



Leitfaden für Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Untertagebaustellen

DAUB-Arbeitskreis



Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V.
German Tunnelling Committee (ITA-AITES)

Leitfaden für Sicherheit und Gesundheitsschutz 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.de
www.daub-ita.de

Erarbeitet von dem Arbeitskreis „Überarbeitung des D-A-CH Leitfadens für die Planung und Umsetzung eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzkonzeptes auf Untertagebaustellen“

Mitglieder des Arbeitskreises:

Dipl.-Ing. Heinz Ehrbar	DB Netz AG
Dipl.-Ing. David Götz	Implenia Construction GmbH (Deutschland)
Dr.-Ing. Michael Halwachs	PORR GmbH & Co. KGaA (Deutschland)
Dr.-Ing. Dieter Handke	IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
Dipl.-Ing. Jürgen Hoffmann	Hamburger Hochbahn AG
Arnold Luschnik	BeMo Tunneling GmbH (Deutschland)
Techn. Direktor Marco Pauls	RP Freiburg, Referat 97 – Landesbergdirektion
Dr.-Ing. Klaus Seeger	Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement
Dipl.-Ing. Armin Semmelmann	Ed. Züblin AG
Dipl.-Ing. Martin Sonnberger	PORR GmbH & Co. KGaA (Deutschland)
Dipl.-Ing. Matthias Spegele	Ed. Züblin AG
Prof. Dr.-Ing. Ludger Speier	ZPP Ingenieure AG
Dipl.-Ing. Ulf Spod	BG BAU Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft

März 2022

Abbildung Titelseite: Ulf Spod, BG BAU

Inhalt

1 Anwendungsbereich	5
2 Begriffsbestimmungen	5
3 Allgemeines	6
4 Aufgabenverteilung, Verantwortungsbereiche	6
4.1 Bauherr	6
4.2 Auftragnehmer	7
5 Vorgehensweise für die Planung und Umsetzung von Sicherheit und Gesundheitsschutz	8
5.1 Prozessüberblick	8
5.2 Planungsphase	8
5.2.1 Risikomanagement-Prozess	8
5.2.1.1 Rahmenbedingungen	8
5.2.1.2 Risiko-Beurteilung	9
5.2.1.3 Risiko-Bewältigung	11
5.2.2 Zusammenfassender Bericht zu Sicherheit und Gesundheitsschutz	11
5.2.3 Dokumente für Ausschreibung und Vergabe	11
5.2.3.1 Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan	11
5.2.3.2 Erforderliche Konzepte/Dokumente zur Erstellung des SiGe-Plans	11
5.3 Ausführungsphase	12
5.3.1 Umsetzung der Sicherheits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen aus dem Bauvertrag	12
5.3.2 Information, Einweisung, Unterweisung	12
5.3.3 Meldewesen	12
6 Anzuwendende EU-Richtlinien, Gesetze, Verordnungen, Regeln und Normen	12
7 Anhänge	15
7.1 Anhang 1: Risikomanagement – Prozess	15
7.2 Anhang 2: Gefährdungsgruppe/Gefährdung	18
7.3 Anhang 3: Schutzmaßnahmen	21
7.3.1 Erforderliche Mindestdurchmesser/Mindestabmessungen	21
7.3.1.1 Mindestdurchmesser für den maschinellen Vortrieb	21
7.3.1.2 Mindestabmessungen für den konventionellen Vortrieb	23
7.3.2 Ermittlung von Schutzmaßnahmen unter Anwendung von DAUB-Empfehlungen	24
7.4 Anhang 4: Meldewesen	25
7.4.1 Gesetzlich vorgeschriebenes Meldewesen	25
7.4.2 Zusätzlich zu den gesetzlichen Vorgaben empfohlenes Meldewesen	27
8 Danksagung	27

1 Anwendungsbereich

Dieser Leitfaden gilt bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei allen Arten von Untertagebaustellen.

Für andere Bauweisen wie Absenktunnel, Caissons, offene Bauweise usw. sowie Sanierungen ist der vorliegende Leitfaden dann anzuwenden, wenn Gefährdungen mit denen von Untertagebaustellen vergleichbar sind.

2 Begriffsbestimmungen

Auftraggeber, Bauherr (AG)

Jede natürliche oder juristische Person, in deren Auftrag Bauarbeiten ausgeführt werden. Hierzu zählt im Wesentlichen die Errichtung, Änderung oder der Abbruch baulicher Anlagen.

Beauftragter Dritter

Jede Person, die gem. § 4 BaustellV, Kraft Vereinbarung Maßnahmen des Bauherrn gem. §§ 2, 3 Abs. 1 Satz 1 BaustellV eigenverantwortlich übernimmt. Dritter in diesem Sinne kann eine natürliche (i. d. R. ein Ingenieur) oder eine juristische Person (z. B. ein Ingenieurbüro) sein.

Auftragnehmer (AN)

Alle am Projekt beteiligten Unternehmen und Selbstständige, die für den Auftraggeber mittel- oder unmittelbar Dienstleistungen, insbesondere die Errichtung baulicher Anlagen, erbringen.

Beschäftigte

Beschäftigte sind sämtliche Personen, die in Wahrnehmung einer baustellenbezogenen Aufgabe bzw. in Erfüllung eines z. B. gesetzlichen Auftrages, 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 außerhalb der Wahrnehmung einer baustellenbezogenen Aufgabe bzw. nicht in Erfüllung eines gesetzlichen Auftrages 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.

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.

Restrisiko

Akzeptiertes Risiko, welches 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).

Rettungsmaßnahme

Jede Maßnahme zur Rettung von Personen:

- **Selbstrettungsmaßnahme**
Rettungsmaßnahme, welche von den gefährdeten Personen selbst unternommen wird, um sichere Bereiche aus eigener Kraft zu erreichen.
- **Fremdrettungsmaßnahme**
Rettungsmaßnahme, welche von nichtgefährdeten Personen, in der Regel von *Einsatzkräften*, unternommen wird.

Rettungslotse

Besonders geschulte, ausgerüstete, orts- und baustellenkundige Person, die im Ereignisfall die Einsatzkräfte zu den untertägigen Einsatzstellen führt.

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, welche die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses reduzieren, ein eingetretenes Ereignis bewältigen und/oder das Schadensausmaß vermindern.

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.

Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan (SiGe-Plan)
Plan, der vom SiGeKo nach BaustellV ausgearbeitet wird und jene Schutzmaßnahmen beschreibt, welche die Sicherheit und Zusammenarbeit der auf der Baustelle Beschäftigten zwecks Verhinderung von Ereignissen regelt.

Unterlage für spätere Arbeiten

Dokumentation der bauwerksbezogenen Angaben in Bezug auf Sicherheit und Gesundheitsschutz, die nach BaustellV bei späteren Arbeiten nach Abschluss der Bauarbeiten gem. RAB 32 zu berücksichtigen sind.

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.

Verletzung und Erkrankung

Nachteilige Auswirkung auf den physischen, psychischen oder kognitiven Zustand einer Person. Diese nachteiligen Auswirkungen schließen Berufskrankheiten, arbeitsbedingte Erkrankungen und Todesfälle ein.

3 Allgemeines

Die Arbeiten auf Untertagebaustellen sind mit vielfältigen Gefährdungen verbunden. In Folge der erhöhten Unfall- und Gesundheitsrisiken sind spezifische Anforderungen an Sicherheit und Gesundheitsschutz zu stellen. Dabei gelten folgende Grundsätze:

- Berücksichtigung aller Merkmale des Bauwerkes und dessen Umfelds bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz.
- Planung und Umsetzung dieser Maßnahmen in allen Projektphasen, von Entwurfs-/Genehmigungsplanung, Ausschreibung, Vergabe und Bauausführung bis zur Fertigstellung.
- Durchführung eines Risikomanagement-Prozesses.
- Klare Definition der Aufgabenverteilung und Verantwortlichkeiten.

4 Aufgabenverteilung, Verantwortungsbereiche

Je nach Vertragsmodell kann es erforderlich sein, Umfang und Verteilung von Leistungen und Zuständigkeiten sinngemäß diesem Leitfaden anzupassen.

4.1 Bauherr

- Er hat möglichst frühzeitig für die Anwendung der Baustellenverordnung (BaustellV) und ihrer zugehörigen Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen (RAB) zu sorgen.
- Er darf seine Verpflichtungen an einen Dritten nach BaustellV übertragen. Dazu sind auch die entsprechenden Anordnungsbefugnisse in Bezug auf Maßnahmen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz (z. B. finanzielle, terminliche) zu erteilen.
- Die Beauftragung muss rechtzeitig in schriftlicher Form erfolgen. Durch die Beauftragung findet eine Modifizierung des Verantwortungsinhalts statt, so dass die ursprüngliche Ausführungspflicht des Bauherrn zu einer Aufsichts- bzw. Überwachungspflicht wird.
- Er veranlasst die Planung und Umsetzung von Sicherheit und Gesundheitsschutz gemäß dieses Leitfadens. Dazu zählen insbesondere folgende Aufgaben:
 - Durchführung des Risikomanagement-Prozesses sowie dessen Fortführung bis zur Fertigstellung des Bauwerkes.

- Fortführung des Risikomanagement-Prozesses sowie Kommunikation der daraus resultierenden Ergebnisse.
 - Umsetzung und Kostentragung der Schutzmaßnahmen sind vertraglich detailliert über Leistungspositionen zu regeln und bei Bedarf in der Ausführungsphase fortzuschreiben.
 - Beschreibung der Maßnahmen unter Ansprache möglicher wesentlicher Ereignisse, geogener und baubetrieblicher Gefährdungen (z. B. Gas, Wasser, Verbruch, Brand, Baustellenverkehr). Diese resultierenden Maßnahmen sind mit allenfalls betroffenen Dritten (z. B. Behörden, Einsatzkräfte) abzustimmen.
 - Nutzung der Sicherheitseinrichtungen der späteren Betriebsphase bereits in der Bauphase, z. B. Querschläge, Fluchtwege.
 - Erstellung des bauzeitlichen Notfallmanagementkonzeptes in Abstimmung mit Behörden und Einsatzkräften, einschließlich Regelung der Einbindung der Einsatzkräfte und deren erforderliche Ausrüstung. Dazu gehört auch die Überprüfung, inwieweit die Einsatzkräfte für den späteren Betrieb schon in der Bauphase eingesetzt werden können.
 - Festlegung der Baustellenordnung einschließlich der Zugangsmodalitäten und Personenerfassung, inkl. aller notwendigen Einrichtungen (z. B. Bauzaun, Drehkreuz, Schranken, Sicherheitszentrale).
 - Schaffung aller öffentlichen und privatrechtlichen Voraussetzungen für die erforderlichen Zufahrten zur Umsetzung des Rettungskonzeptes.
 - Festlegungen zum Melde-, Berichts- und Besprechungswesen, damit der Informationsaustausch zwischen allen Beteiligten sichergestellt ist (z. B. über die gesetzlichen Vorgaben hinausgehende Meldungen von Unfall- und Schadensereignissen, Besprechungsorganisation).
 - Regelung des Besucherwesens (z. B. Personenkreis, Anzahl, Ausstattung, Anmeldung).
- Die Koordination von Sicherheit und Gesundheitsschutz ist sowohl für die Planungsphase (BaustellV, § 3 (2) Planung der Ausführung des Bauvorhabens) als auch für die Ausführungsphase (BaustellV, § 3 (3) Ausführung des Bauvorhabens) sicherzustellen. Für die Durchführung der Koordinationsaufgaben sind vom Bauherrn gem. RAB 30 geeignete Personen als Koordinatoren zu bestellen. Die Koordination umfasst als wesentliche Aufgaben:

Koordination in der Planungsphase (s. auch RAB 30, Abschn. 3.1):

- Beratung des Bauherrn und der Planer hinsichtlich arbeitssicherer Bauverfahren und Bauabläufe (s. auch RAB 33).
- Planung und Koordinierung der Maßnahmen für Sicherheit und Gesundheitsschutz.
- Ausarbeitung des Sicherheits- und Gesundheitsschutzplanes (SiGe-Plan)
- Einarbeitung der im Zuge des Risikomanagement-Prozesses (s. **Absatz 5.2.1**) festgelegten Schutzmaßnahmen in den SiGe-Plan und in die „Unterlage für spätere Arbeiten“.
- Unterstützung des Bauherrn bei der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen.

