

DIN EN 16191



ICS 91.220; 93.060

Einsprüche bis 2023-04-24
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 16191:2014-09

Entwurf

**Tunnelbohrmaschinen –
Sicherheitstechnische Anforderungen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 16191:2023**

Tunnel boring machines –
Safety requirements;
German and English version prEN 16191:2023

Tunneliers –
Prescriptions de sécurité;
Version allemande et anglaise prEN 16191:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-02-24 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nam@vdma.org möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM), 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 oder Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 163 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Ausschuss NA 060-13-04 AA „Tunnelbaumaschinen“ im Fachbereich „Bau- und Baustoffmaschinen“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von „Tunnelbaumaschinen“ sowie der Berufsgenossenschaften sind an der Erarbeitung beteiligt.

Dieser Norm-Entwurf konkretisiert einschlägige Anforderungen von Anhang I der EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG an erstmals im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) in Verkehr gebrachte Maschinen, um den Nachweis der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu erleichtern.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 3864-1:2011	siehe	DIN ISO 3864-1:2012-06
ISO 15380:2016	siehe	DIN ISO 15380:2020-12

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 16191:2014-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Überarbeitung von Definitionen;
- b) Überarbeitung aller Sicherheitsanforderungen;
- c) Aktualisierung der Liste der signifikanten Gefährdungen;
- d) Aktualisierung von Anhang ZA.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 3864-1:2012-06, *Graphische Symbole — Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen — Teil 1: Gestaltungsgrundlagen für Sicherheitszeichen und Sicherheitsmarkierungen (ISO 3864-1:2011)*

DIN ISO 15380:2020-12, *Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Produkte (Klasse L) — Familie H (Hydraulische Systeme) — Anforderungen für Hydraulikflüssigkeiten der Kategorien HETG, HEPG, HEES und HEPR (ISO 15380:2016)*

– Entwurf –

2023-02

prEN 16191:2023

Titel de: Tunnelbohrmaschinen — Sicherheitstechnische Anforderungen

Titel en: Tunnel boring machines — Safety requirements

Titel fr: Tunneliers — Prescriptions de sécurité

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	11
4 Sicherheitsanforderungen und/oder Schutz-/Risikominderungsmaßnahmen	15
4.1 Allgemeines	15
4.2 Schutzmaßnahmen	16
4.2.1 Scharfe Ecken und Kanten	16
4.2.2 Heiße Oberflächen	16
4.2.3 Bohrkopf	16
4.2.4 Handhabung	17
4.2.5 Verrollung und Verschiebung (Längsbewegung)	20
4.2.6 Strukturelles Versagen	21
4.2.7 Druckluftschleusen	21
4.2.8 Handhabung unter Druck stehender Transfer Shuttles	23
4.2.9 Andere Druckkammern	25
4.2.10 Zugang zu und Ausgang von den Steuerständen und Wartungsstellen	27
4.2.11 Schutz vor herabfallenden Gegenständen	30
4.2.12 Risiken in Verbindung mit den Untergrundverhältnissen	30
4.2.13 Rohrvorpressstationen	31
4.3 Bedienungsstände	31
4.3.1 Allgemeines	31
4.3.2 Ergonomie	31
4.3.3 Sichtverhältnisse	32
4.4 Schutzeinrichtungen und Sicherheitsvorrichtungen	32
4.4.1 Allgemeines	32
4.4.2 Konstruktion der Schutzeinrichtungen	32
4.4.3 Förderband	32
4.4.4 Zugang zur Abbaukammer, zum Bohrkopf oder andere Abbaueinrichtungen	32
4.4.5 Zusätzliche Anforderungen an zugängliche Bohrköpfe	33
4.4.6 Erweiterung des Schneckenbohrers während der Vorpressarbeiten	34
4.5 Steuersysteme	34
4.5.1 Sicherheit und Verlässlichkeit von Steuersystemen	34
4.5.2 Stellteile	35
4.5.3 Fernbedienung	36
4.5.4 Eingangsetzen und Stillsetzen	36
4.5.5 Warnsystem	37
4.5.6 Störung in der Energieversorgung	39
4.6 Zugverbindung	39
4.6.1 Ziehen von Nachläufern	39
4.6.2 Ziehen von Nachläufern an einer Neigung	40
4.6.3 Ziehen von angebrachter Ausrüstung	40
4.7 Laser-Leitsystem	40
4.8 Ventilation und Kontrolle von Staub und Gas	40

4.8.1	Allgemeines	40
4.8.2	Ventilation	41
4.8.3	Staubkontrolle.....	41
4.8.4	Überwachungseinrichtung für Änderungen der Luftqualität und Gasaustritt.....	42
4.8.5	Verbrennungskraftmaschinen	43
4.9	Lärm	43
4.9.1	Allgemeines	43
4.9.2	Lärmreduzierung an der Geräuschquelle im Entwurfsstadium	43
4.9.3	Informationen zu Restrisiken.....	44
4.10	Elektrische Ausrüstung.....	44
4.10.1	Allgemeines	44
4.10.2	Schutzmaßnahmen	44
4.10.3	Kabel	45
4.10.4	Transformatoren.....	45
4.10.5	Potentialausgleich.....	45
4.10.6	Schaltgerätekombination.....	45
4.10.7	Beleuchtung.....	45
4.10.8	Ersatz- und Notstromversorgung.....	46
4.10.9	Notbeleuchtung.....	46
4.10.10	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	46
4.10.11	Trennung von der Hauptstromversorgung	47
4.11	Hydraulische und pneumatische Systeme	47
4.11.1	Allgemeines	47
4.11.2	Hydraulische Fluidtechnik.....	47
4.11.3	Pneumatische Fluidtechnik	48
4.11.4	Fluidpumpensysteme mit hohem Volumen.....	48
4.12	Brand.....	49
4.12.1	Brandschutz.....	49
4.12.2	Feste Feuerlöscheinrichtungen.....	49
4.12.3	Anbringung der tragbaren Feuerlöscher.....	49
4.12.4	Wasserschleier über dem Nachläufer	50
4.13	Aufbewahrungsort für Rettungsausrüstung	50
4.14	Rettungskammer	50
4.15	Erkundungsbohrgerät	50
4.16	Transport, Anheben und Montage	50
4.16.1	Allgemeines	50
4.16.2	Transport	50
4.16.3	Anheben	50
4.16.4	Montage.....	51
4.17	Wartung	51
4.17.1	Allgemeines	51
4.17.2	Instandhaltung an Bohrköpfen, Bohrkopfauselegern mit Schild und Baggern.....	51
4.17.3	Instandhaltung von Mikrotunnelbohrmaschinen.....	51
5	Feststellung der Übereinstimmung mit den Sicherheitsanforderungen und/oder Schutz-/Risikominderungsmaßnahmen	52
6	Benutzerinformation	52
6.1	Allgemeines	52
6.2	Informationen für den Notfall, Warnhinweise und Symbole	52
6.2.1	Warnhinweise.....	52
6.2.2	Warneinrichtungen	52
6.2.3	Symbole.....	52
6.2.4	Informationen für den Notfall.....	52
6.3	Informationen für den Notfall, Warnhinweise und Symbole	52
6.3.1	Allgemeines	52

6.3.2	Bedienungsanweisungen.....	55
6.3.3	Wartung	55
6.4	Kennzeichnung.....	56
Anhang A (informativ) Liste der signifikanten Gefährdungen		57
Anhang B (informativ) Beispiele für Tunnelbaumaschinen.....		59
Anhang C (normativ) Feststellung der Übereinstimmung mit den Sicherheitsanforderungen und/oder Schutz-/Risikominderungsmaßnahmen		62
Anhang D (normativ) Geräuschemessverfahren.....		75
D.1	Anwendungsbereich.....	75
D.2	A-bewertete Schalldruckpegel an Arbeitsbereichen.....	75
D.3	Installations- und Betriebsbedingungen	76
D.4	Angaben im Messbericht.....	76
D.5	Angabe der Geräuschemissionswerte.....	76
Anhang E (normativ) Mindestanforderungen an die Rettungskammer		77
E.1	Allgemeiner Entwurf	77
E.2	Konstruktion	77
E.3	Luftzufuhr.....	78
E.4	Optische Identifizierung	79
E.5	Energieversorgung.....	79
E.6	Innenausstattung.....	79
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2006/42/EG		80
Literaturhinweise.....		83

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16191:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 151 „Bau- und Baustoffmaschinen – Sicherheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 16191:2014 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandates erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n)/-Verordnung(en).

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien/-Verordnungen siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

prEN 16191:2023 enthält gegenüber EN 16191:2014 die folgenden wesentlichen technischen Änderungen:

- Überarbeitung von Definitionen;
- Überarbeitung aller Sicherheitsanforderungen;
- Aktualisierung der Liste der signifikanten Gefährdungen;
- Aktualisierung von Anhang ZA.

Einleitung

Dieses Dokument ist eine Typ-C-Norm, wie in EN ISO 12100:2010 angegeben.

Auf die betreffenden Maschinen und die behandelten Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse wird im Anwendungsbereich dieses Dokuments hingewiesen.

Die bestimmungsgemäße Verwendung der Maschinen ist zwischen Hersteller und Anwender unter Berücksichtigung der angegebenen Bodenbeschaffenheit, Grundwasser-, Tunneldurchmesser-, Tunneltrassen- und Umweltbedingungen abgestimmt.

Zudem werden zwischen dem Hersteller und dem Anwender vereinbarte Betriebsverfahren, einschließlich Versorgungsleitungen zur Tunnelbohrmaschine (TBM), Energieversorgung, Tunnelventilationssystem, Abtransportsysteme für Aushub und Versorgungslogistik, sowie Notfallverfahren berücksichtigt.

Dieses Dokument ist insbesondere für die folgenden interessierten Kreise von Relevanz, die die Marktakteure im Hinblick auf die Sicherheit von Maschinen repräsentieren:

- Maschinenhersteller (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Gesundheits- und Sicherheitsinstitutionen (Regulierungsbehörden, Unfallverhütungsorganisationen, Marktaufsicht usw.).

Andere interessierte Kreise können durch das in diesem Dokument (durch die oben genannten interessierten Kreise) festgeschriebene Sicherheitsniveau betroffen sein. Es handelt sich dabei um:

- Maschinenanwender/Arbeitgeber (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Maschinenanwender/Mitarbeiter (z. B. Gewerkschaften, Organisationen für Menschen mit besonderen Bedürfnissen);
- Dienstleister, z. B. für Instandhaltung (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Verbraucher (wenn die Maschinen zum Gebrauch durch Verbraucher vorgesehen sind).

Den oben genannten interessierten Kreisen wurde die Möglichkeit eingeräumt, sich an der Erarbeitung dieses Dokuments zu beteiligen.

Für Maschinen, die nach den Anforderungen dieser Typ-C-Norm konzipiert und gebaut worden sind, gilt: Wenn die Anforderungen in dieser Typ-C-Norm von den Festlegungen in Typ-A- oder -B-Normen abweichen, haben die Anforderungen dieser Typ-C-Norm Vorrang gegenüber den Anforderungen der anderen Normen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist anwendbar für Tunnelbohrmaschinen und zugehörige Maschinen und Ausrüstung wie in Abschnitt 3 definiert, die hauptsächlich für die Schaffung eines untertägigen Hohlraums durch Konstruktion von horizontalen und schrägen Tunneln und andere Abbauarbeiten unter Tage verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Zu anderen Abbauarbeiten unter Tage können Zugangskonstruktionen zu komplexen Tunnelanordnungen wie bei unterirdischen Bahnhöfen, Versorgungseinrichtungen, untertägige Lagereinrichtungen sowie Tunnelportale unterhalb der Erdoberfläche zählen.

Es behandelt alle signifikanten Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse, die auf diese Maschinen zutreffen, wenn sie bestimmungsgemäß und entsprechend den vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen des Herstellers verwendet werden (siehe Abschnitt 4).

Dieses Dokument behandelt die Überwachung gefahrbringender Umgebungen im Rahmen von Tunnelbohrmaschinen.

Anforderungen an Druckluftschleusen und unter Druck stehende Transfer Shuttles werden in prEN 12110-1:2023 und prEN 12110-2:2023 behandelt.

Hand-Arm- und Ganzkörpervibration werden nicht als signifikante Gefährdungen bei Tunnelbohrmaschinen berücksichtigt.

Folgende Teile und Anwendungen sind in diesem Dokument nicht enthalten:

- die zusätzlichen Anforderungen an die Anwendung der gesamten Tunnelbaumaschinen in einer Umgebung mit Überdruck;
- die zusätzlichen Anforderungen an die Anwendung von Tunnelbohrmaschinen in explosionsfähiger Umgebung;

ANMERKUNG 2 Zur Anwendung in explosionsfähiger Umgebung siehe EN ISO/IEC 80079-38:2016 als Anleitung.

- Hilfswerkzeuge und Ausrüstung, die kein integraler Bestandteil von Tunnelbohrmaschinen sind, sich aber an den Maschinen befinden;
- Versorgungsnetz für Versorgungsleitungen zur Tunnelbohrmaschine (z. B. Energieversorgung, Wasser, Leitungen, Druckluft, Ventilationsschacht usw.);
- Lade- und Transportausrüstung, die nicht integraler Bestandteil der Tunnelbohrmaschine ist, z. B. Lieferfahrzeug für logistische Unterstützung, Abtransportsystem für Aushub im Tunnel;
- EMV-Wechselwirkungen zwischen der Tunnelbaumaschine und Anlagen Dritter über und unter Tage, z. B. Eisenbahnsignale.

Dieses Dokument ist nicht anwendbar für Tunnelbohrmaschinen, die vor dem Datum der Veröffentlichung dieser Europäischen Norm durch CEN hergestellt worden sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 3-7:2004+A1:2007, *Tragbare Feuerlöscher – Teil 7: Eigenschaften, Leistungsanforderungen und Prüfungen*

EN 620:2021, *Stetigförderer und Systeme — Sicherheitsanforderungen an ortsfeste Gurtförderer für Schüttgut*

EN 818-4:1996+A1:2008, *Kurzgliedrige Rundstahlketten für Hebezwecke — Sicherheit — Teil 4: Anschlagketten — Güteklasse 8*

EN 894-3:2000+A1:2008, *Sicherheit von Maschinen — Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen — Teil 3: Stellteile*

EN 981:1996+A1:2008, *Sicherheit von Maschinen — System akustischer und optischer Gefahrensignale und Informationssignale*

FprEN 1570-1:2022, *Sicherheitsanforderungen an Hubtische — Teil 1: Hubtische, die bis zu zwei feste Haltestellen anfahren*

EN 1808:2015, *Sicherheitsanforderungen an hängende Personenaufnahmemittel — Berechnung, Standsicherheit, Bau — Prüfungen*

EN 1837:2020, *Sicherheit von Maschinen — Maschinenintegrierte Beleuchtung*

EN 1993-1-1:2005¹, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-1-8:2005, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen*

EN 12021:2014, *Atemgeräte — Druckgase für Atemschutzgeräte*

prEN 12110-1:2023, *Tunnelbohrmaschinen — Druckluftschleusen — Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen an Druckluftschleusen, die Druckluft als Druck- oder Atemmedium verwenden sowie Anforderungen an Sauerstoff-Atemsysteme zum Zweck der Dekompression*

prEN 12110-2:2023, *Tunnelbohrmaschinen — Druckluftschleusen — Teil 2: Sicherheitstechnische Anforderungen bei der Verwendung von luftfremden Atemmischungen und Sättigungsverfahren in Personenschleusen sowie unter Druck stehenden Transfer Shuttles*

EN 12195-1:2010², *Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen — Sicherheit — Teil 1: Berechnung von Sicherungskräften*

EN 13414-1:2003+A2:2008, *Anschlagseile aus Stahldrahtseilen — Sicherheit — Teil 1: Anschlagseile für allgemeine Hebezwecke*

EN 13480-3:2017³, *Metallische industrielle Rohrleitungen — Teil 3: Konstruktion und Berechnung*

EN 14359:2017, *Hydrospeicher für Hydraulikanwendungen*

EN 14973:2015, *Fördergurte für die Verwendung unter Tage — Elektrische und brandtechnische Sicherheitsanforderungen*

EN 16228-1:2014+A1:2021, *Geräte für Bohr- und Gründungsarbeiten — Sicherheit — Teil 1: Gemeinsame Anforderungen*

EN 16228-2:2014+A1:2021, *Geräte für Bohr- und Gründungsarbeiten — Sicherheit — Teil 2: Mobile Bohrgeräte für Tiefbau, Geotechnik und Gewinnung*

1 Geändert durch EN 1993-1-1:2005/A1:2014.

2 Korrigiert durch EN 12195-1:2010/AC:2014.

3 Geändert durch EN 13480-3:2017/A1:2021.

EN 60076-2:2011, *Leistungstransformatoren — Teil 2: Übertemperaturen für flüssigkeitsgefüllte Transformatoren (IEC 60076-2:2011)*

EN 60204-1:2018, *Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1:2016, modifiziert)*

EN 60204-32:2008, *Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 32: Anforderungen für Hebezeuge (IEC 60204-32:2008)*

EN 60529:1991, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989)*

EN 60825-1:2014, *Sicherheit von Lasereinrichtungen — Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen (IEC 60825-1:2014)*

EN 61310-1:2008, *Sicherheit von Maschinen — Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen — Teil 1: Anforderungen an sichtbare, hörbare und tastbare Signale (IEC 61310-1:2007)*

