
ELOT TS 1501-12-02-01-02:2023

**HELLENISCHE TECHNISCHE
SPEZIFIKATION**



**HELLENIC TECHNICAL
SPECIFICATION**

Tunnelaushub mit Full-Facers oder Teilschnittmaschinen

Tunnel excavation with full-facers or roadheaders

Preisklasse: **16**

Präambel

Diese Hellenische Technische Spezifikation ändert und ersetzt ELOT TS 1501-12-02-01-02:2009.

Diese Hellenische Technische Spezifikation wurde von Fachleuten erstellt und in ihrem Bereich von einer aufsichtführenden/sachverständigen Fachperson geprüft und bewertet, welche die Arbeit des Technischen Ausschusses ELOT/TE99 „Spezifikationen technischer Werke“ unterstützte, dessen Sekretariat der Direktion für Normung der Hellenischen Normungsorganisation (ELOT) zugeordnet ist.

Der Wortlaut dieser Hellenischen Technischen Spezifikation ELOT TS 1501-12-02-01-02 wurde am 24.3.2023 von ELOT/TE 99 in Übereinstimmung mit der Verordnung über die Erarbeitung und Veröffentlichung Hellenischer Normen und Spezifikationen angenommen.

Die europäischen, internationalen und nationalen Normen, auf die in den Normungshinweisen Bezug genommen wird, sind bei der ELOT erhältlich.

Inhalt

Einleitung.....	5
1 Ziel.....	7
2 Normungsverweise.....	7
3 Begriffe und Definitionen.....	8
4 Anforderungen.....	11
4.1 Geometrie der Ausgrabungen.....	11
4.2 Ausgrabungslinien und Messlinien.....	12
4.3 Allgemeine Konstruktionsanforderungen für Tunnelbohrmaschinen.....	12
4.4 Konstruktionsanforderungen für Full-Facers ohne direkte Stützung.....	13
4.5 Designanforderungen für Full-Facers mit regionaler direkter Stützung.....	14
4.6 Konstruktionsanforderungen für Full-Facers mit direkter Stützung des Umkreises und der Ortsbrust.....	14
4.7 Sammlung von Aushubmaterial.....	16
4.8 Sonstige Anforderungen an Tunnelbohrmaschinen.....	17
4.9 Auswahl der Tunnelbohrmaschine.....	18
4.10 Ausnahme für innovative Verfahren.....	19
4.11 Anforderungen an verwendete Materialien.....	19
4.12 Heckdichtungsvorrichtungen.....	21
5 Methodik für die Ausführung von Arbeiten.....	21
5.1 Betrieb der Tunnelbohrmaschine.....	21
5.2 Einsatz von Druckluft beim Tunnelbau.....	22
5.3 Gespeicherte Tunnelaushubdaten.....	23
5.4 Verkehr von Servicefahrzeugen in im Bau befindlichen Tunneln.....	24
5.5 Verbrennung, Schweißen, elektrische Anlagen und Geräte.....	25
5.6 Pumpen.....	25
6 Annahmekriterien für abgeschlossene Arbeiten.....	25

7	Methode zur Messung der Arbeiten.....	26
7.1	Tunnelaushubmessung mit Full-Facers mit Schild.....	26
7.2	Messung des Tunnelaushubs mit anderen als den in Absatz 7.1 genannten Maschinen	27
7.3	Maschinenantriebsunterbrechungen.....	27
7.4	Lieferung, Montage, Demontage, Entfernung der Maschine.....	28
7.5	Transport von Aushubmaterial.....	28
7.6	Geologische Absenkung.....	28
	Anhang A (informativ) Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltschutzbedingungen.....	29
	Anhang B (informativ) Eigenschaften und Prüfung von Schaummischungen und - zusammensetzungen.....	34
	Literaturverzeichnis.....	42

Einleitung

Diese Hellenische Technische Spezifikation (HTS) ist Teil der technischen Texte, die ursprünglich vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und öffentliche Arbeiten und vom Institut für Bauwirtschaft (IOK) erstellt und anschließend von der ELOT erarbeitet wurden, um beim Bau nationaler öffentlicher technischer Bauwerke angewandt zu werden, mit dem Ziel, Bauwerke zu schaffen, die robust und in der Lage sind, die Bedürfnisse zu erfüllen, die ihren Bau bewirkt haben, und die für die Gesellschaft als Ganzes von Nutzen sind.

Im Rahmen eines Vertrags zwischen NQIS/ELOT und dem Ministerium für Infrastruktur und Verkehr (Online-Veröffentlichungsnummer 6EOB465XΘΞ-02T) wurde die ELOT mit der Bearbeitung und Aktualisierung als 2. Ausgabe von dreihundertvierzehn (314) Hellenischen Technischen Spezifikationen (HTS) beauftragt, gemäß den anwendbaren europäischen Normen und Verordnungen und den Verfahren, die in der Verordnung über die Erarbeitung und Veröffentlichung Hellenischer Normen und Spezifikationen und in der Verordnung über die Einrichtung und den Betrieb technischer Normungsinstrumente festgelegt sind.

Diese Hellenische Technische Spezifikation wurde vom Auftragnehmer der beschränkten Ausschreibung Nr. 1/2020 für die Vergabe des Werks „Überarbeitung der 1. Ausgabe von 314 HTS“ (Online-Veröffentlichungsnummer ΩΕΕΑΟΞΜΓ-ΞΗΔ) erstellt, von einer aufsichtführenden/sachverständigen Fachperson geprüft und bewertet und zur öffentlichen Konsultation eingereicht. Sie wurde vom Technischen Ausschuss ELOT/TE 99 „Spezifikationen technischer Werke“ genehmigt, welcher durch den Beschluss des geschäftsführenden Direktors der NQIS, Δv.Σ. 285-19/08-02-2019 (ΑΔΑ6ΩΛΡΟΞΜΓ-15Ξ) eingerichtet wurde.

Diese HTS entspricht den Anforderungen, die sich aus dem EU-Recht, den einschlägigen derzeit geltenden Richtlinien des neuen Konzepts und den nationalen Rechtsvorschriften ergeben, sie verweist auf harmonisierte europäische Normen und ist mit diesen vereinbar.

Tunnelaushub mit Full-Facers oder Teilschnittmaschinen

1 Ziel

Gegenstand dieser technischen Spezifikation ist das Bohren von Tunneln mit Techniken, bei denen die Ausgrabung mit mechanischen Mitteln wie Kreisscheiben, Zähnen oder Platten durchgeführt wird. Der Anwendungsbereich dieser technischen Spezifikation umfasst nicht die Aushubtechniken durch Bohren und Strahlen oder mit mechanischen unterirdischen Baggern oder hydraulischen oder anderen Hammern sowie alle Anwendungen für das mechanische Bohren von Bohrlöchern.

Die Stützungs- oder Verstärkungsarbeiten werden durch andere Spezifikationen abgedeckt. Der Geltungsbereich dieser Spezifikation umfasst alle indirekten Auswirkungen (z. B. Verzögerungen beim Bau der notwendigen Stützen) oder Bedingungen (z. B. Pumpen) für die technische und sichere Fertigstellung der Ausgrabung.

2 Normungsverweise

Diese Technische Spezifikation enthält – durch Verweise – Bestimmungen anderer Veröffentlichungen, ob datiert oder nicht. Diese Verweise beziehen sich auf die jeweiligen Teile des Textes und eine Liste dieser Veröffentlichungen wird anschließend angegeben. Im Falle von Verweisen auf datierte Veröffentlichungen gelten nachfolgende Änderungen oder Überarbeitungen auf dieses Dokument, wenn sie durch Änderung oder Überarbeitung in das Dokument aufgenommen wurden. In Bezug auf Verweise auf undatierte Veröffentlichungen findet ihre neueste Fassung Anwendung.

ELOT EN 16191	<i>Tunnelling machinery - Safety requirements -- Tunnelbohrmaschinen - Sicherheitstechnische Anforderungen</i>
ELOT EN 12110	<i>Tunnelling machines - Air locks - Safety requirements -- Tunnelbaumaschinen - Druckluftschleusen - Sicherheitstechnische Anforderungen</i>
ELOT EN 12111	<i>Tunnelling machines - Road headers and continuous miners - Safety requirements -- Tunnelbaumaschinen - Teilschnittmaschinen und Continuous Miners - Sicherheitstechnische Anforderungen</i>
ELOT EN ISO 13500	<i>Petroleum and natural gas industries - Drilling fluid materials - Specifications and tests -- Erdöl- und Erdgasindustrie - Bohrspülungen - Spezifikationen und Prüfungen</i>
ELOT EN ISO 19225	<i>Underground mining machines - Mobile extracting machines at the face - Safety requirements for shearer loaders and plough systems -- Bergbaumaschinen unter Tage - Mobile Abbaumaschinen im Streb - Sicherheitsanforderungen für Walzenlader und Hobelanlagen</i>
ELOT EN 1501-12-02-01-01	<i>Tunnel excavation with conventional means - Tunnelaushub mit konventionellen Mitteln</i>

3 Begriffe und Definitionen

Die folgenden Begriffe und Definitionen werden in dieser Technischen Spezifikation verwendet:

3.1 Primäre Stützung (primary support)

Stützung des Tunnelquerschnitts, der angebracht ist, um sicherzustellen, dass die Öffnung erhalten bleibt und um Sicherheit bei der Bohrung zu gewährleisten, bis die Endauskleidung angebracht ist. Sie besteht in der Regel aus Spritzbeton, Ankerstangen und Stahlrahmen.

3.2 Boden (ground)

Jedes physikalische Material, in dem der Tunnel ausgegraben wird. Als Begriff umfasst er Boden und Gestein.

3.3 Blende (shield)

Metallkonstruktion zum Schutz des Arbeitsbereichs

3.4 Extrados (extrados)

Die Außenkontur der (direkten oder endgültigen) Auskleidung des Tunnels.

3.5 Intrados (intrados)

Die innere Kontur der (direkten oder endgültigen) Auskleidung des Tunnels.

3.6 Untere Explosionsgrenze (Lower Explosive Limit oder LEL)

Die Grenzkonzentration eines Gases oder Dampfes in der Luft, die in Gegenwart einer Zündquelle (z. B. Flamme, Hitze) ein Feuer oder eine Explosion verursachen kann.

3.7 Messerkopf (cutter head)

Das rotierende Teil auf der Vorderseite der Maschine, das die Schneidwerkzeuge trägt.

3.8 Ortsbrust (face)

Die jeweilige Oberfläche des Geomaterials, auf dem sie für die Weiterentwicklung der Ausgrabung beeinflusst wird. Sie kann sich auf den gesamten Abschnitt oder Teile davon beziehen.

3.9 Filterkuchen (Mud Cake)

Dünner Film der dehydrierten Suspension innerhalb des Geomaterials oder der Ortsbrust für seine Stabilisierung

3.10 Heckdichtung (tail seal)

Dichtung aus flexiblem Material, das verhindert, dass Wasser oder Zement-Injektion zwischen der Tunnelauskleidung und dem Maschinenschild eindringen.

3.11 Krone (crown)

Der obere Teil der Kontur eines Tunnels.

3.12 Portal

Ein Eingang oder Ausgang des Tunnels.

3.13 Endauskleidung (final lining)

Das strukturelle System, das die Leistung des Tunnels für seine technische Lebensdauer gewährleistet.

3.14 Klassifizierung von Tunnelbaumaschinen (Maschinen)

Grundlage für die Klassifizierung von Tunnelbaumaschinen ist die Möglichkeit, direkte Stützungsmaßnahmen umzusetzen und zu installieren. Die Aufteilung der Maschinen in Gruppen erfolgt nach ihrer direkten Stützung, die möglicherweise:

- nicht vorhanden ist,
- nur im Umfang des ausgegrabenen Querschnitts vorhanden ist,
- im Umfang des Querschnitts und auf der Ortsbrust vorhanden ist.

Tabelle 1 – Klassifizierung von Tunnelbaumaschinen

STÜTZUNG	GRUPPE	KATEGORIE	TYP
OHNE STÜTZUNG	ARMMASCHINEN	TEILSCHNITTMASCHINE	
	HAUPTTRÄGER-TBM (Tunnelbohrmaschine)	MECHANISCHE BAGGER	
	TUNNELVERGRÖßERUNGSMASCHINEN		
REGIONALE STÜTZUNG	OFFENE TUNNELBOHRMASCHINEN MIT SCHILD	MIT SCHILD UND BACKEN	FULL-FACE-SCHNITT
		MIT TEILSCHILD	FULL-FACE-UND/ODER TEILSCHNITT
		DOPPELSCHILD	FULL-FACE-SCHNITT
		TEILSCHNITTMASCHINE	
REGIONALE UND FULL-FACE-STÜTZUNG	GESCHLOSSENE TUNNELBOHRMASCHINEN MIT SCHILD	MECHANISCHE STÜTZUNG	FULL-FACE-UND/ODER TEILSCHNITT
		SCHILD – DRUCKLUFT	
		SCHILD – SUSPENSION (SCHLÄMME)	FULL-FACE-SCHNITT
		ERBM-MASCHINEN	
		GEMISCHTE Schildmaschinen	
	KOMBINATION VON OFFENEM TYP UND ERBM	KOMBINATION VON OFFENEM TYP UND SCHLAMM	KOMBINATION AUS EPBM UND SCHLAMM

3.14.1 Maschinen, die keine direkte Stützung bieten

Der Umfang solcher Maschinen sind Tunnel in Geomaterialien, die keine sofortige und kontinuierliche Stützung erfordern.

A. Maschinen mit einem Schneidarm

Dies sind Maschinen mit einem (oder mehreren) selektiven Armen, auf denen ein spezieller Kopf mit einem geeigneten Grabwerkzeug ausgestattet ist. Die Ausgrabungsarbeiten erfolgen durch mehrere Vortriebe, die je nach Form und Position den gesamten Querschnitt der Ortsbrust abdecken. Folgende Ausgrabungswerkzeuge sind zu verwenden:

- i. Klassischer mechanischer Bagger, Schnitter oder Hydraulikhammer.
- ii. Teilschnittmaschine mit horizontalem Messerkopf.
- iii. Teilschnittmaschine mit vertikalem Messerkopf.

B. Hauptträger-TBM

Diese Art von Maschine hat einen Messerkopf, der einen Full-Face-Aushub des Tunnels in einer einfachen Strecke durchführt. Der Antrieb wird durch die Antriebslager (oder Backen) auf den Messerkopf übertragen, radial auf das Geomaterial der Tunnelseiten gedrückt. Die Maschine wird in einer Sequenz von zwei Hauptphasen angetrieben:

- i. Ausgrabung (feste Lager oder Backen).
- ii. Platzierung von Lagern oder Backen in einem anderen Schritt.

Das Aushubmaterial wird von der Maschine selbst gesammelt und rückwärts transportiert.

C. Tunnelvergrößerungsmaschinen

Sie haben die gleichen grundlegenden Funktionen wie die des Absatzes 3.14.1.B, öffnen jedoch den letzten Querschnitt des Tunnels aus einem zentralen Pilotunnel, von dem aus sie durch Lager oder Backen angetrieben werden.

3.14.2 Maschinen, die eine direkte Stützung der Aushubumschließung bieten (Schilde)

Sie gehören zur Gruppe der offenen Maschinen, d. h. der Zugang zur Ortsbrust ist kontinuierlich, ohne dass eine spezielle Zwischenkammer erforderlich ist. Während der Ausgrabung stützen sie die Umschließung des ausgegrabenen Querschnitts mithilfe eines speziellen Schilds, im Gegensatz zur nicht gestützten Ortsbrust. Der Schild kann entweder einfach oder doppelt gelenkig sein.

A. Offene TBM-Maschinen mit Schild und Backen

Sie entsprechen denen des Absatzes 3.14.1.B und werden innerhalb eines zylindrischen Schilds bewegt, der die Antriebslager oder Backen einschließt. Der Schild bietet direkte passive Stützung der Umschließung.

B. Offene Teilschildmaschinen (TBM)

Diese Maschinen sind entweder mit einem Full-Face-Messerkopf oder mit einem Arm, wie z. B. die Maschinen des Absatzes 3.14.1.A, ausgestattet. Die Antriebskolben der Maschine reagieren mit der Tunnelauskleidung, die durch eine spezielle Vorrichtung der Maschine montiert wird.

