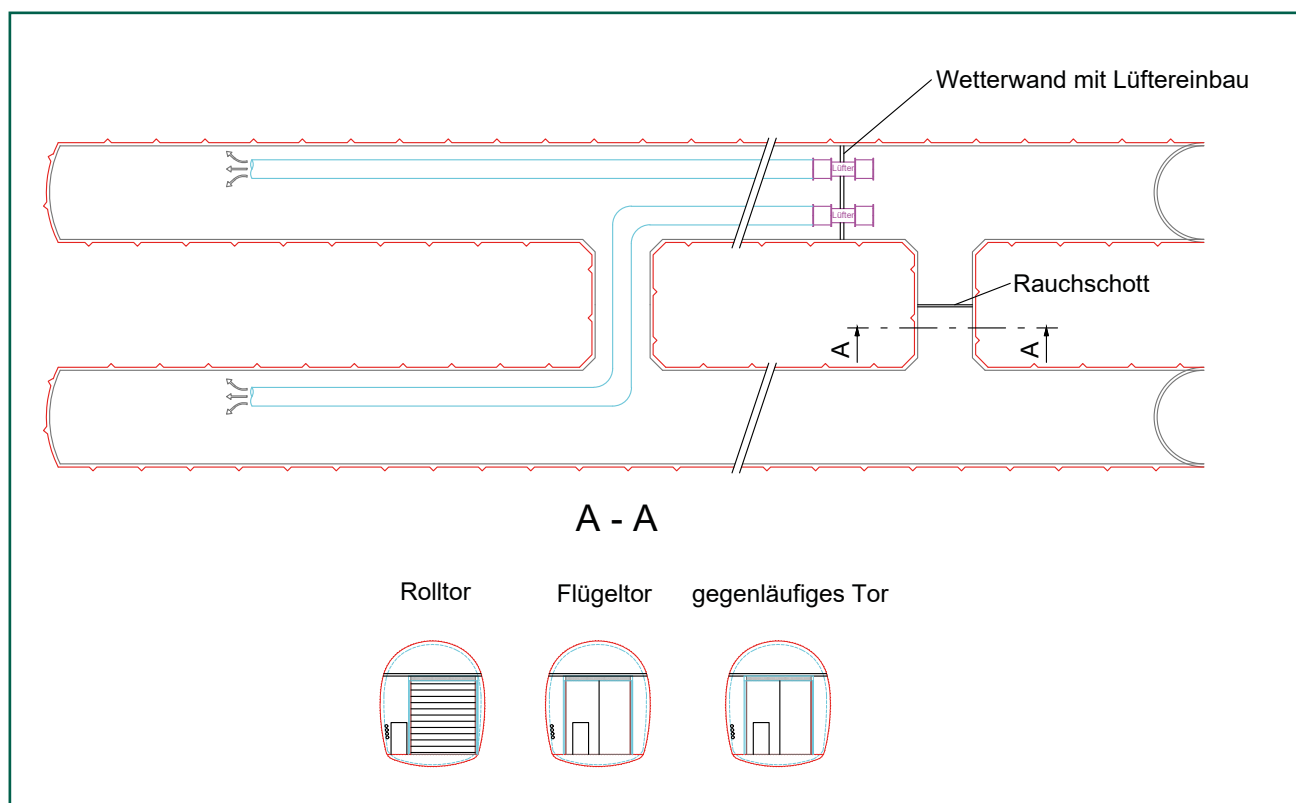


Abbildung 3 Rauchschotts bei Doppelröhren mit Umluftlüftung (Quelle: BEMO Tunnelling GmbH)