EN IEC 60079-0:2018, *Explosionsgefährdete Bereiche — Teil 0: Betriebsmittel — Allgemeine Anforderungen (IEC 60079-0:2017)*

EN IEC 60204-11:2019, *Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 11: Anforderungen an Ausrüstung für Spannungen über 1 000 V Wechselspannung oder 1 500 V Gleichspannung, aber nicht über 36 kV (IEC 60204-11:2018)*

EN IEC 61439-1:2021, *Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen — Teil 1: Allgemeine Festlegungen (IEC 61439-1:2020)*

EN ISO 3411:2007, *Erdbaumaschinen — Körpermaße von Maschinenführern und Mindestfreiraum (ISO 3411:2007)*

EN ISO 3449:2008, *Erdbaumaschinen — Schutzaufbauten gegen herabfallende Gegenstände — Prüfungen und Anforderungen (ISO 3449:2005)*

EN ISO 3457:2008, *Erdbaumaschinen — Schutzeinrichtungen — Begriffe und Anforderungen (ISO 3457:2003)*

EN ISO 4413:2010, *Fluidtechnik — Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile (ISO 4413:2010)*

EN ISO 4414:2010, *Fluidtechnik — Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile (ISO 4414:2010)*

EN ISO 4871:2009, *Akustik — Angabe und Nachprüfung von Geräuschemissionswerten von Maschinen und Geräten (ISO 4871:1996)*

EN ISO 10218-2:2011, *Industrieroboter — Sicherheitsanforderungen — Teil 2: Robotersysteme und Integration (ISO 10218-2:2011)*

EN ISO 11161:2007, *Sicherheit von Maschinen — Integrierte Fertigungssysteme — Grundlegende Anforderungen (ISO 11161:2007)*

EN ISO 11202:2010, *Akustik — Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten — Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten unter Anwendung angenäherter Umgebungskorrekturen (ISO 11202:2010)*

EN ISO 11688-1:2009, *Akustik — Richtlinien für die Konstruktion lärmarmer Maschinen und Geräte — Teil 1: Planung (ISO/TR 11688-1:1995)*

EN ISO 12100:2010, *Sicherheit von Maschinen — Allgemeine Gestaltungsleitsätze — Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010)*

EN ISO 12922:2020, *Schmierstoffe, Industrieöle und verwandte Produkte (Klasse L) — Familie H (Hydraulische Systeme) — Anforderungen an Druckflüssigkeiten in den Kategorien HFAE, HFAS, HFB, HFC, HFDR und HFDU (ISO 12922:2020)*

EN ISO 13732-1:2008, *Ergonomie der thermischen Umgebung — Bewertungsverfahren für menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen — Teil 1: Heiße Oberflächen (ISO 13732-1:2006)*

EN ISO 13766-1:2018, *Erdbaumaschinen und Baumaschinen — Elektromagnetische Verträglichkeit von Maschinen mit internem elektrischen Bordnetz — Teil 1: Allgemeine EMV-Anforderungen unter typischen EMV-Umgebungsbedingungen (ISO 13766-1:2018)*

EN ISO 13849-1:2015, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (ISO 13849-1:2015)*

EN ISO 13850:2015, *Sicherheit von Maschinen — Not-Halt-Funktion — Gestaltungsleitsätze (ISO 13850:2015)*

EN ISO 14118:2018, *Sicherheit von Maschinen — Vermeidung von unerwartetem Anlauf (ISO 14118:2017)*

EN ISO 14119:2013, *Sicherheit von Maschinen — Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen — Leitsätze für Gestaltung und Auswahl (ISO 14119:2013)*

EN ISO 14120:2015, *Sicherheit von Maschinen — Trennende Schutzeinrichtungen — Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen (ISO 14120:2015)*

EN ISO 14122-1:2016, *Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen — Teil 1: Wahl eines ortsfesten Zugangs und allgemeine Anforderungen (ISO 14122-1:2016)*

EN ISO 14122-2:2016, *Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen — Teil 2: Arbeitsbühnen und Laufstege (ISO 14122-2:2016)*

EN ISO 14122-3:2016, *Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen — Teil 3: Treppen, Treppenleitern und Geländer (ISO 14122-3:2016)*

EN ISO 14122-4:2016, *Sicherheit von Maschinen — Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen — Teil 4: Ortsfeste Steigleitern (ISO 14122-4:2016)*

EN ISO 19353:2019, *Sicherheit von Maschinen — Vorbeugender und abwehrender Brandschutz (ISO 19353:2019)*

ISO 3795:1989, *Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry — Determination of burning behaviour of interior materials*

ISO 3864-1:2011, *Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 1: Design principles for safety signs and safety markings*

ISO 6405-1:2017, *Earth-moving machinery — Symbols for operator controls and other displays — Part 1: Common symbols*

ISO 11112:1995, *Earth-moving machinery — Operator's seat — Dimensions and requirements*

ISO 12508:1994, *Earth-moving machinery — Operator station and maintenance areas — Bluntness of edges*

ISO 15380:2016, *Lubricants, industrial oils and related products (class L) — Family H (Hydraulic systems) — Specifications for hydraulic fluids in categories HETG, HEPG, HEES and HEPR*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 12100:2010 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Tunnelbaumaschine

Tunnelbohrmaschinen und zugehörige Maschinen und Ausrüstung, die für Abbauarbeiten und die Konstruktion von Tunneln und Schächten vorgesehen sind, wie in 3.2 bis 3.10 beschrieben

3.2

Schildmaschine

steuerbare Boden-Stützkonstruktion, innerhalb welcher der Tunnelabbau entweder von Hand, mechanisch oder hydraulisch stattfindet und in der der Tunnelausbau errichtet werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Schildmaschine wird durch Kopplungsreaktion auf der Tunnelauskleidung vorwärts getrieben. Siehe Bild B.1 in Anhang B. Schildmaschinen bilden seitliche und/oder radiale Bodenabstützung. Zusätzlich können sie verschiedene Arten der Ortsbruststützung und Grundwasserüberwachung umfassen.

3.3

Tunnelbohrmaschine mit Schild

Schildmaschine für Vollschnittabbau mit einem oder mehreren rotierenden Bohrköpfen, in der der oder die Bohrkopf/Bohrköpfe vom Rest des Schilds durch eine Druckwand getrennt sein können, durch die ein kontrollierter Austrag von Material erfolgen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Durch das Abbauverfahren erzeugte Auflagerkräfte werden auf die Tunnelauskleidung übertragen. Siehe Bild B.2.

3.4

Teleskopschildmaschine

Tunnelbohrmaschine mit Schild, wie in 3.3 festgelegt, die mit einem Verspannsystem, wie in 3.12 beschrieben, ausgestattet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Teleskopschildmaschine ist ebenfalls als Doppelschildmaschine bekannt.

3.5

Tunnelbohrmaschine ohne Schild

mit einem rotierenden Bohrkopf ausgerüstete Maschine, die jedoch nicht über ein Schild als Bodenstütze verfügt oder teilweise mit einem Schild ausgerüstet werden kann, mit dem nur der Bohrkopf geschützt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.3.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die erzeugten Drehmoment- und Vorschubkraftreaktionen werden dadurch abgeleitet, dass die gesamte Maschine mittels eines Verspannsystems im Bohrloch selbst verankert wird.

3.6

Erweiterungs-Tunnelbohrmaschine

Tunnelbohrmaschine ohne Schild, die dafür vorgesehen ist, eine Pilotbohrung in einem oder in mehreren Schritten zu erweitern

Anmerkung 1 zum Begriff: In den meisten Fällen bearbeiten Tunnelbohrmaschinen ohne Schild den vollen Tunnelquerschnitt. Jedoch wird der Tunnel manchmal in zwei oder mehr Schritten vorgetrieben, indem zunächst ein kleinerer Pilotunnel gebohrt wird, der in einem oder mehreren Schritten erweitert wird. Diese Methode wird Erweiterungsbohren genannt. Im Prinzip entsprechen diese Maschinen einer Tunnelbohrmaschine ohne Schild, die den gesamten Tunnelquerschnitt in einem Schritt auffährt.

3.7

Schrägschachtbohrmaschine

Tunnelbohrmaschine wie in 3.2 bis 3.6 festgelegt, die so ausgeführt ist, dass sie in nach oben geneigter, nach unten geneigter oder beinahe vertikaler Richtung arbeitet

3.8

Mikrotunnelbohrmaschine

nichtbegehbare Schildmaschine, die von einem Bediener außerhalb des Tunnels ferngesteuert betrieben wird (nur wenn die Maschine außer Betrieb ist, darf sie zu Wartungszwecken betreten werden)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.4.

3.9

Pressbohrmaschine

Maschine, die dazu verwendet wird, Rohrleitungen durch Erdverdrängung vorzutreiben

3.10

Schneckenbohrmaschine

nicht steuerbare Maschine für den Einbau von Rohrleitungen, bei der Förderschnecken für das Lösen und den Abtransport des anstehenden Bodens benutzt werden

3.11

Teilschnittmaschine

Schneidausleger oder Baggerlader, der in eine Schildmaschine eingebaut wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild B.1.

3.12

Verspannsystem

Ausrüstung, um die durch das Abbauverfahren erzeugten Auflagerkräfte auf die Tunnelwand zu übertragen

3.13

Umsetzen

Auslösevorgang des Verspannsystems, Verschieben und Wiederanstellen des Verspannsystems

3.14

Abbaukammer

vorderer Teil eines Schilds zwischen Erdoberfläche und Druckwand, in der der Boden abgebaut wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Je nach Art der Tunnelbaumaschine darf die Abbaukammer in verschiedene Kammern unterteilt werden.

3.15

Backup-Einrichtung

Nachläufer

Stahlkonstruktion zur Aufnahme von Geräten, um das Arbeiten der Maschine zu ermöglichen und Versorgungseinrichtungen (einschließlich Wasser, Druckluft, Strom, hydraulische Leistung) für die Arbeit und Bequemlichkeit der Mannschaft bereitzustellen

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Tunnelbaumaschinen, die in 3.2 bis 3.7 beschrieben sind, ist die Backup-Einrichtung üblicherweise hinten an die Maschine angehängt, d. h., es ist eine „gezogene Backup-Einrichtung“. Bei Rohrvortrieb- und Mikrotunnelbohrgeräten, Pressbohr- und Schneckenbohrmaschinen befindet sich die Backup-Einrichtung am Boden des Anfahrsschachtes oder in der Nähe hierzu über Tage.

3.16

Rohrvorpresstation

hydraulische Vorpresseinrichtung am Anfahrtschacht, die dazu vorgesehen ist, einen Rohrstrang als Tunnelauskleidung durch den Boden zu pressen

3.17

Gerät für die Errichtung der Tunnelauskleidung (Erektor)

Vorrichtung zum Handhaben und Setzen von Tunnel-Ausbauelementen, die innerhalb oder unmittelbar hinter einer Schildmaschine angeordnet ist

3.18

Ausbausetzvorrichtung

Vorrichtung zum Handhaben und Setzen von weiteren Ausbauelementen, wie etwa Stahlrippen, die innerhalb einer Tunnelbohrmaschine und ihrem Nachläufer angeordnet ist

3.19

Vorrichtung zum Verankern von Gestein

Einrichtung zum Bohren und zur Installation von Gesteinsverankerungen, die innerhalb oder unmittelbar hinter einer Tunnelbohrmaschine ohne Schild angeordnet ist

3.20

Erkundungsbohrgerät

Bohreinrichtung für Bodenuntersuchungen vor dem Tunnel und in der Tunnelumgebung

3.21

Bedienungsstand

jeder Ort einer Tunnelbaumaschine oder des Nachläufers, von dem eine oder mehrere Funktionen der Tunnelbaumaschine, des Nachläufers oder ihrer unabhängigen Funktionseinheiten durch das Bedienungspersonal gesteuert werden kann

3.22

Hauptbedienungsstand

Bedienungsstand, von dem aus der Abbauvorgang und die Vorwärtsbewegung der Tunnelbaumaschine gesteuert werden

3.23

Durchgang

3.23.1

Hauptdurchgang

ermöglicht Zugang über die gesamte Länge der Backup-Einrichtung einschließlich Bewegungen zwischen Arbeitsbereichen und dient zudem als Fluchtweg

3.23.2

Durchgang zum Wartungsort

Teil des Durchgangsystems in Tunnelbaumaschinen, einschließlich Mikrotunnelbohrmaschinen, die nur im Stillstand zugänglich sind, der das Laufen oder Bewegen zu Wartungsorten ermöglicht

3.24

Zugangsöffnung

Öffnung innerhalb einer Tunnelbaumaschine, z. B. in der Druckwand oder im Bohrkopf, durch die Zugang des Personals zu Wartungsorten möglich ist

3.25

Wartungsort

jede Stelle einer Tunnelbaumaschine oder ihres Nachläufers, an dem in üblicher Weise Wartungs- und Reparaturarbeiten durchgeführt werden

3.26

Arbeitsbereich

Bereich auf oder in der Tunnelbaumaschine, wo Arbeiten durchgeführt werden, z. B. Felsankereinbau, Ringankererrichtung, Tunnelausbau und Ringbau, erweiterte Wartung

3.27

Schleppkabel

Energieversorgungskabel, das vom gezogenen Nachläufer zur Tunnelenergieversorgung reicht und üblicherweise von der Kabeltrommel oder Kabeltrosse gezogen wird

3.28

unverzichtbarer Dienst

Arbeiten nach dieser Norm, die im Fall eines Ausfalls der Hauptstromversorgung beibehalten werden

3.29

Rettungskammer

geschlossener Raum, der Schutz für Personen bietet, die im Tunnel von Rauch, Dampf oder Gas, außer Methan, eingeschlossen sind

3.30

Druckluftschleuse

Druckbehälter mit einer oder mehreren Kammern, die den Übergang zwischen Bereichen mit unterschiedlichem Druck ermöglichen

[QUELLE: prEN 12110-1:2023, 3.3]

3.31

Druckwand

Konstruktion, die die Abbaukammer von dem Tunnel trennt

3.32

Innendurchmesser

Innendurchmesser der Auskleidung, durch die der Nachläufer gezogen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Maschinen ohne Schild ist es der Durchmesser innerhalb des geplanten Tunnelverbaus.

3.33

Außendurchmesser

bei Tunnelbaumaschine mit Schild nach 3.2, 3.3 und 3.4 der äußere Schilddurchmesser, oder bei Tunnelbaumaschinen nach 3.5, 3.6 und 3.7 der Bohrdurchmesser

3.34

Schnellentladeeinrichtung

Einrichtung zum gleichzeitigen Entladen mehrerer Tunnelauskleidungselemente und/oder anderer Materialien aus dem Lieferfahrzeug zur Verkürzung der erforderlichen Entladedauer

3.35

geschlossener Betrieb

Tunnelbohrmaschine mit Schild nach 3.3 mit einer Druckwand und betrieben unter Druckbedingungen mit der Bohrkopfkommer vor der Druckwand

3.36

zugänglicher Bohrkopf

druckfeste Bohrkopfkonstruktion für den Zugang des Personals zu Wartungszwecken unter atmosphärischen Bedingungen

3.37

Lieferfahrzeug

mit eigenem Antrieb ausgestattete Vorrichtung zum Transport von Material oder Personen in den Tunnel

Anmerkung 1 zum Begriff: Lieferfahrzeuge können Multi-Service-Fahrzeuge oder Schienenfahrzeuge sein.

3.38

Stillstand

statische Tunnelbaumaschine ohne aktivierte Funktionen, die für die Vorwärtsbewegung oder das Setzen von Ausbauelementen erforderlich sind

3.39

unter Druck stehendes Transfer Shuttle

mobile Personenschleuse zum Personentransport unter Druck von einem festen hyperbaren System zu einem anderen

[QUELLE: prEN 12110-2:2023, 3.1]

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument als „Shuttle“ bezeichnet.

3.40

Shuttle-Andockposition

Stelle an der Tunnelbaumaschine, an der das Shuttle an eine unter Druck stehende Kammer angeschlossen werden kann

3.41

Shuttle-Fahrweg

Durchfahrtsweg des Shuttles durch die Tunnelbaumaschine zwischen dem Ankunftsort am Transportfahrzeug und der Andockposition

3.42

hyperbare Intervention

Zugang des Personals zu einer Druckkammer der Tunnelbaumaschine, z. B. Druckluftschleuse, Zwischenkammer, Abbaukammer

3.43

zugehöriges System

separates System, das nicht Teil der Tunnelbaumaschine ist, aber Vorrichtungen an der Tunnelbaumaschine als physische oder Steuerungsschnittstelle benötigt, z. B. Spülkreislauf, Förderband für Tunnelaushub

4 Sicherheitsanforderungen und/oder Schutz-/Risikominderungsmaßnahmen

4.1 Allgemeines

Tunnelbohrmaschinen müssen den Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen dieses Abschnittes entsprechen.

Außerdem muss die Maschine im Hinblick auf relevante, aber nicht signifikante Gefährdungen, die nicht in diesem Dokument behandelt werden, nach den Leitsätzen von EN ISO 12100:2010 konstruiert sein.

4.2 Schutzmaßnahmen

4.2.1 Scharfe Ecken und Kanten

Zugängliche Teile müssen so konstruiert und gefertigt sein, dass ein Kontakt mit scharfen Kanten, Winkeln oder rauen Flächen, der zu Verletzungen führen kann, vermieden wird.

Die Konstruktion muss mit ISO 12508:1994 übereinstimmen.