C. Offene Doppelschildmaschinen (TBM)

Diese Maschinen sind mit einem Full-Face-Messerkopf und zwei Reihen von Antriebskolben ausgestattet, die entweder mit dem Geomaterial oder mit der Tunnelauskleidung reagieren. Die Antriebsmethode hängt jedes Mal von der Art des Geomaterials ab. Die Maschine verfügt über drei oder mehr Schildsegmente und eine teleskopische Zentralantriebseinheit.

3.14.3 Maschinen mit direkter Stützung der Umschließung und der Ortsbrust der Ausgrabung

Diese Maschinen gehören zur Gruppe geschlossener Maschinen, d. h. das Graben erfolgt an der Ortsbrust mit dem Messerkopf in einer speziellen geschlossenen Kammer, in der der Druck nach den Bedingungen der Front kontinuierlich gesteuert werden kann, wobei der Zugang zu dieser Kammer eine weitere Zwischenkammer erfordert (außer Maschinen mit mechanischer Stützung). Auch in diesem Fall wird die Umschließung der Ausgrabung mit einem Schild gestützt. Der Antrieb erfolgt mit Kolben, die die Auskleidung drücken.

A. Maschinen (TBM) mit mechanischer Stützung

Die Maschinen dieser Art verfügen über einen Full-Face-Messerkopf, der das Graben der Ortsbrust stützt, indem das ausgegrabene Material stetig nach vorne in die Geomaterialfläche geschoben wird. Aushubmaterial wird durch Öffnungen im Messerkopf entfernt und die Menge wird durch kontrollierte Türen eingestellt.

B. TBM mit Druckluft

Diese Maschinen sind entweder mit einem Full-Face-Messerkopf oder mit einem Arm, wie z. B. die Maschinen des Absatzes 3.14.1.A, ausgestattet. Die Ortsbruststützung wird durch Druckluft in der Messerkopfkammer erreicht.

C. TBM mit Schlamm

Diese Art von Maschinen hat einen Full-Face-Messerkopf. Die aktive Stützung der Ortsbrust wird durch kontrollierte Injektion von (normalerweise) Bentonit oder einer anderen Suspension in die Messerkopfkammer erreicht. Der Fluss und die Zirkulation der Suspension entfernen die Ausgrabungsmaterialien durch die Steuerung der Sammelraten.

D. Erddruckausgleichsmaschinen (EPBM)

Diese Art von Maschinen hat einen Full-Face-Messerkopf. Die aktive Stützung der Ortsbrust wird durch kontrolliertes Entfernen der Mischung aus ausgegrabenem Geomaterial, Wasser und möglicherweise der Viskosität der Mischung aus der Ausgrabungskammer mit Schneckengetriebe erreicht.

E. Gemischte Maschinen (TBM)

Diese Art von Maschinen hat einen Full-Face-Messerkopf und kann als offener oder geschlossener Typ mit verschiedenen Ortsbruststützungstechniken funktionieren. Die Abwechslung der Betriebsarten erfordert einen mechanischen Eingriff, um die Konfiguration der Maschine zu ändern, wobei verschiedene Techniken für die Sammlung von Aushubmaterial verwendet werden. Die drei Hauptkategorien dieser Maschinen sind:

- i. Maschinen mit offener Funktion, mit Förderband für die Entfernung von Aushubmaterial und mit geschlossener Funktion, mit Ortsbruststützung mit Erddruckausgleich und Schneckenförderer.
- ii. Maschinen mit offener Funktion, mit Förderband für die Entfernung von Aushubmaterial und mit geschlossener Funktion, welche die Ortsbrust mit Schlamm und einem hydraulischen Transportsystem für das Aushubmaterial stützt, nachdem das Förderband deaktiviert wurde.
- iii. Maschinen, die mit Ortsbruststützung entweder durch Schlamm oder durch Erddruckausgleich (ERBM) funktionieren können.

4 Anforderungen

4.1 Geometrie der Ausgrabungen

Die geometrischen Elemente der Tunnelaushubquerschnitte, mit Ausnahme des inneren Teils der Endauskleidung, sind in den Zeichnungen zu definieren und während der Bohrarbeiten so zu gestalten, dass Abweichungen von den in ihnen dargestellten Linien, Steigungen und Abmessungen minimiert werden.

In der Studie sind die Elemente zu beschreiben, die die Geometrie der charakteristischen Linien „A“ und „B“ des Tunnelquerschnitts definieren, die in Absatz 4.2 beschrieben sind und während der Anwendung wahrscheinlich je nach a) den vorherrschenden geologischen und geotechnischen Bedingungen, b) der Ausgrabungsmethode variieren werden.

Während des Bohrens sind spezielle Erweiterungen aus verschiedenen Gründen erforderlich, wie z. B.:

- i. Aussparungen, Schächte oder Gräben für spezielle Anlagen (elektrisch-mechanische Anlagen, Systeme, Dienstleistungen, Schächte usw.).
- ii. Spezielle Querschnitte (zum Parken, etc.).
- iii. Bauanforderungen (für temporäre Betriebskammern zum Start der Ausgrabung, Erweiterungen, Lagerung oder Montage oder Demontage von Maschinen usw.).
- iv. Bauliche Erfordernisse während der Ausgrabung (Erweiterungen aufgrund des Baus von Vortriebsstangen usw.).

Diese Erweiterungen werden in der Studie festgelegt. Erweiterungen, die aus baulichen Gründen des Bauunternehmers vorgenommen werden, sind nicht zulässig und gehen zulasten des Bauunternehmers.

4.2 Ausgrabungslinien und Messlinien

Am Tunnelquerschnitt sind folgende Linien zu definieren:

- i. Mindest erforderliche Ausgrabungslinie „A“
- ii. Maximal zulässige Ausgrabungslinie „B“

Die Linien A und B gemäß der Definition in ELOT TS 1501-12-02-01-01 gelten auch für die mechanische Ausgrabung von Tunneln. Es sei darauf hingewiesen, dass die Linien zusammenfallen (der Abstand zwischen den Linien A und B ist Null, wobei die Linie B nach innen verschoben wird). Die vorstehende Bemerkung gilt nicht für Armmaschinen ohne Stütze (Absatz 3.14.1.A), für die ein A-B-Abstand über Null bestimmt werden kann.

4.3 Allgemeine Konstruktionsanforderungen für Tunnelbohrmaschinen

Der Bauunternehmer muss die Stützung des Herstellers der Maschine für alle erforderlichen Betriebs-, Wartungs- und Reparaturfunktionen gesichert haben, um ihren normalen und effizienten Betrieb zu gewährleisten.

Ausgrabungsmaschinen und -schilde müssen selbstfahrend sein. Die Montagefläche der Antriebskolben oder der entsprechenden Backen muss entsprechend der Tragfähigkeit des Geomaterials und der Auskleidung ausgelegt sein, um Ausfälle oder Eindringen davon zu vermeiden. Antriebskolben oder Backen müssen einzeln oder zusammen in beliebiger Kombination betrieben werden und ermöglichen, dass das vorgefertigte Schlüsselschließsegment gegebenenfalls in beliebiger Position platziert werden kann.

Kolben, die die Ausgrabungen in offenen Schilden tragen, sind entweder einzeln oder alle zusammen oder in beliebiger Kombination zu betreiben. Der Betrieb dieser Kolben muss mit dem Betrieb der Antriebskolben der Maschine verbunden sein, und es muss möglich sein, die Kolben einzeln zu ersetzen.

Ein angemessener Zugang zu allen Arbeits- oder Wartungsbereichen der Ausgrabungsmaschine muss gewährleistet sein, und es müssen sichere Bereiche für das Personal vorhanden sein, in die es eintreten und in Notsituationen entkommen kann.

Der Bauunternehmer organisiert die Ausgrabungen so, dass eine Lockerung des Geomaterials, die sich nachteilig auf bestehende Bauwerke und Strukturen auswirken kann, verhindert wird. In diesem Zusammenhang legen sie der zuständigen Behörde einen Bericht über die Aushubmethode vor, der mindestens die folgenden Daten enthält:

- (1) Die vorgeschlagene Transport- und Montagemethode des Baggers und/oder des Schildes.
- (2) Die vorgeschlagene Methode des Beginns der unterirdischen Ausgrabung unter Berücksichtigung des Zeitpunkts der Installation der Hilfsausrüstung, der erforderlichen Verbesserungen im Boden und/oder der Entwässerung/Abwässerung.
- (3) Ausführliche Beschreibung der temporären Antriebseinrichtungen.
- (4) Die Methode zur Bestimmung der Bodenbedingungen (wie geologische und geotechnische Bedingungen, versteckte Infrastrukturen – Netze oder andere nicht registrierte unterirdische Strukturen).
- (5) Risikoanalyse von Veränderungen der Bodenbedingungen
- (6) Die vorgeschlagene Methode zur Überwachung von Bodenverlusten während der Ausgrabung und instrumentelle Überwachung der Absenkung.
- (7) Die vorgeschlagene Arbeitsmethode an Kreuzungen sowie die Demontage des Baggers oder des Schildes.

Vor Beginn des Aushubs sorgt der Bauunternehmer für die ordnungsgemäße Funktion aller mechanischen Systeme und Systeme mit direkter Stützung und/oder dauerhafter Auskleidung sowie für einen angemessenen Bestand an vorgefertigten permanenten Tunnelauskleidungselementen.

Die Ausgrabung muss mit ELOT TS 1501-12-02-01-01 (Tunnelaushub mit konventionellen Mitteln) kompatibel sein, wenn die beiden Bohrtechniken nebeneinander bestehen.

Die Bewegung der Aushubmaschine muss erfolgen, wenn der vorherige Bauzyklus der Stützung abgeschlossen ist, sodass jedes Mal ein vollständiger Aushub- und Bauzyklus der Stützung abgeschlossen ist. Das vorgeschlagene Verfahren muss die korrekte Ausgrabungsrichtung gewährleisten, ohne dass mehr als die vorgeschriebenen Lasten auf die Stützung des Tunnels, der Auskleidung oder der geomaterielle Umgebung auferlegt werden, und Überaushub und Bodenverlust verhindern. Eine Überschreitung der Aushubgrenzen aus praktischen Gründen muss so gering wie möglich sein, um die Aushubgeometrie um die Maschine oder den Schild herum aufrechtzuerhalten.

Wenn die Tunnelauskleidung hinter einem Schild ohne „Schwanz“-Einrichtungen gebaut ist, muss die Ausgrabung unterbrochen werden, bis die gesamte Auskleidung an den Hebevorrichtungen angebracht ist. Das Heben des Schlüsselschließsegments beginnt unmittelbar nach Abschluss des Schildantriebs.

Bei Ausgrabungen in der Nähe bestehender Bauwerke ist der zuständigen Behörde ein spezieller Methodenbericht vorzulegen, um eventuell auftretende Probleme anzugehen.

Wenn auf der Ortsbrust oder anderswo das Vorhandensein von Wasser gefährliche Arbeitsbedingungen oder die Gefahr einer Beschädigung der Stützung verursachen kann, ergreift der Bauunternehmer die erforderlichen Maßnahmen, um die Risiken vor Beginn der Arbeiten zu mindern (z. B. Bau von Entwässerungslöchern, Relieflöchern, Bodenverbesserungen usw.).

Bei Betriebsunterbrechungen ist die Stabilität aller unterirdischen Ausgrabungen zu gewährleisten und alle Ortsbrüste und Arbeitsbereiche sind in mit der zuständigen Behörde vereinbarten Abständen zu überprüfen.

Der Bauunternehmer hat alle Schäden, die durch die Ausgrabungen oder sonstige Arbeiten verursacht wurden, unverzüglich nach Absprache mit der zuständigen Behörde zu beheben.

Tunnelbaumaschinen müssen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG entsprechen. Die harmonisierten Normen gemäß der oben genannten Richtlinie zum Zeitpunkt der Ausarbeitung dieser technischen Spezifikation sind wie folgt: ELOT EN 16191, ELOT EN ISO 19225, ELOT EN 12110 und ELOT EN 12111.

Die vorstehenden Bestimmungen sind für die Konstrukteure und Hersteller der Maschinen und für ihre Benutzer von Nutzen. Zusätzlich zu den vorstehenden Bestimmungen gelten die in den folgenden Absätzen genannten Bestimmungen für jede bestimmte Art von Maschine.

4.4 Konstruktionsanforderungen für Full-Facers ohne direkte Stützung

Diese Art von Maschinen eignen sich zum Bohren von Tunneln in Gesteinsformationen. Der Messerkopf der Maschine muss sich im Uhrzeigersinn und gegen den Uhrzeigersinn drehen können, nur wenn die hydraulischen Antriebskolben aktiviert sind bohren, und gegebenenfalls auf eine begrenzte Länge zurückkehren.

Fräser, Kreisscheiben, Zähne und Aushubplatten müssen in voller Sicherheit von der Rückseite des Messerkopfs montiert werden können.

Die Montagefläche der Antriebskolben oder der entsprechenden Backen muss der Tragfähigkeit der Gesteinsmasse entsprechen, um Ausfälle oder Eindringen davon zu vermeiden. Sie gelten auch für die Montage an der Unterseite der Maschine selbst und an der Rückseite.

Die Maschine muss so ausgelegt sein, dass sie Probenbohrungen und Vorbohrungen durch den Messerkopf ermöglicht, um geologische und geotechnische Bedingungen vor der Ortsbrust zu untersuchen, sowie die

Leistung von Zement-Injektionen zur Verbesserung des Geomaterials vor der Ortsbrust oder die Installation von leichten Pfählen oder das Bohren von Entwässerungslöchern, falls erforderlich.

Die Kopfkongfiguration muss in der Lage sein, Überaushub für Konvergenztoleranz bei zerkleinerten Geomaterialien zu erzeugen.

Die Stützvorrichtung für die nicht gestützte Öffnung der Kuppel zwischen dem Ende der Maschine und den Positionen für den Einbau der ersten Stützmaßnahmen muss ihre sofortige und schnelle Anwendung gemäß der Studie ermöglichen und mit den Konfigurations- und Betriebsanforderungen der Maschine gemäß der erwarteten Qualität der Gesteinsmasse kompatibel sein. Sie muss so ausgelegt sein, dass sie die Stützmaßnahmen auf die Kuppel in allen Arbeitsschritten anwenden kann, sowohl während des Antriebs der Maschine als auch wenn sie nicht zur Ausgrabung benutzt wird.

Um Staub an der Vorderseite zu begrenzen, muss die Maschine mit einem Wassersprühsystem auf der Ortbrust, Staubfängern und Filtern ausgestattet sein.

4.5 Designanforderungen für Full-Facers mit regionaler direkter Stützung

Der Full-Facer mit offenem Schild muss mit einer Aufbringungs Vorrichtung ausgestattet sein, die die nicht gestützte Öffnung der Kuppel zwischen dem Schildende und der Ortsbrust stützt. Diese Vorrichtung muss so ausgelegt sein, dass sie in allen Arbeitsschritten Druck auf die Kuppel ausüben kann, sowohl während des Antriebs der Maschine als auch wenn sie nicht zur Ausgrabung benutzt wird.

Der Messerkopf der Maschine muss sich im Uhrzeigersinn und gegen den Uhrzeigersinn drehen können, nur wenn die hydraulischen Antriebskolben aktiviert sind, und gegebenenfalls auf eine begrenzte Länge zurückkehren können.

Fräser, Kreisscheiben, Zähne und Aushubplatten müssen in voller Sicherheit von der Rückseite des Messerkopfs montiert werden können.

Die Maschine muss so ausgelegt sein, dass sie Probenbohrungen und Vorbohrungen durch den Messerkopf ermöglicht, um geologische und geotechnische Bedingungen vor der Ortsbrust zu untersuchen, sowie die Leistung von Zement-Injektionen zur Verbesserung des Geomaterials vor der Ortsbrust oder die Installation von leichten Pfählen oder das Bohren von Entwässerungslöchern, falls erforderlich.

Die Kopfkongfiguration muss in der Lage sein, Überaushub für Konvergenztoleranz bei zerkleinerten Geomaterialien zu erzeugen.

4.6 Konstruktionsanforderungen für Full-Facers mit direkter Stützung des Umkreises und der Ortsbrust

Bei Tunneln mit einem Durchmesser von bis zu 12 m sind Art und Eigenschaften des Geomaterials der entscheidende Faktor für die Auswahl und Auslegung der Stützung der Ortsbrust. Für größere Querschnitte sind auch andere Parameter erforderlich, wie die Übertragung des Drehmoments vom Messerkopf auf das Geomaterial (bei EPB-Maschinen ist es 2,5-mal größer als bei Schlamm und es besteht die Gefahr einer Kopfwalze) und wirtschaftliche Leistung.