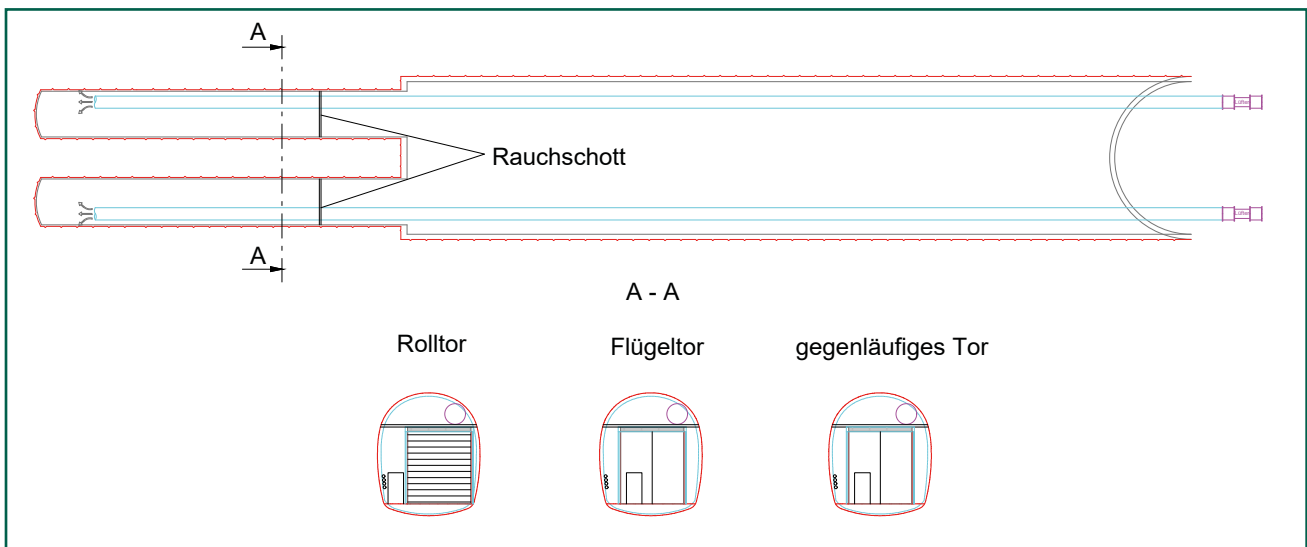


Abbildung 4 Rauchschotts bei einer Verzweigung der Tunnelröhre (Quelle: BEMO Tunnelling GmbH)

Exemplarische technische Ausführung von Rauchschotts

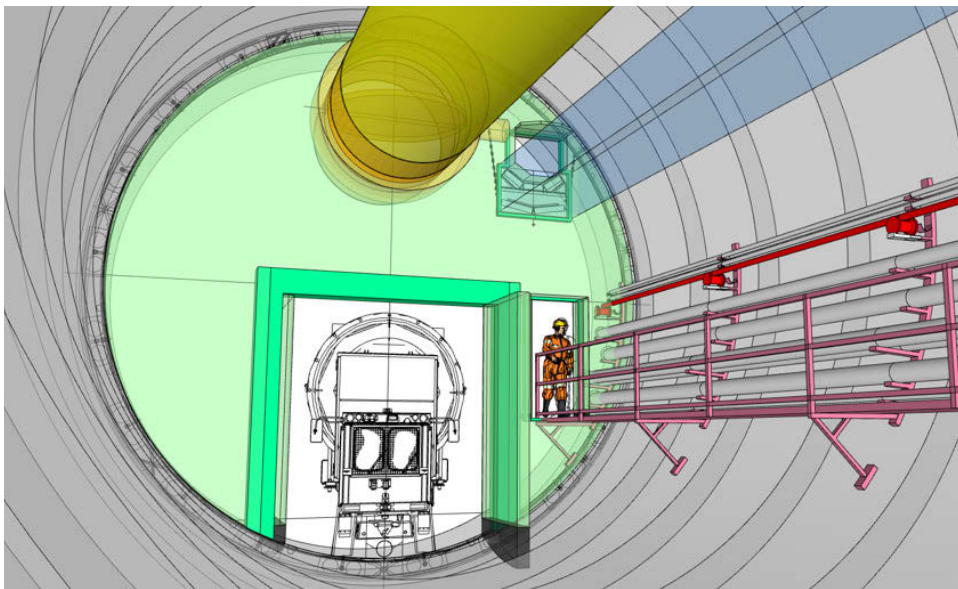


Abbildung 5
Rauchschott beim TBM-Vortrieb (großer Querschnitt mit Laufsteg; Quelle: Rowa Tunneling Logistics AG)