4.2.2 Heiße Oberflächen

Wenn in zugänglichen Bereichen einer Maschine die Gefahr des Kontakts mit heißen Oberflächen besteht, müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden, um:

- a) die Temperatur heißer Oberflächen zu begrenzen (siehe EN ISO 13732-1:2008 als Anleitung);
- b) wo das nicht möglich ist, den Kontakt mit diesen Oberflächen/Teilen durch Abschirmung oder feste Schutzabstände zu vermeiden;
- c) Warnschilder gegen Restrisiken aufzustellen, siehe 6.2.1 und 6.3.2.

4.2.3 Bohrkopf

Für Überprüfungs- und Wartungsarbeiten müssen Zugänge einschließlich Zugangsöffnungen nach 4.2.10.4 zum Raum hinter dem oder in das Innere des Bohrkopfes oder in ähnlicher Weise durch den Bohrkopf zum Raum davor vorhanden sein. Bei Tunnelbaumaschinen mit einem Außendurchmesser von mehr als 7,5 m muss die Mindestbreite 0,6 m und der Mindestquerschnitt 0,45 m² betragen.

Bohrköpfe mit einem Durchmesser von 3,8 m oder mehr müssen so konstruiert sein, dass der Wechsel von Schneidwerkzeugen und anderen im Rahmen der routinemäßigen Wartung zu ersetzenden Teilen durchgeführt werden kann, ohne den Raum vor dem Bohrkopf zu betreten, z. B. Backloading-Konstruktionen.

ANMERKUNG 1 Bei Bohrköpfen mit einem Durchmesser von weniger als 3,8 m, die zur Schneidrollenwartung zugänglich sind, werden Backloading-Konstruktionen bevorzugt.

Bei bestimmten Anordnungen, wenn z. B. Messfühler und Kernteil des Bohrkopfes von hinten nicht zugänglich sind, müssen andere Vorkehrungen getroffen werden.

Bohrköpfe mit einem Durchmesser von 5,5 m oder mehr an Maschinen mit geschlossenem Betrieb müssen mit einem optischen Fernüberprüfungssystem für den Bohrkopf und einem Erkennungssystem für Verschleiß der Bohrkopfkonstruktion ausgerüstet sein.

ANMERKUNG 2 Bei Bohrköpfen mit einem Durchmesser von weniger als 5,5 m an Maschinen mit geschlossenem Betrieb, die zur Schneidrollenwartung zugänglich sind, werden optische Fernüberprüfungssysteme für den Bohrkopf und ein Erkennungssystem für Verschleiß der Bohrkopfkonstruktion bevorzugt.

Nachdem der Bohrkopf angehalten wurde, müssen Vorrichtungen vorgesehen werden, die ein Wegbewegen von dieser Position, unabhängig aus welchem Grund, außer bei Betrieb der Steuervorrichtungen, verhindern (siehe Tabelle 3).

Für die Bohrkopfdrehung muss die Kraft, der standgehalten werden muss, 5 % des maximalen Bohrkopfdrehmoments oder einer nicht ausgeglichenen Mindestlast von 10 kN im Umfeld des Bohrkopfes sein, je nachdem, welcher Wert größer ist.

Wenn infolge Schwerkraft oder Ortsbrustdruck weitere Bewegungen des Bohrkopfes möglich sind, muss die Kraft, der standgehalten werden muss, doppelt so groß wie die angegebene relevante Kraft sein, die sich aus dem maximalen Ortsbrustdruck oder der maximalen Neigung ergibt, wie vom Hersteller festgelegt.

Hydraulikzylinder oder Motoren, die Bewegungen aus der Halteposition verhindern sollen, müssen dupliziert werden und die Last im Falle eines Leitungsfehlers oder Fehlers in der Energiezufuhr nach Eintreten der Störung mittels eines direkt in den Kreislauf einbezogenen pilotgesteuerten Kontrollventils oder mittels Lasthaltebremsen halten. Die Hubstellung der Hydraulikzylinder oder die Ein-Aus-Stellung der Lasthaltebremsen muss überwacht werden.

4.2.4 Handhabung

4.2.4.1 Handhabung von Verbrauchsteilen, temporären Installationsmaterialien und Maschinenteilen

4.2.4.1.1 Allgemeines

Einrichtungen zur Handhabung von Verbrauchsteilen oder Verschleißteilen, die regelmäßig ausgewechselt werden müssen, einschließlich Schneidrollen, Großbehälter für chemische Zusatzstoffe und Fässer mit Schmierfett, müssen vom Lieferfahrzeug bis zum Verwendungsort in der TBM, einschließlich gegebenenfalls in und aus dem Lager in der TBM, vorgesehen werden. Einrichtungen müssen auch für temporäre Installationsmaterialien wie Schienen, Lüftungskassetten und Schlammrohre sowie Stetigfördererkonstruktionen (je nach Art der verwendeten TBM) vorgesehen werden.

Wenn Masse, Größe oder Form der Verbrauchsteile oder Verschleißteile ein manuelles Bewegen des Teiles ausschließen, müssen die Teile

- a) entweder mit Anschlagpunkten für Hebevorrichtungen ausgerüstet sein; oder
- b) so konstruiert sein, dass die Anbringung von Anschlagpunkten möglich ist; oder
- c) so geformt sein, dass normales Hebegeschirr leicht anzuhängen ist.

ANMERKUNG Siehe EN 1005-2:2003+A1:2008 als Anleitung.

Wenn Anschlagpunkte vorhanden sind, muss die Nutzlast auf der Maschine neben dem Anschlagpunkt angegeben sein.

4.2.4.1.2 Schmierfett pumpen

Mechanische Mittel zum Brechen des Siegels zwischen dem Kolben und dem Schmierfett und zum anschließenden Anheben des Kolbens an den Schmierfettfaspumpen müssen vorgesehen werden.

4.2.4.1.3 Temporäre Schieneninstallation

Wenn ein Abschnitt der Nachläufer-Sohlenkonstruktion angehoben wird, damit die Tunnelschienen erweitert werden können, muss dieser Abschnitt der Nachläuferkonstruktion mechanisch angehoben und abgesenkt werden. Es muss eine Vorrichtung vorhanden sein, mit der die angehobene Konstruktion in vertikaler Position gehalten wird. Wenn kein Zugang möglich ist, um die Vorrichtung manuell zu lösen, muss es möglich sein, die Vorrichtung aus der Ferne zu lösen.

Wenn der Nachläufer auf separaten, temporären Hilfsschienenabschnitten mit mehr als 50 kg Masse läuft, müssen Einrichtungen zur Handhabung der einzelnen Hilfsschienenabschnitte einschließlich jeglicher Schienentragkonstruktionen vorgesehen werden.

4.2.4.2 Handhabung und Installation von Ausbauelementen und dauerhaften Konstruktionen

4.2.4.2.1 Allgemeines

Wenn das Tunnel-Ausbausystem oder die Installation der internen Tunnelkonstruktion die Handhabung von Elementen mit mehr als 50 kg Masse erfordert, muss eine Ausbausetzvorrichtung vorgesehen werden.

Einrichtungen zum Entladen und Transport von Elementen vom Lieferfahrzeug, das diese in den Tunnel transportiert, in das Zwischenlager oder aus dem Zwischenlager in die Position zur Aufnahme durch den Erektor oder eine andere Installationseinrichtung müssen vorgesehen werden.

Wenn ein Teil der Entlade-, Transport- oder Vorbereitungsvorgänge für Elemente in der Tunnelbaumaschine automatisiert ist, muss der Zugang zum Bereich, in dem automatisierte Bewegungen erfolgen, durch verriegelte Türen und Schutzeinrichtungen gesichert werden.

Durch Öffnen einer Tür oder Schutzeinrichtung muss die Bewegung im Automatikbetrieb gestoppt werden und nur der manuelle Betrieb von einem Vor-Ort-Bedienungsstand aus darf zugelassen werden (siehe Tabelle 3).

Die Betriebsart muss mit einem Schlüsselschalter ausgewählt werden. Zudem muss die Betriebsart am Hauptbedienungsstand angezeigt werden.

4.2.4.2.2 Hebesystem

Das System zum Heben einzelner Ausbauelemente und Materialien muss so konstruiert sein, dass die Anwesenheit von Personen im Gefahrenbereich vermieden wird.

Wenn Hebevorgänge direkt vom Lieferfahrzeug erfolgen, muss der Fahrer des Lieferfahrzeugs durch ein optisches Signal auf den Abschluss der Vorgänge hingewiesen werden. Dieses Signal muss vom Bediener des Hebesystems gesteuert werden.

Wenn Hebevorgänge direkt vom Lieferfahrzeug erfolgen, muss der Fahrer des Lieferfahrzeugs auf die Aktivierung eines Not-Halts vom Bedienungsstand des Hebesystems hingewiesen werden.

4.2.4.2.3 Schnellentladeeinrichtung

Wenn eine Schnellentladeeinrichtung nach 3.34 eingebaut ist, muss der Zugang zu dem Bereich, in dem ferngesteuerte Bewegungen erfolgen, durch Türen und Schutzeinrichtungen gesichert werden.

Für den Normalbetrieb darf kein manueller Eingriff erforderlich sein.

Alle Motoren und Hydraulikzylinder, die Lasten halten, müssen diese Last auch im Falle eines Leitungsfehlers oder Fehlers in der Energiezufuhr nach Eintreten der Störung mittels eines direkt in den Kreislauf einbezogenen pilotgesteuerten Kontrollventils oder mittels Lasthaltebremsen halten. Für die Anforderungen sind EN ISO 4413:2010 und EN ISO 4414:2010 zu berücksichtigen.

An für Fahrer von Lieferfahrzeugen sichtbaren Stellen müssen Kennzeichnungen für die richtige Positionierung des Lieferfahrzeugs zur Schnellentladeeinrichtung angebracht werden.

Es müssen Kommunikationsmittel für die Kommunikation zwischen dem Bediener der Entladeeinrichtung und dem Fahrer des Lieferfahrzeugs für die richtige Positionierung des Lieferfahrzeugs vorgesehen werden.

Der Fahrer des Lieferfahrzeugs muss durch ein optisches Signal auf den Abschluss des Hebevorgangs hingewiesen werden. Dieses Signal muss vom Bediener der Entladeeinrichtung gesteuert werden.

Der Fahrer des Lieferfahrzeugs muss auf die Aktivierung eines Not-Halts vom Bedienungsstand der Schnellentladeeinrichtung hingewiesen werden.

4.2.4.2.4 Segmentförderer

Sofern vorhanden, muss ein Segmentförderer zur Lagerung und/oder zur Zuführung der Elemente zur Aufnahmeposition des Erektors so konstruiert sein, dass ein Verletzungsrisiko für Personen im Gefahrenbereich vermieden wird.

Wenn die Segmentfördererkonstruktion als Zugang verwendet werden soll, darf die Lauffläche keine Gefährdungen durch Einklemmen oder Stolpern, wie Löcher oder Lücken, aufweisen.

Wenn Personen anwesend sein müssen, um die Elemente für die Errichtung vorzubereiten, muss ein dafür bestimmter Arbeitsplatz zur Verfügung gestellt werden.

Der Zuführungsmechanismus muss so konstruiert sein, dass ein Einklemmen verhindert wird (z. B. durch Schutzeinrichtungen). Die Zuführungsvorrichtung muss so konstruiert sein, dass der Abstand zwischen nebeneinander liegenden Elementen darauf niemals weniger als 150 mm beträgt, während sich die Zuführungsvorrichtung bewegt.

Der Bediener des Segmentförderers muss die Möglichkeit haben, jede Bewegung des Zuführungsmechanismus separat zu steuern. Zusätzlich darf eine einzige Steuereinrichtung mit selbsttätiger Rückstellung vorhanden sein, mit der die Zuführungsvorrichtung kontinuierlich geschaltet wird. Wenn der Bediener des Erektors auch die Zuführungsvorrichtung steuern kann, muss es ihm möglich sein, jede Bewegung zusätzlich zu einer gegebenenfalls vorhandenen Steuereinrichtung mit selbsttätiger Rückstellung separat zu steuern. Die Steuerung der Zuführungsvorrichtung darf immer nur von einem Bedienungspunkt aus möglich sein. Die Steuerung muss von einem Bediener abgegeben werden, bevor ein anderer Bediener sie übernehmen kann.

Wenn der Bediener des Segmentförderers keine direkte Sicht auf alle zugänglichen Bereiche des Segmentförderers hat, müssen Sichthilfsmittel wie Überwachungskameras vorgesehen werden.

4.2.4.2.5 Ausbauelement- oder Bauteilheber

Heber am Ausbauerektor, einschließlich Vakuumheber an Ausbauerektoren und anderen Systemen zur Handhabung von Bauteilen, müssen so bemessen sein, dass der Sicherheitsfaktor gegen Abreißen und Abgleiten mindestens 2,0 beträgt, wenn eine Scherverbindung (z. B. Scherbolzen) zwischen dem Heber und dem Ausbauelement vorhanden ist. Andernfalls muss der Sicherheitsfaktor mindestens 3,0 betragen.

Wo Ausbauelemente mit glatter Oberfläche mit Vakuumhebern gehandhabt werden, müssen die Vakuumheber so konstruiert sein, dass das Vakuum nach Ausfall der Vakuumpumpe oder der Energieversorgung mindestens 25 min innerhalb des Arbeitsdruckbereichs gehalten werden kann. Wenn das Mindestvakuum unter 80 % fällt, müssen ein akustischer und ein optischer Warnhinweis in Betrieb gesetzt werden (siehe Tabelle 4).

Die Ausführung des Vakuumsystems muss die Verringerung des effektiven Vakuums je nach Höhe berücksichtigen.

Alle Hydraulik- und Pneumatik-Zylinder, Motoren und Vakuumheber, die Lasten halten, müssen diese Last auch im Falle eines Leitungsfehlers oder Fehlers in der Energiezufuhr nach Eintreten der Störung mittels eines direkt in den Kreislauf einbezogenen pilotgesteuerten Kontrollventils oder mittels Lasthaltebremsen halten. Für die Anforderungen sind EN ISO 4413:2010 und EN ISO 4414:2010 zu berücksichtigen.

In allen Fällen müssen Winden und Antriebsmotoren mechanische Bremsen besitzen, die während des Betriebs automatisch gelöst werden.

4.2.4.2.6 Installation von Ausbauelementen

Wenn die Konstruktion von Tunnel-Auskleidungs- und Ausbauelementen Zugang für manuelle Arbeiten während der Installation erfordert, müssen Durchgänge nach 4.2.10.2 angelegt werden.

Wenn die Konstruktion der Tunnel-Auskleidungselemente das Einfahren einzelner Gruppen von Vorschubzylindern während der Installationssequenz bestimmter Elemente erfordert, darf es nur möglich sein, die entsprechende Gruppe Vorschubzylinder einzufahren.

4.2.4.2.7 Felsverankerung

Wo die bestimmungsgemäße Verwendung der Tunnelbaumaschine eine Felsverankerung erfordert, muss die Felsverankerung mit EN 16228-1:2014+A1:2021 und EN 16228-2:2014+A1:2021 übereinstimmen.

4.2.4.3 Integration von Robotersystemen

Wenn für Handhabungs- oder Montagezwecke Robotersysteme integriert werden, müssen diese mit EN ISO 10218-2:2011 übereinstimmen.

4.2.5 Verrollung und Verschiebung (Längsbewegung)

4.2.5.1 Verrollung

Tunnelbaumaschinen können infolge einer unabsichtlich nicht ausgeglichenen Last- bzw. Belastungsverteilung einer langsamen Verrollung unterliegen.

Bei der Konstruktion und Fertigung von Tunnelbaumaschinen, insbesondere bei solchen, wie in 3.2 bis 3.8 festgelegt, ist besondere Sorgfalt darauf zu verwenden, dass exzentrisch wirkende Lasten vermieden werden, und alle Tunnelbaumaschinen müssen mit einer Verrollungsanzeige und einem wirksamen Antiverrollsystem ausgestattet sein (z. B. Zweirichtungs-Bohrkopf, gelenkte Zylinder, Hobel).

Eine plötzliche Verrollung einer Tunnelbaumaschine, wie in 3.2 bis 3.8 festgelegt, kann eintreten, wenn sich ein Bohrkopf oder ein Fräsausleger in der Ortsbrust verfängt. Solche Maschinen müssen deshalb mit einer Sicherheitsvorrichtung ausgerüstet sein, die die Energiezufuhr zu den Antriebsmotoren unterbricht, wenn die Tunnelbaumaschine sich mehr als um einen voreinstellbaren Winkel verdreht hat.

4.2.5.2 Verspannen und Umsetzen

Um ein Verrollen oder Rücklaufen von Tunnelbaumaschinen zu verhindern, die mit einem Verspannsystem nach 3.12 ausgestattet sind, z. B. Tunnelbohrmaschine ohne Schild oder Teleskopschildmaschine, muss ein Verriegelungssystem sicherstellen, dass erst dann der Bohrkopftrieb eingeschaltet und die Vorschubkraft erzeugt werden kann, wenn die vom Hersteller festgelegte Mindestverspannkraft erreicht ist (siehe 4.5.1 und Tabelle 3).

Wenn auf Reibung basierende Verspannsysteme verwendet werden, müssen der Reibungskoeffizient und die Tragfähigkeit der Tunnelwand zwischen dem Hersteller und dem Anwender vereinbart werden.