Die Wahl der Art der Stromversorgung des Maschinenkopfs ist von besonderer Bedeutung. Elektrische Energie erreicht einen höheren Wirkungsgrad, erfordert aber eine ausgefeiltere und präzisere Lenkung, während hydraulische Energiesysteme flexibler sind.

Die Höhe der obenliegenden Elemente sollte in der Regel nicht geringer sein als der Durchmesser D des Tunnels, wobei sie unter günstigen Bedingungen auf $0,8 D$ reduziert werden kann, obwohl es Anwendungen mit EPBM unter $0,5 D$ und einer geeigneten Ortsbrust-Druckregelung gibt.

Bei kleineren Dicken der obenliegenden Elemente sollten die Stützdrücke auf einen kleinen Bereich begrenzt werden, um die Ortsbruststabilität zu gewährleisten und andererseits Flüssigkeits- oder Luftverluste zu vermeiden. In ähnlicher Weise ist in allen Bauphasen die Sicherheit und Sicherung der Ortsbrust vor dem Anheben des Bodens zu gewährleisten.

Bei EPB-Maschinen ist die Dichtigkeit des Schneckenförderers oder mögliche Eingänge zu gewährleisten, solange erhebliche hydrostatische Drücke und Zuführungen zu erwarten sind. Diese Maschinen müssen auch in den Messerkopf eingebaute Einlassöffnungen haben, damit zusätzliche Elemente aufgenommen werden können. Die Konfiguration und Anordnung der Einlassöffnungen muss zu einer schnelleren und sofortigen Einführung des Zusatzstoffs (in der Nähe der Aufprallfläche) und zu seiner gleichmäßigen Verteilung im ausgegrabenen Material beitragen. Jede Einlassöffnung sollte eine eigene separate Stromleitung haben.

Der Messerkopf des Full-Facers mit geschlossenem Schild darf im Uhrzeigersinn und gegen den Uhrzeigersinn (mit entsprechender Anordnung und Montage der Schneidwerkzeuge) nur dann rotieren und ausheben können, wenn die hydraulischen Antriebskolben aktiviert sind, und wenn es erforderlich ist, eine Rückkehr vornehmen zu können. Hydraulische Antriebskolben müssen in der Lage sein, alle erforderlichen Antriebs- und Ortsbrustdrücke zu tragen, ohne die Tunnelauskleidung zu beschädigen.

Schneidwerkzeuge sind in der Regel Kreisscheiben, Platten und Zähne. Im Allgemeinen werden die Scheiben für die Ausgrabung von Gesteinsmassen, die Platten für Sande und die Zähne für kohäsive Böden eingesetzt. Im Falle eines Geomaterials mit gemischten Eigenschaften muss der Messerkopf nach Berücksichtigung ihrer Wechselwirkung und ihres daraus resultierenden Verschleißes mit Kombinationen der oben genannten Werkzeuge ausgestattet sein. Es muss möglich sein, Schneidwerkzeuge von der Rückseite des Messerkopfs so zu wechseln, dass der Stützdruck auf der Ortsbrust nicht beeinträchtigt wird. Andernfalls darf eine Variation dieses Drucks keine schädlichen Auswirkungen auf den Tunnel, die oberliegenden oder angrenzenden (unterirdischen) Strukturen, das Geomaterial und die Maschine selbst haben.

Wenn das Vorhandensein von Gesteinsstücken auf der Ortsbrust erwartet wird, muss der Messerkopf erlauben, dass Stücke von maximal 300 mm ohne spezielles Verfahren durch den Messerkopf und den Schneckenförderer passieren können.

Die Maschine muss auch in der Lage sein, Gesteinsstücken zu knacken und zu brechen oder zu bewegen, die größer sind als die oben genannten.

Bei Maschinen mit Schlamm muss die Konstruktion des Messerkopfs die Möglichkeit von Verstopfungen minimieren. Dies kann erreicht werden durch:

- (1) Hoher Strömungs- und Spüldruck.
- (2) Bypass-Spülrohre.
- (3) Breite Verteilung von Spüldüsen in der Ausgrabungskammer.
- (4) Konfiguration des zentralen Teils des Messerkopfs mit einer entsprechenden Vorrichtung von Schneidwerkzeugen.
- (5) Integration eines Gesteinszerkleinerungsgeräts.
- (6) Zusätzliche Einschubvorrichtungen.
- (7) Mischen des Schlamms mit einer geeigneten Vorrichtung.
- (8) Geometrisches und hydraulisches Design der Grabkammer.

Die Maschine muss so ausgelegt sein, dass die Ausführung von Arbeiten wie Vorbohrungen durch den Messerkopf ermöglicht wird, um geologisch-geotechnische Bedingungen vor der Ortsbrust und Zement-Injektion zu untersuchen, um das Geomaterial vor der Ortsbrust, falls erforderlich, aber auch perimetrisch durch den Schild zu verbessern, um die geologisch-geotechnischen Bedingungen im Umkreis der Maschine zu untersuchen. Die Anzahl und die Lage der Zement-Injektionen müssen für sofortige Stabilisierungsarbeiten an der Ortsbrust und an der Umschließung für alle geologischen und geotechnischen Bedingungen ausreichen.

Die Maschine muss mit einem Aufbringungssystem ausgestattet sein, das die Öffnung der Kuppel zwischen der Schildkante und der Ortsbrust, und die Ortsbrust selbst, stützt. Diese Vorrichtung muss so ausgelegt sein, dass sie sowohl beim Antrieb der Maschine als auch bei Nichtaushub den erforderlichen Druck auf die Kuppel und die Ortsbrust mit ausreichender Sicherheit ausüben kann. Das Druckregelsystem muss in der

Lage sein, den erforderlichen Frontdruck während des Betriebs und des Anhaltens der Maschine automatisch aufrechtzuerhalten und ihn angemessen und sicher an Änderungen der Ortsbrustbedingungen anzupassen.

Die Maschine muss mit einer speziellen „Heckdichtung“ ausgestattet sein, um das Eindringen von unterirdischem Wasser oder Zement-Injektion in den Schild oder die Maschine zu verhindern. Diese Vorrichtung muss schnell durch den Tunnel ausgetauscht werden können. Am Ende des Schildes ist vorzusehen, dass der Zement-Injektionsfluss aus dem Schild in Richtung des Messerkopfs abgeschnitten wird. Heckdichtungen müssen eine ausreichende Sicherheit gegen maximale Drücke und Betriebsantriebe und Torkretierungsdrücke bieten. Bei Leckagen aus dem Hauptabdichtungssystem ist auch eine zusätzliche Abdichtung vorzusehen.

Die Maschine muss eine kontinuierliche Zement-Injektion der Lücke zwischen der Außenseite des Auskleidungsringes (aus vorgefertigten Betonelementen) und dem Geomaterial durch den Schild ermöglichen. Im Falle einer Blockade muss es möglich sein, das Torkretierungsnetz zu reinigen oder zu ersetzen.

Die Maschine muss mit einer optischen und akustischen Warneinrichtung und einer automatischen Brandbekämpfungseinrichtung in einwandfreiem Zustand für die Dauer der Vortriebsarbeiten ausgestattet sein.

Alle geschlossenen Maschinen müssen auch über eine zweikammerige Luftschleuse verfügen, damit die Arbeitnehmer auf den Messerkopf und die Ortsbrust zugreifen können.

4.7 Sammlung von Aushubmaterial

Die Methode der Sammlung von Aushubmaterial hängt weitgehend mit der Kategorie und dem Typ der Maschine zusammen, und umgekehrt können Einschränkungen bei der Sammlung des Materials die Wahl der Maschine beeinflussen.

Sammelmethoden und -techniken können z. B. durchgeführt werden:

- (1) mit Kippern,
- (2) mit Zug oder Gummireifenfahrzeugen (MSV-Typ)
- (3) mit einem hydraulischen Transportsystem,
- (4) durch direktes Pumpen,
- (5) mit Transportbändern.

Probleme können bei Schlamm und EPB-Maschinen aufgrund der Klebrigkeit des Aushubmaterials auf dem Transportmittel oder der Bildung von Klumpen auftreten. Aus diesem Grund sollte es möglich sein, die Sammelboxen für Aushubmaterial anzupassen.

In Maschinen mit Schlamm wird das Aushubmaterial in einem angemessenen Volumenverhältnis mit der Suspension vermischt und das Gemisch wird durch Pumpen und Rohre zur Trennvorrichtung übertragen, wo es getrennt und entsorgt wird und der Schlamm zur Wiederverwendung recycelt wird. Die Schlammversorgung der Maschine muss auch für Notsituationen ausgelegt sein, die den Austausch von Schlammverlusten erfordern.

Bei ERB-Maschinen kann die Zugabe von Bentonitsuspensionen zu Problemen bei der Verklebung von Materialien führen, während der Zusatz von Schäumen Probleme bei der Materialentsorgung mit inakzeptablen Konzentrationen von Kohlenwasserstoffen aufwerfen kann.

Das Übertragungsnetz deckt die Stundenspitzenproduktion, die Spitzenschicht und die tägliche Spitzenproduktion ab, die sich aus dem Arbeitszeitplan ergeben.

4.8 Sonstige Anforderungen an Tunnelbohrmaschinen

Unabhängig von der Vollständigkeit der verfügbaren Studien legt der Bauunternehmer eine Studie mit einer detaillierten Beschreibung der Verfahren, der direkten Stützmaterialien und/oder der dauerhaften Tunnelauskleidung vor, die den technischen Eigenschaften der verwendeten Mittel entspricht.

Der Schild der Tunnelbohrmaschine muss kreisförmig sein (ohne andere Formen auszuschließen, wenn sie in der Studie vorgesehen sind), ausreichend robust, um Verformungen während des Vortriebs zu vermeiden, und geeignet für den Einbau des Auskleidungsringes von Fertigbetonelementen und die Durchführung der erforderlichen sofortigen Stützungsmaßnahmen.

Die Tunnelbohrmaschine muss aus Teilen bestehen, die für den Transport und die Lieferung am Arbeitsplatz, die Montage und Installation, den endgültigen Abbau und die Entfernung von den Arbeiten geeignet sind. Sie muss über ein Antriebssystem von ausreichender Angemessenheit verfügen, um auf den in den Zeichnungen gezeigten Linien und Neigungen nahtlos durch alle aufgetretenen Geomaterialien fahren zu können.

Hydraulikzylinder müssen von gleichzeitiger oder individueller Aktivierung, kontrolliertem Druck und variabler Antriebslänge sein und mit geeigneten Stützplatten ausgestattet sein, damit die Spannung der Kolben sicher auf die Auskleidungsringe oder die Oberfläche des Gesteinsausbaus verteilt ist.

Die Maschine muss mit einem System zum Einbau von vorgefertigten Bauteilen (falls in der Studie vorgesehen) ausgestattet sein, mit dem sie sicher in ihre genaue Endstellung gebracht werden können. Eingebaute Bauteile dürfen während des Antriebs der Maschine nicht durch andere Bauteile als spezielle Antriebsvorrichtungen (Kolben) beeinträchtigt werden.

Der Maschine ist eine zusätzliche Vorrichtung für die Sammlung des Aushubmaterials von der Ortsbrust bis zum Entsorgungsbereich mit folgenden Funktionen beizufügen:

- (1) Trennung der linearen Übertragungsströme des ausgegrabenen Materials.
- (2) Trennung der Arbeitsbereiche vom Transportprozess.
- (3) Trennung von Maschinenstützsystemen von Arbeitsbereichen und Transportprozessen.

Die Stützvorrichtung funktioniert zusätzlich als:

- i. Drehgestell von Motorunterstützungssystemen, wie Motoren, Pumpen, elektrische und hydraulische Systeme, Steuerkabine, Förderbänder, Wasserleitungen, Lüftungskanäle, Lagerarmaturen, Sanitärinstallationen.
- ii. Überbrückungsvorrichtung zwischen dem Arbeitsplatz und dem geschlossenen invertierten Boden.

Das Lenksystem muss mit der Kategorie und dem Typ der Maschine, der permanenten Tunnelauskleidung und ihrer Verwendung (Straße, Hydraulik usw.) kompatibel sein. Unabhängig von der Komplexität des Systems, zumindest:

- a) der Straßentransport im Tunnel und seine Schließung in möglichst naher Entfernung sind sicherzustellen;
- b) regelmäßige und genaue topografische Kontrollen der Position der Maschine und der Auskleidung sind sicherzustellen;
- c) Wie schnell (Geschwindigkeit, Zeit, Entfernung) die Maschine auf eine Änderung ihrer Route reagieren kann, ist zu bestimmen.

Die Lenksteuerung auf Full-Facers muss vollautomatisch oder halbautomatisch sein. Die Gesamtkonstruktion der Maschine und der Stützvorrichtung muss einen ungehinderten Laserstrahlweg gewährleisten.

Während der Bohrungen ist Folgendes aufzuzeichnen und zu überprüfen:

- (1) Die Kraft des Antriebs.
- (2) Der Druck des Antriebskolbens.
- (3) Die Antriebskraft auf dem Messerkopf.
- (4) Die Geschwindigkeit des Messerkopfs.
- (5) Der Durchflussdruck sowie die Öl- und Fetttemperatur des Hauptlagers.
- (6) Das Azimut der Maschine und ihr Standort.
- (7) Die relative Position der Maschine und die Auskleidung relativ zu der der Studie.
- (8) Die Eigenschaften der elektrischen Ladung.

Je nach gewählter Maschinenart müssen folgende Elemente überprüft werden:

- (1) Der Kammerdruck des Messerkopfs.
- (2) Druck, Durchfluss und Dichte der Bentonitsuspension.
- (3) Das Niveau der Suspension.
- (4) Die Vollständigkeit der Messerkopfkommer und die Dichte des Materials in EPB-Maschinen.
- (5) Die Geschwindigkeit des Sammel-schneckenförderers.
- (6) Der Druck auf den Sammel-schneckenförderer.
- (7) Der Druckluftdruck in der Kammer.
- (8) Das Volumen des entfernten Bodens und die entsprechende Weiterentwicklung.

Die Maschine und das Installationssystem der permanenten Auskleidung müssen den Bau eines Tunnels auf einer gekrümmten Achse mit einem Krümmungsradius bis zum 70fachen des Innenradius der permanenten Auskleidung in horizontaler und/oder vertikaler Ausrichtung ermöglichen.

4.9 Auswahl der Tunnelbohrmaschine

Die Kategorie und der Typ der Tunnelbohrmaschine werden ausgewählt, indem Folgendes bewertet wird:

- (1) die geologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Bedingungen und Parameter der Geomaterialien in der Tunneldurchgangszone;
- (2) die geometrischen Elemente des Tunnelquerschnitts und seine Ausrichtung (z. B. Steigung, Länge);
- (3) die Beschränkungen und Bedingungen, die durch Umweltvorschriften und damit verbundene Genehmigungen auferlegt werden;
- (4) die Stabilitätsbedingungen an der Ortsbrust und im Tunnelquerschnitt;
- (5) die zeitlichen Vorgaben für die Durchführung von direkten Stützungsmaßnahmen;
- (6) die Anforderungen, um eine akzeptable Absenkung zu erreichen;
- (7) Zeitbeschränkungen für das Öffnen des Tunnels.

Die Entscheidung über die Auswahl wird von einer geeigneten Risikoanalyse unterstützt und begleitet. Der antragstellende Bauunternehmer legt dokumentierte Nachweise über seine Erfahrung bei der Anwendung der von ihm beabsichtigten spezifischen Methode vor.

Der Bauunternehmer legt der zuständigen Behörde eine vollständige Beschreibung der Mittel vor, die er/sie zu verwenden beabsichtigt, und alternative Wege, mit unterschiedlichen Bedingungen umzugehen. Er/sie hat auch den verantwortlichen Ingenieur und die Bediener der Maschine mit Nachweis ihrer Erfahrung zu benennen.

Die Wahl der Kategorie und der Art der zu verwendenden Bohrmaschine liegt in der alleinigen Verantwortung des Bauunternehmers, sofern in den Vertragsunterlagen nichts anderes bestimmt ist.