Koordination in der Ausführungsphase (s. auch RAB 30, Abschn. 3.2):

- Koordinierung der Umsetzung der sicherheitsrelevanten Maßnahmen, die in der Planungsphase festgelegt wurden.
 - Fortschreibung des SiGe-Plans mit Dokumentation der firmenübergreifenden, sicherheitsrelevanten Festlegungen.
 - Mitwirkung bei allen sicherheitstechnischen Fragen, insbesondere bei der Baustelleneinrichtung, den Bauabläufen, den Aufgaben der Einsatzkräfte und der Objektsicherung.
 - Organisation des Zusammenwirkens der bauausführenden Unternehmen hinsichtlich Sicherheit und Gesundheitsschutz.
 - Gegenseitige Information der Projektbeteiligten unter Berücksichtigung des festgelegten Melde-, Berichts- und Besprechungswesens.
- Er sorgt für die Kontrolle der Umsetzung der festgelegten Schutzmaßnahmen.
- Der Schutz von nicht am Bau Beteiligten, wie z. B. Anwohner, Passanten, ist gesondert zu regeln.

4.2 Auftragnehmer

- Ausschreibung und Vergabe
 - Der Bieter hat im Zuge seiner Angebotslegung die in der Ausschreibung beschriebenen Maßnahmen für die Umsetzung von Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Plausibilität zu überprüfen.
 - Bei von der Ausschreibung abweichenden Angeboten (Sondervorschläge, Nebenangebote)

sind vom Bieter ggf. geänderte bzw. ergänzende Maßnahmen für die Umsetzung von Sicherheit und Gesundheitsschutz darzustellen. Die Erzielung des gleichen Sicherheitsniveaus ist nachvollziehbar darzulegen.

- Ausführungsphase
 - Die AN ermitteln und beurteilen die Gefahren, die sich bei ihren Tätigkeiten ergeben. Die Ergebnisse sind mit den Vorgaben der Ausschreibung bzw. der Fortschreibungen abzugleichen und bei Abweichungen ist eine Abstimmung mit dem Koordinator der Ausführungsphase vorzunehmen. Auf Basis dieser Ergebnisse haben die AN die Schutzmaßnahmen festzulegen, umzusetzen, ihre Beschäftigten zu unterweisen sowie die Wirksamkeit zu kontrollieren.
 - Ergeben sich mögliche Gefahren für andere Beschäftigte ist der Koordinator der Ausführungsphase zu informieren. Dieser organisiert unter Einbindung des AG die Abstimmung der Schutzmaßnahmen mit den weiteren AN. Alle AN sind verpflichtet an Koordinationsbesprechungen zum Thema Sicherheit und Gesundheitsschutz teilzunehmen, wenn dies aufgrund der Baustellensituation erforderlich ist (s. auch RAB 30, Abschn. 3.2).
 - Je nach Stand der Baumaßnahme legen die AN möglichst frühzeitig gemeinsam mit dem Bauherrn und den Einsatzkräften Art und Umfang der durchzuführenden Personenräumungs-, Rettungs- und Löschübungen fest. Der Koordinator der Ausführungsphase ist einzubinden. Diese Übungen sind in regelmäßigen Abständen zu wiederholen.
 - Im Ereignisfall stellen die AN nach Erfordernis den Einsatzkräften „Rettungslotsen“ (Rettungsscouts) bei.
 - Die AN sind auch für folgende Maßnahmen zuständig:
 - Sofortige Alarmierung im Ereignisfall gemäß Alarm- und Einsatzplan.
 - Meldungen über Ereignisse entsprechend dem festgelegten Melde-, Berichts- und Besprechungswesen.
 - Der Schutz von nicht am Bau Beteiligten, wie z. B. Anwohner, Passanten, ist bei der Festlegung der Maßnahmen zu berücksichtigen.

5 Vorgehensweise für die Planung und Umsetzung von Sicherheit und Gesundheitsschutz

5.1 Prozessüberblick

Wesentliche Grundzüge der Planung von Sicherheit und Gesundheitsschutz für die Ausführungsphase von Untertagebauwerken sind bereits in den ersten Planungsansätzen (Mindestquerschnitte/Mindestabmessungen, räumliche und zeitliche Verfügbarkeit von zweiten Fluchtwegen) festzulegen.

Die einzelnen Schritte zur Ableitung der ausschreibungs- und vergaberelevanten Maßnahmen in der Planungsphase sowie deren Umsetzung und Anpassung in der Ausführungsphase sind in **Abbildung 1** dargestellt. Die Basis ist der Risikomanagement-Prozess in der Planungsphase.

5.2 Planungsphase

5.2.1 Risikomanagement-Prozess

Im Risikomanagement-Prozess für Planung und Umsetzung von Sicherheit und Gesundheitsschutz werden auf Grundlage der Rahmenbedingungen die Risiken der Bauausführung projektspezifisch beurteilt und erforderliche Maßnahmen für die Risikobewältigung (s. **Absatz 5.2.1.3**) festgelegt.

Der in **Abbildung 2** dargestellte Prozess wird in der Planungsphase gestartet. In den danach folgenden Projektphasen bis zur Bauwerksfertigstellung sind die Rahmenbedingungen und die Risiken zu überwachen bzw. zu überprüfen. Erforderlichenfalls sind einzelne Schritte der Risiko-Beurteilung (s. **Absatz 5.2.1.2**) zu wiederholen und die Risiko-Bewältigung zu aktualisieren.

Zur Objektivierung des Risikomanagement-Prozesses soll dieser unter Beteiligung von voneinander unabhängig agierenden fachkundigen Personen durchgeführt werden. Diese sind durch den Bauherrn vorzugsweise aus dem Kreis der Planung und Si-Ge-Koordination auszuwählen. Bei Bedarf sind weitere Fachleute mit Erfahrung in der Bauausführung und der Prävention einzubeziehen.

Die Vorgänge des Risikomanagement-Prozesses sind in übersichtlicher und nachvollziehbarer Form zu dokumentieren und das Ergebnis in einer Zusammenfassung darzustellen.

5.2.1.1 Rahmenbedingungen

Für die weiteren Schritte sind interne und externe Rahmenbedingungen zu eruieren und festzulegen. Dazu zählen insbesondere:

- Bauwerks- und Bauablaufplanung

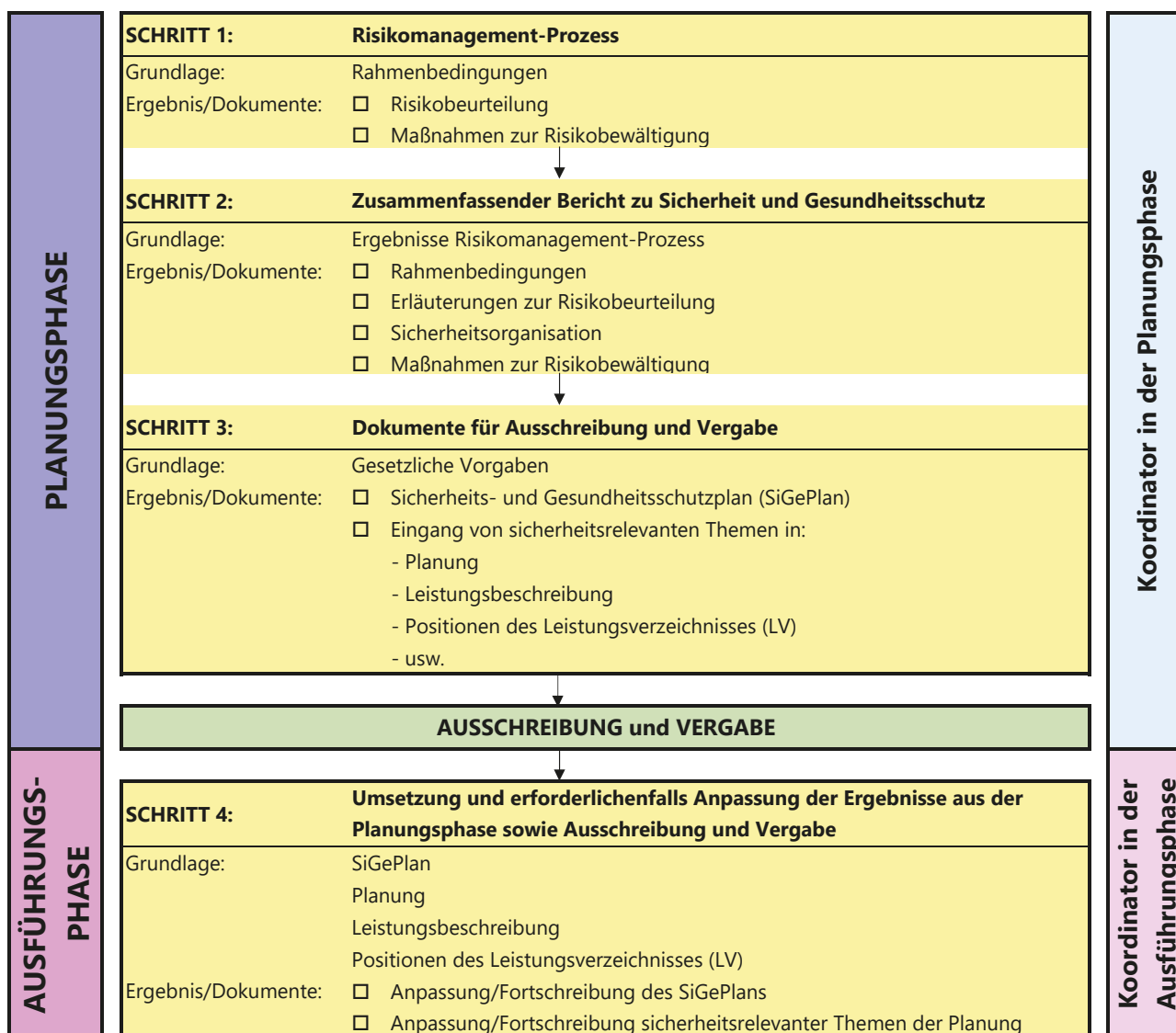


Abbildung 1 Prozessüberblick für die Planungs- und Ausführungsphase

- Zeitliche und örtliche Verhältnisse
- Gesetzliche Vorgaben und weitere Regelwerke entsprechend dem Stand der Technik und den arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen
- Anforderungen interner und externer Anspruchsgruppen (Stakeholder), dazu zählen beispielsweise Anforderungen von Aufsichtsbehörden, Unfallversicherungsträgern, Einsatzorganisationen, innerbetriebliche Anforderungen
- Bestimmung der Risikokriterien wie Auswirkungen, Eintrittswahrscheinlichkeiten, Risikotoleranzgrenzen (Beispiele für Kategorisierungsmöglichkeiten s. **Anhang 1**)
- Auswahl der Beurteilungsmethoden für die Risikobeurteilung (Beispiele s. **Anhang 1**).