Bei Absinken der Verspannkraft unter diese Mindestverspannkraft müssen das Drehen des Bohrkopfes und die Vorschubkraft automatisch abgeschaltet werden.

Die Verspannkraft (z. B. Verspannzylinderdruck) und die Position des Verspannsystems (z. B. Verspannzylinderhub) müssen überwacht und am Hauptbedienungsstand angezeigt werden.

Bei Anwendung von Tunnelbaumaschinen, bei denen Vorschubkraftreaktionen dadurch abgeleitet werden, dass die Maschine mittels eines Verspannsystems im Bohrloch selbst verankert wird, z. B. Tunnelbohrmaschine ohne Schild oder Teleskopschildmaschine ohne Installation von Elementen, mit einer Neigung von 25 % oder mehr zur Horizontalen, müssen zwei zusätzliche Verankerungssysteme, z. B. unabhängige Verspannsysteme, vorgesehen werden. Eine Verriegelungssteuerung (siehe Tabelle 3) muss sicherstellen, dass zwei der drei Systeme immer eingeschaltet sind, um ein Abrutschen der Tunnelbaumaschine während des Umsetzvorganges zu verhindern. Die zusätzlichen Systeme müssen unabhängig vom Haupthydrauliksystem und der Hauptenergieversorgung aktiviert werden und sobald sie aktiviert sind, müssen sie rein mechanisch funktionieren und dürfen von keiner Energieversorgung außer von Schwerkraft abhängig sein. Sie müssen während des Umsetzens oder im Falle eines Leistungsverlustes automatisch aktiviert werden. Jede Zusatzverspannung muss in der Lage sein, die Tunnelbaumaschine mindestens mit dem 1,25-Fachen der Komponente der Massekraft der Tunnelbaumaschine und ihrer zusätzlichen Zuglasten, z. B. Seilwinden oder Seilscheiben, zu halten, die parallel zur Schachtachse wirkt.

Für Anwendungen von Tunnelbaumaschinen mit einer Neigung zwischen 15 % und 25 % muss durch die Tunnelprojekt-Risikobeurteilung bestimmt werden, ob zusätzliche Systeme zur sicheren Anwendung der Maschine unter vorhersehbarer Bodenbeschaffenheit notwendig sind.

4.2.6 Strukturelles Versagen

4.2.6.1 Strukturelles Versagen des Schilds

Schildmaschinen für den Tunnelbau können während des Tunnelvortriebs als temporäres Tunnel-Ausbausystem wirken. Sie müssen deshalb in Übereinstimmung mit EN 1993-1-1:2005¹ konstruiert sein, damit sie den vom umgebenden Boden sowie vom Grundwasserpegel ausgehenden Belastungen widerstehen können. Außerdem müssen Arbeitsbelastungen und der Bemessungsbetriebsdruck berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Obwohl die Abbaukammer für geschlossenen Betrieb so konstruiert ist, dass sie allen vorhersehbaren Druckbelastungen standhält, ist sie kein Druckbehälter, da ein Teil von ihr aus dem Boden besteht, der eine schwankende Permeabilität aufweist und somit nicht druckfest ist.

4.2.6.2 Strukturelles Versagen des zugänglichen Bohrkopfes

Zugängliche Bohrkopf- und Schneidwerkzeug-Montagegehäuse müssen so konstruiert sein, dass sie zusätzlich zu den Arbeitsbelastungen auch den Belastungen durch den Boden und das Grundwasser standhalten.

ANMERKUNG Obwohl der zugängliche Bohrkopf einer Maschine so konstruiert ist, dass er allen vorhersehbaren Druckbelastungen standhält, ist er kein Druckbehälter.

Es muss ein von Hand betätigtes Ventil vorhanden sein, mit dem von innerhalb des Montagegehäuses Druck abgelassen werden kann, sobald der Schließmechanismus aktiviert worden ist.

4.2.7 Druckluftschleusen

4.2.7.1 Allgemeines

Wenn die bestimmungsgemäße Verwendung der Tunnelbaumaschine eine oder mehr Druckluftschleuse(n) erfordert, muss der Aufbau der Tunnelbaumaschine so konstruiert sein, dass die Druckluftschleuse(n) eingebaut werden kann/können.

Die Druckluftschleuse(n) muss/müssen prEN 12110-1:2023 und prEN 12110-2:2023 und den Anforderungen in den folgenden Abschnitten entsprechen.

4.2.7.2 Zugang

Wenn die Druckluftschleuse in Verwendung ist, gilt Folgendes:

- der Zugang zur Plattform vor der Druckluftschleuse muss 4.2.10.2 entsprechen;
- die Plattform vor der Eingangstür zu jeder Druckluftschleuse muss mindestens 1 m mal 1,5 m groß sein. Für den Bediener der Druckluftschleuse muss ein Klappsitz vorgesehen werden. Wenn die Dekompressionskammer videoüberwacht ist, muss sich die Bedienerposition nicht neben der Eingangstür befinden.

4.2.7.3 Temporäre Lagereinrichtungen

Der Anwender und der Hersteller müssen die Größe und die Art der erforderlichen temporären Lagereinrichtungen für Atemgasgemisch und/oder Sauerstoff vereinbaren.

Wenn sich diese temporären Lagereinrichtungen im Nachläufer befinden, dürfen die temporären Lagereinrichtungen nicht die Fluchtwege oder den Zugang zu anderen sicherheitsrelevanten Ausrüstungen blockieren und sie dürfen sich nicht in der Nähe von Hochspannungsanlagen befinden. Im temporären Lagerbereich muss eine Sauerstoffüberwachung nach 4.8.4 installiert sein.

4.2.7.4 Atemluftleitungen

In der Tunnelbaumaschine müssen Mittel zum Anschluss an die Atemluftversorgung von der Oberfläche vorgesehen werden, die den Anforderungen aus EN 12021:2014 entsprechen und die Vorwärtsbewegung der Tunnelbaumaschine zulassen. Es müssen Doppelleitungen durch den Nachläufer bis zur Personenschleuse vorgesehen werden. An jeder Leitung muss ein Rückschlagventil zusammen mit einem Ventil zur Durchflussregelung innerhalb der Leitung vorhanden sein. An jeder Leitung muss sich ein Filter zum Entfernen von aus der Versorgungsleitung im Tunnel stammendem Staub befinden. Es müssen zudem Mittel zur Druckentlastung der Verbindung zur Oberflächenversorgung vorgesehen werden, damit die Versorgungsleitungen im Tunnel verlängert werden können.

ANMERKUNG Die Schnittstelle zwischen prEN 16191:2023 und prEN 12110-1:2023 zur Luftversorgung wird in prEN 12110-1:2023 gezeigt.

Wenn eine externe Luftversorgung zur TBM vorhanden ist, die die Anforderungen nach EN 12021:2014 erfüllt, müssen Verbindungen von jeder Versorgungsleitung vorgesehen werden, die zusammengekommen eine einzige Zufuhr zu einer Rettungskammer bilden, sofern vorhanden (siehe Anhang E, E.3). An jeder Verbindung müssen Rückschlagventile angebracht werden, um einen Rückfluss zu verhindern.

4.2.7.5 Gasversorgung

Am temporären Lagerbereich im Nachläufer müssen Anschlussstellen für die Versorgung mit Atemgasgemisch und Sauerstoff vorgesehen werden. Die Notversorgungen müssen getrennt auf einem anderen Weg bis zur Personenschleuse verlaufen. Ein Absperrventil und eine Einrichtung zur Druckanzeige müssen an jeder Versorgung neben der Anschlussstelle vorgesehen werden. Eine Vorrichtung zum Ablassen von Druck in der Versorgungsleitung vor dem Trennen muss vorhanden sein. Es muss möglich sein, die Versorgungsleitung zu verschließen, wenn sie nicht verwendet wird. Es darf konstruktionsbedingt nicht möglich sein, die Sauerstoffversorgung statt der üblichen Atemgasgemischversorgung anzuschließen und umgekehrt. Die Art der Verbindung muss zwischen dem Hersteller und Anwender vereinbart werden, damit sie die Anforderungen des Anwenders erfüllt.

Die Versorgungsleitung zwischen der Anschlussstelle und der Druckluftschleuse für Personal sollte nicht länger sein als 50 m, um den Druckverlust so gering wie möglich zu halten.

Es muss möglich sein, die Quelle der Sauerstoff- und Atemgasgemischversorgung zu wechseln, ohne den Durchfluss durch die Druckluftschleuse(n) zu unterbrechen.

Die Druckverringerung der ersten Stufe muss an der Quelle, mit Einrichtungen zur Druckanzeige an der Hochdruck- und Niederdruckseite der Druckverringerungseinrichtung, erfolgen. Der Rückfluss von einer Quelle zur anderen muss durch Rückschlagventile verhindert werden. Stromabwärts der Druckverringerungseinrichtung muss sich ein schnell wirkendes Absperrventil befinden. Der Druck in jeder Versorgungsleitung an der Schnittstelle zu der/den Druckluftschleuse(n) darf 40 bar nicht überschreiten.

Übermäßiger Durchfluss in der 40-bar-Versorgungsleitung muss durch die Konstruktion verhindert werden.

An jeder Versorgungsleitung für Sauerstoff oder Atemgasgemisch müssen Einrichtungen zum Druckablass, geregelt von einem langsam wirkenden Ventil, vorhanden sein. Auf diese Weise abgelassener Sauerstoff muss in das Ventilationssystem des Tunnels oder andere belüftete Räume abgegeben werden.

Alle Gasversorgungs- oder -ablassleitungen in der Tunnelbaumaschine müssen prEN 12110-2:2023, 4.2.3, entsprechen.

Sauerstoff und Atemgasgemisch sollten vom Anwender zur Verfügung gestellt werden.

4.2.7.6 Sauerstoffabgabe

Die Sauerstoffabgabe aus der Personenschleuse muss in das Ventilationssystem des Tunnels oder in einen anderen belüfteten Raum erfolgen.

Der Sauerstoffabgabepunkt muss mit einem Warnschild versehen werden, z. B. „Vorsicht – Sauerstoffabgabepunkt“.

Die Leitung zwischen der Personenschleuse und dem Abgabepunkt sollte 50 m nicht überschreiten.

4.2.7.7 Wasserversorgung

Das Brandlöschsystem der Personenschleuse(n) muss mit einem ausreichenden Volumen sauberen Wassers mit ausreichend Druck aus der Hauptwasserversorgung der Tunnelbaumaschine versorgt werden, um die Anforderungen nach prEN 12110-1:2023, 4.2.5, zu erfüllen.

4.2.7.8 Energieversorgung

Die Druckluftschleuse(n) muss/müssen ausreichend mit Energie von der Hauptenergieversorgung der Tunnelbaumaschine versorgt werden, um alle elektrischen Einrichtungen der Personenschleuse(n) und Materialschleuse(n) zu versorgen. Die Energieversorgung der Druckluftschleuse(n) muss ein unverzichtbarer Dienst sein und die entsprechenden Anforderungen aus 4.5.6 erfüllen.

4.2.8 Handhabung unter Druck stehender Transfer Shuttles

4.2.8.1 Allgemeines

Wenn die bestimmungsgemäße Verwendung der Tunnelbaumaschine den Personentransfer unter Druck mittels eines Shuttles nach 3.39 vorsieht, müssen zur Bewegung des Shuttles durch die Tunnelbaumaschine Mittel zwischen dem Tunneltransportfahrzeug und der Andockposition an der Tunnelbaumaschine vorgesehen werden. Shuttlemaße, Masse und Einzelheiten zu den Befestigungsmitteln müssen vom Anwender bereitgestellt werden (siehe auch prEN 12110-2:2023, 4.3.2.1).

Das Shuttle darf während der Handhabung keine Fluchtwege blockieren.

Wenn das Shuttle besetzt ist, ist Folgendes anwendbar:

- immer, wenn sich das Shuttle innerhalb der Tunnelbaumaschine befindet, muss ein Zugang zum Bedienungsstand des Shuttles vorhanden sein;
- die Tunnelbaumaschine muss so konstruiert sein, dass das Shuttle während der Handhabung des mit Personen besetzten Shuttles immer in einer Position mit einem Winkel bis 10° zur Horizontalen bleibt;

- alle für die Bewegung des Shuttles verwendeten strombetriebenen Ausrüstungen müssen als unverzichtbarer Dienst betrachtet werden und die entsprechenden Anforderungen aus 4.5.6 erfüllen.

Die Last des Shuttles für Handhabung und Abstützung muss die nach prEN 12110-2:2023, 4.6.7, berechnete Betriebslast sein.

4.2.8.2 Nahezu horizontale Bewegung des Shuttles

Es müssen mechanische Vorrichtungen zur Bewegung des Shuttles und zur Verhinderung unbeabsichtigter Bewegungen des Shuttles aufgrund der Schwerkraft vorhanden sein.

Es ist zulässig, über eine einzige Vorrichtung für beide Funktionen zu verfügen.

Die mechanischen Vorrichtungen dürfen vom Anwender bereitgestellt werden.

Wenn eine mechanische Vorrichtung vom Anwender bereitgestellt wird, muss die Schnittstelle zwischen der Vorrichtung und der Maschine mit dem Hersteller vereinbart werden.

Wenn die Bewegung auf Schienen erfolgt, muss die Spurbreite für die Schienenmontage 900 mm betragen, sofern nicht anders durch die bestimmungsgemäße Verwendung erforderlich, siehe prEN 12110-2:2023, 4.6.4.

Die maximale Neigung muss zwischen dem Hersteller und dem Anwender vereinbart werden.

4.2.8.3 Vertikale Bewegung des Shuttles

Wenn der Shuttle-Fahrweg durch die Tunnelbaumaschine ein Anheben erfordert, um die Andockposition zu erreichen, muss das Anheben hydraulisch oder elektrisch erfolgen.

Für die Handhabung des Shuttles muss ein Schlüsselschalter vorgesehen werden. Die Betriebsgeschwindigkeit darf 3 m/min nicht überschreiten.

Wenn Hubplattformen eingebaut sind, müssen diese prEN 1570-1:2022 entsprechen. Wenn sich das Shuttle in seiner Andockposition befindet, muss die Plattform durch mechanische Vorrichtungen in ihrer Position verriegelt werden.

Wenn ein Hebesystem mit Seilen oder Ketten nur für das Anheben des Shuttles vorhanden ist, muss es EN 1808:2015 entsprechen, jedoch muss die oben angegebene Betriebsgeschwindigkeit anwendbar sein.

Wenn ein kombiniertes Hebesystem für Materialien, z. B. Ausbauelemente, und das Shuttle vorhanden ist, muss die erforderliche Tragfähigkeit der doppelten Betriebslast nach prEN 12110-2:2023, 4.6.7, entsprechen. Ein Versagen der Hebevorrichtungen darf nicht zu Instabilität des Shuttles während des Hebevorgangs führen. Zur Konstruktion des Steuersystems eines kombinierten Hebesystems siehe 4.5.1.

Wenn das Entladen des Shuttles aus dem Tunneltransportfahrzeug durch ein kombiniertes Hebesystem erfolgt, müssen die Sicherheitsfaktoren des/der flexiblen Lastaufnahmemittel(s) bei Anschlagseilen aus Stahldrahtseilen nach EN 13414-1:2003+A2:2008 das 10-Fache oder bei Anschlagketten nach EN 818-4:1996+A1:2008 das 8-Fache der Betriebslast des Shuttles nach prEN 12110-2:2023, 4.6.7, betragen.

Tragseile oder -ketten dürfen nicht bis unter das Shuttle reichen.

Jede Öffnung, durch die das Shuttle gehoben wird, muss entweder durch Geländer gesichert werden oder geschlossen werden, wenn sie nicht genutzt wird.

4.2.8.4 Shuttle-Andockposition

An der/den Shuttle-Andockposition(en) in der Tunnelbaumaschine muss ein Andockflansch angebracht werden, siehe prEN 12110-2:2023, 4.6.2.

ANMERKUNG 1 Je nach bestimmungsgemäßer Verwendung der Tunnelbaumaschine können sich die Shuttle-Andockpositionen an der/den Druckluftschleuse(n), an einer Druckwand, die eine Zwischenkammer bildet, oder an der rückwärtigen Trennwand eines zugänglichen Bohrkopfes nach 4.4.5 befinden.

Sofern sie kein Bestandteil des Shuttles sind, müssen Vorrichtungen zur Ausrichtung des Shuttle-Andockflansches am angrenzenden Andockflansch der Tunnelbaumaschine vorgesehen werden.

Sobald die ausgerichtete Position erreicht ist, muss es möglich sein, das Shuttle mechanisch in dieser Position zu verriegeln.

Wenn an der Shuttle-Konstruktion oder am Stützrahmen für die Shuttle-Andockposition manuell betätigte Ausrichtvorrichtungen für das Andocken des Shuttles vorgesehen sind, muss in der Andockposition Zugang zu den Bedienpositionen vorhanden sein.

ANMERKUNG 2 Die Vorrichtung zur Ausrichtung des Shuttles kann fester Bestandteil des Transfer Shuttles selbst oder der Stützkonstruktion der Shuttle-Andockposition sein, siehe prEN 12110-2:2023, 4.6.3.

In der Andockposition muss das Eigengewicht des Shuttles entweder durch eine mechanisch verriegelte Hubplattform oder durch die TBM-Konstruktion getragen werden. Kein Teil des Eigengewichts des Shuttles darf vom Andockflansch oder der angrenzenden Druckluftschleuse getragen werden.