Der Bauunternehmer legt auf der Grundlage der spezifischen Anforderungen der Arbeiten und der Studie eine vollständige modifizierte(in Bezug auf bestehende) endgültige Studie der Ausgrabung, der direkten Stützung und der dauerhaften Auskleidung sowie eine detaillierte Methode für den Bau des Tunnels vor, die mit der ausgewählten Maschine vollständig kompatibel ist.

Der Bauunternehmer kann (falls erforderlich) zusätzliche Geoforschungsarbeiten entlang der Tunnelausrichtung durchführen, um die Eignung des Verfahrens und der vorgeschlagenen Tunnelbohrmaschine zu bestätigen.

4.10 Ausnahme für innovative Verfahren

Um die Verwendung innovativer Geräte oder die Verwendung von Materialien zu ermöglichen, die eine bessere Erfüllung der Leistungsanforderungen durch die hier beschriebenen derzeitigen Technologien gewährleisten, ist es möglich, bei dokumentierter Begründung und Genehmigung durch die zuständige Behörde von diesen Bestimmungen abzuweichen.

4.11 Anforderungen an verwendete Materialien

4.11.1 Allgemeines

Die Materialien, die beim mechanischen Bohren von Tunneln auf weichen Böden verwendet werden können, beziehen sich auf die Art der Maschinen: mit Ortsbruststützung durch Schlamm und Erddruckausgleich (ERBM). Die Hauptkategorien dieser Materialien und Produkte sind:

- i. Bodenverbesserungsmittel.
- ii. Schlammmaterialien.
- iii. Ring-Torkretierungsmörtel.
- iv. Heckdichtungsmischung.

Im Allgemeinen müssen alle diese Materialien nicht brennbar sein und können kein Feuer verbreiten.

4.11.2 Bodenregulatoren

Die Maschinen der oben genannten Techniken haben die Fähigkeit, eine bestimmte Reihe von geotechnischen Bedingungen und Parametern zu bewältigen, während die tatsächlichen Vor-Ort-Bedingungen oft variable und unterschiedliche Werte aufweisen. In vielen dieser Fälle ist es vorzuziehen, die Eigenschaften des Bodens anzupassen und zu ändern, um ihn durch die Maschine handhabbar zu machen, anstatt kostspielige Modifikationen und Änderungen an der Maschine selbst vorzunehmen.

A. Schlammmaterialien

Diese Technik ist auf eine breite Palette von Böden anwendbar, von Ton bis Kies, mit hydraulischer Leitfähigkeit (K) zwischen 10^{-8} bis 10^{-2} m/s und verschiedenen Wasserströmen. Die Anwendungsgrenzen dieser Technik sind mit der Bildung von Filterkuchen und der Geomaterial-Granulometrie verbunden.

Filterkuchen ist ein dünner Film aus dehydrierter Suspension innerhalb des Geomaterials oder auf der Ortsbrust zu ihrer Stabilisierung. Seine Wirksamkeit hängt von den Eigenschaften des Schlamms und der Porosität des Bodens ab. Seine Aufgabe besteht darin, die Stabilität der Ortsbrust zu gewährleisten, und muss daher über eine ausreichende Durchlässigkeit verfügen, um den Druck aufrechtzuerhalten. Im Allgemeinen erfolgen die Austrocknung des Schlamms und die Bildung des Filterkuchens, indem das Wasser unter Druck aus dem Schlamm entfernt wird.

Der Schlamm hilft, Druck auf die Ortsbrust für ihre Stabilität und Minimierung von Absenkungen auszuüben und aufrechtzuerhalten, um Aushubmaterial zu entfernen und gleichzeitig die Schneidkanten zu kühlen und zu glätten. Der Schlamm wird nach der Entfernung des Aushubmaterials recycelt und seine grundlegenden Eigenschaften wie Dichte, pH-Wert, Wasserverlust, Viskosität, Feststoffgehalt, Leckage (Ertragswert) werden überprüft. Diese Eigenschaften werden durch Zugabe von Bentonit und Additiven wie Polymeren, PH-Stabilisatoren, Dispergiernmitteln erreicht.

Schlämme bestehen in der Regel aus Wasser, Bentonit und Zusatzstoffen. Die oben genannten Leistungsanforderungen sind: Aufrechterhaltung des Drucks zur Erlangung stützender Wirkung, Suspension

und Entfernung von Aushubmaterial, Kühlung und Schmierung von Schneidkanten, um deren Verschleiß zu reduzieren.

Bentonit muss die Anforderungen der ELOT EN ISO 13500 erfüllen und der Bentonitgehalt der Suspension beträgt in der Regel 3-5 Gew.-%.

Die erforderlichen Eigenschaften des Schlammes hängen von den Maschineneigenschaften sowie den geologischen und geotechnischen Bedingungen und Parametern ab und sind vom Bauunternehmer jedes Mal festzulegen, um das gewünschte Stützergebnis zu erzielen.

Für die Laboruntersuchung des Schlammes sind mindestens die in Tabelle 2 genannten grundlegenden Parameter zu prüfen:

Tabelle 2 – Grundlegende Schlammparameter und damit verbundene Prüfungen

Eigenschaft	Einheiten	Prüfverfahren	Art der Prüfung
Dichte - ρ	kg/m ³	Testrohr + Skala	Labor oder vor Ort
Fester Inhalt	%	Trockenofen	Laboratorien
PH	-	Pehametrische Karte	Vor Ort
Marsh fluidity - t_M	s	EN ISO 13500	Vor Ort
Kunststoffviskosität – η	Pa.s	EN ISO 13500	Laboratorien
Yield value - τ	Pa	EN ISO 13500	Vor Ort
Wasserfilter	m ³	EN ISO 13500	Labor oder vor Ort

B. Werkstoffe für Erddruckausgleichsmaschinen (ERBM)

Bei Maschinen mit Erddruckausgleich (EPB) ist die Stützung der Ortsbrust eine Grundvoraussetzung, die mit dem ausgegrabenen Geomaterial selbst abgedeckt wird, das die Messerkopfkommer füllt. Die erforderliche Ortsbruststützung wird erreicht:

- (1) indem der Schild in Richtung des Geomaterials geschoben wird,
- (2) durch Anpassung der Geschwindigkeit des Abzugs des ausgegrabenen Materials, z. B. durch Anpassung der Drehung des Schneckenförderers.

Der aufgebrachte Stützdruck muss den Druck aus dem Geomaterial und den Druck des Wassers ausgleichen.

Die Technik mit Erddruckausgleich kann in der Regel die Verwendung von Zusatzstoffen erfordern, die die Durchführung der Ausgrabung, Stützung und Transport von Aushubmaterial in wirtschaftlicher Hinsicht ermöglichen oder erleichtern.

Bei dieser Technik wird das Geomaterial bei Bedarf hauptsächlich durch Zugabe von Schaumstoff und/oder anderen Zusätzen angepasst, die bei der Ausübung und Aufrechterhaltung des Stützdrucks, der Fließfähigkeit des ausgegrabenen Geomaterials, der Schaffung einer homogenen Bodenmasse, der Verringerung der Durchlässigkeit, der Verringerung des Drehmoments des Messerkopfs und der Verringerung des Schleifens und Verschleißes der Schneidkanten helfen.

Die Wahl des Schaumtyps hängt hauptsächlich von der Art des Geomaterials, aber auch von den Eigenschaften der Maschine ab.

Andere Zusätze sind dispergierbare Mittel zur Vermeidung von Ansammlungen und Staus hauptsächlich in Tonböden, abriebhemmende Zusatzstoffe für Messerköpfe und Schneckenförderer, Bentonit, um Trennungen zu vermeiden und die Durchlässigkeit und in einigen Fällen Wasser zu reduzieren.

Die Eigenschaften und Prüfverfahren von Schäummitteln werden in Anhang B dieser Technischen Spezifikation analysiert.

4.12 Heckdichtungsvorrichtungen

Die Dichtungsmischung und die Dichtungsvorrichtung des Heckteils zielen darauf ab, sie gegen Zuflüsse von Wasser, Zement-Injektionen und Schlamm (falls verwendet) zu versiegeln. Dies erfordert:

- (1) Sehr gute Beständigkeit gegen zu erwartenden Wasser- und Verpressdruck.
- (2) Sehr guter Widerstand gegen: Spülung, Abrieb, Abfluss, Extrusion und mechanischen Druck.
- (3) Gute Pump-Injektionseigenschaften bei verschiedenen Temperaturen.
- (4) Gute Haftung und Verklebung auf Beton und Metall.
- (5) Gute Stabilität (ohne Flüssigkeitstrennung) während der Lagerung und unter dem erwarteten Druckniveau.
- (6) Geringe und umweltverträgliche Toxizität.
- (7) Keine negativen Auswirkungen auf Dichtungen.

Andere Eigenschaften wie Dichte, Farbe, Geruch, Verbrennungspunkt müssen den Werten und Beschreibungen des Herstellers und den angegebenen Grenzwerten entsprechen.

5 Methodik für die Ausführung von Arbeiten

5.1 Betrieb der Tunnelbohrmaschine

Der Bauunternehmer liefert, installiert, wartet, bewegt und baut die Tunnelbohrmaschine am Ende der Bohrarbeiten ab und entfernt sie von den Arbeiten.

Bevor die Maschine im Arbeitsbereich geliefert wird, muss sie vollständig in den Räumlichkeiten des Bauunternehmers oder des Herstellers (Werksabnahme – Factory Acceptance Test) mit allen Hydrauliksystemen montiert werden, die zur Prüfung der Arbeitsbereitschaft vollständig integriert sind. Vorgefertigte Betonelemente für den Stützring müssen zum Nachweis ihrer Montage bereitstehen.

Der Bauunternehmer stellt der zuständigen Behörde alle notwendigen Informationen zur Überwachung der Betriebssteuerung der Maschine zur Verfügung, um sicherzustellen, dass der Entwurf und die Konstruktion in Übereinstimmung mit den erforderlichen Spezifikationen durchgeführt wurden.

Bei der Lieferung auf dem Baustellengelände ist die Maschine an der vorgesehenen Einbaustelle an der erforderlichen Stelle und Höhe mit einer Toleranz von maximal 6 mm im Außendurchmesser des Aushubs und 20 mm im Innumfang oder wie in der Studie angegeben, zusammenzubauen. Nach der vollständigen Montage der Maschine und der stützenden Baustelleneinrichtungen (Oberfläche und Untergrund) sollten die Site Acceptance Tests durchgeführt werden, wobei alle erforderlichen Funktionen überprüft werden.

Der Bauunternehmer hat die Maschine entsprechend den Anweisungen des Herstellers zu betreiben und zu warten. Die Verfügbarkeit der Maschine muss den Anforderungen der Arbeit entsprechen.

Der Bauunternehmer stellt der Baustelle die vom Hersteller erstellten und unterzeichneten Maschinenwartungsanweisungen zur Verfügung und übermittelt der zuständigen Behörde eine Kopie davon.

In diesen Anweisungen sind die Art der Reparaturen und die empfohlenen Zeit- oder Betriebsintervalle für ihre Durchführung anzugeben. Insbesondere sind Schneidwerkzeuge zu prüfen und zu ersetzen, bevor der Verschleiß die Reibungsringe (Lager, bushes) beeinträchtigt.

Bei Maschinen, bei denen Inspektion und Kontrolle schwierig und/oder zeitaufwendig sind, sind die Anzeichen (z. B. Erhöhung des Drehmoments, Antriebskraft) anzugeben, die zur Auswahl der optimalen Austauschzeit für Schneidwerkzeuge zu bewerten sind. Alle Wartungsarbeiten sind von einem zugelassenen Ingenieur zu überwachen und in speziellen detaillierten Formularen aufzuzeichnen.

Der Bauunternehmer verfügt über grundlegende Ersatzteile und Ausrüstungen für die Wartung der Maschine vor Ort, wie z. B.:

- i. Komplettes Sortiment an Kreisscheiben, Fräsern und Zähnen.
- ii. Spezielle Hydraulikkolben, Hydraulikschläuche und ähnliche Geräte.
- iii. Rolle des Aushubmaterialsammelsystems.

Bediener und Wartungsingenieure der Maschine des Bauunternehmers werden vom Hersteller vor Beginn der Arbeiten geschult. Ein technischer Vertreter des Herstellers der Maschine mit den erforderlichen Kenntnissen der Montage, des Betriebs, der Wartung und der Reparatur im Falle eines Ausfalls der Maschine ist Teil des Personals des Bauunternehmers vor Ort während der Tunnelbohrarbeiten.

Nach Abschluss der Tunnelbohrung sollte die Maschine abgebaut und aus dem Tunnel entfernt werden. Wenn es notwendig ist, die Maschine zu bewegen, um einen anderen Tunnel im Rahmen des Projekts zu öffnen, muss sie gereinigt, repariert und getestet werden, bevor die nachfolgenden Bohrarbeiten beginnen.

Bei Maschinen ohne Stützung auf der Ortsbrust, wenn die Oberfläche aus irgendeinem Grund nicht ausgegraben wird, muss die Oberfläche durch Spritzbeton oder auf andere von der zuständigen Behörde genehmigte Weise gesichert werden, um eine Bewegung oder einen Verlust des Bodens im weiteren Bereich des Tunnels zu vermeiden.

Die Überschneidung ist auf ein Minimum zu beschränken. Mögliche Lücken zwischen permanenter Auskleidung und der ursprünglichen Stützung oder dem Geomaterial sind so schnell wie möglich zu füllen.

Unterirdische Tunnelaushubarbeiten sind für die Länge eines Auskleidungsringes mit vorgefertigten Betonelementen zu einem Zeitpunkt durchzuführen (wenn diese Methode der direkten Stützung endgültig angewendet wird). Wenn unterirdische Ausgrabungsarbeiten für die Länge eines (vorübergehenden oder letzten) Auskleidungsringes beginnen, muss die Arbeit ununterbrochen fortgesetzt werden, bis der Ring verpresst ist.

Wenn die Stabilitätsbedingungen des Tunnels in Bezug auf den Betrieb der Maschine dies erfordern, ist der Aushub kontinuierlich, ohne Unterbrechung, Tag und Nacht durchzuführen.

5.2 Einsatz von Druckluft beim Tunnelbau

Bei Verwendung von Druckluft ist Folgendes durchzuführen:

- a) Der Bauunternehmer liefert, installiert und wartet vor Ort eine komplette Niederdruck-Druckluftanlage, bestehend aus den erforderlichen Kompressoren, Motoren, Kühlern, Rohren in den Übergangskammern, Ventilen, Brandbekämpfungsgeräten, Transformatoren, elektrischen Leitungen usw.
- b) Die grundlegende Niederdruckanlage muss in der Lage sein, die Arbeitskammer mit dem maximal erforderlichen Druck mit Luft zu versorgen. Die Anlage muss mindestens drei Einheiten mit ungefähr derselben Kapazität und eine zusätzliche Einheit zur Versorgung der Übergangskammern umfassen.
- c) Der Bauunternehmer berechnet die erforderliche Kapazität der Anlage, um die Bedingungen vor Ort und die Luftdurchlässigkeit der Auskleidung zu bewältigen.
- d) Luftkompressoren müssen elektrisch sein und Dieselmotoren im Bereitschaftszustand haben, die im Falle eines Stromausfalls automatisch anlaufen.
- e) Die Mindestkapazitätsspezifikationen berühren nicht die Verantwortung des Bauunternehmers, gegebenenfalls zusätzliche Einrichtungen bereitzustellen.
- f) Die Luftkompressorsteuereinrichtungen müssen die Ortsbrustbedingungen erfüllen und in jedem Fall den Druck auf ± 7 kPa des gewünschten Drucks halten.
- g) Besondere Aufmerksamkeit ist der Konstruktion und dem Bau des Kompressorgebäudes zu widmen, um den geringstmöglichen Geräuschpegel aufrechtzuerhalten. Auf Dach und Wänden sollte eine angemessene Schalldämmung vorgesehen werden.

- h) Der Bauunternehmer legt der zuständigen Behörde seinen vollständigen und detaillierten Vorschlag für die Installation des Druckluftsystems vor der Inbetriebnahme zur Genehmigung vor.

Im mit Druckluft geöffneten Tunnelbereich muss zu allen Arbeitszeiten ärztliches Fachpersonal anwesend sein.

Der Bauunternehmer legt der zuständigen Behörde zur Genehmigung alle Einzelheiten seiner Vorschläge für die Beschaffung von Schotten und Übergangskammern für Arbeiter und Materialien vor und liefert, installiert und wartet alle notwendigen Schotte und Übergangskammern, die während des Baus erforderlich sein können.