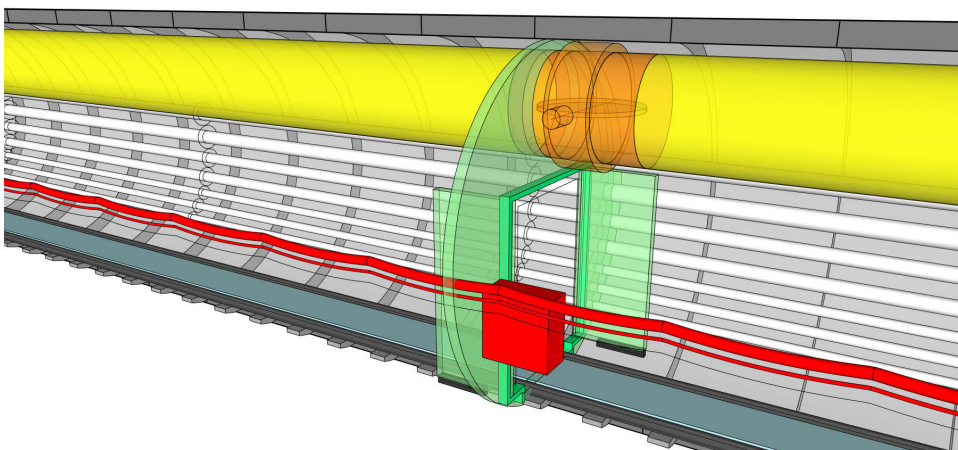


Abbildung 6
Rauchschott beim TBM-Vortrieb (kleiner Querschnitt ohne Laufsteg; Quelle: Rowa Tunneling Logistics AG)



Abbildung 7
Rauchschott mit gegenläufigem Tor beim konventionellen Vortrieb
(Quelle: Wettertechnik GmbH)



Abbildung 8 Druckentlastete Wassertür
(Quelle: Wettertechnik GmbH)

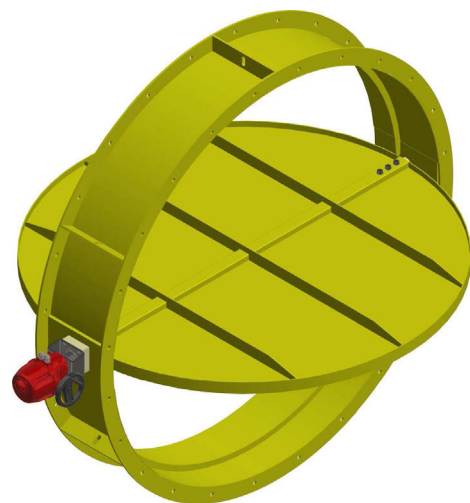


Abbildung 9 Luttenklappe
(Quelle: Wettertechnik GmbH)

Anhang 2: Erforderliche Ausstattung und Ausbildung der öffentlichen Einsatzdienste (Feuerwehren) für den Einsatz auf Tunnelbaustellen

Gemäß **Kapitel 5.9.1** dieser Empfehlungen sind bauseits in der Regel ergänzende Ausrüstung sowie Ausbildungsmaßnahmen für die Einsatzkräfte bereitzustellen, damit die Einsatzdienste ihre Aufgaben auf der Tunnelbaustelle wahrnehmen können. Diese können abschließend nur einzelfallbezogen festgelegt werden, da sich sowohl die Gegebenheiten der jeweiligen Tunnelbaustelle als auch die bereits vorhandene Ausstattung beziehungsweise absolvierte Ausbildung der Einsatzdienste unterscheiden können. Für die Mehrzahl der Tunnelbaustellen mit durchschnittlichem Gefährdungspotential werden im Folgenden einige Hinweise und Beispiele zu gängiger Ausrüstung und Ausbildungsmaßnahmen gegeben.

Hinweise zum Personal der Einsatzdienste

Für den Einsatz auf Tunnelbaustellen haben sich Trupps mit je fünf Personen als sinnvoll erwiesen. Um die Vorgaben der Feuerwehr-Dienstvorschrift 7 einzuhalten, muss bereits zu Beginn des Einsatzes unter Atemschutz mindestens ein Sicherheitstrupp bereitgestellt werden. Zumindest zeitversetzt sollte im weiteren Einsatzverlauf ein dritter Trupp verfügbar sein, beispielsweise für die Ablösung von Einsatzkräften oder die Nachführung von Gerät. Die Trupps sollen jeweils durch Einsatzkräfte mit Qualifikation zum Gruppenführer geleitet werden.