ANMERKUNG 3 Die Stützkonstruktion der TBM kann eine temporäre Vorrichtung sein.

Zugang zur manuell betätigten Andockklemme muss vorhanden sein.

Es müssen Vorrichtungen vorgesehen werden, um alle Versorgungsleitungen nach prEN 12110-2:2023, 4.6.2.1, zum Shuttle zu führen, wenn sich dieses in der Andockposition an der Tunnelbaumaschine befindet. Der Anschluss muss über das Anschlusspaneel für die externe Versorgung am Shuttle erfolgen. Die Energieversorgung muss ein unverzichtbarer Dienst sein und die entsprechenden Anforderungen aus 4.5.6 erfüllen.

Die verwendeten Anschlüsse müssen mit denen am Anschlusspaneel des Shuttles für die externe Versorgung kompatibel sein. Jede Versorgungsleitung muss innerhalb von 0,5 m zur Anschlussstelle deutlich mit seiner Funktion gekennzeichnet sein. Anschlüsse müssen mit Kappen versehen sein, um Eindringen von Schmutz zu verhindern, wenn sie nicht verwendet werden.

Es müssen eine oder mehr Anschlussstellen für die Versorgung mit Druckluft und Atemgasgemisch am Anschlusspaneel des Shuttles für die externe Versorgung vorgesehen werden, wenn sich das Shuttle bei einem Notfall zwischen der Andockposition und der Transferposition des Transportfahrzeugs befindet. Die Entfernung zwischen einer Anschlussstelle und dem Shuttle darf 50 m nicht überschreiten. Eine einzige Versorgung für jedes Gas muss ausreichend sein.

4.2.9 Andere Druckkammern

4.2.9.1 Allgemeines

Andere Druckkammern dürfen nur mit Luft druckbeaufschlagt sein.

Es müssen Kommunikationsmittel für die Kommunikation zwischen für Personal zugänglichen Kammern und dem Bedienungsstand der Druckluftschleuse vorhanden sein.

4.2.9.2 Zwischenkammer

Wenn eine Tunnelbohrmaschine mit Schild für die Verwendung mit luftfremden Atemgasgemischen und Sättigungsverfahren nach prEN 12110-1:2023, 3.13 bzw. 3.20, vorgesehen ist, muss sie mit einer Zwischenkammer zwischen Druckluftschleuse und Abbaukammer konstruiert werden.

Bei einer Tunnelbohrmaschine mit Schild und einer Druckluftschleuse mit einem Durchmesser von 1,8 m oder mehr auf mindestens 1,7 m über dem Bodendeckbrett nach prEN 12110-1:2023, Tabelle 2, darf eine Kammer der Abbaukammer als Zwischenkammer betrachtet werden, sofern diese Kammer eine undurchlässige mechanische Barriere zum Boden bildet. Neben der Hauptkammer der Druckluftschleuse muss eine feste Bodenfläche von mindestens 2,5 m² vorgesehen werden. Die minimale lichte Höhe über der Bodenfläche muss 1,7 m betragen, die Mindestbreite des Bodendeckbretts muss 1 m zu jeder Seite, gemessen von der Mitte der Eingangstür der Druckluftschleuse, betragen. Für weitere Anforderungen siehe 4.2.10, Anforderungen an Durchgänge zum Wartungsort.

Die feste Bodenfläche neben der Hauptkammer der Druckluftschleuse darf aus einem Gitterrost bestehen, aus dem einzelne Teile herausgenommen werden können, um Zugang für die Wartung darunter liegender Anlagen zu erhalten.

ANMERKUNG 1 Die Zwischenkammer der Maschine ist üblicherweise ein mit Luft druckbeaufschlagter Raum. Sie ist so konstruiert, dass sie allen vorhersehbaren Druckbelastungen standhält, ist aber kein Druckbehälter, da sie im druckbeaufschlagten Zustand nicht vollständig geschlossen ist.

Je nach bestimmungsgemäßer Verwendung der Tunnelbaumaschine darf das Shuttle als Druckluftschleuse verwendet werden.

Es muss eine Versorgung der Zwischenkammer mit atembarer Druckluft vorgesehen werden. Die Luftversorgung muss nach prEN 12110-1:2023, 4.4.2, vom Bedienungsstand der Druckluftschleuse geregelt werden.

Es muss möglich sein, die Tür zwischen der Zwischenkammer und der Abbaukammer fest zu verschließen. Die Zwischenkammer muss ein Ort mit relativer Sicherheit für die Arbeitenden in der Abbaukammer sein.

ANMERKUNG 2 Während hyperbarer Interventionen in der Abbaukammer wird die Zwischenkammer als Teil der Abbaukammerumgebung betrachtet. Während Abbauarbeiten ist die Zwischenkammer von der Abbaukammer getrennt und kann druckentlastet sein und es können darin atmosphärische Bedingungen herrschen.

Wenn die Tunnelbaumaschine über eine Zwischenkammer verfügt, müssen die Haupt- und Notfallversorgungen für Atemgasgemisch über den Bedienungsstand der Personenschleuse zu separaten Verteilern in der Zwischenkammer führen (siehe prEN 12110-2:2023, 4.4.12), an die Versorgungskabel zur Verwendung in der Abbaukammer der TBM angeschlossen werden können. Verteiler müssen prEN 12110-2:2023, 4.4.8, entsprechen.

Wenn eine Teilkammer der Abbaukammer als Zwischenkammer betrachtet wird, muss sich der Verteiler, an die die Versorgungskabel zur Verwendung in der Abbaukammer angeschlossen sind, in der Hauptkammer der Druckluftschleuse befinden.

4.2.9.3 Abbaukammer

Wenn das Ortsbruststützverfahren für geschlossenen Betrieb nach 3.35 auf Druckluft in der Abbaukammer beruht, muss die Kammer über eine Druckluftversorgung verfügen.

Wenn die bestimmungsgemäße Verwendung der Tunnelbaumaschine hyperbare Interventionen im Luftbetrieb vorsieht, muss eine Atemluftversorgung vorhanden sein.

ANMERKUNG Während hyperbarer Interventionen in der Abbaukammer beruht das Ortsbruststützverfahren typischerweise auf Druckluft – unabhängig vom während des Abbaus eingesetzten Ortsbruststützverfahren.

Die Luftversorgung muss über zwei unabhängige und voreingestellte automatische Druckregler erfolgen, die über den Hauptbedienungsstand der Tunnelbaumaschine gesteuert werden müssen. Der Luftdruck auf beiden Seiten des Druckreglers und der Luftstrom müssen am Hauptbedienungsstand angezeigt werden. Der Luftdruckregler wird als unverzichtbarer Dienst betrachtet und muss die entsprechenden Anforderungen aus 4.5.6 erfüllen.

4.2.10 Zugang zu und Ausgang von den Steuerständen und Wartungsstellen

4.2.10.1 Allgemeines

Alle Tunnelbaumaschinen außer Mikrotunnelbohrmaschinen nach 3.8 müssen über mindestens einen Hauptdurchgang verfügen.

Systeme für den Zugang und Ausgang müssen die Anforderungen nach EN ISO 14122-1:2016, EN ISO 14122-2:2016, EN ISO 14122-3:2016 und EN ISO 14122-4:2016 erfüllen, sofern nicht anders in diesem Dokument festgelegt.

Die Anforderung an Rettung mit Tragbahren und das Tragen von Atemschutzgeräten für Rettungspersonal müssen berücksichtigt sein.

ANMERKUNG Diese Anforderung umfasst das Herausbringen eines Verletzten aus einem beliebigen Teil des Bohrkopfes, für das besondere Ausrüstung erforderlich sein kann.

Bei Mikrotunnelbohrmaschinen, wo die Abmessungen aus 4.2.10.2 und 4.2.10.4 nicht gegeben sind, muss der Eingang in die Maschine durch befestigte trennende Schutzvorrichtungen verhindert werden.

4.2.10.2 Durchgänge

Durchgänge dürfen nicht verbaut sein und dürfen kein gekennzeichnete Lagerbereich für Baustoffe oder Geräte sein.

Für den Transport von Verbrauchsmaterialien wie Gesteinsverankerungen und Schneidwerkzeuge vorgesehene Durchgänge müssen entsprechend konstruiert sein.

Höhenunterschiede und Richtungswechsel des Durchgangs müssen üblicherweise vermieden werden. Wenn Höhenunterschiede von weniger als 200 mm bei einem Durchgang, der als Fluchtweg dient, nicht vermieden werden können, muss eine Neigung von 1 (vertikal) zu 4 (horizontal) vorgesehen werden.

Wenn Rampen oder Treppen notwendig sind, müssen Geländer oder Handgriffe wenigstens auf einer Seite des Durchgangs angeordnet sein.

Der Durchgang sollte üblicherweise kontinuierlich an einer Seite der Maschine entlang führen und sollte in den Tunneldurchgang münden (sofern vorhanden).

Durchgangsflächen müssen mindestens 0,3 m breit und mit einer rutschfesten Oberfläche versehen sein. Geländer und Fußleisten müssen vorgesehen sein.

Tabelle 1 — Durchgangsmaße

Innen- durchmesser nach 3.32	Hauptdurchgänge	Durchgang zum Wartungsort
≥ 5,5 m	— H ≥ 2,0 m — B ≥ 0,8 m — H_R ≥ 1,7 m (L_{max} = 4,0 m) — B_R ≥ 0,6 m (L_{max} = 4,0 m)	— H ≥ 1,7 m — B ≥ 0,5 m
< 5,5 m ≥ 3,8 m	— H ≥ 1,9 m — B ≥ 0,6 m — H_R ≥ 1,5 m (L_{max} = 8,0 m) — H₁ ≤ 0,5 m — B₁ ≥ 0,45 m	— H ≥ 1,5 m — B ≥ 0,5 m
< 3,8 m ≥ 2,6 m	— H ≥ 0,5 × D_i (H_{min} = 1,5 m) — B ≥ 0,6 m — H_R ≥ 0,4 × D_i (H_{Rmin} = 1,2 m; L_{max} = 8,0 m) — H₁ ≤ 0,5 m — B₁ ≥ 0,4 m	— H ≥ 1,2 m — B ≥ 0,5 m — H₁ ≤ 0,35 m — B₁ ≥ 0,4 m
< 2,6 m		— H ≥ 0,5 × D_i (H_{min} = 0,7 m) — B ≥ 0,5 m
Legende H Höhe über der Durchgangsfläche (lichte Höhe) H _R reduzierte Höhe über der Durchgangsfläche (für begrenzte Länge) H _{min} ; H _{Rmin} vorgeschriebene Mindesthöhe, wenn die Höhe abhängig von D _i ist H ₁ vertikal abgeschnittene Ecke B Breite des Durchgangswegs B _R reduzierte Breite des Durchgangswegs (für begrenzte Länge) B ₁ horizontal abgeschnittene Ecke (Breite der Durchgangsfläche) L _{max} zulässige Länge für reduzierte Maße		

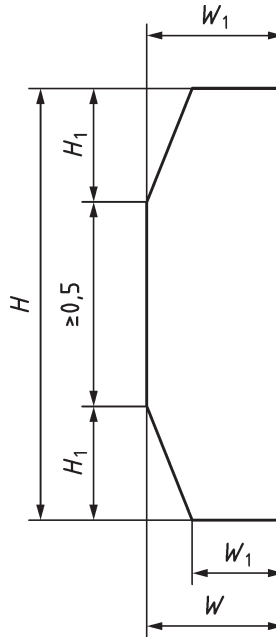


Bild 1 — Durchgangsmaße

Abschnitte mit reduzierter Höhe H_R und reduzierter Breite B_R dürfen nicht am gleichen Ort kombiniert werden.

Bei Tunneln mit einem Innendurchmesser von weniger als 3,8 m darf die zusammengeordnete Länge der Abschnitte mit reduzierter Höhe und mit reduzierter Breite 30 % der Länge des Nachläufers nach 3.15 nicht überschreiten.

Bei Tunneln mit einem Innendurchmesser von 3,8 m oder mehr darf die zusammengeordnete Länge der Abschnitte mit reduzierter Höhe und mit reduzierter Breite 10 % der Länge des Nachläufers nach 3.15 nicht überschreiten.

Der Innendurchmesser des Tunnels sollte so groß sein, dass der Hauptdurchgang nach Tabelle 1 bemessen werden kann. Die übrige Querschnittsfläche steht für die Konstruktion der Tunnelbaumaschine und deren Ausrüstung zur Verfügung. Bei Tunnelbaumaschinen für die Tunnelauskleidung sollte die Person, die die Auskleidungselemente konstruiert, bei der Auswahl der Maße der Auskleidungselemente beachten, dass sich das System zur Versorgung mit Auskleidungselementen in der Konstruktion der Tunnelbaumaschine befinden muss. Bei Tunneln mit weniger als 3 m Innendurchmesser sind unter Umständen reduzierte Maße für die Auskleidungselemente erforderlich.

4.2.10.3 Bewegliche Arbeitsplattformen und Durchgänge

Wenn sich bewegliche Arbeitsplattformen oder Durchgänge in einer Position befinden können, in der sie von einem beweglichen Teil der Tunnelbaumaschine, z. B. Erektor, Vorrichtung zum Verankern von Gestein oder Bagger, getroffen werden können, darf es nicht möglich sein, dieses Teil der Tunnelbaumaschine zu bewegen, während sich Plattform oder Durchgang in einer Position befinden, in der sie getroffen werden können.

Plattformen, die nur für vertikale Bewegungen vorgesehen sind, müssen FprEN 1570-1:2022 entsprechen.

Verschiebbare Durchgänge müssen am Ende geneigt sein. Der Bereich des festen Durchgangs, über den sich der verschiebbare Durchgang bewegt, muss farblich oder durch eine andere Oberflächenbeschaffenheit gekennzeichnet sein.

4.2.10.4 Maß von Zugangsöffnungen

Zugangsöffnungen müssen so groß wie möglich sein und eine freie Öffnung mit einem Mindestquerschnitt und einer Mindestfläche nach Tabelle 2 haben.

Der beschränkte Querschnitt der Öffnung darf eine Länge von 1 m nicht überschreiten.

Tabelle 2 — Mindestquerschnitte

Außendurchmesser nach 3.33	Mindestfläche des Querschnitts	Mindestquerschnitt
$\leq 3,8 \text{ m}$	0,21 m ²	0,5 m
$> 3,8 \text{ m} \leq 5,5 \text{ m}$	0,25 m ²	0,5 m
$> 5,5 \text{ m}$	0,35 m ²	0,6 m

4.2.11 Schutz vor herabfallenden Gegenständen

Der Hauptbedienungsstand nach 3.22 bei Tunnelbohrmaschinen ohne Schild nach 3.5 muss über einen Schutzaufbau gegen herabfallende Gegenstände, Stufe II, nach EN ISO 3449:2008 verfügen. Dieser Schutz darf durch die Konstruktion der Tunnelbaumaschine vorgesehen werden.

Bei steigendem Vortrieb mit 25 % oder mehr Neigung zur Horizontalen muss die nach oben zeigende Seite des Hauptbedienungsstands zusätzlich vor abrollenden oder fallenden Gegenständen geschützt sein, um einer Energie standzuhalten, die der Energie entspricht, denen ein Schutzaufbau gegen herabfallende Gegenstände, Stufe II, nach EN ISO 3449:2008 standhält.

Es müssen Vorrichtungen vorgesehen werden, die verhindern, dass Aushub von der Maschine in den Arbeitsbereich nach 3.26 fällt, z. B. ein Förderbandschutz oder ein Schutzaufbau gegen herabfallende Gegenstände.

Alle empfindlichen Bauteile von Tunnelbohrmaschinen ohne Schild nach 3.5, wie z. B. Kabel, Transformatoren, Hydraulikleitungen und Schläuche, müssen vor Beschädigungen durch Steinfall geschützt sein.

Bei mehr als 30 % Neigung sollten weitere zu schützende Bereiche in Betracht gezogen werden.

4.2.12 Risiken in Verbindung mit den Untergrundverhältnissen

4.2.12.1 Allgemeines

Die bestimmungsgemäße Verwendung der Maschinen ist zwischen Hersteller und Anwender unter Berücksichtigung der vom Anwender angegebenen Untergrundverhältnisse, einschließlich der vorhersehbaren Bodenbeschaffenheit und Grundwasser-, Tunneltrassen- und Umweltbedingungen, abgestimmt.

4.2.12.2 Zusammenbruch der Ortsbrust

Das Ortsbruststützverfahren muss entsprechend der bestimmungsgemäßen Verwendung der Maschine bestimmt werden.

Wenn ein Ortsbruststützverfahren auf der Verwendung von Hydraulikzylindern beruht, muss eine Vorrichtung zur Regelung des Drucks in den Zylindern vorhanden sein.

4.2.12.3 Steinfall

Bei Tunnelbaumaschinen ohne Schild muss eine Ausrüstung für die Installation der Ausbauelemente vorhanden sein, siehe 4.2.4.2.1, 4.2.4.2.2, 4.2.4.2.6, 4.2.4.2.7. Art und Installationsbereich der Ausbauelemente müssen entsprechend der bestimmungsgemäßen Verwendung der Maschine festgelegt werden.

4.2.12.4 Wassereinbruch

Das Verfahren zur Verhinderung von Wassereinbruch muss entsprechend der bestimmungsgemäßen Verwendung der Maschine bestimmt werden.