Um den Verlust von Druckluft im gebohrten Teil des Tunnels zu vermeiden, muss die Endbetonauskleidung auch vor dem Einsatz von Druckluft hergestellt werden. Auch ein 10 m langer Tunnel auf der atmosphärischen Druckseite vom Schott ist gegen Druckluft zu schützen.

Zwischen dem Abschnitt, in dem Druckluftarbeiten durchgeführt werden, und dem Abschnitt, in dem solche Arbeiten nicht durchgeführt werden, ist ein Telefonkommunikationsnetz zu installieren und zu unterhalten, und die Betreiber der Übergangskammern müssen sich in telefonischer Kommunikation mit dem Druckkontrollpersonal in der Druckluftanlage befinden.

Die Türen in der Übergangskammer müssen aus Stahl sein (in diesen Türen darf kein Gusseisen verwendet werden).

Übergangskammern müssen in den von der zuständigen Behörde genehmigten Bereichen gebaut werden und sofort bereit sein, damit sie unverzüglich in Betrieb genommen werden können, wenn die Verwendung von Druckluft erforderlich ist.

Der Luftdruck auf jeder Arbeitsfläche ist 24 Stunden lang aufzuzeichnen, und eine Kopie dieser Daten ist der zuständigen Behörde täglich zu übermitteln.

Der Bauunternehmer übermittelt der zuständigen Behörde wöchentlich aktualisierte Daten über die Anzahl der Dekompressionen und Rekompansionen und die Anzahl der gesundheitlichen Vorfälle im Zusammenhang mit Dekompressionen.

Es wird vorgeschlagen, europäische und internationale Gesundheits- und Sicherheitsleitlinien für Arbeiten in einer unter Druck stehenden Umgebung zu befolgen, wenn das Personal in den Messerkopf zur Wartung unter Druckluft eintreten muss (hyperbare Umgebung) [21].

5.3 Gespeicherte Tunnelaushubdaten

Der Bauunternehmer bewahrt genaue Daten über alle unterirdischen Ausgrabungen auf. Die Daten müssen vollständig sein, um ihre genaue Darstellung in Plan und Abschnitt auf dem allgemeinen Schaublatt der Aushubdaten der Standorte und der Grenzen des Vortriebs zu ermöglichen.

Am Ende jeder Schicht liefert der Bauunternehmer an die zuständige Behörde die auf dieser Schicht aufgezeichneten Aushubdaten, die auf genehmigten Formularen aufgezeichnet und von einem Vertreter des Bauunternehmers und der zuständigen Behörde unterzeichnet wurden

Indikativ und nicht erschöpfend müssen die Formulare folgende Elemente des Aushubs und des Betriebs der Maschine enthalten:

- (1) Der Sitzkilometer der Ortsbrust am Anfang und am Ende eines jeden Vortriebszyklus.
- (2) Topografische Elemente des Vortriebs wie Achse, Azimut usw. und der Aushubdurchmesser (falls die Maschine mit Überaushubgeräten ausgestattet ist).
- (3) Die Kategorie der Gesteinsmasse und die Art der direkten Stützung.
- (4) Die Laufzeit der Maschine (sowohl bohrend als auch nicht bohrend) mit der endgültigen Anzahl der vorgefertigten Direkt- und/oder Endauskleidungselemente.

- (5) Einzelheiten zu Ausfällen und durchgeführte Wartung der Maschine.
- (6) Liste der Ersatzscheiben und -schneider für den Messerkopf der Maschine.
- (7) Anzahl, Länge, Position und Art der als direkte Stützung montierten Stahlrahmen oder Halbrahmen, Felsanker, Metallmaschenanker usw. Auch alle verwendeten Elemente von Spritzbeton, eingebettete Stahlfasern, vorgefertigte Verkleidungselemente (nach Bodenelementen) usw.
- (8) Anzahl und Qualifikation der Arbeitnehmer sowie Anzahl und Kategorien der verwendeten Ausrüstung.
- (9) Ungewöhnliche Ereignisse, einschließlich, aber nicht beschränkt auf, Steinstürze, Zustrom von unterirdischem Wasser oder Gasen usw.

5.4 Verkehr von Servicefahrzeugen in im Bau befindlichen Tunneln

Innerhalb des Tunnels wird ein geeignetes Transportsystem für den Transport von Maschinenzuführungsmaterialien (z. B. Fertigteile, Ersatzteile, Rohre usw.) und Einzelpersonen unter Berücksichtigung der Länge und Neigung der Tunnel bereitgestellt.

5.4.1 Bahnzüge

Zugmaschinen müssen von entsprechend geschultem Personal mit nachgewiesener Erfahrung betrieben werden. Gleise, Kreuzungen usw. müssen langlebig sein, um die beabsichtigten Lasten sicher zu empfangen und die für die Bewegung der vorgesehenen Waggon erforderlichen Abmessungen aufweisen.

Das Gleissystem ist in gutem Zustand zu halten, und es ist besonders darauf zu achten, dass Kollisionen, Entgleisungen oder andere Unfälle vermieden werden. Die Verbindungen müssen mit robusten und starken Hebeln ausgestattet sein, und das Ende der Gleise muss im Falle eines Zusammenstoßes mit wirksamen Energieabsorptionseinrichtungen ausgestattet sein.

Zugmaschinen müssen mit effektiven Bremsen ausgestattet sein. Wenn die Bremsen der Zugmaschine nicht wirksam sind, müssen auch Bremsen an den Wagen angebracht werden. Die Fahrgeschwindigkeit muss mit dem tatsächlichen Zustand des Gleises, der Last und der Sichtverhältnisse kompatibel sein, damit der Zug effektiv angehalten werden kann.

Die Fahrerkabine muss über eine Schutzabdeckung verfügen, die die Sicht des Fahrers nicht behindern darf.

Züge müssen mit optischen und akustischen Signalen von größerer Intensität als die der Arbeiten ausgestattet sein. Der Bauunternehmer installiert die Beleuchtung an allen Punkten der Gleise und an den Ausgängen der Tunnel.

5.4.2 Multi-Service-Fahrzeuge (MSV)

Bei Einsatz von gummibereiften Fahrzeugen ist das Verfahren zur Montage von kalifornischen Schienen, Schaltern/Übergängen und Montage/Konstruktion eines temporären Rückbodens nicht erforderlich, da diese Fahrzeuge direkt auf der Auskleidung der vorgefertigten Tunnelelemente und auf der Bodenplatte der Stationen laufen. In diesem Fall sollten gegebenenfalls Rampen (z. B. bewegliche Metallrampen oder nicht verstärkter Beton) an geeigneten Stellen entlang des Tunnels für den gleichzeitigen Durchgang von zwei Fahrzeugen innerhalb des Tunnels platziert werden.

Eisenbahnzüge oder gummibereifte Fahrzeuge müssen mindestens mit tragbaren Feuerlöschern, Kabinenbeleuchtung, Gegensprechanlage (Personaltransportkabine – Fahrzeug-/Autobetreiber und TBM-Kontrollzentrum), pulsierenden Lichtscheinwerfern, Schallsignal und Rückfahrüberwachungskameras ausgestattet sein. Die Anlagen unterliegen den Anforderungen der geltenden Vorschriften und Normen.

5.5 Verbrennung, Schweißen, elektrische Anlagen und Geräte

Die Verbrennung und das Schweißen sind nach Möglichkeit über dem Boden durchzuführen. Solche Arbeiten dürfen unterirdisch nur nach Genehmigung der zuständigen Behörde durchgeführt werden.

Elektrische Anlagen und Geräte müssen den einschlägigen geltenden Bestimmungen entsprechen, der Bauunternehmer muss der zuständigen Behörde die detaillierte Auslegung dieser Vorschriften zur Genehmigung vorlegen.

5.6 Pumpen

Zur Kontrolle von Wasser und Schlamm während der Bauphase muss der Bauunternehmer die für die ordnungsgemäße Ausführung und Fertigstellung der Arbeiten erforderlichen Entwässerungs-/Abwasserpumpeneinrichtungen installieren, betreiben und warten.

Die Pumpleistung der installierten Aggregate muss mindestens 50 % höher sein als für die Entnahme des geschätzten Wasservolumens erforderlich.

6 Annahmekriterien für abgeschlossene Arbeiten

- (1) Prüfung der Konformität und Abnahme von gebrauchten Materialien.
- (2) Die Kontrolle der aufgetretenen Absenkung (unter Berücksichtigung der Anforderungen der Studie), wenn ein solches Problem in den Leistungsanforderungen enthalten ist.
- (3) Kontrolle von Überaushüben und Untersuchung, inwieweit sie mit Zement-Injektion gefüllt sind, die mit der Art der Konstruktion kompatibel ist.

Zusätzlich zu den Toleranzen, die auf der Grundlage der Studie in den Querschnitt des Tunnels eingebaut sind, sind etwaige horizontale und vertikale Abweichungen der Achse des tatsächlichen Tunnelaushubs von der theoretischen Achse zu berücksichtigen. Sofern in der Studie nichts anderes angegeben ist, sind die höchstzulässigen Abweichungen wie folgt definiert:

	Straße	Eisenbahn	Hydraulisch
<u>Für Tunnel $L \leq 500$ m</u>			
Maximale horizontale Abweichung der Achse =	$\pm 0,05$ m	$\pm 0,03$ m	$\pm 0,10$ m
Maximale vertikale Abweichung der Achse =	$\pm 0,03$ m	$\pm 0,02$ m	$\pm 0,06$ m
<u>Für Tunnel $L \geq 1\,000$ m</u>			
Maximale horizontale Abweichung der Achse =	$\pm 0,10$ m	$\pm 0,03$ m	$\pm 0,15$ m
Maximale vertikale Abweichung der Achse =	$\pm 0,05$ m	$\pm 0,02$ m	$\pm 0,08$ m
Anmerkung: Bei Zwischenlängen sollte eine lineare Interpolation durchgeführt werden.			

In Bezug auf den inneren und äußeren Radius der permanenten Tunnelauskleidung, sofern in der Studie nichts anderes bestimmt ist, sind die maximalen empfohlenen Abweichungen wie folgt:

Für Tunnel:	Straße	Eisenbahn	Hydraulisch
Maximale Abweichung als ein Prozentsatz des Radius =	1,0 %	0,5 %	1,0 %

Full-Facers mit Schild müssen die präzise Positionierung der vorgefertigten Auskleidungselemente in Bezug auf die Studienachse (Zentrierung der Auskleidung) gewährleisten. Die höchstzulässigen Abweichungen müssen innerhalb eines Kreises mit einem Durchmesser von 20 cm liegen, der größer ist als der theoretische Durchmesser des Tunnels oder wie in den Vertragsunterlagen anders angegeben. Dieser Kreis enthält auch mögliche Verzerrungen der Auskleidung.

Bei U-Bahn-Tunneln mit Full-Facers mit Schild mit vorgefertigten Elementen darf die höchstzulässige Abweichung eines vertikalen und horizontalen Teils der Mitte (Position) 75-80 mm betragen und die innere Umschließung jedes Rings darf nicht mehr als 25 mm von dem des perfekten Kreises (Form) abweichen.

7 Methode zur Messung der Arbeiten

7.1 Tunnelaushubmessung mit Full-Facers mit Schild

A. Die Messung des Tunnelaushubs mit Full-Facers mit Schild mit einem oder mehreren Armen mit Aushubwerkzeugen ist in Kubikmetern der in der Studie vorgesehenen konventionellen Kategorie durchzuführen. Der Beginn und das Ende der Messung des Tunnels gelten als Schnittpunkt der Achse in der durchschnittlichen Höhe des Querschnitts mit der Ebene der Oberfläche des Auslasses.

Die Messung des Tunnelaushubs wird anhand folgender Unterscheidungen bestimmt:

- a. Abhängig von der Kategorie des Geomaterials. Die Unterscheidung erfolgt auf der Grundlage der Kategorisierung der technisch-geologischen Einheiten und der homogenen Verhaltenszonen der Studie (jeder Wert stellt die relativ höheren Kosten in hartem Gestein dar, aber mit anschließend niedrigeren Kosten für die Stützung und den relativ niedrigeren Kosten in weichem Gestein, aber mit späteren höheren Kosten für die Stützung).
- b. Entsprechend der Größe des Tunnelaushubquerschnitts. Eine Unterscheidung der Messung ist für Tunnel mit einer Querschnittsfläche von weniger als 15 m², Tunnel mit einer Fläche zwischen 15 und 40 m² und Tunnel mit einer Fläche von mehr als 40 m² vorgesehen.

Der Grenzwert der gemessenen Ausgrabungen wird in den Vertragsunterlagen festgelegt, indem eine der beiden von der zuständigen Behörde ausgewählten Methoden ausgewählt wird:

- (1) Auf der Linie „A“.
- (2) Auf der „Messlinie C“, die gleich $d_0/2$ von der Linie „A“ bis Linie „B“ ist (d. h. sie liegt im mittleren Abstand von den Linien „A“ und „B“ gemäß Absatz 4.2 dieser Technischen Spezifikation).

Es sei darauf hingewiesen, dass etwaige Tunnelaushubmengen, die die oben genannten Grenzwerte überschreiten, weder gemessen noch kompensiert werden.

Es wird klargestellt, dass die Einordnung jedes Querschnitts in eine konventionelle Ausgrabungskategorie den gesamten Abschnitt abdeckt und es nicht gestattet ist, einen Prozentsatz davon in eine konventionelle Kategorie und den Rest in eine andere einzustufen.

Die oben genannten Ausgrabungen gelten für Ausgrabungen von Erweiterungen, Fluchtwegen, Querverbindungen usw.

Zu den oben genannten Maßeinheiten der Arbeiten gehören:

- (1) Verfügbarkeit und Nutzung des Baggers sowie der begleitenden und unterstützenden Systeme.
- (2) Ihr Management und Betrieb und ihre Verwendung bei den Arbeiten gemäß den Bestimmungen dieser Technischen Spezifikation durch Bereitstellung und Verwendung aller erforderlichen Teile, Ersatzteile, Materialien oder Mikromaterialien für den ununterbrochenen und sicheren Betrieb der Maschine gemäß den Spezifikationen des Herstellers und den diesbezüglichen Anforderungen.
- (3) Wartung vor Ort an gebrauchsfertigen Ersatzteilen, Materialien und Mikromaterialien zur Stützung des Betriebs von Maschinen.
- (4) Die Energie, die für den Betrieb der Maschinen benötigt wird.
- (5) Verlade- und Transportarbeiten außerhalb eines Tunnels, 50 m von seinem Ausgang entfernt, und Ablagerung des Aushubmaterials.
- (6) Der Abbau des Querschnitts
- (7) Abschreibung und Stilllegung von Geräten
- (8) Durchführung aller erforderlichen Prüfungen, Aufzeichnungen, Kontrollen, Messungen der Gaskonzentration (Lieferung und Verwendung der erforderlichen Instrumente, Einsatz zur Aufzeichnung und Präsentation von Messungen) usw. zur Durchführung der Arbeiten gemäß dieser

Spezifikation sowie zur Durchführung von Korrekturmaßnahmen (Arbeiten und Materialien), wenn bei Prüfungen und Kontrollen Verstöße festgestellt werden.

- (9) Bildung von temporären Ablagerungen, Ausbreitung und Verdichtung von Produkten in ihrer Endlage

7.2 Messung des Tunnelaushubs mit anderen als den in Absatz 7.1 genannten Maschinen

A. Die Messung des Tunnelaushubs mit Maschinen aller anderen Kategorien und Typen erfolgt in Metern Länge, abhängig vom Durchmesser des Tunnelquerschnitts, der Kategorie des Geomaterials und der Betriebsart der Ausrüstung (z. B. Schlammeinsatz, Druckbilanz usw.).