Um diese 10 bzw. 15 Einsatzfunktionen besetzen zu können, ist eine mehrfache Zahl an Einsatzkräften zu qualifizieren, unter anderem, da Einsatzkräfte Freiwilliger Feuerwehren nicht ständig zur Verfügung stehen oder wegen dem Schichtmodell und Mehrfachqualifikationen bei hauptamtlichem Personal. Der genaue Personalfaktor kann örtlich stark variieren und ist mit der Brandschutzdienststelle abzustimmen. Hierbei kann auch die Bauzeit eine Rolle spielen, da bei längeren Bauzeiten mit einer höheren Personalfuktuation gerechnet werden muss.

Falls in Einzelfällen auch über andere Feuerwehren im Umkreis nicht ausreichend Personal qualifiziert und bereitgestellt werden kann, wäre nach Abstimmung zwischen dem Bauherrn und der örtlich zuständigen Brandschutzdienststelle eine Ergänzung durch qualifiziertes Personal gemäß **Anhang 3**, welches dann im Einsatzkonzept der Feuerwehr zu berücksichtigen ist, als Sonderlösung denkbar.

Ergänzende Ausbildung

Sofern von dem für Einsätze auf der Tunnelbaustelle vorgesehenen Personal nicht bereits absolviert, werden folgende ergänzende Ausbildungsmaßnahmen empfohlen:

- Mindestens für Truppführer: ca. 16-stündige Ausbildung in Tunnelbrandbekämpfung mit hohem Praxisanteil an einer für Brandeinsätze in Tunnelanlagen ausreichend ausgestatteten und erfahrenen Ausbildungseinrichtung mit realitätsnahen Brandstellen. Soweit möglich, sollten dabei die Baustellenbedingungen berücksichtigt werden.
- Für alle Einsatzkräfte: Einweisung in die zu verwendenden Atemschutzgeräte (sofern kein bei der jeweiligen Feuerwehr verwendeter Gerätetyp möglich), die auch eine Übung mit einer einsatznahen Tätigkeit und anschließendem Gehen entsprechend der maximalen Rückzugslänge auf der Baustelle beinhaltet.
- Jährliche Wiederholungsübungen nach Feuerwehr-Dienstvorschrift 7 mit den zu verwendenden Atemschutzgeräten (sofern kein bei der jeweiligen Feuerwehr verwendeter Gerätetyp vorgesehen)
- Einweisung in zu verwendende Sauerstoffseltretter und gegebenenfalls ergänzende Ausrüstung

Die Einbindung der baustellenseitigen Fahrer der Rettungsfahrzeuge (siehe **Kapitel 5.9.3**) bzw. der Rettungslotsen (siehe **Kapitel 5.9.4**) in die Ausbildungsmaßnahmen wird empfohlen. Zu Übungen auf der Baustelle siehe **Kapitel 5.9.4**.

Ergänzende Ausrüstung

Sofern bei den Einsatzdiensten nicht bereits ausreichend vorhanden, kann beispielsweise folgende ergänzende Ausrüstung für den Einsatz auf der Tunnelbaustelle erforderlich sein:

1. Atemschutzgeräte

Es sind für die auf der Baustelle vorhandenen Eindringtiefen geeignete Atemschutzgeräte erforderlich. Bei der Ermittlung des benötigten Luftvorrats darf für das Erreichen der Einsatzstelle im Tunnel von der Nutzung des Rettungsfahrzeugs ausgegangen werden. Für den Rückzug muss jedoch ein (temporär) sicherer Bereich, über den das Freie erreicht werden kann, fußläufig mit den in einschlägigen Regelwerken vorgesehenen Sicherheiten erreichbar sein. Geeignete (temporär) sichere Bereiche sind hier beispielsweise ein Querschlag in eine vor Raucheintrag geschützte parallel verlaufende Tunnelröhre oder ein anderer Rauchabschnitt, der auf dem Hinweg bereits durchquert wurde.