5.2.1.2 Risiko-Beurteilung

Die Risiko-Beurteilung umfasst den gesamten Prozess der Gefährdungs-Identifikation, Risiko-Analyse und Risiko-Bewertung.

Gefährdungs-Identifikation

Das Ziel dieses Schrittes ist, eine Liste sämtlicher mit der Ausführung der Bauarbeiten verbundenen Gefährdungen aufzustellen. Für die Erfassung der besonderen Gefährdungen auf Untertagebaustellen kann die Gefährdungsliste nach **Anhang 2** verwendet werden.

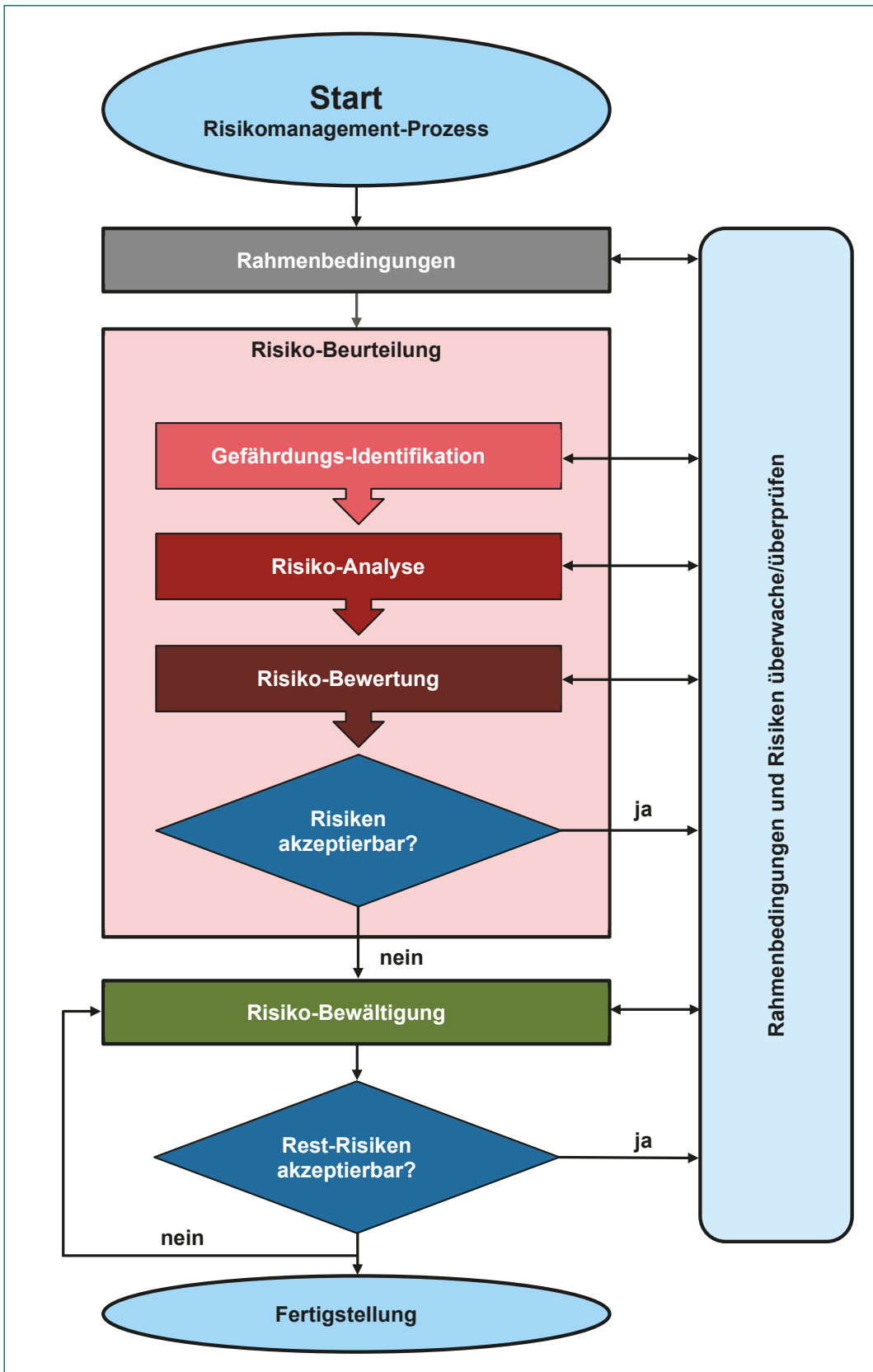


Abbildung 2 Darstellung Risikomanagement-Prozess (in Anlehnung an DIN EN ISO 12100)

Risiko-Analyse

Die Risiko-Analyse betrachtet die Ursachen und Quellen der Gefährdungen, deren Auswirkungen und die Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens. Zusätzlich sollten Faktoren, welche die Auswirkungen und die Eintrittswahrscheinlichkeiten beeinflussen, identifiziert werden. Ursachen von Risiken können in verschiedene Bereiche gegliedert werden, wie z. B.:

- Technische/geotechnische Ursachen (mechanische, thermische, chemische, elektrische, usw.)
- Organisatorische Ursachen (finanzielle, terminliche, qualitative, quantitative)
- Menschliches Verhalten

Die Ergebnisse der Risiko-Analyse werden anhand von Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkungen entsprechend der gewählten Methode dargestellt (s. z. B. Risikomatrix **Anhang 1**). Die Risiko-Analyse liefert die Grundlage für die Risiko-Bewertung.

Risiko-Bewertung

Bei der Risiko-Bewertung wird die Risikohöhe ermittelt. Wenn die Risikohöhe nicht der angestrebten Einstufung genügt, ist das Risiko in der Risiko-Bewältigung weiter zu behandeln.

5.2.1.3 Risiko-Bewältigung

Die Risiko-Bewältigung umfasst Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der „Allgemeinen Grundsätze“ gemäß § 4 ArbSchG, der BaustellV in Verbindung mit der RAB 33, welche zu ergreifen sind, um Risiken akzeptierbar zu machen. Die Risiko-Bewältigung erfolgt in einem zyklischen Prozess mit folgenden Schritten:

- Auswahl und Beurteilung möglicher Schutzmaßnahmen
- Beurteilung der Wirksamkeit
- Wenn das Restrisiko nicht akzeptierbar ist, sind weitere Maßnahmen zur Risikobewältigung erforderlich

Zur Risiko-Bewältigung gehört auch die Einrichtung eines Notfallmanagements. Es sind Notfallmaßnahmen vorzusehen, welche schwerwiegende Auswirkungen bei Ereignissen, die plötzlich und ohne Vorwarnung eintreten können, begrenzen. Die Wirksamkeit von Risikobewältigungsmaßnahmen kann ebenfalls in einer Matrix dargestellt werden. Ein Beispiel findet sich in **Abschnitt 7.1**.

5.2.2 Zusammenfassender Bericht zu Sicherheit und Gesundheitsschutz

Die Grundlagen, die getroffenen Annahmen sowie die Ergebnisse zu Sicherheit und Gesundheitsschutz sind nachvollziehbar zu dokumentieren.

5.2.3 Dokumente für Ausschreibung und Vergabe

Im Bauvertrag sind die Sicherheits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen hinsichtlich der Verantwortlichkeiten und der Kostenzuordnung eindeutig zu regeln und die kostenrelevanten Maßnahmen konkret in der Ausschreibung und insbesondere im Leistungsverzeichnis zu erfassen. Dafür sind die in **Abschnitt 5.2.3.1** und **Abschnitt 5.2.3.2** beschriebenen Dokumente zu erarbeiten.

5.2.3.1 Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan

Der SiGe-Plan ist gem. RAB 31 zu erstellen. Im **Abschnitt 5.2.3.2** werden die erforderlichen Konzepte/Dokumente beschrieben, welche die wesentliche Grundlage zur Erstellung des SiGe-Plans darstellen.

5.2.3.2 Erforderliche Konzepte/Dokumente zur Erstellung des SiGe-Plans

- Baustelleneinrichtungskonzept
Beschreibung der Baustelleneinrichtung (Verkehrsführung, Lagerflächen, Sprengstofflager, Anbindung an den öffentlichen Verkehr usw.) und des Baustellenumfeldes (Ver- und Entsorgungsleitungen, Immissionsschutz usw.).
- Konzept zur Baustellenorganisation
Erarbeitung der Baustellenordnung, Beschreibung der Schnittstellen z. B. zu anderen Baustellen, Festlegungen für sicherheitsrelevantes Besprechungswesen, Meldepflichten (z. B. bei Unfällen, Umgang mit Gefahrstoffen, Nachunternehmereinsätze), Regelung des Besucherwesens.
- Belüftungskonzept
Planung, Bemessung und detaillierte Beschreibung der erforderlichen Tunnelbelüftung. Die Tunnelbelüftung ist so auszulegen, dass die Gefährdungen durch die bei der Ausführung der Arbeiten freigesetzten Gefahrstoffe, wie z. B. Quarzstaub, mineralischer Staub, Abgase von Dieselmotoren, Sprengschwaden beseitigt oder minimiert werden und es zu keinen gesundheitsschädlichen Konzentrationen in der Atemluft (Überschreitung der Arbeitsplatzgrenzwerte) der Beschäftigten kommt. Auf Grund von besonderen Umgebungsbedingungen (Gebirgstemperaturen, Hydratationswärme, hohe Lüftungsraten, etc.) kann eine Kühlung oder Erwärmung der einzubringenden Frischluft notwendig werden.
- Konzept Zugangskontrolle/Personenerfassung
Die Anforderungen an die Zugangskontrolle zur Baustelle selbst und zum untertägigen Arbeitsbereich sind festzulegen. Im Speziellen muss das Zugangskontrollsystem zu jeder Zeit sichere Auskunft darüber geben können, wie viele Personen sich ge-

rade, ggf. auch wo, im untertägigen Arbeitsbereich der Baustelle aufhalten.