ANMERKUNG Die entsprechenden Vorkehrungen können enthalten:

- Ausrüstung zum Bohren vor der Maschine;
- Ausrüstung zum Füllen von Hohlräumen vor dem Abbau;
- Pumpausrüstung;
- einzubauende sicherheitsbezogene und empfindliche Stellteile, um die zusätzlichen Risiken zu verringern;
- geeignete Systeme für Schildschwanz- und Schildgelenkdichtungen;
- geeignete Dichtungssysteme für Kammerzugangstüren und andere Öffnungen zu druckbeaufschlagten Räumen.

Wenn Schleifverschleiß die bauliche Unversehrtheit oder Wasserdichtheit von Tunnelbaumaschinenkomponenten beeinträchtigen kann, muss ein entsprechender Verschleißschutz vorgesehen werden (z. B. Förderschneckengehäuse, Schlammablassleitungen).

Verriegelungen im Steuersystem müssen vorgesehen werden, um das Risiko einer Beschädigung der Dichtungssysteme aufgrund von Fehlanwendungen (Zurückschieben des Schildschwanzes, zu großer Winkel des Gelenks) zu verhindern.

4.2.13 Rohrvorpressstationen

Die Übertragung der Kräfte von den Vorschubpressen auf die Vorpressrohre in Rohrvorpressstationen, Pressbohr- und Schneckenbohrmaschinen muss über zweckentsprechend gestaltete Distanzstücke und Druckringe erfolgen. Die Vortriebspressen müssen senkrecht mit dem Druckring verbunden sein, so dass während der Vorpressarbeiten keine Durchbiegung der Vortriebspressen eintreten kann.

4.3 Bedienungsstände

4.3.1 Allgemeines

Bedienungsstände müssen entsprechend konstruiert und positioniert sein, damit das Bedienpersonal nicht mechanischen Gefährdungen, Staub, Gasen, Feinstaub, Geräuschemissionen (siehe 4.9.3), Vibrationen oder Hitze ausgesetzt wird, die über die nationalen Expositionsgrenzwerte für die bestimmungsgemäße Verwendung hinaus gehen. Am Hauptbedienungsstand ist dieser Schutz vorzugsweise durch eine Kabine zu leisten.

4.3.2 Ergonomie

Bei Hauptbedienungsständen nach 3.22 muss der Mindestfreiraum für das Bedienpersonal die Anforderungen nach EN ISO 3411:2007, Abschnitt 5, erfüllen. Falls ein Fahrersitz vorhanden ist, muss er die Anforderungen nach ISO 11112:1995 erfüllen.

Bei Bedienungsständen nach 3.21 müssen die Breite und Höhe des Mindestfreiraums für Bedienpersonal die Anforderungen an nicht reduzierte Querschnitte von Hauptdurchgängen nach 4.2.10.2, Tabelle 1, über eine Länge von 1 m erfüllen.

Bei Tunnelbaumaschinen mit Innendurchmesser von mehr als 3,8 m müssen sich Bedienungsstände und der Mindestfreiraum für Bedienpersonal vom Hauptdurchgang entfernt befinden.

4.3.3 Sichtverhältnisse

Bei Bedienungsständen nach 3.21 muss das Bedienpersonal eine klare Sicht auf den Arbeitsbereich haben, den es kontrolliert.

Ein Bedienungsstand nach 3.21 kann fest oder mobil sein.

4.4 Schutzeinrichtungen und Sicherheitsvorrichtungen

4.4.1 Allgemeines

Wenn die Gefährdung durch bewegliche Teile besteht, müssen diese Teile der Tunnelbaumaschine mit Schutzeinrichtungen nach 4.4.2 versehen werden, um das Kontaktrisiko mit beweglichen Teilen auszuschließen, das zu Unfällen führen kann. Wo bewegliche Teile freigelegt sind, müssen entsprechende Warnschilder nach ISO 3864-1:2011 so positioniert werden, dass diese für Personen an der Maschine deutlich sichtbar sind.

Beim Schutz gegen sich langsam bewegende Teile dürfen Schutzeinrichtungen weggelassen werden, sofern die Geschwindigkeit 33 mm/s nicht überschreitet und Personen im Bewegungsbereich nicht eingezogen oder gefangen werden können und den von der Bewegung betroffenen Bereich jederzeit verlassen können.

ANMERKUNG Zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen (z. B. reduzierte Geschwindigkeit) können EN ISO 11161:2007, 8.6.2, entnommen werden.

Bei Mikrotunnelbohrmaschinen, wo die Abmessungen aus 4.2.10.2 und 4.2.10.4 nicht gegeben sind und Zugang sogar für Wartung in der Maschine durch feststehende trennende Schutzvorrichtungen verhindert wird, sind die Festlegungen aus 4.4.4 nicht anwendbar.

4.4.2 Konstruktion der Schutzeinrichtungen

Befestigte und bewegliche trennende Schutzeinrichtungen müssen EN ISO 14120:2015 entsprechen. Verriegelungseinrichtungen müssen EN ISO 14119:2013 entsprechen.

4.4.3 Förderband

Förderbänder müssen die Anforderungen nach EN 620:2021 erfüllen und die Fördergurte müssen EN 14973:2015 entsprechen.

Der Antrieb des Förderbandes muss mit einem Schlüsselschalter zur Aktivierung der Kriechgeschwindigkeit ausgestattet sein.

4.4.4 Zugang zur Abbaukammer, zum Bohrkopf oder andere Abbaueinrichtungen

Zugang zur Abbaukammer oder zu dem Bereich, in dem eine Berührung mit dem Bohrkopf stattfinden kann, darf nur möglich sein, nachdem der Bohrkopf nach 4.2.3 zum vollständigen Stillstand gebracht worden ist.

Wenn die Abbaukammer druckbeaufschlagt ist, muss Zugang durch eine Druckluftschleuse (siehe 4.2.7) erfolgen.

Zugangsöffnungen zur Abbaukammer müssen mit verriegelten Türen oder trennenden Schutzeinrichtungen geschützt sein. Das Öffnen der Tür oder der trennenden Schutzeinrichtungen zur Abbaukammer muss die Energieversorgung der Bohrkopfmotoren sowie der anderen Geräte in der Abbaukammer abschalten, z. B. Steinbrecher, Förderschnecke, Mischer (siehe Tabelle 3).

Es muss möglich sein, einen Verletzten aus einem beliebigen Teil der Abbaukammer oder des Bohrkopfes herauszubringen.

Bei Tunnelbaumaschinen mit einem Vollschnittbohrkopf muss sich ein spezieller Bedienungsstand an der Abbaukammer befinden, von der aus die Bewegung des Bohrkopfes während der Wartung des Bohrkopfes gesteuert wird. Dieser Bedienungsstand für die Bohrkopfwartung muss über einen Schlüsselschalter für den Bohrkopftrieb ausgewählt werden, der sich am Hauptbedienungsstand befindet. Wenn der Bohrkopf-Wartungsmodus gewählt ist, muss die Energieversorgung der Bohrkopfmotoren sowie der anderen Geräte in der Abbaukammer abschalten, z. B. Steinbrecher, Förderschnecke, Mischer (siehe Tabelle 3) und die verriegelte Tür oder trennende Schutteinrichtung muss deaktiviert werden.

Wenn der Bedienungsstand für die Bohrkopfwartung aktiviert wurde, darf die Bewegungssteuerung des Bohrkopfes und anderer Geräte in der Abbaukammer von diesem Bedienungsstand aus nur im Kriechgang oder Tippbetrieb möglich sein.

ANMERKUNG Je nach Größe und Konfiguration der Abbaukammer können mehrere Bedienungsstände für die verschiedenen Geräte in der Abbaukammer vorhanden sein.

Um die normale Funktion wiederherzustellen, ist es notwendig,

- den Bedienungsstand für die Bohrkopfwartung an der Abbaukammer zu deaktivieren,
- die Zugangsöffnungen mit verriegelten Türen oder trennenden Schutteinrichtungen zu schließen,
- die normale Betriebsart mit dem Schlüsselschalter an dem Hauptbedienungsstand auszuwählen.

Wenn ein Baggerarm vor einer Druckwand an der Schildmaschine montiert ist, gelten die gleichen Anforderungen.

An einer Schildmaschine mit direkter Sicht vom Hauptbedienungsstand aus auf den Schneidarm oder Baggerarm, siehe Bild B.1, ist anstatt eines separaten Wartungsbedienungsstandes nur eine mit Schlüsselschalter betätigte Einrichtung am Hauptbedienungsstand möglich.

Wenn Kriechgang oder Tippbetrieb gewählt wird, muss ein automatisches Warnsignal ertönen (siehe 4.5.5).

Es müssen Zugänge nach 4.2.10.4 für Arbeiten in der Abbaukammer, am oder vor dem Bohrkopf, vorgesehen werden.

Zugänge dürfen temporär sein.

Anschlagpunkte und Hebevorrichtungen, mit denen die schwersten auszutauschenden Werkzeuge angehoben werden können, müssen vorgesehen werden.

Hebevorrichtungen in diesem Kontext sind die speziellen Vorrichtungen zur Handhabung von Schneidwerkzeugen. Hebevorrichtungen dürfen temporär sein.

Es müssen ausreichende Verankerungspunkte für Höhensicherungsgurte für das am oder vor dem Bohrkopf arbeitende Personal vorhanden sein.

ANMERKUNG Zur Anleitung siehe EN 363:2018 und EN 795:2012.

Diese Verankerungspunkte müssen auch für die Verwendung bei der Rettung von Personen aus dem Bohrkopf konstruiert sein.

4.4.5 Zusätzliche Anforderungen an zugängliche Bohrköpfe

Die Festlegungen in 4.4.4 für den Zugang zur Abbaukammer müssen auf zugängliche Bohrköpfe nach 3.36 angewendet werden.

Darüber hinaus muss in allen Betriebsphasen ein dauerhafter freier Zugangsweg nach 4.2.10.4, Tabelle 2, vorhanden sein.

Der beengte Raum im Inneren des Bohrkopfes muss mit einer Belüftungsrate von mindestens 20 m³/h je Person belüftet werden.

Öffnungen für die Versorgungsleitungen, z. B. für Strom, Kommunikation, hydraulische Leistung, Entwässerung oder Druckluft, müssen für die Verwendung während des Zugangs zum Inneren des Bohrkopfes vorgesehen werden.

Es muss eine rückwärtige Trennwand vorgesehen werden, um das Eintreten von Wasser in die Tunnelbaumaschine aufgrund einer Leckage im Bohrkopf zu verhindern.

Wenn das Innere des Bohrkopfes unter Druckbedingungen betreten werden soll, muss eine dauerhafte Druckluftschleuse oder die Möglichkeit für den Einbau einer Druckluftschleuse vorgesehen werden. Für Hinweise siehe 4.2.7 und 4.2.8. Eine Zwischenkammer nach 4.2.9.2 muss nicht gefordert werden.

ANMERKUNG Bei Arbeiten unter Hochdruck, die ein Shuttle-Transfersystem in der Maschine umfassen, kann ein Shuttle-Andockflansch eine Alternative zu einer dauerhaften oder temporären Druckluftschleuse sein. Für Hinweise siehe prEN 12110-2:2023.

4.4.6 Erweiterung des Schneckenbohrers während der Vorpressarbeiten

Bei Mikrotunnelbaumaschinen mit Schneckenbohrer und Schneckenbohrmaschinen, wie in 3.8 und 3.10 definiert, muss eine reduzierte Drehzahl für Schneckenbohrvorgänge möglich sein. Diese Betriebsart muss mit einem Schlüsselschalter aktiviert werden.

ANMERKUNG Die Bewegung kann sowohl eine gradlinige Bewegung als auch eine Drehbewegung sein.

4.5 Steuersysteme

4.5.1 Sicherheit und Verlässlichkeit von Steuersystemen

Die Teile des Steuersystems, die die sichere Funktion der Tunnelbaumaschine ausführen, müssen den Anforderungen nach EN ISO 13849-1:2015 entsprechen.

Die Steuersystem-Software muss gegen unbefugten Zugriff durch Dritte geschützt sein, z. B. durch ein Passwort.

Schutzmaßnahmen für eine dauerhafte Internetverbindung der Steuersoftware muss zwischen dem Hersteller und Anwender vereinbart werden.

ANMERKUNG Typischerweise wird die Internetverbindung durch den Anwender bereitgestellt und ist Teil des Baustellennetzwerks.

Die erforderliche Leistungsstufe (en: Performance Level PL_r) für sichere Funktionen muss der Mindestleistungsstufe PL_r entsprechen, die unten in Tabelle 3 detailliert ist.

Tabelle 3 — Erforderliche Leistungsstufe (PL_r)

Sicherheitsfunktion	Erforderliche Leistungsstufe (PL _r)
4.2.3 Bewegung des Bohrkopfes	d
4.2.4.2.1 Stoppen der Bewegung in automatischer Betriebsart, wenn eine verriegelte Tür oder trennende Schutteinrichtung geöffnet wird	d
4.2.5.2 Verhindern von Bohrkopfbewegungen bei Verlust der minimalen Verspannkraft	b
4.2.5.2 zusätzliche unabhängige Verriegelung des Verspannsystems Verhindern unbeabsichtigter Bewegung während des Umsetzens	d
4.4.4 Deaktivieren der Energieversorgung, wenn eine verriegelte Tür oder trennende Schutteinrichtung geöffnet wird	d
4.5.4.4 Not-Halt	c ^a
4.8.4.2 Sofortige automatische Abschaltung	c
^a Siehe EN ISO 13850:2015.	

Ein Verriegelungssystem muss verhindern, dass eine Funktion gleichzeitig von mehr als einem Bedienungspunkt betätigt werden kann. Dieses System darf jedoch nicht verhindern, dass die Not-Haltvorrichtungen nicht aktiv bleiben.

4.5.2 Stellteile

Stellteile müssen den Anforderungen von EN 894-3:2000+A1:2008 entsprechen und müssen:

- klar ersichtlich und erkennbar und entsprechend markiert sein;
- so ausgeführt oder geschützt sein, dass die erwünschte Wirkung bei einer Gefährdung nur durch eine beabsichtigte Aktivierung erzielt werden kann;
- nahe beieinander angeordnet sein, wenn die Anlauf- und Anhaltefunktion nicht von demselben Stellteil gesteuert wird;
- sich in Reichweite des Bedieners in der Bedienungsposition befinden;
- logisch angeordnet sein;
- so angebracht werden, dass ihre Anordnung und Bewegungsrichtung der auszuführenden Maßnahme entsprechen, und sie müssen ergonomisch konstruiert sein;
- eine selbsttätige Rückstellung haben, wenn weiterhin das Risiko besteht, dass die Last oder die Maschine im Normalbetrieb mit Personen zusammenstößt, z. B. Teilschnittmaschine, Gerät für die Errichtung der Tunnelauskleidung, Hebevorrichtung, Vorrichtung zum Verankern von Gestein.

Wenn örtliche Stellteile zu Wartungszwecken vorhanden sind, z. B. Kriech- oder Tippbetrieb, müssen sie über selbsttätige Rückstellung verfügen und mit einem Schlüsselschalter nach 4.5.4.5 versehen sein, um den Normalbetrieb dieses Teils der Tunnelbaumaschine abzuschalten.

Wenn ein Stellteil zum Steuern verschiedener Maßnahmen konstruiert und gebaut ist, müssen die durchzuführenden Maßnahmen deutlich angezeigt und, wenn notwendig, durch Bedienpersonal bestätigt werden.

Die entsprechenden Betriebsparameter und die erforderliche Betriebsart für einen sicheren Betrieb müssen an den Bedienungsständen nach 3.21 und 3.22 angezeigt werden. Die Bediener müssen in der Lage sein, die Anzeigen vom Steuerstand aus zu lesen.

4.5.3 Fernbedienung

Alle ferngesteuerten Systeme müssen EN 60204-32:2008, 9.2.7, entsprechen.

4.5.4 Ingangsetzen und Stillsetzen

4.5.4.1 Ingangsetzen

Tunnelbaumaschinen und ihre Teilsysteme dürfen nur durch beabsichtigtes Betätigen eines für diesen Zweck vorgesehenen Stellteiles in Gang gesetzt werden.

Die gleiche Anforderung gilt, wenn die Tunnelbaumaschine und ihre Teilsysteme nach Anhalten erneut in Gang gesetzt werden, unabhängig von der Ursache.

4.5.4.2 Abfolge des Ingangsetzens und Stillsetzens

Wenn das Ingangsetzen und/oder Stillsetzen der Tunnelbaumaschine und ihrer Teilsysteme in einer bestimmte Abfolge durchgeführt werden müssen, müssen Vorrichtungen vorhanden sein, die sicherstellen, dass die richtige Abfolge eingehalten wird.

Sämtliche normalen Betriebsfunktionen, die aufeinander folgend in Gang gesetzt oder stillgesetzt werden, müssen im Wartungsmodus auch einzeln in Gang gesetzt oder stillgesetzt werden können.

Beispiele für Teilsysteme sind:

- Transportsysteme, die vom Endpunkt des Ablassens zum Ausgangspunkt des Beladens in Gang gesetzt werden müssen. Stillsetzen hat in der umgekehrten Reihenfolge zu erfolgen;
- Verspannsysteme (siehe 4.2.5.2), die vor Erweiterung der Hauptschübe eingeschaltet werden müssen.