Mit Regenerationsgeräten mit einer Einsatzzeit von mehr als 60 min darf, nur nach ausdrücklicher Zustimmung der Brandschutzdienststelle geplant

werden, da hier höhere Anforderungen an Ausbildung und körperliche Leistungsfähigkeit bestehen. Die theoretische Einsatzdauer dieser Geräte dient ausschließlich dem sicheren Rückweg und ist nicht für eine längere Tätigkeit an der Schadensstelle vorgesehen.

Bei Langzeit-Pressluftatmern sollte möglichst aufgrund der Bedienbarkeit und Handhabung der gleiche Gerätetyp gewählt werden, der bei der jeweiligen Feuerwehr (als Ein-Flaschen-Pressluftatmer) verwendet wird.

Für die Rettungslotsen/Fahrer der Rettungsfahrzeuge sind grundsätzlich die gleichen Geräte wie für die Einsatzkräfte vorzuhalten. Eine Ausführung als Schlauchgerät ist möglich, um das sichere Fahren zu unterstützen.

Bei der Anzahl der Geräte ist die maximale Zahl der Einsatzfunktionen (s. o.) sowie der Bedarf an Geräten für Übungen zu berücksichtigen. Ist ein Einsatz über verschiedene Angriffswege möglich und vorgesehen (z. B. über Portal oder einen weiteren Zugangstollen), könnte eine zusätzliche Vorhaltung an den alternativen Zugängen erforderlich sein. Eine zusätzliche Reserve von 5 Geräten wird empfohlen, z. B. bei einem sehr lange andauernden Einsatz.

2. Funkgeräte

Falls das Notfallmanagementkonzept die Nutzung von Betriebsfunk für die Einsatzkräfte vorsieht (siehe **Kapitel 5.1**), ist die Art und Anzahl der ausschließlich für die Einsatzdienste ständig betriebsbereit vorzuhaltenden Funkgeräte mit der Brandschutzdienststelle abzustimmen. Dabei müssen auch Einsatzkräfte über Tage berücksichtigt werden.

Die Funkgeräte sollen für die Einsatzkräfte möglichst ohne größeren Schulungsaufwand zu bedienen sein. Die für die Einsatzdienste vorgesehenen Geräte sind gesondert zu kennzeichnen und auf den für die Feuerwehr vorgesehenen Funkkanal einzustellen.

3. Ausrüstung auf dem Rettungsfahrzeug

Auf dem Rettungsfahrzeug nach **Kapitel 5.9.3** bauseits vorzuhaltende Ausrüstung ist projektspezifisch abzustimmen. Typische Beispiele sind:

- Medizinische Ausrüstung zur Erstversorgung von Verletzten
- Für die Vortriebsbedingungen geeignete Trage, z. B. Schleifkorbtrage
- Schlauchmaterial und Strahlrohre, soweit keine Vorhaltung an den Löschwasserentnahmestellen vorgesehen (siehe **Kapitel 6.8.2**)

- Tragbares Beleuchtungsgerät
- Kleinwerkzeug
- Atemschutznotfallset oder Ersatz-Atemschutzgerät für Notfälle
- gegebenenfalls tragbare Wärmebildkameras

Weitere Geräte für technische Hilfeleistungen wie beispielsweise Hebezeuge oder hydraulisch Rettungsgeräte können lageabhängig im Ereignisfall aus Feuerwehrfahrzeugen entnommen und auf der unter **Kapitel 5.9.3** beschriebenen Transportfläche des Rettungsfahrzeuges in den Tunnel gebracht werden.

Die bauseits zu stellende Ausrüstung ist über alle Bauphasen, in denen sie jeweils erforderlich ist, vorzuhalten. Auch bei einem Wechsel des AN, beispielsweise nach Rohbauende und dem Beginn der Ausbauarbeiten, ist die durchgehende Verfügbarkeit bauseits sicherzustellen und gegebenenfalls in den Ausschreibungen zu berücksichtigen.