- **Notfallmanagementkonzept**
Es ist ein Notfallmanagement für die Ausführungsphase zu erstellen, welches den Besonderheiten der Baustelle, den örtlichen Gegebenheiten und den Strukturen der Einsatzkräfte Rechnung trägt. Dazu gehören auch die Abstimmungen mit den externen Einsatzkräften sowie die Planung und Durchführung von Übungen. Nachfolgende Unterpunkte sind im Zuge der Erarbeitung des Notfallmanagementkonzeptes zu betrachten:
 - Alarmierung
Eine sofortige Alarmierung im Ereignisfall gewährleistet die Selbstrettung der Beschäftigten sowie ein schnelles Eintreffen der Fremdrettung.
 - Flucht und Rettung
Die Flucht und Rettung ist für alle maßgebenden heißen und kalten Ereignisfälle zu planen. Es sind die erforderlichen Maßnahmen zur Selbstrettung sowie zur Fremdrettung detailliert zu beschreiben.
 - Brandschutz
Alle erforderlichen Maßnahmen zum bauzeitlichen Brandschutz sind zusammenzuführen und detailliert zu beschreiben. Die Brandschutzmaßnahmen umfassen konkrete Vorgaben zum vorbeugenden Brandschutz sowie zur Brandbekämpfung.
 - Projektbezogene Risiken
Weitere projektbezogene Risiken, ggf. auch über die im **Anhang 2** genannten Gefährdungen hinaus, sind für das Notfallmanagement zu betrachten.

5.3 Ausführungsphase

5.3.1 Umsetzung der Sicherheits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen aus dem Bauvertrag

Auf Basis der in **Abschnitt 5.2.3** aufgeführten Dokumente ist jeder Auftragnehmer für die Umsetzung der im Bauvertrag festgeschriebenen Schutzmaßnahmen verantwortlich.

Der Risikomanagement-Prozess ist in allen Phasen des Projektes weiterzuführen. Liegen geänderte Rahmenbedingungen bzw. neue Erkenntnisse/Vorgaben (z. B. Änderung der Baumethode, Bauablauf, Regelwerke, Erkenntnisse aus Übungen) oder Ereignisse vor, sind die Schutzmaßnahmen anzupassen. Die Dokumente sind analog zu dem in **Abschnitt 5.2** beschriebenen Risikomanagement-Prozess fortzuschreiben.

5.3.2 Information, Einweisung, Unterweisung

Die in **Abschnitt 5.2.3** beschriebenen Dokumente und deren Fortschreibungen sind bei der Information/Einweisung/Unterweisung aller auf der Baustelle tätigen Personen und Besucher zu berücksichtigen. Die Einsatzdienste sind über die Örtlichkeiten und Besonderheiten des Bauvorhabens in regelmäßigen Abständen einzuweisen.

5.3.3 Meldewesen

Für Untertagebaustellen bestehen gesetzliche Meldepflichtungen (siehe **Anhang 4**). Darüber hinaus werden die im **Abschnitt 7.4.2** enthaltenen Regelungen für das Meldewesen empfohlen.

6 Anzuwendende EU-Richtlinien, Gesetze, Verordnungen, Regeln und Normen

- Richtlinie 92/57/EWG des Rates vom 24. Juni 1992 über die auf zeitlich begrenzte oder ortsveränderliche Baustellen anzuwendenden Mindestvorschriften für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz
- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) einschließlich zugehöriger Verordnungen und Technischer Regeln, insbesondere:
 - Baustellenverordnung (BaustellV) sowie Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen (RAB)
 - Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) sowie Techn. Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)
 - Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sowie Techn. Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
 - Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) sowie Techn. Regeln für Arbeitsstätten (ASR)
- Arbeitszeitgesetz (ArbZG)
- Feuerwehr-, Brandschutz-, Katastrophenschutz- und Hilfeleistungsgesetze der Bundesländer
- Unfallverhütungsvorschrift Grundsätze der Prävention (DGUV Vorschrift 1)
- Unfallverhütungsvorschrift Bauarbeiten (DGUV Vorschrift 38)
- DIN EN ISO 12100: Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung (EN ISO 12100:2010)
- DIN ISO 45001: Managementsysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 45001:2018)

Anhänge

7 Anhänge

7.1 Anhang 1: Risikomanagement – Prozess

Dieser Anhang enthält Beispiele zu **Abschnitt 5.2.1**

- Beispiele für Kategorisierungsmöglichkeiten von Eintrittswahrscheinlichkeiten und Auswirkungen
Die Kategorisierung in diesem Beispiel basiert auf einer Grobabschätzung der Auswirkungen der verschiedenen Ereignisse und einer subjektiven Abschätzung der zugehörigen Eintrittswahrscheinlichkeiten aufgrund von Erfahrungswerten. In den **Tabellen 1 und 2** sind Kategorisierungen mit unterschiedlichen Gliederungstiefen dargestellt.
- Beispielhafte Darstellung eine Risikomatrix mit hoher Gliederungstiefe
Die sich aus den Rahmenbedingungen abgeleiteten Sicherheitsziele können z. B. in Form der Matrix dargestellt werden (**Abbildung 3**).
- Beispiel einer Risikobeurteilung in einer Risikomatrix mit hoher Gliederungstiefe
Die Risikobeurteilung kann z. B. mit Hilfe der Matrix dargestellt werden (**Abbildung 4**).
- Beispiel für Darstellung der Risikobewältigung
Abbildung 5 zeigt ein Beispiel für die Darstellung der Risikobewältigung.

Table 1 Beispiel für die Kategorisierung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkungen mit hoher Gliederungstiefe

Einteilung	Eintrittswahrscheinlichkeit	Einteilung	Auswirkung
häufig	> 1 mal pro Monat	sehr groß	mehrere Tote
gelegentlich	> 1 mal pro Jahr ≤ 1 mal pro Monat	groß	ein Toter, schwerer bleibender Gesundheitsschaden
selten	> 1 mal pro 5 Jahre ≤ 1 mal pro Jahr	mittel	bleibender Gesundheitsschaden
unwahrscheinlich	> 1 mal pro 20 Jahre ≤ 1 mal pro 5 Jahre	klein	heilbarer Gesundheitsschaden mit Arbeitsausfall
praktisch unmöglich	> 1 mal pro 100 Jahre ≤ 1 mal pro 20 Jahre	sehr klein	heilbarer Gesundheitsschaden ohne Arbeitsausfall

Table 2 Beispiel für die Kategorisierung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkungen mit geringer Gliederungstiefe

Einteilung	Eintrittswahrscheinlichkeit	Einteilung	Auswirkung
groß	> 1 mal pro Jahr	sehr groß	mehrere Tote
mittel	> 1 mal pro 5 Jahre ≤ 1 mal pro Jahr	mittel	bleibender Gesundheitsschaden
klein	≤ 1 mal pro 5 Jahre	klein	heilbarer Gesundheitsschaden

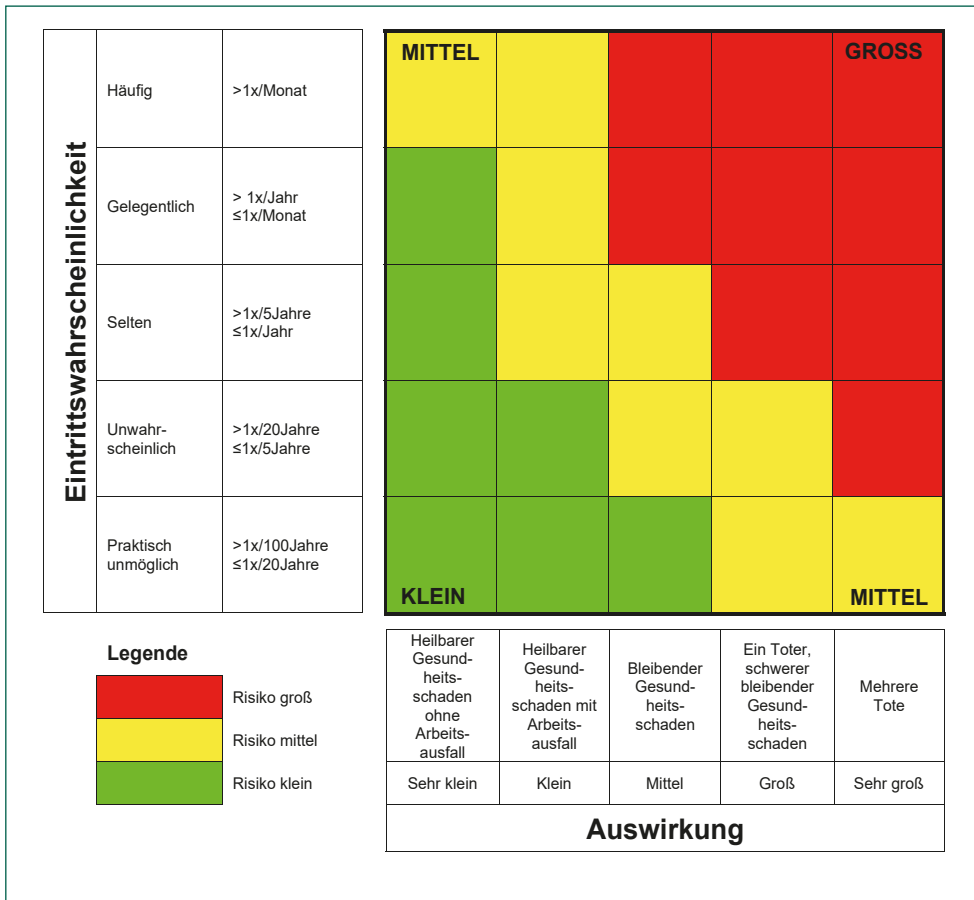


Abbildung 3 Beispiel für die Darstellung einer Risikomatrix mit hoher Gliederungstiefe gemäß **Tabelle 1**