Wenn das Ingangsetzen und/oder Stillsetzen zugehöriger Systeme (z. B. System zum Aushubtransport im Tunnel), die kein fester Bestandteil der Tunnelbaumaschine sind, in einer bestimmten Abfolge durchgeführt werden müssen, muss die Steuerungsschnittstelle zwischen dem Hersteller und Anwender vereinbart werden.

4.5.4.3 Normaler und Betriebs-Halt

Tunnelbaumaschinen müssen mit Schaltern zum Stillsetzen versehen sein, durch den sie sicher zum vollständigen Stillstand gebracht werden können.

Jeder Bedienungsstand muss mit Stellteilen ausgerüstet sein, die es ermöglichen, die Funktionen der Maschine zum Stillstand zu bringen, die von diesem Bedienungsstand aus gesteuert werden. Schalter zum Stillsetzen müssen gegenüber Schaltern zum Ingangsetzen Vorrang haben.

4.5.4.4 Not-Halt

Alle Tunnelbaumaschinen müssen an jedem Bedienungsstand mit Nothaltevorrichtungen ausgestattet sein.

Wenn ein Förderband vorhanden ist, müssen die Positionen der Nothaltevorrichtungen EN 620:2021, 5.7.2.8, entsprechen.

Nothaltevorrichtungen müssen EN ISO 13850:2015 entsprechen und mit den Stopp-Kategorien 0 oder 1 übereinstimmen, soweit anwendbar und insbesondere:

- a) klar ersichtlich, erkenntlich und schnell zugänglich sein;
- b) die Teilsysteme der Tunnelbaumaschine, die von diesem Bedienungsstand gesteuert werden, so schnell wie möglich anhalten, ohne zusätzliche Risiken zu schaffen;
- c) die zugehörigen Systeme, die von diesem Bedienungsstand gesteuert werden, so schnell wie möglich anhalten, ohne zusätzliche Risiken zu schaffen.

4.5.4.5 Schlüsselschalter

Die Wahl der Betriebsart selbst darf nicht den Maschinenbetrieb in Gang setzen. Eine separate beabsichtigte Betätigung des Schalters zum Ingangsetzen muss erforderlich sein.

Eine Anzeige der gewählten Betriebsart muss vorgesehen werden (z.B. die Position eines Betriebsartenschalters, Berücksichtigung einer Anzeigeleuchte, eine optische Anzeige).

Wenn die Wartungsbetriebsart ausgewählt ist, muss die Vermeidung von unerwartetem Anlauf EN ISO 14118:2018 entsprechen.

4.5.5 Warnsystem

4.5.5.1 Allgemeines

Warneinrichtungen (hörbar oder sichtbar) müssen die Anforderungen von IP 55 erfüllen.

Warneinrichtungen sollten der Tunnelumgebung entsprechend robust konstruiert und gefertigt sein und so angeordnet sein, dass sie nicht leicht beschädigt werden können.

4.5.5.2 Warnsystem bei laufenden Einrichtungen

Ein Warnsystem entsprechend Tabelle 4 muss bei laufenden Einrichtungen wie Förderbändern, Bohrköpfen und Erektoren vorhanden sein.

EN 981:1996+A1:2008 spezifiziert verschiedene Signale.

Hörbare Warnsysteme müssen einen Mindestgeräuschpegel besitzen, der mindestens 10 dB über dem erwarteten Geräuschpegel der Maschine während des Betriebs liegt.

Tabelle 4 — Hörbare und sichtbare Warnsysteme

Funktion	Betriebsbedingungen	Art der Warnung	Dauer	Ort
Tippbetrieb des Bohrkopfes		Hörbar	5 s vor dem Starten	Im Bohrkopfbereich
Betrieb des Förderbandes		Hörbar	10 s vor dem Starten, 3 s Dauer	Entlang der ganzen Länge des Förderbandes
Bewegung des Erektors	Zu allen Zeiten einschließlich während des Bohrens	Sichtbar	Während der Drehbewegung	Im Ringbaubereich
Bewegung des Nachläufers unabhängig vom Bohrvorschub		Hörbar und sichtbar	5 s vor dem Starten	Zu hören und zu sehen am Nachläufer
Bewegung von Schneidausleger oder Baggerarm		Hörbar	5 s vor dem Starten	Im Bereich des Schneidauslegers
Vakuum unterhalb von 80 % bei Vakuumhebern	Zu allen Zeiten einschließlich während des Bohrens	Hörbar und sichtbar	Hörbar – 30 s Dauer Sichtbar – Dauerhaft, bis zur Aufhebung des Vakuums	Im Ringbau- und Hebebereich

4.5.5.3 Not-Evakuierungs-Warnsystem

Ein Not-Evakuierungs-Warnsystem muss vorhanden sein und entlang der gesamten Länge des Nachläufers erkennbar sein.

EN 981:1996+A1:2008 spezifiziert verschiedene Signale.

Not-Evakuierungs-Warnsysteme müssen einen Mindestgeräuschpegel besitzen, der mindestens 10 dB über dem erwarteten Geräuschpegel der Maschine während des Betriebs liegt und sich leicht von funktionsgemäßen Warnungen, die in Tabelle 4 aufgelistet sind, unterscheiden lässt.

Das Not-Evakuierungs-Warnsystem ist ein unverzichtbarer Dienst, der für die Dauer von mindestens 1 h beizubehalten ist.

ANMERKUNG Die Definition eines Notfalls kann Feuer, Wassereintrich oder eine gefahrbringende Umgebung umfassen und die Reaktion auf den Notfall liegt in der Verantwortung des Anwenders.

4.5.6 Störung in der Energieversorgung

Eine Unterbrechung, eine Wiederkehr der Energieversorgung nach einer Unterbrechung oder Schwankung in der Energieversorgung der Tunnelbaumaschine dürfen nicht zu gefahrbringenden Situationen führen. Insbesondere ist Folgendes zu beachten:

- a) nach Wiederkehr der Energieversorgung darf die Tunnelbaumaschine nur nach beabsichtigter Betätigung der Stellteile zum Ingangsetzen starten;
- b) die Tunnelbaumaschine darf nicht an der Stillsetzung gehindert werden, wenn der Befehl zum Stillsetzen bereits gegeben wurde;
- c) die Sicherheitsmaßnahmen für den Zugang zum Bohrkopf müssen voll wirksam bleiben.

Im Fall eines Versagens oder einer Unterbrechung der Hauptenergieversorgung müssen die wesentlichen Funktionen automatisch aufrecht erhalten werden, entweder durch Batterien oder durch eine separate Energieversorgungsquelle, siehe 4.2.7.8, 4.2.8.1, 4.2.8.4, 4.2.9.3, 4.5.5.3, 4.8.4.1, 4.10.8.2, 4.10.8.3, 4.10.9.

4.6 Zugverbindung

4.6.1 Ziehen von Nachläufern

Jede einzelne Zugverbindung innerhalb der Tunnelbaumaschinen muss so konstruiert und gebaut sein, dass sie der Zugkraft des gesamten Nachläufers und angebrachter Ausrüstung, z. B. Förderband für Aushub (siehe 4.6.3), sofern anwendbar, unter Berücksichtigung der Sicherheitsfaktoren in Tabelle 5 standhält.

Tabelle 5 — Sicherheitsfaktoren

Zugverbindung	Sicherheitsfaktor
Kettenverbindungen	Faktor 4, bezogen auf die Bruchlast
Stangen und andere Verbindungen	Faktor 2, bezogen auf die zulässige Streckgrenze
Hydraulische Schleppzylinder	Faktor 2, bezogen auf die Schleppkraft

Zugverbindungen dürfen nicht aus Stahldrahtseilen bestehen.

Die Zuglast zwischen Maschine und gezogenem Nachläufer muss überwacht werden, um eine Überlast zu vermeiden. In der Kabine des Bedienpersonals muss eine Warnung angezeigt werden, wenn die Zuglast 100 % der Bemessungslast übersteigt, und die Vorwärtsbewegung der TBM muss gestoppt werden, wenn die Zuglast 110 % der Bemessungslast übersteigt. Für die Berechnung der erforderlichen Zugkraft müssen die Reibfaktoren in Tabelle 6 berücksichtigt werden:

Tabelle 6 — Reibfaktoren

Berechnung der Zugkraft	Reibfaktor
Für Nachläuferwagen mit Rädern auf Schienen	$\mu = 0,2$
Für Nachläuferwagen mit Rädern auf anderen Oberflächen	$\mu = 0,3$
Für kufengeführte Nachläuferwagen auf beliebiger Oberfläche	$\mu = 1,0$

Wenn der Nachläufer unabhängig bewegt wird, muss ein Warnsystem nach 4.5.5.2 vorhanden sein.

4.6.2 Ziehen von Nachläufern an einer Neigung

Wo die Neigung eines Tunnels dergestalt ist, dass der Nachläufer sich infolge der Schwerkraft im Fall des Versagens der Schleppverbindung bewegen könnte, muss eine zweite unabhängige Schleppverbindung vorhanden sein.

Bei Anwendung in schrägen Tunneln mit einer Neigung von 25 % oder mehr zur Horizontalen müssen die Sicherheitsfaktoren in Tabelle 5 um einen Faktor von 1,5 vergrößert werden.

Bei einer Abwärtsbewegung müssen die Zugverbindungen unter Berücksichtigung des Gradienten des Tunnels konstruiert sein. Zugverbindungen dürfen nur aus starren Stangen oder Hydraulikzylindern bestehen.

4.6.3 Ziehen von angebrachter Ausrüstung

Die Anforderungen aus 4.6.1 sind auch anwendbar auf Zugverbindungen zwischen dem Nachläufer und jeglicher angebrachter Ausrüstung, z. B. Förderbänder zum Abtransport von Aushub oder Windensysteme für schräge Tunnel.

Die Bemessungslast muss die erforderliche Zugkraft zum Bewegen der angebrachten Ausrüstung sowie Lasten aufgrund vorhersehbarer Fehlanwendungen der Ausrüstung berücksichtigen.

Wenn die bestimmungsgemäße Verwendung der Tunnelbaumaschine das Ziehen von angebrachter Ausrüstung vorsieht, muss der Anwender Informationen zu den Lasten bereitstellen, die durch diese Ausrüstung auf die Tunnelbaumaschine wirken.

4.7 Laser-Leitsystem

Das Laserfenster ist so zu positionieren, dass der Augenkontakt des Personals mit dem Laserstrahl auf ein Mindestmaß reduziert ist, und es sind Warnschilder anzubringen, die vor dem Laserstrahl warnen.

Sofern vorhanden, müssen Laser eine Leistung von nicht mehr als Klasse 3R nach EN 60825-1:2014 haben.

4.8 Ventilation und Kontrolle von Staub und Gas

4.8.1 Allgemeines

Tunnelbaumaschinen außer Mikrotunnelbohrmaschinen, wo die Abmessungen aus 4.2.10.2 und 4.2.10.4 nicht gegeben sind und Zugang sogar für Wartung in der Maschine durch feststehende trennende Schutzvorrichtungen verhindert wird, müssen Vorrichtungen zur Ventilation für die Kontrolle von Staub, Luftverunreinigungen und Temperatur enthalten.

Diese Vorrichtungen müssen entsprechend der bestimmungsgemäßen Verwendung der Tunnelbaumaschine, abhängig von der vorhersehbaren Bodenbeschaffenheit und der Art der Tunnelbaumaschine vorgesehen werden.

ANMERKUNG Luftverunreinigungen können durch Austritt von Gasen aus dem umgebenden Gestein oder durch den Betrieb der Maschinen auftreten. Diese Verunreinigungen können giftig, entflammbar, radioaktiv, schädlich für die menschliche Gesundheit sein oder können den Sauerstoffgehalt der normalen Luft auf einen gesundheitsgefährdenden Anteil reduzieren.

Das Ventilationssystem muss in jedem Bereich der Tunnelbaumaschine für einen ausreichenden Luftvolumenstrom sorgen, um eine sichere Sauerstoffkonzentration sicherzustellen und die Konzentration von gefährlichen Gasen und Staub und die Temperatur auf nach nationalen Bestimmungen nicht gesundheitsgefährdende Werte zu reduzieren.

4.8.2 Ventilation

Der Anwender muss Information zur Größe und Kapazität des Haupttunnelventilationssystems bereitstellen.

Das Ventilationssystem der TBM muss nach den nationalen Anforderungen zu Expositionsgrenzwerten, Verunreinigungsgraden und Temperaturgrenzwerten ausreichend Luftdurchfluss in allen Bereichen der Tunnelbaumaschinen zur Verfügung stellen. Dies muss örtliche Ventilation von Arbeitsbereichen auf allen Ebenen entlang der TBM umfassen.

Wenn Verbrennungskraftmaschinen nach 4.8.5 in der Tunnelbaumaschine eingebaut sind, muss die Auspuffleitung in einen belüfteten Bereich führen.

Wenn das Ventilationssystem der TBM die Verwendung von Lüftungskassetten zur Erweiterung des Ventilationssystems mit dem Fortschreiten der Abbauarbeiten erfordert, müssen Vorrichtungen zum Heben der Kassette aus dem Lieferfahrzeug in ihre Position in der TBM vorhanden sein.

Wenn dieses Heben durch eine Öffnung in der TBM erfolgt, muss um die Öffnung ein Geländer vorgesehen werden, um Stürze zu verhindern. Wenn es durch eine eingeschränkte lichte Höhe erforderlich ist, müssen Tore im Geländer vorhanden sein, um die angehobene Kassette hindurchführen zu können.

Wenn der Ventilationskanal im Tunnel während der Erweiterung von der TBM an der Tunnelwand befestigt wird, müssen Arbeitsplattformen vorgesehen werden, von denen aus die Arbeiten durchgeführt werden können.

4.8.3 Staubkontrolle

4.8.3.1 Allgemeines

Wenn nationale Expositionsgrenzwerte wahrscheinlich überschritten werden, müssen Staubkontrollmaßnahmen vorgesehen werden.

Diese Maßnahmen müssen entsprechend der bestimmungsgemäßen Verwendung der Tunnelbaumaschine, abhängig von der vorhersehbaren Bodenbeschaffenheit und der Art der Tunnelbaumaschine vorgesehen werden. Darunter dürfen Entstaubung, Staubunterdrückung oder Staubeindämmung fallen.

ANMERKUNG Die Wartung von Staubkontrollsystemen kann besondere Verfahren erfordern, damit die Arbeitenden möglichst wenig Staub ausgesetzt sind.

4.8.3.2 Staubunterdrückung

Im Bohrkopf, der Abbaukammer oder jedem anderen Ort, wo Staub produziert wird, muss ein Staubunterdrückungssystem eingebaut sein.

ANMERKUNG Das kann durch ein Wassersprühsystem, Schaum oder ähnliche Maßnahmen geschehen.

4.8.3.3 Entstaubung

Das Entstaubungssystem zur Entfernung von Staub aus der Atmosphäre muss in der Lage sein, sowohl in feuchter als auch in trockener Atmosphäre zu arbeiten. Aus der Atmosphäre gesammelter Staub muss aus dem Tunnel entfernt werden, ohne wieder in die Tunnelatmosphäre zu gelangen.

ANMERKUNG Staub kann als Schlamm durch das System zur Aushubhandhabung im Tunnel oder durch ein ausgewiesenes Staubhandhabungssystem ausgeschieden werden.

4.8.3.4 Staubeindämmung

Das Staubeindämmungssystem muss verhindern, dass Staub, außer an dafür vorgesehenen Stellen zur Ausscheidung, in die Tunnelatmosphäre gelangt.

4.8.4 Überwachungseinrichtung für Änderungen der Luftqualität und Gasaustritt

4.8.4.1 Allgemeines

Alle Tunnelbaumaschinen, die in 3.2 bis 3.7 definiert sind, müssen mit einer explosionsgeschützten atmosphärischen Überwachungseinrichtung ausgerüstet sein, die Sauerstoff- und Methangaskonzentration feststellen kann.

Die Überwachungsanlage muss einen sichtbaren und hörbaren Alarm an der Hauptbedienungsposition auslösen, wenn ein in Nationalen Vorschriften oder Normen vorgegebener Alarmgrenzwert erreicht wird. Wenn keine Nationalen Vorschriften oder Normen vorhanden sind, ist ein vorgegebener Alarmgrenzwert von 1 % (Volumenanteil) Methan in der Luft anzuwenden.

Eine Schnittstelle zur Übertragung der Messwerte der Überwachungsanlage an das Tunneldaten-Kommunikationssystem muss vorgesehen werden.

Im Lagerbereich für Sauerstoff und Atemgasgemisch muss ein Sensor für die Sauerstoffüberwachung angebracht werden.

Sensoren für die Methangasüberwachung sind an folgenden Stellen anzubringen:

- im obersten Punkt des Querschnitts unmittelbar hinter dem Bohrkopf oder Staubschild;
- an einem Luftauslass aus der Abbaukammer;
- in den Entlade-/Übergabebereichen des Fördersystems, die der Abbaukammer am nächsten sind.

Bei Mikrotunnelbohrmaschinen, die die Maße von 4.2.10.2 und 4.2.10.4 nicht erfüllen und Zugang sogar für Wartung in der Maschine durch feststehende trennende Schutzeinrichtungen verhindert wird, müssen atmosphärische Überwachungseinrichtungen an der Vorpresstation sowie im Bedienungscontainer an der Oberfläche angeordnet sein, sofern dieser über dem Arbeitsschacht steht.

Eine solche Überwachungseinrichtung ist ein unverzichtbarer Dienst und muss mindestens für die Dauer von 24 h beibehalten werden.