Um den Schulungsaufwand gering zu halten, ist bei der Geräteauswahl auf eine möglichst ähnliche Bedienung/Handhabung wie bei den von den Einsatzdiensten verwendeten Geräten zu achten. Gleiche Gerätetypen sind zu bevorzugen.

Die erforderlichen Gerätetypen und deren Vorhaltung müssen über die gesamte Bauzeit, alle Baulose sowie gegebenenfalls zeitgleiche andere Tunnelbaustellen im Zuständigkeitsbereich der Einsatzdienste möglichst einheitlich sein.

Die nicht auf dem Rettungsfahrzeug gelagerte Ausrüstung (z. B. Erfassungsmedien für das Personenortungssystem, Funkgeräte und Sauerstoffseltretter) ist an einer für den Einsatzablauf geeigneten, gut erreichbaren Stelle über Tage zu lagern. Es ist sicherzustellen, dass die Ausrüstung jederzeit vollständig und einsatzbereit ist. Für die Lagerung bietet sich beispielsweise die Baustelleneinsatzleitstelle oder ein separater und für die Einsatzdienste gekennzeichnete Container mit Feuerweherschließung an.

Alternativ können in Absprache mit der Feuerwehr die Einsatzgerätschaften am Standort der Feuerwehr gelagert werden, welche diese dann im Ereignisfall zum Einsatzort bringt.

Die fachkundige Wartung und Instandhaltung der ergänzenden Ausrüstung erfolgen grundsätzlich bauseits. Alternativ können in Absprache mit der Brandschutzdienststelle die Wartung und Instandhaltung gegen Kostenübernahme durch die Feuerwehr(en) selbst durchgeführt werden.

Anhang 3: Einsatzvoraussetzungen, erforderliche Ausbildung und Ausrüstung einer Tunnelwehr

Wenn im Ausnahmefall die Fremdrettung auf Untertagebaustellen gemäß **Kapitel 5.9.1** nicht durch die öffentlichen Einsatzdienste im Rahmen ihrer gesetzlichen Aufgaben erfolgen kann und deren Leistungsfähigkeit für die in diesem Papier beschriebenen Anforderungen und Rahmenbedingungen auch nicht durch ergänzende Maßnahmen (z. B. Ausbildung, Ausstattung und personelle Unterstützung) auf das erforderliche Maß gebracht werden kann, ergibt sich die Notwendigkeit zur Aufstellung einer Tunnelwehr. Für diese Tunnelwehr sind analog zu Anhang 2 in Abstimmung mit der örtlich zuständigen Brandschutzdienststelle die bauphasenbedingten Aufgaben und die dafür notwendigen Personalstärken festzulegen.

Insbesondere aus folgenden Gründen ist in der Regel das Aufstellen einer über die Bauzeit leistungsfähigen Tunnelwehr aus Baustellenbeschäftigten nicht durchgehend zu gewährleisten:

- bauphasenbedingte Wechsel in der Personalstruktur (gewerkeabhängige Firmen-/Personalwechsel),
- die jeweilige personelle Besetzung der Baustelle (Anzahl),
- fehlende Atemschutztauglichkeit des jeweils notwendigen Baufachpersonals,
- den Einsatz internationaler Nachunternehmer (Sprache)

Ausschließlich wenn die Baustellengröße eine entsprechende Anzahl an Mitarbeitern für die Ausführung der Bauarbeiten erfordert, mit der die Besetzung der Tunnelwehr für die einzelnen Bauphasen in der erforderlichen Personalstärke und Qualifikation durchgehend sicherstellt werden kann, besteht die Möglichkeit, die Tunnelwehr aus Baustellenbeschäftigten aufzustellen. Ist diese Voraussetzung nicht gegeben, hat auf Veranlassung des Auftraggebers die Aufstellung einer Tunnelwehr durch Dritte (z. B. externe Dienstleister) zu erfolgen. Die jeweiligen Festlegungen sind bereits in der Planungsphase im Notfallmanagementkonzept zu dokumentieren.

Die Vorgaben der geltenden Feuerwehr- und Rettungsdienstgesetze der Länder bleiben davon unberührt. Die Einsatzleitung wird in der Regel weiterhin durch die örtlich zuständige Feuerwehr wahrgenommen.