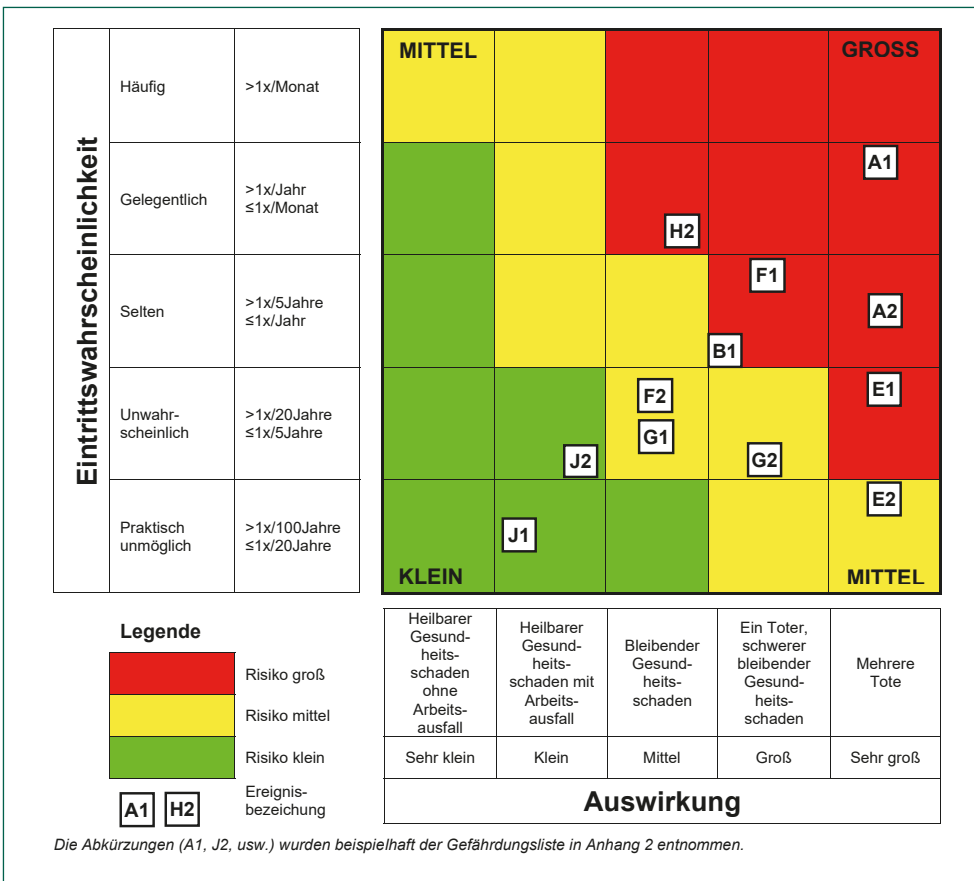


Abbildung 4 Beispiel für die Darstellung einer Risikobeurteilung in einer Risikomatrix mit hoher Gliederungstiefe gemäß **Tabelle 1**

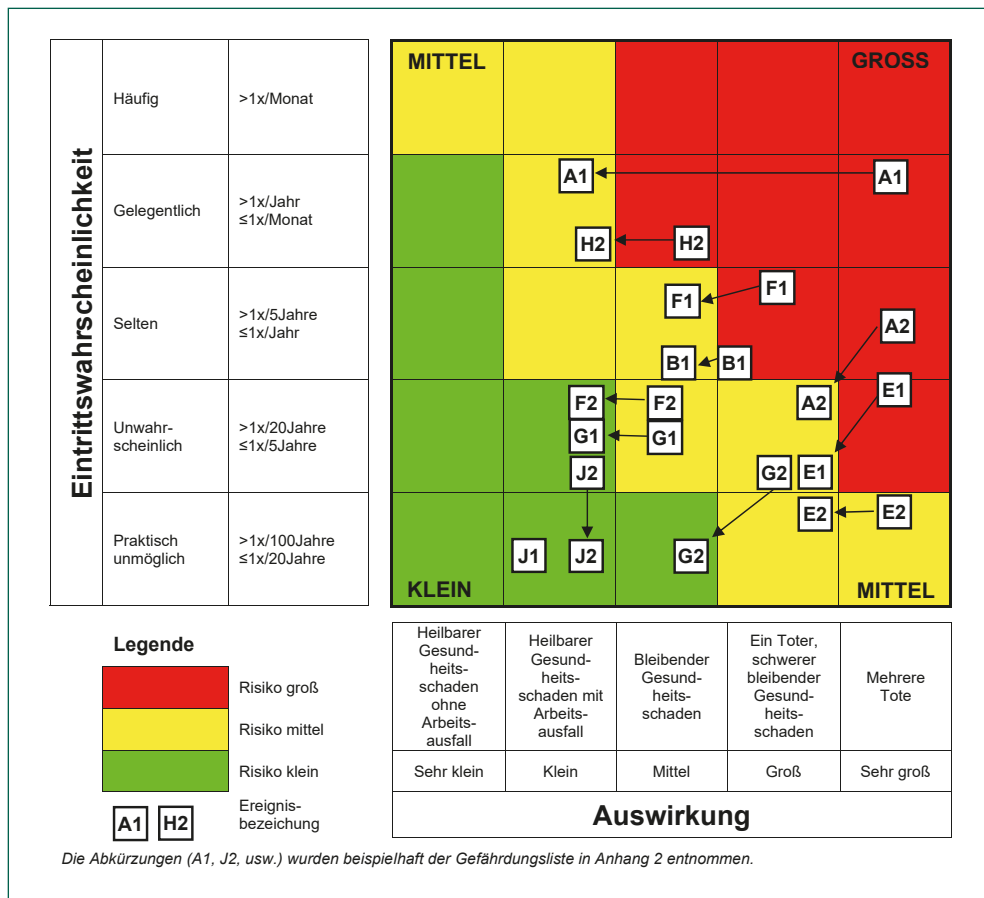


Abbildung 5 Beispiel für die Darstellung der Ergebnisse aus einer Risikobewältigung in einer Risikomatrix mit hoher Gliederungstiefe gemäß **Tabelle 1**

7.2 Anhang 2: Gefährdungsgruppe/Gefährdung

In **Tabelle 3** sind Beispiele besonderer Gefährdungen für Untertagebaustellen enthalten (siehe **Absatz 5.2.1.2**).

Tabelle 3 Gefährdungsgruppen mit Gefährdungen

Gefährdungsgruppe		Gefährdung		Erläuterung/Beispiele
A	Gestein/ Gebirge	A.1	Nachbruch/Niederbruch	Nachbruch/Niederbruch von Gestein oder Spritzbeton im Vortriebsbereich (aus dem ungesicherten Bereich hinter der Ortsbrust oder aus der Ortsbrust selbst).
		A.2	Verbruch	Eindringen von größeren Mengen von Gestein in den Hohlraum. Ein Verbruch kann sich aus der Ortsbrust (z. B. bei Arbeiten vor dem Bohrkopf), im Vortriebsbereich oder im rückwärtigen Bereich (zwischen Vortriebsbereich und Einbau der Innenschale) ereignen. Bei einem Verbruch im rückwärtigen Bereich besteht auch eine Gefährdung durch Einschluss von Personengruppen. Ein Verbruch kann sich zu einem Tagbruch entwickeln, der bis zur Geländeoberfläche durchschlägt und dort einen Krater (eine Pinge) bildet (zusätzliche Gefährdung an der Oberfläche).
		A.5	Bergschlag	Plötzliche Ablösung von Gestein, in Folge hoher Spannungen in Kombination mit sprödem Gebirge.
		A.6	Gebirgstemperatur	Gefährdung durch hohe Gebirgstemperaturen unter Berücksichtigung der Abwärme von Motoren sowie von abbindendem Zement.
B	Geogene Partikel	B.1	Feinstaub	Gefährdung durch quarzhaltigen und/oder nichtquarzhaltigen alveolengängigen Staub.
		B.2	Asbest	Gefährdung durch Asbestfasern aus dem Gebirge in der Atemluft. Kanzerogene Wirkung, Mesotheliom, Asbestose.
		B.3	Radon, Radonzerfallsprodukte	Gefährdung durch das Einatmen von Zerfallsprodukten des Radongases (innere Verstrahlung).
		B.5	Andere geogene Gefahrstoffe im Gebirge	Gefährdung durch andere geogene Gefahrstoffe im Gebirge, wie z. B. Schwermetalle, Arsen, Quecksilber.
C	Wasser	C.1	Wassereinbruch	Plötzliches Eindringen von Berg- bzw. Grundwasser in den Hohlraum. Im Zuge eines Wassereinbruches kann es auch zu Bodeneintrag in den Hohlraum kommen (Verschlammung, u. a. auch von Pumpen). Kritisch sind insbesondere Vortriebstrecken ohne direkte Entwässerung (Tiefpunkt, Siphonbildung, Erschließung über Schächte, u. U. auch fallende Vortriebsstrecken).
		C.2	Überflutung von außen	Wasser aus Oberflächengewässern, welches von außen in den Hohlraum eindringt. Kritisch z. B. bei Unterwasserstollen von Kraftwerken, fallendem Vortrieb, Vortrieb mit Tiefpunkt (Siphon), Schächten.
D	Gas	D.1	Gaszutritt	Zutritt von Gas (Methan, Schwefelwasserstoff, evtl. Kohlendioxid) aus dem Gebirge in den Hohlraum. Gase entstehen meist aus der Zersetzung organischer Überreste unter Luftabschluss.
		D.2	Gasexplosion	Explosion oder Abflammung von Gas, welches aus dem Gebirge in den Hohlraum eingetreten ist.

Gefährdungsgruppe		Gefährdung		Erläuterung/Beispiele
E	Feuer	E.1	Brand	Offenes Feuer, ausgehend z. B. von Maschinen, Elektroanlagen, Förderbändern, Baustoffen, Materialien.
		E.2	Rauch	Rauchentwicklung infolge eines Brandes oder Schwelbrandes. Die Brandstelle kann oft nicht rechtzeitig gefunden werden. Verrauchung, die infolge der Luftströmung im Tunnel (oder auch in der Lutte) in Bereichen weitab eines Brandherds auftreten kann.
		E.3	Explosion	Explosion ohne Folgebrand z. B. von Sprengstoff, Knallgas (Batterieladestationen), Dämpfe von Lösungsmitteln (Beschichtungen, Anstriche, Klebstoffe), Arbeitsgase (Flüssiggas, Acetylen).
F	Strom	F.1	Elektrizität	Unfall, der auf die Einwirkung von elektrischer Energie zurückzuführen ist. Direkte und indirekte Berührung, Lichtbogen.
		F.2	Stromausfall	Stromausfall kann, speziell als Folgeereignis, zu kritischen Situationen führen (z. B. Ausfall der Beleuchtung oder Kommunikation im Brandfall, Ausfall der Pumpen bei Wassereintritt, der Schachtwinden bei Brand, der Druckluftversorgung bei Arbeiten unter Druck).
G	Chemie	G.1	Chemieunfall	Unfall, der auf die Wirkung chemischer Stoffe, speziell von Säuren (Batterien) und Laugen (ätzende Spritzbetonzusätze) zurückzuführen ist.
		G.2	Altlasten	Anfahren von kontaminierten Böden im Bereich von Altlasten wie z. B. alte Gefahrstoffdeponien oder Böden unter ehemaligen galvanischen Betrieben. Es kann sich hierbei um sehr unterschiedliche Gefahrstoffe handeln.
H	Maschinenteknik	H.1	Baustellenverkehr/ Transporte	Gefährdung durch den Förder- und Fahrverkehr auf der Baustelle, z. B. durch Material- oder Personentransport, infolge unzureichender Trennung zwischen Förder-, Fahr- und Gehweg. Dies betrifft alle Arten der Fördertechnik wie Rad, Schiene, Band, Seil.
		H.2	Geräte-/Maschinen-ausfall	Ausfall von Maschinen oder Geräten, die zur Aufrechterhaltung eines bestimmten Regelzustandes oder zur Rettung von Personen erforderlich sind (z. B. Lüfter zur Frischluftversorgung oder Abluftabsaugung; Kompressor zur Druckluftversorgung; Trafo, Stromaggregat oder Elektroverteiler zur Stromversorgung; Personenfördermittel in Vertikal- oder Schrägschacht).
		H.3	Bestehende Anlagen/ Ver- und Entsorgungsleitungen	Gefährdung durch den Ausfall von Anlagen und/oder Ver- und Entsorgungsleitungen, die den Betrieb einer Untertagebaustelle auch unter besonderen Bedingungen sicherstellen sollen (z. B. Pumpen und Leitungen bei Wasser- und Schlammzutritt, Löschwasser-Versorgung, Kühlinstallationen für die Bewetterung).
I	Luft	I.1	Arbeiten unter Überdruck	Dekompressionserkrankungen erfordern eine spezielle medizinische Betreuung und spezielle technische und organisatorische Vorkehrungen. Die Rettung aus dem Druckbereich erfordert besondere Maßnahmen. Die zu rettende Person (Verunfallter) muss liegend unter medizinischer Betreuung ausgeschleust werden können. Das Rettungspersonal muss über besondere medizinische Kenntnisse verfügen und, wie auch das Rettungsmaterial, drucklufttauglich sein.
		I.2	Sauerstoffmangel	Der Atemluft wird der Sauerstoff entzogen (Sauerstoffanteil < 19 %, z. B. durch ein Brandereignis, sauerstoffuntersättigtes Bergwasser, Schweiß- und Brennarbeiten usw.). Dies kann besonders in schlecht oder nicht belüfteten Abschnitten des Bauwerks und in Schächten kritisch werden.