Zu den oben genannten Maßeinheiten der Arbeiten gehören:

- (1) Verfügbarkeit und Nutzung des Baggers sowie der begleitenden und unterstützenden Systeme.
- (2) Ihr Management und Betrieb und ihre Verwendung bei der Arbeit gemäß den Bestimmungen dieser Technischen Spezifikation durch Bereitstellung und Verwendung aller erforderlichen Teile, Materialien oder Mikromaterialien für den ununterbrochenen und sicheren Betrieb der Maschine gemäß den Spezifikationen des Herstellers und den diesbezüglichen Anforderungen.
- (3) Wartung vor Ort an gebrauchsfertigen Ersatzteilen, Materialien und Mikromaterialien zur Stützung des Betriebs von Maschinen.
- (4) Die Energie, die für den Betrieb der Maschinen benötigt wird.
- (5) Verlade- und Transportarbeiten außerhalb eines Tunnels, 50 m von seinem Ausgang entfernt, und Ablagerung des Aushubmaterials.
- (6) Abschreibung und Stilllegung von Geräten
- (7) Durchführung aller erforderlichen Prüfungen, Aufzeichnungen, Kontrollen, Messungen der Gaskonzentration (Lieferung und Verwendung der erforderlichen Instrumente, Einsatz zur Aufzeichnung und Präsentation von Messungen) usw. zur Durchführung der Arbeiten gemäß dieser Spezifikation sowie zur Durchführung von Korrekturmaßnahmen (Arbeiten und Materialien) falls Nichtkonformitäten festgestellt werden, während der Prüfungen und
- (8) Bildung von temporären Ablagerungen, Ausbreitung und Verdichtung von Produkten in ihrer Endlage

Der Transport des Aushubmaterials in einer Entfernung von mehr als 50 m vom Ausgang des Tunnels, für den die Zustimmung oder Anordnung der zuständigen Behörde erforderlich ist, ist in Kubikmetern für den zusätzlichen Abstand des neuen Standorts vom konventionellen (50 m vom Tunnelausgang) zu messen.

Die Messung der Tunnelerweiterung mit mechanischer Ausrüstung schließt den separat gemessenen Versuchstunnel nicht ein.

Bei Verwendung von Geräten gemischter Betriebsart ist die Messung in unterschiedlichen Längen je Betriebsart durchzuführen.

7.3 Maschinenantriebsunterbrechungen

Die Antriebsunterbrechungen des Baggers aufgrund von Probenbohrungen, Vorbohrungen, Bodenverbesserungs-Zement-Injektionen, der Platzierung von leichten Pfählen oder anerkannter geologischer Absenkungen, die zur Unterbrechung des Antriebs auf Anordnung der zuständigen Behörde führen, sind in Stunden zu messen.

Zu den oben genannten Maßeinheiten der Arbeiten gehören:

- (1) Die Energie, die während des Stillstands von Maschinen verbraucht wird.
- (2) Abschreibung und Stilllegung von Ausrüstung und nicht ausgelastetem Personal.

7.4 Lieferung, Montage, Demontage, Entfernung der Maschine

A. Die Lieferung, Montage, Demontage und Entfernung von Aushubgeräten an der Ausgangsposition des Bohrvorgangs sind als Pauschaleinheit zu messen.

B. Wenn in den anderen Ausschreibungsunterlagen angegeben, sind die Lieferung, Montage, Demontage und Entfernung von Aushubgeräten an der Ausgangsposition der Bohrarbeiten in den oben genannten Maßeinheiten des Aushubs mit einzubeziehen und nicht gesondert zu messen.

7.5 Transport von Aushubmaterial

Transport von Aushubmaterial in einem Abstand von mehr als 50 m vom Tunnelauslass, für den die Vereinbarung oder Anordnung der zuständigen Behörde erforderlich ist, ist in Kubikmetern für den zusätzlichen Abstand der neuen Position von der konventionellen Position (50 m vom Ausgang des Tunnels) zu messen.

7.6 Geologische Absenkung

Die Messung wird in Kubikmetern Überaushub durchgeführt, indem das Volumen des Geomaterials gemessen wird, bevor es fällt, gemäß einem einschlägigen Protokoll, in dem die Gründe und Faktoren angegeben sind, die zur Absenkung beigetragen haben, um die Messung der betreffenden Produkte zu belegen. Im Protokoll sind die Lage und die genauen Abmessungen der Absenkung anzugeben und ihr Volumen zu berechnen.

Der Überaushub aufgrund geologischer Absenkungen darf nur gemessen werden, wenn er sich mindestens 70 cm über die Linie „A“ oder die Linie „B“ hinaus erstreckt. In diesen Fällen ist das Volumen der zusätzlichen Ausgrabung im gesamten Teil über die Linie „A“ oder „B“ hinaus zu messen.

Anhang A (informativ)

Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltschutzbedingungen

A.1 Gesundheitsschutz und Sicherheit

A.1.1 Allgemeine Hinweise

Während der Ausführung der Arbeiten sind die geltenden Bestimmungen über Sicherheits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen für Arbeitnehmer zu erfüllen und die Arbeitnehmer müssen mit der erforderlichen persönlichen Schutzausrüstung (PSA) ausgestattet sein, die den Bestimmungen der Verordnung (EU) 2016/425 entspricht und vom Hersteller entsprechend gekennzeichnet sein muss.

Sie müssen auch die Bestimmungen der geltenden Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften, die einschlägigen nationalen und internationalen Normen und die gute internationale Praxis strikt einhalten.

A.1.2 Minimale Risiken während der Ausführung der Arbeiten.

- i. Absenkung der Ortsbrust oder Elemente der direkten Stützung.
- ii. Landabsenkungen/-bewegungen
- iii. Wartungsarbeiten des Messerkopfs in einem begrenzten Bereich (unter normalen Bedingungen, in einer hyperbaren Umgebung).
- iv. Risiken durch Lastheben
- v. Risiken, die sich aus der Bewegung von Zügen oder gummibereiften Fahrzeugen für den Transport von Materialien und/oder Personal ergeben.
- vi. Sturz aus der Höhe.
- vii. Exposition gegenüber Lärm.
- viii. Exposition gegenüber schädlichen gasförmigen Schadstoffen.
- ix. Kontakt mit Strom.
- x. Einströmen von Wasser in einen Tunnel.
- xi. Feuer/Explosion.
- xii. Ausfälle der unterstützenden Systeme der Maschine (Aushubmaterialbandförderer, Generatoren, Pumpen, Beleuchtung, Lüftung, Brandschutz usw.).
- xiii. Kontakt mit Gefahrstoffen.

A.1.3. Indikative Gesundheits- und Sicherheitsmaßnahmen

Die Risikoanalyse, die vom Bauunternehmer im SAP erstellt wird, und die einzelnen Arbeitsmethoden, die von der zuständigen Behörde überprüft und korrigiert werden, wie endgültig genehmigt, bestimmt die spezifischen Risiken, je nach Personal, Ausrüstung, Material und Arbeitsumgebung. In der Risikoanalyse werden die Risikopräventions- und -reaktionsmaßnahmen sowie die dazugehörige persönliche Schutzausrüstung (PSA) vorgeschlagen.

Die Folgenden sind indikativ und nicht restriktiv:

A.1.3.1 Personalausbildung

Alle Arbeitnehmer, die in den unterirdischen Gebieten arbeiten (Spezialtechniker, Betreiber, Vorarbeiter, Ingenieure) haben die entsprechenden Lizenzen (falls erforderlich), haben Erfahrung und haben die entsprechende Ausbildung pro Arbeitsplatz erhalten. Die medizinische Eignung des Personals pro Arbeitsplatz wird vom Berufsarzt in Abhängigkeit von der klinischen Untersuchung und ihrem medizinischen Hintergrund bewertet.

A.1.3.2 Notfallteam

Ein Notfallteam wird pro Schicht aus dem in den Tunnelarbeiten beschäftigten Personal zusammengestellt. Dieses Team wird ordnungsgemäß organisiert, sodass eine ausreichende Anzahl seiner Mitglieder jederzeit während der Arbeiten für Einsätze sowie Hilfeleistung und Evakuierung zur Verfügung steht. Das Team wird von einer qualifizierten Person ausgebildet.

Jedes Teammitglied wird in der Lage sein, Erste Hilfe zu leisten und Atemhilfesausrüstung und Brandbekämpfungsausrüstung zu bedienen, und wird über Kenntnisse der örtlichen Gegebenheiten verfügen.

Ausrüstung und Maschinen für den Zugang zum entferntesten Arbeitsplatz stehen dem Team zur Verfügung.

A.1.3.3 Telekommunikationsverbindungen

Tunnelortsbrüste und andere Baustellen werden durch Telekommunikation mit Tunneleingängen verbunden. Die erforderlichen Geräte sind an den Wänden von Tunneln, in der Nähe der Ortsbrust und an anderen Arbeitsplätzen, auf langlebigen Kisten zu montieren, die für den Einsatz im Bedarfsfall ordnungsgemäß gekennzeichnet sind. Die Geräte an den Eingängen der Tunnel müssen mit einer Sirene ausgestattet sein. Darüber hinaus wird es den Arbeitnehmern an der Ortsbrust und anderen Arbeitsplätzen möglich sein, mit den Büros auf der Baustelle zu kommunizieren, entweder telefonisch oder mit anderen Mitteln der Telekommunikation. Die Kommunikation wird auch in Zügen oder gummibereiften Fahrzeugen für den Transport von Materialien und/oder Personal verfügbar sein.

A.1.3.4 Brandschutzmaßnahmen

In Zusammenarbeit mit dem zuständigen Feuerwehrdienst wird ein Brandschutzplan erstellt. Der Plan sieht Maßnahmen vor, um Brände an den Maschinen- und Tunnelarbeitsplätzen, in allen geschlossenen Maschineninstallationen (z. B. Elektro- und Hydraulikanlagen), in Zügen (oder gummibereiften Fahrzeugen) usw. zu erkennen und zu bekämpfen und sicherzustellen, dass dafür alle erforderlichen Ausrüstungen zur Verfügung stehen.

Feuerlöschgeräte werden gewartet und sind immer im Bereitschaftszustand. Es ist ein akustisches und visuelles Warnsystem bereitzustellen.

Es wird eine Schutzkammer installiert, die den Anforderungen von BS 6164 und ELOT EN 16191 entspricht.

A.1.3.5 Erste-Hilfe-Ausrüstung

Es wird ein Erste-Hilfe-Raum mit Telekommunikation bereitgestellt, der mit allen notwendigen Geräten gemäß den einschlägigen Rechtsvorschriften und der vom Berufsarzt erstellten Risikobewertung ausgestattet ist.

A.1.3.6 Messung gefährlicher gasförmiger Schadstoffe

Die Verwendung von Verbrennungsmotoren mit Benzin oder verflüssigten Gasen wie Propan, Butan, Propylen oder Butylen als Brennstoff ist an unterirdischen Arbeitsplätzen nicht zulässig.

Der Bauunternehmer liefert und wartet Geräte zur Messung von Lufttemperatur, Geschwindigkeit und Feuchtigkeit, Staub (SiO_2), des Sauerstoffgehalts in der Luft, CO_2 , CO, explosiven/brennbaren Gasen sowie aller anderen Gase, die sich aus der von der zuständigen Behörde geforderten Risikoanalyse ergeben. Die Gaszähler werden auf jeder Ortsbrust, an verschiedenen Stellen innerhalb der Maschine und in einem Tunnel in Entfernungen installiert, die von der zuständigen Behörde festgelegt werden. Insbesondere Gasmessungen auf der Ortsbrust werden automatisch und kontinuierlich überwacht und die Ergebnisse sind

zumindest für den Bediener der Maschine und wo immer dies von der zuständigen Behörde gefordert wird, in Echtzeit sichtbar.

Bei Überschreitung aller Maschinen- und Tunnelzähler muss ein akustisches und optisches Warnsystem aktiviert werden.

Alle Instrumente zur Bestimmung der Konzentration von Gasen werden von einem von der zuständigen Behörde zugelassenen qualifizierten Labor zugelassen und kalibriert.

A.1.3.7 Maschinenvorbereitung und Angemessenheit der Materialien vor Ort

Der Bauunternehmer muss Ausrüstung und Materialien in ausreichender Menge bereithalten, um außergewöhnliche oder unvorhergesehene Umstände und Probleme beim Öffnen und Bau des Tunnels wirksam und ohne schwerwiegende Verzögerungen bewältigen zu können.

A.1.3.8 Transfer von Personal an die Arbeitsplätze

Neben dem Einsatz von Zügen oder gummibereiften Fahrzeugen für den Transfer des Personals wird auch eine Fußgängerbahn über die gesamte Tunnellänge gebaut. Sie muss über eine ausreichende Breite, rutschfeste Oberfläche (nicht aus Holz) und Handläufe verfügen und bei Bedarf Zugang zum und vom Tunnel ermöglichen. Feuerlöscher und Kommunikationstelefone werden entlang der Fußgängerbahn in Entfernungen installiert, die von der zuständigen Behörde festgelegt werden.

A.1.3.9 Lüftung/Tunnelbeleuchtung

Der Bauunternehmer legt eine Tunnellüftungs- und Beleuchtungsstudie gemäß den geltenden Rechtsvorschriften vor, die von der zuständigen Behörde genehmigt werden muss.

A.2 Umwelt

A.2.1 Mögliche Risiken für die Umwelt

A.2.1.1 Absenkung

Obwohl das künstliche Bohren von Tunneln mit Full-Facers mit der Umschließungs- und Ortsbruststützung auch auf weichen Böden mit Wasservorkommen erhebliche Vorteile hat, ist das Risiko einer inakzeptablen Absenkung real und oft ist das entsprechende Risiko sehr hoch und erfordert in diesem Fall Präventions- und Wiederherstellungsmaßnahmen.

Eine akzeptable Absenkung wird in der Tunnelstudie definiert und ist oft das Hauptziel, das erreicht werden soll. Abweichungen von den Grenzwerten der Studie sind nur mit Genehmigung der zuständigen Behörde zulässig.

A.2.1.2 Einfluss des unterirdischen Wasserspiegels

Die verfügbaren Tunnelbohrmaschinen haben das Potenzial, den Einfluss des unterirdischen Wasserspiegels beim Bohren des Tunnels zu minimieren (falls dies aufgrund der genehmigten Umgebungsbedingungen und/oder der Tunnelstudie erforderlich ist). Dennoch bleibt das Risiko bestehen.

A.2.1.3 Auswirkungen der verwendeten Materialien

Im Allgemeinen sind die verfügbaren Informationen über die verwendeten Materialien eher begrenzt. Die in Suspensionen verwendeten Zusatzstoffe verbleiben weitgehend in einem geschlossenen Kreislauf (bis zum Ende der Arbeiten), solange ihre Rückgewinnung aus dem verworfenen Material technisch und wirtschaftlich machbar ist. Umgekehrt bleiben die Zusatzstoffe in der Separationsanlage, die sie zu einem großen Teil unterstützen, im zu deponierenden Material.

Die in EPB-Maschinen verwendeten Zusatzstoffe bleiben grundsätzlich im zu deponierenden Material, daher sollten sie grundsätzlich biologisch abbaubar und ungiftig sein. Der biologische Abbau sollte kontrolliert werden, da ein sich sehr schnell entwickelnder biologischer Abbau Umweltprobleme verursachen kann, z. B. wenn die jeweiligen Zusatzstoffe zu Wasserrezeptoren getrieben werden, können sie eine Sauerstoffbindung des Wasserkörpers verursachen.

Synthetische Polyamide sind ungiftig, brechen aber sehr langsam ab. Halbsynthetische Materialien wie CMC und PAC zerfallen schneller und sind ungiftig. Natürliche Polymere sind biologisch abbaubar. Im Allgemeinen sind die sichersten Umweltmaterialien diejenigen, die auf natürlich vorkommenden Materialien basieren.

Schäume sind im Allgemeinen von geringer Toxizität, obwohl Schäummittel auf Glykolbasis extreme Beachtung der Hygiene- und Sicherheitsregeln und strenge Beschränkungen ihrer Ablagerung erfordern. Proteinschäume sind am wenigsten giftig und am schnellsten abbaubar als synthetische.