Ausbildung

Die Mitglieder der Tunnelwehr müssen in der Ersten Hilfe, der Rettung von Personen und der Brandbekämpfung in der Tunnelbaustelle ausgebildet sein und über aktuelle Ortskenntnisse in den jeweiligen Bauzuständen verfügen. Die Ausbildung der Tunnelwehr ist modular aufgebaut:

- Mitglieder der Tunnelwehr müssen einen 38-stündigen Grundlehrgang in Anlehnung an die Truppmannausbildung Teil 1 nach Feuerwehr-Dienst-Vorschrift (FwDV) 2 ablegen.
- Außerdem müssen sie eine 30-stündige Atemschutzausbildung in Anlehnung an die FwDV 7 bzw. FwDV 2 absolvieren.
- Truppführer müssen darüber hinaus einen 34-stündigen Truppführerlehrgang in Anlehnung an die Ausbildung der Freiwilligen Feuerwehren nach der FwDV 2 ablegen.

Der Ausbildungsumfang ergibt sich aus **Tabelle 3** „Ausbildungsverlauf und -inhalt für Einsatzkräfte der Tunnelwehr“. Gleichwertige länderspezifische Qualifikationen und Ausbildungszeiten können durch die zuständigen Stellen anerkannt werden.

Mitglieder der Tunnelwehr müssen eine 30-stündige Atemschutzausbildung in Anlehnung an die FwDV 7 bzw. FwDV 2 absolvieren.

Für die Sicherstellung der Einsatzbereitschaft und die Zusammenarbeit der Tunnelwehr mit den örtlichen Einsatzdiensten ist ein Leiter der Tunnelwehr zu bestellen und mit den dafür notwendigen organisatorischen Aufgaben und Befugnissen zu betrauen. Voraussetzung für die Wahrnehmung dieser Aufgabe ist, dass er über die Ausbildung zum Truppführer einer Tunnelwehr und die Ausbildung zum Gruppenführer einer Freiwilligen Feuerwehr oder eine vergleichbare Qualifikation für entsprechende Leitungsfunktionen verfügt.

Zur Sicherstellung der Ortskenntnis sind Übungen und Begehungen der Baustelle durch die Tunnelwehr analog **Kapitel 5.9.4** abzustimmen und durchzuführen. Die Truppführer müssen an mindestens einer Einsatzübung auf der jeweiligen Tunnelbaustelle in dieser Funktion teilnehmen.

Ausrüstung

Die erforderliche Ausrüstung der Tunnelwehr ist analog **Anhang 2** vorzunehmen. Da die Tunnelwehr in der Regel nicht auf Geräte zur technischen Hilfeleistung aus Feuerwehrfahrzeugen zurückgreifen kann, sind dafür zusätzlich Geräte auf der Baustelle oder auf dem Rettungsfahrzeug vorzuhalten, wie beispielsweise:

- Satz Hebekissen (mind. 25 t und 10 t Hubkraft) mit Armaturen
- Hydraulischer Rettungssatz (Spreizer, Schere, Rettungszylinder, Hydraulikaggregat)
- Halligan-Tool oder Brechwerkzeug
- Säbelsäge
- Formholz
- Tragbare Leiter