Gefährdungsgruppe		Gefährdung		Erläuterung/Beispiele
I	Luft	I.3	Sprengschwaden (CO _x , NO _x , NH ₃)	Gefährdung durch Sauerstoffmangel, Vergiftung/Reizung der Atemwege.
		I.4	Dieselmotoremissionen (DME)	Gefährdung durch krebserzeugende Wirkung partikelförmige Dieselmotoremissionen (Dieselrußpartikel).
		I.5	Gasförmige Dieselmotor-Emissionen (NO _x , CO _x)	Gefährdung durch Sauerstoffmangel, Vergiftung/Reizung der Atemwege.
		I.6	Arbeitstechnische Stäube	Gefährdung z. B. durch Spritzbetonarbeiten, Stäube bei Betonschrämarbeiten und Schweißrauch.
J	Umgebung Übertage, Natur- gefahren	J.1	Mure	Gefährdung von Personen durch Naturgefahren in verschiedenen Bereichen der Baustelle wie z. B. Zufahrtswege, Verbindungswege, im Portalbereich, Deponien, Unterkünfte, Werkstätten, weitere Baustelleneinrichtungen.
		J.2	Lawine/Eisschlag	
		J.3	Schnee/Eis (Winterarbeit)	
		J.4	Steinschlag	
		J.5	Überflutung	
		J.6	Blitzschlag	
		J.7	Sturm	
K	Weitere Gefähr- dungen	K.1	Verkehr	Bauen unter Aufrechterhaltung des Betriebes (Straßen, Schiene).
		K.2	Gleichzeitiges Arbeiten über-/nebeneinander	Gleichzeitiges Arbeiten im Gefahrenbereich anderen Arbeiten oder in Betrieb befindlicher Maschinen/Anlagen.
		K.3	Kampfmittel	Gefährdungen durch nicht erkundete Kampfmittel.
		K.x		Weitere Gefährdungen, oder Ereignisse, die zu Gefährdungen führen können, sind projektspezifisch zu ermitteln und zu betrachten.

7.3 Anhang 3: Schutzmaßnahmen

7.3.1 Erforderliche Mindestdurchmesser/Mindestabmessungen

Die Berücksichtigung der nachfolgenden Mindestdurchmesser und Mindestabmessungen dient dazu, dass der erforderliche Platzbedarf für die Installation und den Betrieb, der nach dem Stand der Technik notwendigen Schutzmaßnahmen in der Ausführungsphase gewährleistet wird.

7.3.1.1 Mindestdurchmesser für den maschinellen Vortrieb

1) Tunnelbohrmaschinen mit Tübbingausbau

Bei den ermittelten Mindestdurchmessern (**Tabelle 4**) handelt es sich stets um den Tübbinginnendurchmesser.

Für die Zusammenstellung der Mindestdurchmesser wurden folgende Typen von Tunnelbohrmaschinen (TBM) betrachtet:

- Flüssigkeitsschild (SLS – Slurry Shield)
- Erddruckschild (EPB – Earth Pressure Balance Shield)

Bei der notwendigen Logistik zur Versorgung der TBM wurde unterschieden zwischen:

- Gleisgebundener Logistik
- Radgebundener Logistik

Für die Auslegung wurden beide Logistikvarianten, d. h. elektrisch- und dieselbetriebene Fahrzeuge, betrachtet. Beim EPB-Schild wurde die Abraumförderung mittels Band angenommen.

Bei der gleisgebundenen Logistik können durch Variation der als Standardgerät zur Verfügung stehenden Zuggarnituren die meisten Anforderungen an die Transportaufgaben abgedeckt werden. Bei der radgebundenen Logistik mittels Multi-Service-Vehicle (MSV) handelt es sich in der Regel um Sonderkonstruktionen, die projektspezifisch für die anstehenden Transportaufgaben zu konstruieren und zu fertigen sind. Für die Ermittlung der Mindestdurchmesser wurde als kleinste Variante ein einteiliges MSV, betrachtet, das in der Lage ist, entweder die Tübbingsteine oder den Ringspaltmörtel zu transportieren.

Folgende Außenmaße wurden für die beiden Logistiksysteme angenommen:

Gleisgebunden	Höhe	1.550 mm	ab SOK
	Breite	1.000 mm	inkl. Ladung
	Spurweite	600 mm	
Radgebunden	Höhe	1.800 mm	
	Breite	1.200 mm	inkl. Ladung

Beim EPB-Schild wurde eine Förderbandbreite von 650 mm angesetzt, ab ca. 4,0 m Tübbinginnendurchmesser wurde eine Bandbreite von 800 mm angenommen. Da sich die Bandbreite nach der Transportkapazität

Tabelle 4 Mindestdurchmesser für den maschinellen Vortrieb

Ermittelte Mindestdurchmesser für den maschinellen Vortrieb								
Maschineller Tunnelvortrieb	Flüssigkeitsschild (SLS) (Fahrzeuge mit Elektroantrieb)		Erddruckschild (EPB) (Fahrzeuge mit Elektroantrieb)		Flüssigkeitsschild (SLS) (Fahrzeuge mit Dieselantrieb)		Erddruckschild (EPB) (Fahrzeuge mit Dieselantrieb)	
	Gleis *)	MSV	Gleis *)	MSV	Gleis *)	MSV	Gleis *)	MSV
Logistikart/ Tunnellänge								
≤ 1.400 m	Mindestdurchmesser nach EN 16191 **)							
> 1.400 m ≤ 4.000 m	3,5 m	3,8 m	3,6 m	4,0 m	3,8 m	4,1 m	3,9 m	4,3 m
> 4.000 m ≤ 6.000 m	3,7 m	4,0 m	3,8 m	4,2 m	4,0 m	4,3 m	4,1 m	4,5 m
> 6.000 m ≤ 10.000 m	3,9 m	4,2 m	4,0 m	4,4 m	4,2 m	4,5 m	4,3 m	4,7 m

*) Auf Grund der beschränkten Reibung zwischen Rad und Schiene sollte bei Längsneigungen > 4 % auf den Einsatz von gleisgebundener Versorgung der TBM verzichtet werden.

**) unter Berücksichtigung der Platzanforderungen für eine ggf. erforderliche Fluchtkammer auf oder direkt hinter der TBM sowie die jederzeit zu gewährleistende Rettung von Personen, auch wenn eine Logistikeinheit gerade den freien Tunnelquerschnitt blockiert.

zität, aber auch nach der Tunneltrasse (Höhenlagen, Radien, Korngrößen) richtet, sind diese Besonderheiten bei der Auslegung zu berücksichtigen, so dass auch bei kleineren Tunneldurchmessern größere Förderbandbreiten erforderlich werden können.

Die für die Frischluftversorgung erforderlichen Luttendurchmesser sind abhängig von der erforderlichen Luftmenge sowie von der Tunnellänge. Daher wurden diese für die unterschiedlichen Varianten bemessen, um den Platzbedarf der Lutte bei der Ermittlung des erforderlichen Mindestdurchmesser berücksichtigen zu können.

Alle Tunnelbohrmaschinen müssen die Typ-C-Norm EN 16191 „Tunnelbaumaschinen – Sicherheitstechnische Anforderungen“ erfüllen. Dazu hat der Hersteller mit einer Konformitätserklärung zu bestätigen, dass er bei der Konstruktion der TBM die sicherheitstechnischen Anforderungen der EN 16191 berücksichtigt hat. In diesem Leitfaden dürfen daher für den Bereich der TBM, d. h. vom Bohrkopf bis zum Ende der Nachläufer, keine Anforderungen an den Mindestdurchmesser formuliert werden, da es sonst zu einer Verletzung des Verantwortungsbereiches der Maschinenhersteller kommen würde. Deshalb werden die Betrachtungen zur Ermittlung der Mindestdurchmesser ausschließlich in dem freien Tunnelquerschnitt zwischen Tunnelportal und Ende des Nachläufers der TBM vorgenommen.

Die Anforderungen an den Mindestdurchmesser leiten sich gleichermaßen aus der Notwendigkeit einer jederzeit möglichen Personenrettung sowie aus den Anforderungen des Baubetriebs ab. Bis zu einer Tunnellänge von 1.400 m ist der Zeitbedarf für eine Personenrettung ohne die zwingende Notwendigkeit einer Fahrzeugbegegnung noch darstellbar, auch eine Flucht der Beschäftigten von der TBM zu Fuß, unter Verwendung von Sauerstoffselbstrettern, ist noch plausibel. Die maschinentechnischen Anforderungen an die Förderung des Ausbruchmaterials machen es ebenfalls bei einer Tunnellänge von ca. 1.400 m erforderlich, Zwischenpumpstationen bzw. Boosterstationen für die Bandanlage zu platzieren. Da diese Fördererrichtungen von den Logistikeinheiten passiert werden müssen, ergibt sich in den Bereichen davor oder dahinter automatisch die Möglichkeit eine Fahrzeugbegegnung zu realisieren. Damit verkürzen sich auch die Zeiten für die Rettung von Personen erheblich.