A.2.2 Maßnahmen zur Verringerung von Umweltrisiken

A.2.2.1 Maßnahmen zur Verringerung der Absenkung

Maßnahmen zur Verringerung der Absenkung und zur Begrenzung auf akzeptable Grenzwerte sind folgende:

- (1) Rationale Wahl der Bohrtechnik und -maschine.
- (2) Implementierung eines umfassenden Qualitätssicherungssystems, durch das der ordnungsgemäße Betrieb und der Antrieb der Maschine sichergestellt werden.
- (3) Im Falle von weichem Bodenmaterial in Gegenwart von Wasser sollte die Maschine in der Lage sein, zu arbeiten, indem sie Stützdruck auf die Ortsbrust und die Umschließung der Ausgrabung ausübt. Die Lösung der Senkung des Wasserspiegels durch Pumpen ist verboten, es sei denn, eine angemessene Risikoanalyse zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer inakzeptablen Absenkung ausreichend gering ist.
- (4) Vorverbesserung/Vorverstärkung des Bodenmaterials vor dem Messerkopf.
- (5) Messung und Kontrolle des ausgegrabenen Materials. Die Maschine muss mit einer Vorrichtung zur Messung (direkt oder indirekt) des Volumens des ausgegrabenen Materials ausgestattet sein. Die Messung erfolgt unverzüglich und entspricht bestimmten Ausgrabungsstellen.
- (6) Einstellung der Aushubgeschwindigkeit in Verbindung mit der Anwendung der Mittel der temporären und/oder dauerhaften Auskleidung des Tunnels.
- (7) Auswahl, kontinuierliche Überwachung und Einstellung des Stützdrucks, den die Maschine auf die Ortsbrust und die Umschließung ausübt.
- (8) Das Suspension-Zuführungssystem für die Ortsbrust muss so ausgelegt sein, dass es Verluste, die sich aus der Risikoanalyse ergeben, bis zu einer bestimmten Größe bewältigen kann.
- (9) Der Druck in der Messerkopfkammer muss in allen Bau- und Betriebsphasen auf einem angemessenen Niveau gehalten werden. Beim Wechsel der Schneidkanten ist besondere Sorgfalt zu beachten.
- (10) Solange der Eintritt in die Messerkopfkammer einer Maschine mit Schlamm erforderlich ist, muss der Schlamm aus der Kammer mit parallelem Lufteinlass unter entsprechendem Druck erfolgen. Wenn der Filterkuchen getrocknet wird und die Gefahr besteht, dass die Luft entweicht, dann wird entweder die Ortsbrust mit zusätzlichen Maßnahmen versiegelt oder Schlamm wird in Abständen hinzugefügt, um den Filterkuchen wiederherzustellen.
- (11) Die Torkretierung des Endrings erfolgt kontinuierlich und vorsichtig durch Röhren, die gleichmäßig über die Umschließung verteilt sind. Das gesamte System liefert kontinuierliche Messungen und Aufzeichnungen der Kriterien für die erfolgreiche Durchführung der Injektion, d. h. Druck, Injektionsvolumen und ungewöhnliche Ereignisse und Phänomene. Da das Torkretierungssystem blind ist, unfähig, direkt zu überprüfen, kann der Füllungsgrad nicht direkt mit

den oben genannten Aufzeichnungen überprüft werden, sondern es werden zerstörungsfreie Kontrollen mit seismischen oder Ultraschallmethoden durchgeführt.

- (12) Die während des Maschinenantriebs durchgeführte Überschneidung ist auf ein Minimum zu beschränken.
- (13) Das Navigationssystem vermeidet plötzliche Kurskorrekturen der Maschine.

A.2.2.2 Maßnahmen zur Verringerung der Auswirkungen des Wasserspiegels

Die in Absatz 7.4.1 beschriebenen Maßnahmen und Betriebsverfahren können die Auswirkungen der Tunnelbohrungen auf den Wasserspiegel so gering wie möglich halten, wenn dies durch Umweltbedingungen vorgesehen oder durch die Bestimmungen der Studie vorgeschrieben ist. Bei EPB-Maschinen ist die Minimierung der Eingänge am Schneckenförderer vorzusehen.

Zusätzlich zu den Qualitätseigenschaften werden die Grenzen des Einflusses auf das Grundwasser den Bestimmungen der Studie entsprechen und erforderlichenfalls werden spezielle Bodenversiegelungsmaßnahmen rund um den Tunnel in einer Weise getroffen, die mit dem Bauleiter ausgewählt und vereinbart wird.

Anhang B (informativ)

Eigenschaften und Prüfung von Schaummischungen und - zusammensetzungen

B.1 Allgemeines

Bei Erddruckausgleichsmaschinen (ERBM) ist die Stützung der Ortsbrust eine Grundvoraussetzung, die mit dem ausgegrabenen Geomaterial selbst bedeckt ist, das die Messerkopfkommer füllt. Die erforderliche Ortsbruststützung wird erreicht:

- indem der Schild in Richtung des Geomaterials geschoben wird,
- durch Anpassung der Geschwindigkeit des Abzugs des ausgegrabenen Materials, z. B. durch Anpassung der Drehung des Schneckenförderers.

Der aufgebrauchte Stützdruck muss den Druck aus dem Geomaterial und den Druck des Wassers ausgleichen.

Die Technik mit Erddruckausgleich kann in der Regel die Verwendung von Zusatzstoffen erfordern, die die Durchführung der Ausgrabung, Stützung und Transport von Aushubmaterial in wirtschaftlicher Hinsicht ermöglichen oder erleichtern.

Bei dieser Technik wird das Geomaterial bei Bedarf hauptsächlich durch Zugabe von Schaumstoff und/oder anderen Zusätzen angepasst, die bei der Ausübung und Aufrechterhaltung des Stützdrucks, der Fließfähigkeit des ausgegrabenen Geomaterials, der Schaffung einer homogenen Bodenmasse, der Verringerung der Durchlässigkeit, der Verringerung des Drehmoments des Messerkopfs und der Verringerung des Schleifens und Verschleißes der Schneidkanten helfen.

Die Wahl des Schaumtyps hängt hauptsächlich von der Art des Geomaterials, aber auch von den Eigenschaften der Maschine ab.

Andere Zusätze sind dispergierbare Mittel zur Vermeidung von Ansammlungen und Staus hauptsächlich in Tonböden, anti-abrasive Zusatzstoffe für Messerkopf und Schneckenförderer, Bentonit, um Trennungen zu vermeiden und in einigen Fällen die Durchlässigkeit und Wasser zu reduzieren.

B.2 Eigenschaften von Schaummischungen

Die verwendeten Schäume zeichnen sich durch folgende Parameter aus:

1. C_F : die Konzentration des Schäummittels im Wasser (Schaumlösung)
 $C_F = 100 \times m_s / m_F$ wo
 m_s : die Masse des Schäummittels in der Schaumlösung
 m_F : die Masse der Schaumlösung
2. FER: Schaumausdehnungsverhältnis
 $FER = V_{CA} / V_F$ wo:
 V_{CA} : das Schaumvolumen
 V_F : das Volumen der Schaumlösung
3. FIR: Schaumeinspritzungsverhältnis, d. h. das Verhältnis des Volumens des bei atmosphärischem Druck eingespritzten Schaums zum Volumen des vor Ort ausgegrabenen Geomaterials.

Im Allgemeinen haben die Werte dieser Parameter die folgenden Bereiche:

- i. Die Konzentration von C_F der Schaumlösung beträgt typischerweise 0,5-5,0 % und in der Regel nahe 3 %. Sie hängt hauptsächlich von der Menge an Wasser ab, die in den Boden eingespritzt wurde oder bereits vorhanden ist, und zusätzlich von der Aktivität des verwendeten Schaums.
- ii. Das FER-Verhältnis beträgt 5-30 mit den häufigsten Werten nahe 10. Je höher dieser Wert, desto trockener der erzeugte Schaum. Je feuchter der Boden, desto trockener der erzeugte Schaumstoff und umgekehrt.
- iii. Das FIR-Verhältnis kann 10-80 % betragen, in der Regel liegt es bei 30-60 %. Die Wassermenge (injiziertes und Bodenwasser) ist von besonderer Bedeutung und der optimale Wert sollte durch Laborprüfungen bestimmt werden.
- iv. Polymere Additive können in bestimmten Fällen verwendet werden, um die Schaumstabilität zu verbessern oder die Konsistenz des Bodengemischs in der Kammer und dem Schneckenförderer zu regulieren. Ein typisches Beispiel für die Verwendung ist in nassen sandigen Böden von geringer Konsistenz. Ihre Konzentration beträgt normalerweise 0,1-5 % der Schaumlösung. Die verwendeten natürlichen Polymere sind Stärke, Zucker, Cellulose und Proteine. Die anwendbaren synthetischen Polymere sind Polyacrylamide und ihre Derivate, wie zum Beispiel teilweise hydrolysierte Polyacrylamide (PAPA), während Halbsynthetiken Kohlenstoffmethylcellulose (CMC) und Polyanionate Cellulose (PAC) umfassen.
- v. Stabilisierende Zusatzstoffe helfen, Separation und damit verbundene Effekte in der Kammer zu vermeiden (Ortsbruststabilitätsreduktion, Verstopfungen usw.). Ihre Konzentration beträgt normalerweise 0,1-5 % der Schaumlösung.

In der Praxis muss das Volumen des Schaums mit dem Druck der Überlagerelemente zusammenhängen. Alle Schaumstoffe sind poststabile Materialien, die nach einiger Zeit zusammenbrechen. Für ihren Einsatz in Tunneln ist es besonders wichtig die Zeit zu bestimmen, in der das Schaum-Geomaterial-Gemisch in der Messerkopfkammer und im Schneckenförderer stabil sein kann. Über diese Zeit hinaus erhöht sich die Wahrscheinlichkeit eines Schaumeinsturzes, was unerwünschte bis katastrophale Auswirkungen haben kann. Die Stabilität des Schaums hängt von der Größe und Gleichmäßigkeit der Blasen und der Stärke der Membran ab (je kleiner und gleichmäßiger die Blasen, desto stabiler ist der Schaum).

Derzeit gibt es keine standardisierten Prüfungen, um eine vollständige Simulation des Bodens und des Schaums unter den Bedingungen in der Messerkopfkammer zu ermöglichen, um das Ergebnis in Stützung, Mischen und Transport anzunähern. Die Ergebnisse der unten vorgeschlagenen Prüfungen sollten vergleichsweise und nicht als absolute Werte betrachtet werden. Diese Prüfungen sind wie folgt:

- (1) Stabilitätsprüfung einer Schaummischung, Absatz B.3.
- (2) Prüfung der Stabilität (Halbwertszeit) einer Schaum-/Sandmischung, Absatz B.4.
- (3) Prüfung zur Bestimmung der plastifizierenden Wirkung von Schaumstoff aus Schäummittel oder Polymer, Absatz B.5.

Der Bauunternehmer muss jedes Mal die technischen Spezifikationen der Materialien, die er zu verwenden beabsichtigt, und die Methoden der Labor- oder Vor-Ort-Prüfungen angeben, um Vergleichsdaten zu erhalten, je nach dem erforderlichen Geomaterialstützungs-Ergebnis. Im Rahmen von Absatz 4.4 kann der Bauunternehmer jede andere wahrscheinliche Methode vorschlagen, die nach Genehmigung der zuständigen Stelle angewandt werden kann.

Andere verwendete Materialien sind:

- i. Faktoren, die eine Verstopfung im Messerkopf verhindern, hauptsächlich in kohäsiven Böden mit hohem Tongehalt, das erforderliche Drehmoment reduzieren und das Befüllen der Arbeitskammer ermöglichen.
- ii. Zusätzliche Polymere, um den Schaumstoff zu stabilisieren oder die Klebefähigkeit des Materials, das in den Schneckenförderer gelangt, anzupassen.
- iii. Antireibungsmittel zur Reduzierung des Verschleißes von Schneidwerkzeugen.

Diese Materialien sind in Bezug auf die Umweltverträglichkeit akzeptabel und unter den normalen Bedingungen einer Tunnelbaustelle sicher zu handhaben.

B.3 Stabilitätsprüfung einer Schaummischung.

Verfahren zur Messung der Stabilität (Halbwertszeit) eines Schaums in seinem natürlichen Zustand. Es wird darauf hingewiesen, dass die Halbwertszeit des Schaums von der Natur des Geomaterials und anderen Faktoren wie Feuchtigkeit und Temperatur abhängt.

A. Verwendete Ausrüstung

- 1 LT-Filtrationstrichter mit einem nicht absorbierenden Filter.
- Ein handelsüblicher Schott-Duran- oder Pyrex-Glasbehälter
- Ein kalibrierter Volumenbehälter mit einem Fassungsvermögen von 1 oder 2 L aus Kunststoff oder anderem unzerbrechlichen Material
- Ein kalibrierter Zylinder mit einem Fassungsvermögen von 50 ml
- Eine rechteckige Basis.
- Schaumzubereitungsmedium mit bekanntem Schaumausdehnungsverhältnis (FER), wie ein in Absatz beschriebener Schaumhersteller
- Präzisionsskala 0,1 g
- Zeitmesser

B. Materialien

- Schäummittel und jedes zu prüfende Polymer
- Destilliertes Wasser

C. Prüfverfahren

- Eine Schaummittellösung wird in destilliertem Wasser mit einem vorgegebenen Verhältnis hergestellt (typische Werte in der Regel 3-5 %). Zum Beispiel 97 ml destilliertes Wasser und 3 g Schäummittel.
- Die eventuell bereitgestellten Polymere werden nach den Anweisungen des Herstellers eingefügt.
- Der Schaumstoff mit der erforderlichen Ausdehnung wird mit dem Laborhersteller vorbereitet.
- 80 g Schaumstoff wird in den Filtrationstrichter gelegt.
- Die Zeit, bei der 40 ml Flüssigkeit im unteren Zylinder gesammelt werden, wird gemessen.
- Die Prüfergebnisse werden in folgender Standardform erfasst:

Tabelle B.1 – Muster-Datenblatt der Ergebnisse der Stabilitätsprüfung von Schaummischungen

Stabilitätsprüfung einer Schaummischung				
Schäummittel				
Lieferant – Hersteller				
Schaumlösung (C _F)				
Datum und Uhrzeit				
Schaumausdehnungsverhältnis (FER)				
Startzeit				
Ablaufzeit				

B.4 Stabilitätsprüfung einer Schaum-/Sandmischung

Diese Prüfung misst die Stabilität eines Schaums, wenn er mit einem Standardsand in verschiedenen Mengen gemischt wird. Die Prüfung sollte nur zu Vergleichszwecken verwendet werden, da sie die tatsächlichen Ergebnisse der Geomaterial- und TBM-Maschinenbedingungen vor Ort nicht simulieren kann.

Die Prüfung misst, wie schnell ein Schaumstoff abbaut, wenn er in einer Matrix mit einem anderen Material (Sand) enthalten ist. Die Prüfung kann bei Bedarf bis zu 3 Tage dauern und Messungen sollten zweimal täglich durchgeführt werden. Es ist möglich, Sand durch Geomaterial (Boden) aus dem Projekt zu ersetzen.

A. Ausrüstung

- Ein schwerer Mischer (Hobart-Typ) mit drei Geschwindigkeiten und Standardmessern
- Ein kalibrierter Volumenbehälter mit einem Fassungsvermögen von 1 oder 2 L aus Kunststoff oder anderem unzerbrechlichen Material
- Schaumzubereitungsmedium mit bekanntem Schaumausdehnungsverhältnis (FER), wie ein in Absatz beschriebener Schaumhersteller
- Präzisionsskala 0,1 g
- Zeitmesser
- Behälter für Flüssigkeiten aus Glas oder Kunststoff
- Ausbreittisch (30 cm) mit Standardkegel
- Volumenzylinder aus kalibriertem Glas oder reinem Kunststoff mit einem Fassungsvermögen von 1 L mit perforiertem Sockel

B. Materialien

- Schäummittel und jedes Polymer, falls verwendet.
- Destilliertes Wasser
- Sand

C. Prüfverfahren

- 1,5 kg Sand werden gewogen und in den Mischerbehälter gelegt
- 45 ml destilliertes Wasser werden zugegeben und 3 Minuten lang mit Geschwindigkeit 1 gemischt.
- Schaumstoff wird wie bei der Prüfung nach Absatz B.3 hergestellt (Anmerkung: Für jede Prüfung ist eine neue Schaumprobe zu erstellen)
 - Die Konzentration des Schäummittels in Wasser C_F muss den Anweisungen des Herstellers entsprechen (die Verwendung anderer Werte ist jedoch nicht ausgeschlossen)
 - Für das Schaumausdehnungsverhältnis (FER) wird ein Wert von 10 empfohlen, es sei denn, ein anderer Wert ist zu überprüfen.
 - Wenn die Zugabe von Polymeren erforderlich ist, sind die Empfehlungen des Herstellers zu befolgen.
 - Für jede Konzentration des Schäummittels im Wasser C_F ist die Zubereitung für zwei Prüfungen durchzuführen. Die Menge an FIR (Schauminjektionsverhältnis) für beide Prüfungen muss 25 bzw. 50 g betragen.
- Nach dem Start des Mixers wird dem Sand das erforderliche Schaum- oder Schaumpolymergewicht hinzugefügt. Die Mischung dauert, bis der Schaumstoff vollständig in den Sand eingearbeitet ist und eine homogene Mischung erhalten wird. Bei Bedarf wird der Mischer gestoppt und der überschüssige Schaumstoff von den Klingen und Seiten des Eimers entfernt.
- Die Schaum-Sand-Mischung wird in den Glas- oder Kunststoff-Volumenzylinder mit der perforierten Basis bis zur 1-L-Anzeige gegeben und die Oberfläche abgeflacht. Datum und Uhrzeit werden aufgezeichnet.
- Der Materialgehalt wird zweimal täglich für drei Tage überprüft.
- Die Prüfergebnisse werden in folgender Standardform erfasst:

Tabelle B.2 – Muster-Datenblatt für Schaum/Sandmischung Stabilitätsprüfungsergebnisse

Stabilitätsprüfung einer Schaum-/Sandmischung	
Schäummittel	

Lieferant – Hersteller					
Schaumlösung (C _F)					
Datum					
FIR-Injektionsverhältnis		25 g			
FER-Ausdehnungsverhältnis		10			
Anfangsstufe					
	Zeit				
Startzeit					
3 Tage					

B.5 Prüfung zur Bestimmung der plastifizierenden Wirkung von Schaumstoff aus Schäummittel oder Polymer

Die Prüfung misst die Plastifizierungswirkung eines Schaums mit einem Standardsand und Schaumstoff in verschiedenen Mengen. Die Prüfung sollte nur zu Vergleichszwecken verwendet werden, da die tatsächlichen Ergebnisse des Geomaterials und der TBM-Maschinenbedingungen vor Ort nicht simuliert werden können. Es ist möglich, den Sand durch Geomaterial (Boden) aus der Arbeit zu ersetzen, nachdem alle Fraktionen größer als 5 mm entfernt wurden.