Tabelle 3 Ausbildungsverlauf und -inhalt für Einsatzkräfte der Tunnelwehr

 Ergänzender Ausbildungsinhalt für den Truppführer der Tunnelwehr (34 h; Gesamt 102 h)	Feuerwehrtechnische Ausbildung (34 h)	
	Organisatorisches (2 h)	Lehrgangsorganisation
	Einsatzgrundsätze (4 h)	Verhalten im Einsatz, Gefahren im Einsatz
	Aufgaben des Truppführers (4 h)	Tätigkeiten des Truppführers im Einsatz, Führen des Trupps
	Entstehung, Verhütung, Bekämpfung von Tunnelbränden (2 h)	Vorbeugender und Abwehrender Brandschutz
	Herz-Lungenwiederbelebung (2 h)	HLW + AED Schulung
	Posttraumatische Erlebnisse (3 h)	Stress im Einsatz, Stressbewältigung
	Tunnelbrandbekämpfung (16 h)	- mit hohen Praxisanteil - an einer für Brandeinsätze in Tunnelanlagen ausreichend ausgestatteten und erfahrenen Ausbildungseinrichtung mit realitätsnahen Brandstellen - soweit möglich, sollten dabei die Baustellenbedingungen berücksichtigt werden
	Optional: Messtechnik/Taktik	Ex-Messgeräte
 Ausbildungsinhalt für den Truppmann in der Tunnelwehr (68 h)	Atemschutzausbildung (30 h)	
	Belastung bei Übungen und Einsätzen (1 h)	Physische und psychische Belastungen beim Atemschutzeinsatz
	Tunnelbrände, Brandbekämpfung (2 h)	Vorgehen bei Bränden unter Atemschutz
	Atemschutzgeräte, Atemphysiologie (4 h)	- Aufbau und Funktion der Geräte - Wiederherstellung der Einsatzbereitschaft der Geräte
	Übungen unter Atemschutz (20 h)	Gewöhnungsübung, Belastungsübung, Einsatzübungen
	Einsatzgrundsätze (2 h)	Atemschutzgrundsätze
	Leistungsnachweis (1 h)	Theoretischer und praktischer Leistungsnachweis
	Feuerwehrtechnische Ausbildung (38 h)	
	Brennen und Löschen (2 h)	- Verbrennungsvoraussetzungen und Verbrennungsvorgang - Verbrennungsprodukte - Brandklassen - Hauptlöschwirkungen (Kühlen, Ersticken) - Löschmittel
	Löscheinsatz (8 h)	- Persönliche Schutzausrüstung - Feuerwehreileine/Stricke/Knoten - Taktische Einheiten, Aufgaben der Mannschaft, Einsatzbefehl - Fahrzeug und Geräte der Rettungseinheit/Gemeindefeuerwehr - Wasserentnahme aus Hydranten, Wasserfortleitung und Wasserabgabe - Grundlagen Innenangriff, Verhalten in verrauchten Räumen - Gefahren in Tunnelanlagen
	Technische Hilfeleistung (6 h)	- Aufgaben der Mannschaft, Einsatzbefehl - Sicheres Verhalten im technischen Hilfeleistungseinsatz - Rettungsgrundsatz - Arbeiten mit einfachen Geräten der technischen Hilfeleistung - Arbeiten mit hydraulischen Rettungsgerten/Hebegeräten
	Rettung (18 h)	- Einsatz von Rettungsgrundsätzen - Überprüfung der Vitalfunktionen und Reanimationen - Transport und Lagerung von Verletzten - Erstversorgung von Verletzten
	Sprechfunkbetrieb (1 h)	Handhabung und Bedienung der Sprechfunkgeräte
	Zusammenarbeit Tunnelwehr und örtliche Feuerwehr (1 h)	- Fahrzeugkunde, Fahrzeuge der örtlichen Feuerwehr - AAO, Taktik, Vorgehen
	Organisatorisches (1 h)	Lehrgangsorganisation
	Leistungsnachweis (1 h)	Theoretischer und praktischer Leistungsnachweis

Danksagung

Der DAUB bedankt sich bei allen Mitgliedern des Arbeitskreises für die Erarbeitung dieses Dokumentes. Im Einzelnen haben neben den aus dem DAUB berufenen Mitgliedern folgende Bauherren, Ingenieurbüros, Tunnelbauunternehmen, Feuerwehren, Behörden und Unfallversicherungsträger an dem Dokument mitgearbeitet:

- BEMO Tunneling GmbH
- BG BAU
- BG RCI
- DB InfraGO AG
- Ed. Züblin AG
- Freie und Hansestadt Hamburg
- IMM Maidl & Maidl - Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
- Implenia Civil Engineering GmbH
- Landeshauptstadt München
- Landeshauptstadt Stuttgart
- Ministerium für Verkehr, Baden-Württemberg
- PORR GmbH & Co. KGaA
- Regierungspräsidium Stuttgart
- SOCOTEC Deutschland GmbH
- Stadt Frankfurt am Main
- STUVAtec GmbH
- Suva Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
- Thüringer Ministerium für Inneres und Kommunales