Je nach bestimmungsgemäßer Verwendung der Tunnelbaumaschine müssen Vorkehrungen für zusätzliche Einrichtungen getroffen werden, die das Auftreten von giftigen Gasen oder Strahlung überwachen.

4.8.4.2 Vorkehrungen bei Methanaustritt

Wenn die bestimmungsgemäße Verwendung der Maschine nicht ausdrücklich das Risiko eines Methangasaustritts ausschließt, muss Folgendes zusätzlich vorgesehen werden:

- wenn die Methangaskonzentration einen durch Nationale Vorschriften oder Normen vorgegebenen Grenzwert erreicht, muss zwangsläufig eine sofortige automatische Abschaltung aller elektrischen und mechanischen Anlagen erfolgen, die nicht für den Einsatz in explosionsfähiger Atmosphäre geeignet sind (siehe Tabelle 3). Wenn keine Nationalen Vorschriften und Normen vorhanden sind, ist ein vorgegebener Alarmgrenzwert von 1,5 % (Volumenanteil) Methan in der Luft anzuwenden;
- die atmosphärische Überwachungseinrichtung (siehe 4.8.4), die Notbeleuchtung und das Evakuierungsalarmsystem müssen explosionsgeschützt sein und nach einer automatischen Abschaltung weiter funktionieren;
- sämtliche elektrische Ausrüstung für den Luftdurchfluss des Entstaubungssystems müssen nach EN IEC 60079-0:2018, Gerätegruppe II, vor Explosion geschützt sein.

4.8.5 Verbrennungskraftmaschinen

Verbrennungskraftmaschinen dürfen nur für Ersatz- und Notstromversorgung vorgesehen werden (siehe 4.10.8).

Verbrennungskraftmaschinen müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

- sie müssen für die ausschließliche Verwendung mit Kraftstoffen mit einem Flammpunkt über 55 °C (z. B. Diesel) konstruiert sein;
- wenn bereits vorhandene Generatoren aus früheren Tunnelbaumaschinen erneut verwendet werden, muss ein Dieselpartikelfilter eingebaut sein.

ANMERKUNG 1 Dieselgeneratoren in Tunnelbaumaschinen werden nur als Ersatz- und Notstromversorgung eingesetzt. Aus diesem Grund befinden sie sich nach Vertragsablauf häufig in fast neuem Zustand und können aus Nachhaltigkeitsgründen wiederverwendet werden.

Die nationalen Grenzwerte für Abgasemissionen sollten jederzeit eingehalten werden.

ANMERKUNG 2 Die Anforderungen an die Emissionsgrenzwerte für gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel und die Typgenehmigung für Verbrennungsmotoren für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte werden in der Verordnung (EU) 2016/1628 beschrieben.

Die Kraftstoffkapazität sollte für 8 h Betriebsdauer ausreichen, sofern nicht anders zwischen dem Hersteller und Anwender vereinbart.

Wenn hydraulische Versorgungseinheiten von Mikrotunnelbohrmaschinen, Pressbohrmaschinen oder Schneckenbohrmaschinen nach 3.8 bis 3.10 von Verbrennungskraftmaschinen betrieben werden und für die oberirdische Aufstellung konstruiert sind, muss die Konstruktion vorsehen, dass sie so positioniert werden können, dass die Abgase der Kraftmaschinen nicht in angrenzende Tunnel und Schächte eindringen können.

4.9 Lärm

4.9.1 Allgemeines

Die von Tunnelbaumaschinen erzeugten Lärmstufen müssen so gering wie möglich sein und die Lärmreduzierung muss durchführbar sein. Deshalb ist Lärmreduzierung wesentlicher Bestandteil des Planungsverfahrens, wobei Bemessungen an der Lärmquelle berücksichtigt werden, die sehr allgemein in EN ISO 11688-1:2009 beschrieben sind.

Die Hauptlärmquellen sind Arbeitslärm, hydraulische Ausrüstung, Elektromotoren, Ventilation, Schlammpumpe.

4.9.2 Lärmreduzierung an der Geräuschquelle im Entwurfsstadium

Wenn Tunnelbaumaschinen entworfen werden, müssen die vorhandenen Informationen und technischen Maßnahmen zum Lärmschutz an der Geräuschquelle im Entwurfsstadium nach EN ISO 11688-1:2009 sowie insbesondere die Verwendung von Komponenten und Zusatzgeräten mit der niedrigsten Geräuschemission berücksichtigt werden.

ANMERKUNG EN ISO 11688-2:2000 enthält nützliche Informationen über Lärmentstehungsmechanismen in Maschinen.

Lärm muss durch folgende Maßnahmen reduziert werden:

- Elektromotoren mit einer Kapazität von 250 kW und darüber müssen wassergekühlt sein;
- Pumpen und Motoren dürfen nicht direkt an der Stahlkonstruktion der Maschine angebracht sein, sondern durch Schwingungsisolationsaufbauten von der Konstruktion getrennt werden;

- für Tunnelbaumaschinen mit einem Innendurchmesser von mehr als 3,8 m müssen Lärm reduzierende Gehäuse um hydraulische Versorgungseinheiten vorgesehen werden;
- Lüfter, die Teil des permanenten Ventilationssystems der Tunnelbaumaschine sind, müssen mit Schalldämpfern ausgestattet sein;
- Minderung von Geräuschemissionen, die durch Vibration verursacht wurden;
- Steuerstand mit Schallschutz.

4.9.3 Informationen zu Restrisiken

Informationen zu Restrisiken, d. h. Geräuschemissionswerte, müssen dem Anwender angegeben werden, siehe 6.3.1.

4.10 Elektrische Ausrüstung

4.10.1 Allgemeines

Alle elektrischen Ausrüstungen müssen den entsprechenden Abschnitten nach EN 60204-1:2018 oder EN 60204-11:2019 entsprechen, je nach gelieferter Spannung und wie unten abgeändert.

4.10.2 Schutzmaßnahmen

Die Stromkreise für tragbare Ausrüstungen, Zubehör und Beleuchtung müssen EN 60204-1:2018, Abschnitt 15, mit dem folgenden Zusatz entsprechen:

Die geeigneten Maßnahmen zur Reduzierung der Probleme mit elektrischer Ausrüstung im Tunnel müssen einschließen:

- a) die Verwendung von Fehlerstromschutzeinrichtungen mit einem Fehlerstrom von maximal 30 mA;
oder
- b) die Verwendung von Systemen mit einem 110-V-Trafo mit geerdeter Mittelanzapfung auf der Sekundärseite.

ANMERKUNG b) wird vornehmlich im Vereinigten Königreich verwendet.

Steuerstromkreise müssen EN 60204-1:2018 entsprechen. In Leistungskreisen bis 1 000 V muss je nach Netzart eine Fehlerstromschutzeinrichtung oder eine Isolationsüberwachung verwendet werden. Letztere muss beim Auftreten eines Isolationsfehlers mit Absinken des Isolationswiderstandes unter 100 Ω /V durch ein sichtbares oder hörbares Signal auf den Fehler aufmerksam machen. Schleppkabel und Stromleitungen bei Mikrotunnelbaumaschinen mit Betriebsspannungen über 1 000 V müssen durch Geräte überwacht werden, die bei folgenden Zuständen den Strom unverzüglich abschalten müssen:

- a) Unterbrechung des Schutzleiters oder des Überwachungsleiters;
- b) Kurzschluss zwischen Schutzleiter und Überwachungsleiter;
- c) Kurzschluss zwischen Außenleiter und Schutzleiter;
- d) Kurzschluss zwischen Außenleiter und Überwachungsleiter;
- e) Kurzschluss zwischen den Außenleitern.

Ein selbsttätiges Wiedereinschalten nach dem Abschalten muss ausgeschlossen sein.

ANMERKUNG Die Wirksamkeit dieser Vorrichtung hängt davon ab, ob der Anwender geeignete Geräte im Tunnel oder oberirdisch installiert.

4.10.3 Kabel

Alle Leiter und Kabel müssen in Übereinstimmung mit EN 60204-1:2018, Abschnitt 12 und Abschnitt 13, ausgewählt werden. Zusätzlich müssen isolierte Leistungskabel öl- und wasserbeständig sein und flammwidrige Eigenschaften und geringe Rauchentwicklung aufweisen.

Bei getrommelten Leitungen ist die höchstzulässige Energiebelastung im Vergleich zur gestreckten Leitungsverlegung entsprechend der Anzahl der Lagen nach der Spezifikation des Leitungsherstellers zu reduzieren.

4.10.4 Transformatoren

In Tunnelbaumaschinen dürfen nur die folgenden Transformatoren verwendet werden:

- luftgekühlte Transformatoren;
- flüssigkeitsgekühlte Transformatoren mit synthetischen Kühlmitteln und isolierenden Flüssigkeiten mit Flammpunkten über 300 °C (EN 60076-2:2011, Klassifikation K).

Ein luftgekühlter Transformator darf nicht durch Staub in der Kühlungsluft beeinträchtigt werden.

Es muss eine Temperaturüberwachungsanlage, die am Hauptbedienungsstand eine Warnung anzeigen und den Transformator bei einem voreingestellten Wert abschalten muss, installiert werden.

4.10.5 Potentialausgleich

Zusätzlich zur Festlegung nach EN 60204-1:2018, Abschnitt 8, muss innerhalb der Tunnelbaumaschine eine Potentialausgleichsleitung installiert werden. Alle elektrisch leitfähigen Teile der Tunnelbaumaschine, die einzeln isoliert sind, müssen mit der Ausgleichsleitung verbunden sein und müssen miteinander sowie mit einer Potentialausgleichsleitung verbunden sein. Das Material für die Ausgleichsleitung muss eine Kupferlitze mit einem Querschnitt in Übereinstimmung mit EN IEC 61439-1:2021, 8.4.3.2.3, sein.

Wo das Risiko eines mechanischen Versagens besteht, muss die Mindestquerschnittsfläche der Leitung 50 mm² betragen.

ANMERKUNG Nationale Bestimmungen können erfordern, dass die Querschnittsfläche der Ausgleichsleitung größer ist als nach EN IEC 61439-1:2021 gefordert.

4.10.6 Schaltgerätekombination

Alle Niederspannungs-Schaltgeräte müssen EN 60204-1:2018 entsprechen.

Die Schaltschränke oder Gehäuse müssen mindestens Schutzart IP 55 besitzen und so angeordnet und gebaut sein, dass sie die Schaltgeräte gegen mechanische Beschädigung schützen. Schaltgeräte außerhalb eines Schrankes oder Gehäuses müssen mindestens der Schutzart IP 55 entsprechen und mechanisch geschützt sein, wenn eine Gefahr mechanischer Beschädigung besteht.

Der Schutzgrad, der durch ein Gehäuse erzielt wird, muss dem IP-Code nach EN 60529:1991, Abschnitt 4, entsprechen.

4.10.7 Beleuchtung

Die Beleuchtung muss EN 1837:2020 entsprechen. Arbeitsflächen müssen mit einer Beleuchtungsstärke von mindestens 100 Lux beleuchtet sein. Die Beleuchtungsstärke an den Bedienungsständen muss mindestens bis 100 Lux einstellbar sein.

Am Hauptbedienungsstand muss die Beleuchtungsstärke 300 Lux betragen.

Auf Höhe der Lauffläche in Durchgängen muss die Beleuchtungsstärke 30 Lux betragen. Wo Wartungsarbeiten durchzuführen sind, müssen Steckdosen für zusätzliche Beleuchtung vorgesehen werden.

Lampenfassungen müssen mechanisch geschützt sein, z. B. durch Schutzglocken aus Glas mit Schutzkorb oder Schutzglocken aus schlagfestem Werkstoff.

Durch die Konstruktion müssen die Auswirkungen von Blendlicht und Schatten abgemildert werden.

4.10.8 Ersatz- und Notstromversorgung

4.10.8.1 Allgemeines

Tunnelbaumaschinen müssen über Energieversorgungen für spezifische Funktionen verfügen, die unabhängig von der Hauptenergieversorgung sind.

Die Energieversorgung sollte üblicherweise ihre Quelle über Tage haben, kann aber auch von anderen Energiequellen bereitgestellt werden, z. B. Verbrennungskraftmaschinen im Tunnel, siehe 4.8.5.

4.10.8.2 Ersatzstromversorgung

Wenn aktiviert, darf die Ersatzstromversorgung nur Funktionen, die mit der Erweiterung des Hauptstromkabels verbunden sind, erforderliche Funktionen für die Tunnelbaumaschine im Stillstand und unverzichtbare Dienste nach Bedarf versorgen, siehe 4.5.6.

Die Ersatzstromversorgung sollte üblicherweise ihre Quelle über Tage haben, kann aber auch von anderen Energiequellen bereitgestellt werden, z. B. Verbrennungskraftmaschinen im Tunnel, siehe 4.8.5. Die Verwendung der Ersatzstromversorgung ist während geplanter Unterbrechungen der Hauptstromversorgung vorgesehen.

4.10.8.3 Notstromversorgung

Mit der Notstromversorgung müssen alle unverzichtbaren Dienste versorgt werden können, siehe 4.5.6.

Die Notstromversorgung sollte üblicherweise ihre Quelle über Tage haben, kann aber auch von anderen Energiequellen bereitgestellt werden, z. B. Batterien, Verbrennungskraftmaschinen im Tunnel, siehe 4.8.5. Die Verwendung der Notstromversorgung ist während eines Ausfalls der Hauptstromversorgung vorgesehen.

4.10.9 Notbeleuchtung

Eine unabhängige Notbeleuchtung ist ein unverzichtbarer Dienst und muss mindestens für 1 Stunde beibehalten werden.

Die Notbeleuchtung muss in Höhe der Lauffläche mindestens eine Beleuchtungsstärke von 15 Lux geben.

ANMERKUNG Eine verlängerte Dauer der Notbeleuchtung für Druckluftschleusen und den Bedienungsstand der Druckluftschleuse kann als Teil der Druckluftanforderungen erforderlich sein (siehe prEN 12110-1:2023).

4.10.10 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Tunnelbaumaschinen müssen so ausgeführt sein, dass jede elektromagnetische Unverträglichkeit zwischen Bestandteilen vermieden wird.

Für die oberirdisch angeordneten Teile der Tunnelbaumaschine, wie Rohrvortrieb, Stationen für Mikrotunnelbohrmaschinen, müssen die Anforderungen nach EN ISO 13766-1:2018 eingehalten werden.

ANMERKUNG Eine unterirdisch arbeitende Tunnelbaumaschine verursacht keine signifikante EMV-Gefährdung für Maschinen, die an der Erdoberfläche arbeiten.

4.10.11 Trennung von der Hauptstromversorgung

Vorrichtungen für die Trennung der Hauptstromversorgung (sowohl auf der Hoch- als auch auf der Niederspannungsseite des Transformators) müssen vorhanden sein. Diese Vorrichtungen müssen in geöffneter Stellung abschließbar sein.

4.11 Hydraulische und pneumatische Systeme

4.11.1 Allgemeines

Hydraulische und pneumatische Systeme müssen vor Druck geschützt werden, der den maximalen Bemessungssystemdruck übersteigt.

Wenn zu Wartungszwecken erforderlich, muss es möglich sein, den entsprechenden Teil des System zu isolieren und eine Druckentlastung vorzunehmen.

Bei druckbeaufschlagten Systemen muss eine Druckentlastung vorgenommen werden und die Systeme müssen von der Druckquelle isoliert werden, wenn sie nicht für den Betrieb oder während des Stillstands benötigt werden.

Es müssen so möglichst wenig Schläuche angebracht werden, und wenn Schläuche angebracht werden, müssen sie so kurz wie möglich sein. Starre Leitungen müssen gegenüber Schläuchen bevorzugt werden.

Alle Steuereinrichtungen und -systeme müssen den Anforderungen in 4.5 entsprechen.

Elektrisch betätigte Ventile müssen mindestens Schutzklasse IP 55 nach EN 60529:1991 entsprechen.

Flexible Schläuche müssen vor Beschädigungen durch bewegliche Teile geschützt werden.

ANMERKUNG 1 Siehe als Anleitung 30 CFR §18.65 Flame test of hose, für Schläuche siehe Website <http://www.msha.gov/techsupp/acc/lists/00yhose.pdf>.

ANMERKUNG 2 Fluide umfassen Gase und Flüssigkeiten.

4.11.2 Hydraulische Fluidtechnik

Hydraulikpumpen und -motoren, Steuerungen sowie Anschlussrohre und -leitungen müssen nach EN ISO 4413:2010 konstruiert und gebaut sein.

Es müssen trennende Schutzeinrichtungen zum Schutz von Personen in Arbeitsbereichen nach 3.26 vorgesehen werden.

Gasdruckspeicher müssen die Anforderungen in EN 14359:2017 erfüllen.

Zusätzlich müssen die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

- a) Hydraulikflüssigkeiten müssen nach ISO 15380:2016 umweltverträglich sein;
- b) es sind nur schwer entflammbare Hydraulikflüssigkeiten nach EN ISO 12922:2020 bereitzustellen;
- c) alle hydraulischen Anlagen müssen so ausgeführt sein, dass im Fall einer Beschädigung eines Bauteils der Verlust an Hydraulikflüssigkeit so gering wie möglich ist und ein frühzeitiger Warnhinweis auf den Schaden gegeben wird. Hydrauliktanks mit einem Nennvolumen von mehr als 30 l müssen mit Alarmsystemen für zu niedrigen und zu hohen Füllstand ausgestattet sein;