Das bedeutet, dass bei einer Tunnellänge von bis zu ca. 1.400 m der Mindestdurchmesser maßgeblich durch die Konstruktion des Maschinenherstellers vorgegeben wird, zusätzlich sind aber nachfolgende Randbedingungen bei der Festlegung des Mindestdurchmessers zu berücksichtigen.

Eine Fluchtkammer ist, sofern diese nach der Risikoanalyse für ein Brandereignis notwendig ist, auf

oder hinter der TBM mitzuführen und die Rettung von Personen muss zu jeder Zeit möglich sein, auch wenn eine Logistikeinheit den freien Tunnelquerschnitt gerade blockiert.

Für die Ermittlung der Mindestdurchmesser im freien Tunnelquerschnitt bei Tunnellängen über 1.400 m (**Abbildung 6**) ist maßgebend, dass die Rettung von Personen auch bei einem blockierten Tunnel im Bereich einer Ausweiche (Begegnung von 2 Zügen/MSV oder Vorbeifahrt des Zuges/MSV an der Pumpstation/Booster Bandanlage) möglich sein muss.

Sollen größere Tübbingsteinbreiten als die für diese Untersuchungen angenommenen 1,00 m bei der gleisgebundenen bzw. 1,20 m bei der radgebundenen Logistik zur Ausführung kommen, so führt dieses zwangsläufig zu einer Verengung der verbleibenden Mindestquerschnitte, die für die Flucht und Rettung von Personen erforderlich sind. Daher ist bei einer Verbreiterung der Tübbingsteine in der Regel eine Vergrößerung des Mindestdurchmessers erforderlich.

2) Gripper-Tunnelbohrmaschinen

Beim Einsatz von offenen Hartgesteinsmaschinen gibt es auf Grund der projektspezifisch sehr unterschiedlichen Gebirgssicherungsmaßnahmen eine Vielzahl von Maschinenvarianten. Unter Einbeziehung der

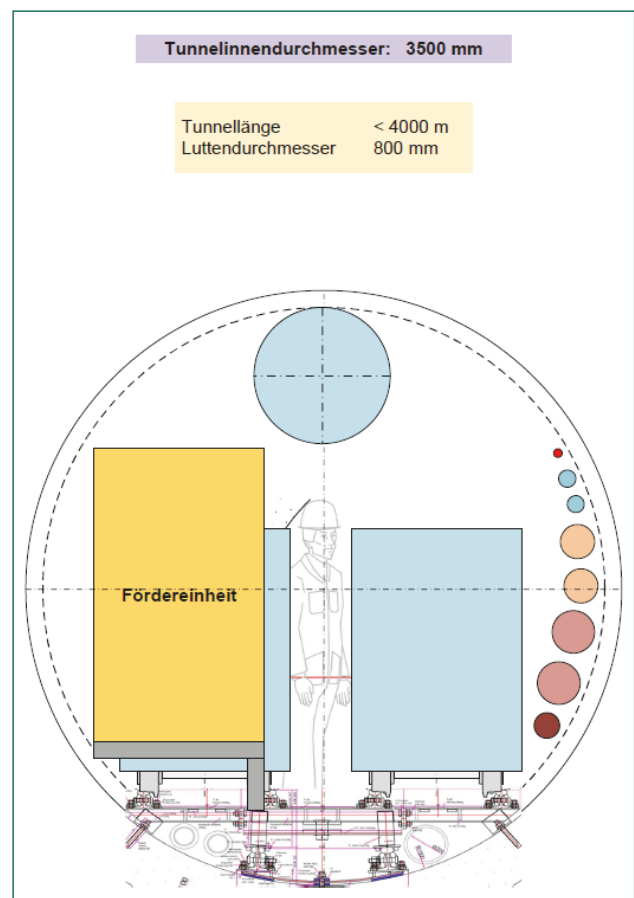


Abbildung 6 Zug passiert Fördereinheit

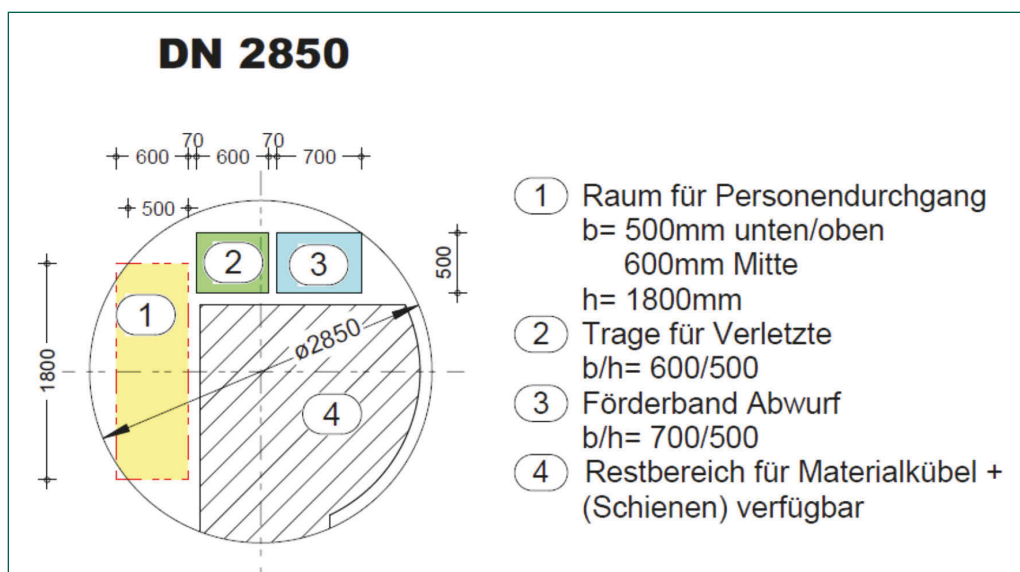


Abbildung 7
Minstdurchmesser
für ein bemanntes
EPB-Schild

Erfahrungen verschiedener Fachleute sollte ein freier Tunneldurchmesser innerhalb der erforderlichen Gebirgssicherung von ca. 4,5 m für eine Gripper-Tunnelbohrmaschine nicht unterschritten werden.

3) Bemannte Rohrvortriebe

Bei den für den Rohrvortrieb ermittelten Minstdurchmessern handelt es sich stets um die Innendurchmesser der Vortriebsrohre, welche die minimalen Tunnelinnendurchmesser ausmachen.

Bei bemannten Rohrvortrieben mit vollflächig abbauenden Tunnelbohrmaschinen kommen häufig Erddruckschilde (EPB) zur Anwendung.

Der Materialtransport von der TBM durch den Tunnel ist für die Bestimmung des Minstdurchmessers maßgebend und erfolgt mittels Materialwagen, die von einem Zug oder Windensystem zwischen der TBM und dem Startschacht bewegt werden.

Die zur Bestimmung des Minstquerschnittes maßgebende Stelle im Tunnel befindet sich im Bereich der Materialübergabe vom Förderband der TBM zum Materialwagen bzw. Materialkübel des Materialtransportes. In **Abbildung 7** sind die Abmessungen für eine Trage sowie das TBM-Förderband dargestellt. Daraus ergibt sich für den Rohrvortrieb mit einem EPB-Schild ein Minstdurchmesser von DN 2.850.

7.3.1.2 Mindestabmessungen für den konventionellen Vortrieb

Mit zunehmender Tunnellänge steigen die Gerätedimensionen (Anzahl, Größe) und der Bedarf an Diesel-kW für den praxisnahen Schutterbetrieb. Damit erhöht sich die erforderliche Frischluftmenge bzw. damit einhergehend der erforderliche Luttendurchmesser. In **Abbildung 8** ist der minimale Platzbedarf für

Schuttergeräte, Sicherheitseinrichtungen (Verkehrsweg, Fluchtweg, Fluchtkammer) sowie praxisbezogene und regelkonforme Bewetterung, in Abhängigkeit der Tunnellänge, dargestellt. Als Schuttergeräte wurden sowohl in der Bewetterungsdimensionierung als auch in der Skizze gummibereifte Tunnelbaugeräte vorausgesetzt (keine straßentauglichen Lkw).

Die dargestellten Dimensionen sind als Minimalanforderungen und Richtwerte zu sehen, wobei in der Praxis die Gerätedimensionen abweichen können. Für die Bemessung des Musterbeispiels wurden, zur Darstellung der längenabhängigen Abmessungsunterschiede, lediglich die für den Schutterbetrieb benötigten Geräte berücksichtigt. Kann der erforderliche Minstquerschnitt von 1,00 m Breite und 2,00 m Höhe für einen Fußweg, bei kombiniertem Fußgänger- und Fahrzeugbetrieb, nicht eingehalten werden, sind besondere Maßnahmen wie z. B. Schutznischen, Schutzbereiche oder Begegnungsstellen für Fahrzeuge vorzusehen. Der erforderliche Platzbedarf für Schutzeinrichtungen (Entstaubungsanlagen, Schwarz-Weiss Anlagen) bei z. B. stark quarzhaltigen oder asbesthaltigen Gesteinen, wurde hier noch nicht berücksichtigt. Auch parallel zum Hauptvortrieb stattfindende Arbeiten (z. B. Strossenvortrieb, Querschlagvortrieb, Betontransport) sind nicht berücksichtigt worden. Bei geologisch bedingter weiterer Unterteilung des Ausbruchquerschnittes, wie z. B. beim Ulmenstollenvortrieb, sind gesonderte Betrachtungen erforderlich.

Für alle Einflussfaktoren, für die Berechnung von Schutterleistung und darauf aufbauender Dimensionierung der Bewetterung, wurden praxisnahe Werte angesetzt, um so möglichst nur die Minimalanforderung an die Abmessungen zu bestimmen.

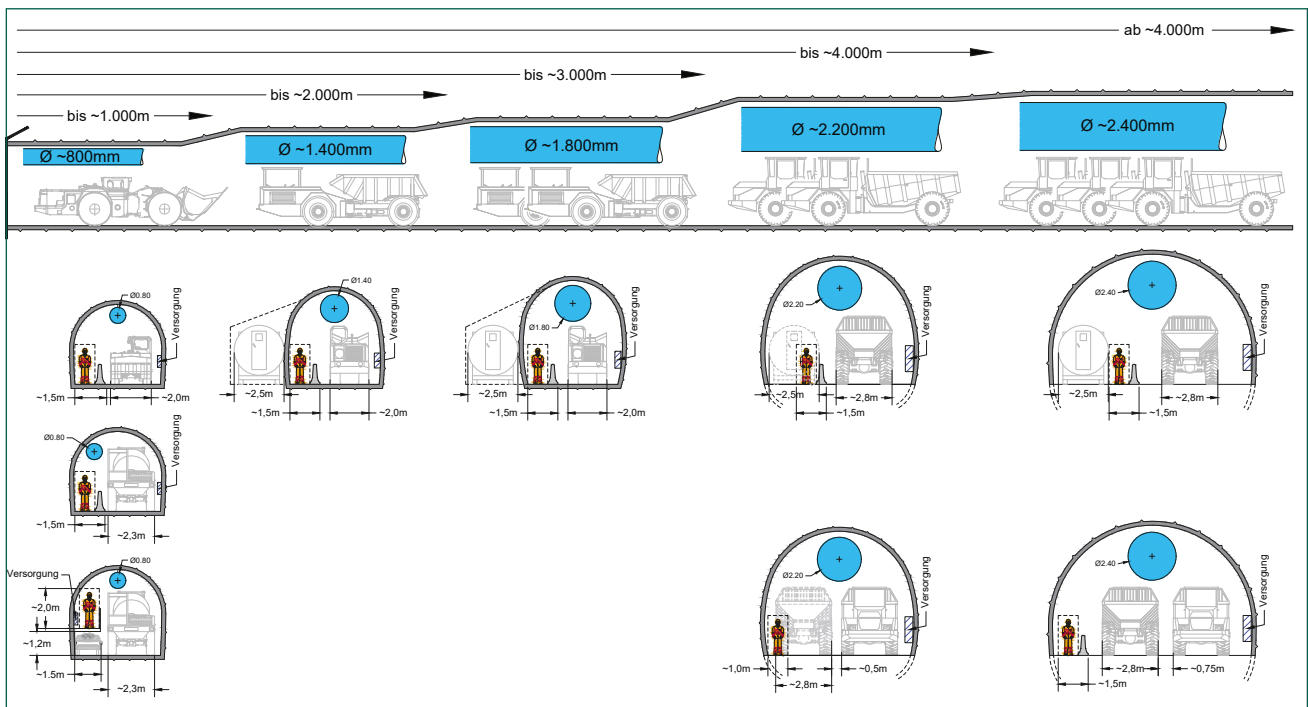

Abbildung 8 Mindestabmessungen für den konventionellen Vortrieb

Tabelle 5 Mindestabmessungen für den konventionellen Vortrieb

Ermittelte Mindestabmessungen für den konventionellen Vortrieb:					
Tunnellänge	≤ 1.000 m	> 1.000 m ≤ 2.000 m	> 2.000 m ≤ 3.000 m	> 3.000 m ≤ 4.000 m	> 4.000 m
Breite/Höhe	4,8 / 4,7 m	5,0 / 5,1 m	5,4 / 5,6 m	7,9 / 6,4 m	10,4 / 6,7 m

In **Tabelle 5** werden in Abhängigkeit von der Tunnellänge die Mindestabmessungen für den konventionellen Vortrieb zusammengefasst dargestellt.

7.3.2 Ermittlung von Schutzmaßnahmen unter Anwendung von DAUB-Empfehlungen

Die nachfolgenden DAUB-Empfehlungen dienen zur Risiko-Bewältigung gem. **Absatz 5.2.1.3** und helfen bei der Ermittlung der speziell für Untertagebaustellen erforderlichen Schutzmaßnahmen, zu denen es im existierenden Regelwerk des Arbeitsschutzes keine konkreten Vorgaben und 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.

Die folgende DAUB-Empfehlung ist bereits verfügbar:

- Empfehlungen für den Einsatz von Fluchtkammern auf Untertagebaustellen, Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen, Stand 2018

Weitere DAUB-Empfehlungen befinden sich derzeit in Bearbeitung:

- Empfehlungen zum Notfallmanagement für Unfall, Brand und projektspezifische Risiken auf Untertagebaustellen, Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen, *Veröffentlichung voraussichtl. in 2022*
- Empfehlungen für Maßnahmen zur Minderung von Gefahrstoffen in der Luft auf Untertagebaustellen, Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen, *Veröffentlichung voraussichtlich in 2023*

Für die Übergangszeit bis zum Erscheinen der vorgenannten DAUB-Empfehlungen kann mit dem bereits seit 2007 existierenden Anhang A im D-A-CH Leitfaden gearbeitet werden:

- Anhang A „Deutschland“ zum „D-A-CH-Leitfaden für Planung und Umsetzung eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzkonzeptes auf Untertagebaustellen“, Stand 2007

7.4 Anhang 4: Meldewesen

7.4.1 Gesetzlich vorgeschriebenes Meldewesen

Dieser Anhang enthält Informationen zu **Absatz 5.3.3**. Die in **Tabelle 6** zusammengefasste Struktur des Meldewesens enthält die gesetzlichen Meldepflichten in Deutschland.

Tabelle 6 Meldewesen in Deutschland

WAS	WER	AN WEN	WANN	Rechtsgrundlage
Vorankündigung nach BaustellV	Auftraggeber/Bauherr	zuständige Arbeitsschutzbehörde	spätestens 2 Wochen vor Einrichtung der Baustelle	§ 2 Abs. 2 BaustellV
Arbeitsunfälle mit Todesfällen oder mehr als 3 Tagen Arbeitsunfähigkeit	Unternehmer/Arbeitgeber Mitzeichnung durch Betriebs-/Personalrat (wenn vorhanden)	Träger der gesetzlichen Unfallversicherung Kopie an zuständige Arbeitsschutzbehörde	spätestens binnen 3 Tagen	§ 193 SGB VII
Anhaltspunkt für Berufskrankheit	Unternehmer/Arbeitgeber Mitzeichnung durch Betriebs-/Personalrat (wenn vorhanden)	Träger der gesetzlichen Unfallversicherung	spätestens binnen 3 Tagen	§ 193 SGB VII
Unfall oder Betriebsstörung mit Gesundheitsschädigung von Beschäftigten durch Gefahrstoffe	Arbeitgeber/ Unternehmer	zuständige Arbeitsschutzbehörde Beschäftigte oder Betriebs-/Personalrat (Kopie)	unverzüglich	§ 18 GefStoffV
Krankheits- oder Todesfälle durch Gefahrstoffe	Arbeitgeber/ Unternehmer	zuständige Arbeitsschutzbehörde Beschäftigte oder Betriebs-/Personalrat (Kopie)	unverzüglich	§ 18 GefStoffV
Tätigkeiten mit Asbest	Arbeitgeber/ Unternehmer	zuständige Arbeitsschutzbehörde Beschäftigte und Betriebs-/Personalrat (Einsicht)	spätestens 7 Tage vor Beginn	Anhang I Nr. 2.4.2 GefStoffV
Lagerung von Stoffen (Ammoniumnitrat) und ammoniumnitrat-haltigen Gemischen der Gruppen und Untergruppen A, D IV und E in Mengen von mehr als 25 Tonnen	Arbeitgeber/ Unternehmer	zuständige Arbeitsschutzbehörde	spätestens 2 Wochen vorher	Anhang I Nr. 5.4.2.3 GefStoffV
Erhöhte Expositionen bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, keimzellmutagenen oder reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorie 1 A oder 1 B	Arbeitgeber/ Unternehmer	Beschäftigte und Betriebs-/Personalrat	unverzüglich	§ 14 Abs. 3 Nr. 2 GefStoffV

WAS	WER	AN WEN	WANN	Rechtsgrundlage
Informationen über für Rettungseinsätze erforderliche Maßnahmen bei Notfällen	Arbeitgeber/ Unternehmer	Rettungsdienste	vor möglichem Eintreten von relevanten Notfällen	§ 11 Abs. 3 BetrSichV
Unfälle, bei denen ein Mensch getötet oder erheblich verletzt worden ist und Schadenfälle bei denen Bauteile oder sicherheitstechnische Einrichtungen versagt haben mit folgenden Arbeitsmitteln: - Aufzugsanlagen - Anlagen zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen - Druckanlagen - Krane - Flüssiggasanlagen	Arbeitgeber/ Unternehmer	zuständige Arbeitsschutzbehörde	unverzüglich	§ 19 Abs. 1 BetrSichV
Durch den Arbeitgeber angepasste Schutzmaßnahmen aufgrund einer Mitteilung durch die die Vorsorgeuntersuchungen durchführende Ärztin	Arbeitgeber/ Unternehmer	zuständige Arbeitsschutzbehörde Betriebs-/Personalrat	zeitnah	§ 8 ArbMedVV
Krankheits- und Todesfälle aufgrund einer Tätigkeit mit Biostoffen	Arbeitgeber/ Unternehmer	zuständige Arbeitsschutzbehörde	unverzüglich	§ 17 Abs. 1 BioStoffV
Einsatz von hochziehbaren Personenaufnahmemitteln	Arbeitgeber/ Unternehmer	Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (zuständige Berufsgenossenschaft)	spätestens 2 Wochen vor dem ersten Einsatz	§ 36 Abs. 4 UVV „Kranne“ (DGUV Vorschrift 52) in Verbindung mit Abschnitt 5.1.1 DGUV Regel 101-005 Hochziehbare Personenaufnahmemittel
Arbeiten in Druckluft	Arbeitgeber/ Unternehmer	zuständige Arbeitsschutzbehörde	spätestens 2 Wochen vor Beginn der Arbeiten	§ 3 DruckLV

7.4.2 Zusätzlich zu den gesetzlichen Vorgaben empfohlenes Meldewesen

In **Tabelle 7** sind die zusätzlich zu den gesetzlichen empfohlenen Regelungen für das Meldewesen enthalten.

Tabelle 7 Empfohlene Regelungen für das Meldewesen (zusätzlich zu den gesetzlichen Vorgaben)

WAS	WER	AN WEN	WANN
Unfälle mit Todesopfern oder Schwerverletzten	AN	AG, SiGeKo, *)	unverzüglich, vertraglich festzulegen
Sonstige Unfälle	AN	AG, SiGeKo	binnen 7 Tagen, vertraglich festzulegen
Beinahe-Unfälle, die potenziell schwerwiegende Folgen hätten	AN	AG, SiGeKo	binnen 7 Tagen, vertraglich festzulegen
Ereignisse mit hohem Sachschaden	AN	AG, SiGeKo	unverzüglich, vertraglich festzulegen
Asbestgefährdungen während des Vortriebes	Geologe	AN, AG, SiGeKo	unverzüglich bei Feststellung
Besondere sicherheitsrelevante Beobachtungen wie Gaszutritt, Wasserzutritt, plötzlich sich ändernde geologische Verhältnisse	Jeder	AG, SiGeKo, AN	unverzüglich

*) ergänzend zu den gesetzlichen Meldepflichten sollen unverzüglich staatl. Arbeitsschutzbehörde und Träger der gesetzlichen Unfallversicherung informiert werden

Legende:
 AG = Auftraggeber/Bauherr
 AN = Auftragnehmer/Arbeitgeber
 SiGeKo = Koordinator gem. BaustellV

Hinweis: Die Meldungen haben unter Einhaltung der Datenschutzgrundverordnung zu erfolgen

8 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, Behörden und Unfallversicherungsträger an dem Dokument mitgearbeitet:

- BeMo Tunneling GmbH
- BG BAU
- DB Netz AG
- Ed. Züblin AG
- Hamburger Hochbahn AG
- Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement
- IMM Maidl & Maidl – Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
- Implenia Construction GmbH
- Landesbergdirektion des Regierungspräsidium Freiburg
- Porr GmbH & Co. KGaA (Deutschland)
- ZPP Ingenieure AG ■