A. Ausrüstung

- Ein schwerer Mischer (Hobart-Typ) mit drei Geschwindigkeiten und Standardmessern
- Ein kalibrierter Volumenbehälter mit einem Fassungsvermögen von 1 oder 2 L aus Kunststoff oder anderem unzerbrechlichen Material
- Schaumzubereitungsmedium mit bekanntem Schaumausdehnungsverhältnis (FER), wie z. B. einem Schaumhersteller
- Präzisionsskala 0,1 g
- Zeitmesser
- Behälter für Flüssigkeiten aus Glas oder Kunststoff
- Ausbreittisch (30 cm) mit Standardkegel
- Kalibriertes Volumenmessgerät mit einem Fassungsvermögen von mindestens 250 ml zur Bestimmung der Sanddichte und des Sand-Schaum-Gemischs.

B. Materialien

- Schäummittel und jedes Polymer, falls verwendet.
- Destilliertes Wasser
- Sand

C. Prüfverfahren

- 1,5 kg Sand werden gewogen und in den Mischerbehälter gelegt
- 45 ml destilliertes Wasser werden zugegeben und 3 Minuten lang mit Geschwindigkeit 1 gemischt.
- Die Dichte des Sandes wird bestimmt
- Eine Durchflusstabellenprüfung wird mit 15 Treffern durchgeführt
- Das gesamte Material wird im Mischer neu positioniert.
- Der Schaumstoff wird wie bei der Prüfung nach Absatz B.3 hergestellt (Anmerkung: Für jede Prüfung ist eine neue Schaumprobe zu erstellen)
 - Die Konzentration des Schäummittels in CF-Wasser muss den Anweisungen des Herstellers entsprechen (die Verwendung unterschiedlicher Werte ist jedoch nicht ausgeschlossen).

- Das Schaumausdehnungsverhältnis (FER) muss 10 betragen, es sei denn, ein anderer Wert ist zu überprüfen.
- Wenn die Zugabe von Polymeren erforderlich ist, sind die Empfehlungen des Herstellers zu befolgen.
- Für jede Konzentration des Schäummittels in CF-Wasser ist die Vorbereitung für zwei Prüfungen durchzuführen. Die FIR-Werte (Schaumeinspritzungsverhältnis) für beide Prüfungen müssen 25 g bzw. 50 g des Sandvolumens betragen.
- Die Prüfung muss innerhalb von 10 Minuten nach dem Mischen von Wasser und Sand abgeschlossen werden
- Die Prüfergebnisse werden in folgender Standardform erfasst:

Tabelle B.3 – Muster-Datenblatt der Prüfergebnisse zur Bestimmung der plastifizierenden Wirkung von Schaumstoff aus Schäummittel und Polymeren

Prüfung zur Bestimmung der plastifizierenden Wirkung von Schaumstoff aus Schäummittel oder Polymer				
Schäummittel				
Lieferant – Hersteller				
Schaumlösung (C_F)				
Material zur Prüfung	Standard-Sand	Andere (Boden aus dem Projekt)		
Masse des Bodens/Sandes (g)		Masse des Wassers (g)		
Dichte (kg/m^3)				
	Nach 15 Treffern auf dem Ausbreittisch in cm ausbreiten			
FER	10			
Schaumstoff 0 %				
Schaumstoff 25 g				
Schaumstoff 50 g				

B.6 Schaumbildung im Labor

Die Qualität und Reproduzierbarkeit der oben genannten Prüfungen hängt vollständig von der Qualität des verwendeten Schaums ab. In einem schlecht vorbereiteten Schaumstoff kollabieren die Blasen schneller und die Qualität des Schaums variiert von Prüfung zu Prüfung.

Die empfohlene und bevorzugte Methode ist der Laborschaumhersteller. Die Qualität des Schaums ähnelt dem in TBM erzeugten Schaum.

Der Laborhersteller muss in der Lage sein, Schäume mit einem FER-Ausdehnungsverhältnis zwischen 3 und 20 herzustellen. Dies kann leicht erreicht werden, indem ein konstantes Flüssigkeitsvolumen im Diffusor beibehalten und die Luftmenge angepasst wird, um die benötigte FER zu erreichen. Der vorbereitete Schaumstoff ist in L/min zu messen.

Ein kleiner Druckbehälter wird verwendet, um die Schaumlösung C_F zu lagern. Dies vereinfacht die Ausrüstung und erleichtert es, die Schaumlösung in einem stetigen Tempo zu erhalten. Das Volumen der Schaumlösung wird durch einen variablen Durchflussmesser gesteuert.

Druckluft in ausreichendem Druck und Menge wird verwendet, um Druck im Druckbehälter und Luftdurchfluss durch den Messer zu gewährleisten. Die Schaumlösung und Druckluftleitungen enden in einem Vormischer, in dem die Lösung und Luft eine homogene Mischung bilden, bevor sie in den Diffusor gelangen, wo der Schaumstoff entsteht.

Mit der Verwendung dieser einfachen Ausrüstung ist es möglich, mehrere Dutzend Liter Schaumstoff pro Stunde in jedem Ausdehnungsverhältnis zu produzieren. Das allgemeine Layout ist in Abbildung B.1. unten dargestellt.

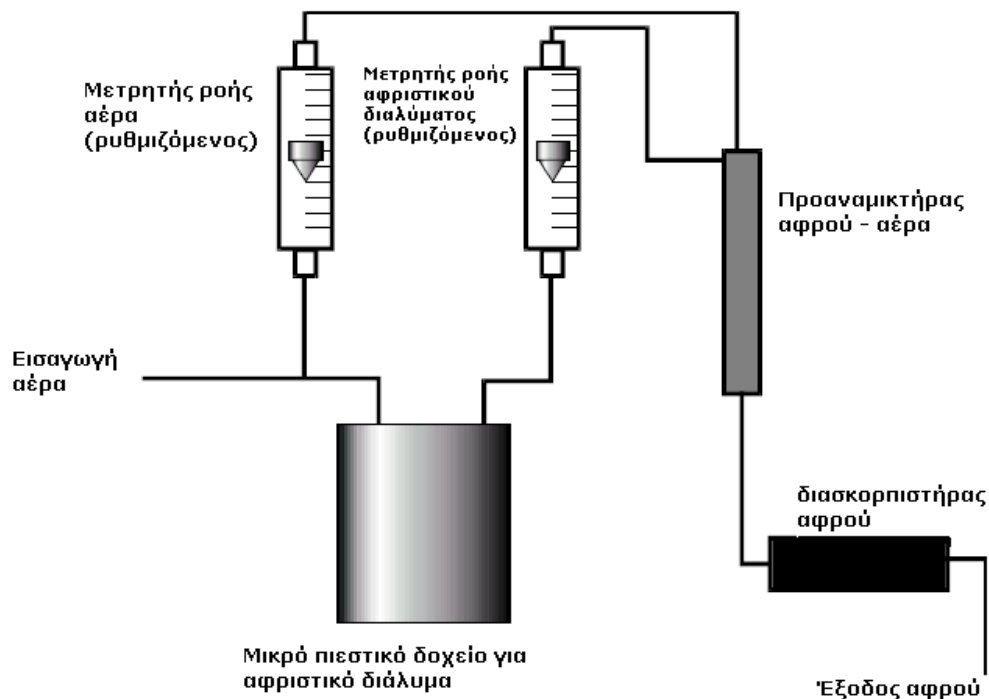


Abbildung B.1 – Allgemeines Layout des Laborschäumherstellers.

Μετρητής ροής αέρα (ρυθμιζόμενος)	Luftdurchflussmesser (einstellbar)
Μετρητής ροής αφριστικού διαλύματος (ρυθμιζόμενος)	Schaumlösung-Durchflussmesser (einstellbar)
Προαναμικτήρας αφρού – αέρα	Schaumstoff – Luftvormischer
Εισαγωγή αέρα	Luftaufnahme
Μικρό πιεστικό δοχείο για αφριστικό διάλυμα	Kleiner Druckbehälter für die Schaumlösung
Διασκορπιστήρας αφρού	Schaumdispergierer
Έξοδος αφρού	Schaumstoffauslass

B.7 Prüfung der Heckdichtungsvorrichtung

Dies ist eine Wasserdruckprüfung. Die Leistungsanforderungen in dieser Prüfung sind in Tabelle B.4 unten dargestellt.

Tabelle B.4 – Wesentliche Anforderungen an die Wasserdruckprüfung für TBM-Heckdichtungsvorrichtung

Eigenschaft	Klasse A	Klasse B	Klasse C
Wasserbeständigkeit bis 8 bar für 5 min	Durchgang durch eine 1 mm Masche in > 5 min	Durchgang durch eine 0,5 mm Masche in > 5 min	Durchgang durch eine 0,5 mm Masche in < 5min

Der Widerstand der Dichtungsvorrichtung wird durch eine Masche bei einem Druck von 8 bar bestimmt. Ein schematisches Layout der Prüfung ist in Abbildung B.2. dargestellt.

Der Bauunternehmer kann jede andere wahrscheinliche Methode vorschlagen, die nach Genehmigung der zuständigen Behörde angewandt werden kann.

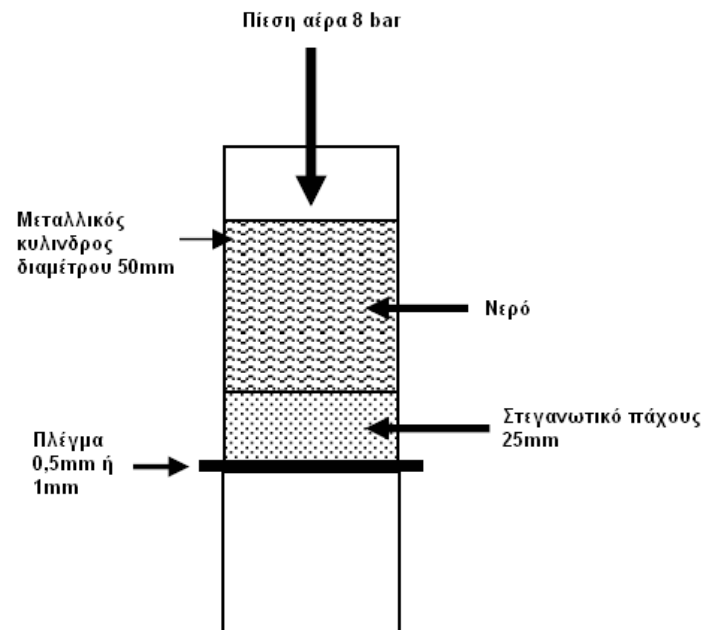


Abbildung B.2 – Allgemeine Anordnung der Prüfung der Heckdichtungsvorrichtung

Πίεση αέρα 8 bar	Luftdruck 8 bar
Μεταλλικός κύλινδρος διαμέτρου 50mm	Metallzylinderdurchmesser 50 mm
Πλέγμα 0,5Mm ή 1mm	0,5 Mm oder 1 mm Masche
Νερό	Wasser
Στεγανωτικό πάχους 25mm	Dichtmittel 25 mm dick

Literaturverzeichnis

- [1] Präsidialerlass 1073/16-9-81 „Sicherheitsmaßnahmen bei der Ausführung von Arbeiten auf Baustellen und allen Arten von Tiefbauarbeiten“.
- [2] Ministerialbeschluss Δ7/A/Φ114080/732/96 „Umsetzung der Bestimmungen der Richtlinie 92/104/EWG über Mindestanforderungen für die Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer in den unterirdischen und unterirdischen mineralgewinnenden Industriezweigen in die Verordnung über Bergbau- und Steinbrucharbeiten“ (Staatsanzeiger 771/B).
- [3] ELOT 60364 Errichten von Niederspannungsanlagen
- [4] Verordnung über Bergbau- und Steinbrucharbeiten (2019).
- [5] Präsidialerlass 305/96 „Mindestanforderungen an die Sicherheit und den Gesundheitsschutz auf temporären oder mobilen Baustellen gemäß der Richtlinie 92/57/EWG“ in Verbindung mit dem Rundschreiben Nr. 130159/7-5-97 des Ministeriums für Arbeit und Rundschreiben Nr. 11 (Protokoll Nr. Δ16α/165/10/258/AΦ/19-5-97) des Ministeriums für Umwelt, Raumplanung und öffentliche Arbeiten in Bezug auf den obigen Präsidialerlass.
- [6] Präsidialerlass 396/94 GG:221/A/94 „Minimale Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen für den Einsatz von persönlichen Schutzausrüstungen durch Arbeitnehmer am Arbeitsplatz gemäß der Richtlinie 89/656/EWG“.
- [7] Präsidialerlass 149/06 (Staatsanzeiger 159/A06) „Minimale Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen in Bezug auf die Exposition der Arbeitnehmer gegenüber den Risiken, die durch physikalische Einwirkungen (Lärm) gemäß der Richtlinie 2003/10/EG entstehen“
- [8] Präsidialerlass 397/94 (Staatsanzeiger 221/A/94) „Minimale Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen für die manuelle Handhabung von Lasten, bei denen insbesondere die Gefahr einer Rückenverletzung der Arbeitnehmer gemäß der Richtlinie 90/269/EWG des Rates besteht“
- [9] Präsidialerlass 77/93 (Staatsanzeiger 34/A/93) „Schutz der Arbeitnehmer vor physikalischen, chemischen und biologischen Arbeitsstoffen und zur Änderung und Ergänzung des Präsidialerlasses 307/86 (135/A) gemäß der Richtlinie 88/642/EWG des Rates.“
- [10] Präsidialerlass 90/1999 (Staatsanzeiger 94/A/99) „Zur Festlegung von Grenzwerten und Höchstwerten für die Exposition von Arbeitnehmern gegenüber bestimmten chemischen Arbeitsstoffen während ihrer Arbeit gemäß den Richtlinien 91/322/EWG und 96/94/EG der Kommission sowie zur Änderung und Ergänzung des Präsidialerlasses 307/86 (135/A) in der durch den Präsidialerlass 77/93 geänderten Fassung (Staatsanzeiger 34/A/93)“.
- [11] Präsidialerlass 338/2001 (Staatsanzeiger 227/A/2001) „Schutz der Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer bei der Arbeit vor den Risiken durch chemische Arbeitsstoffe“.
- [12] Präsidialerlass 339/2001 (Staatsanzeiger 227/2001) Änderung des Präsidialerlasses 307/86 (135/A) „Schutz der Gesundheit von Arbeitnehmern, die während ihrer Arbeit bestimmten chemischen Arbeitsstoffen ausgesetzt sind“.
- [13] Präsidialerlass 186/95 (Staatsanzeiger 97/A/95) „Schutz der Arbeitnehmer vor Risiken durch Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen bei der Arbeit gemäß den Richtlinien 90/679/EWG und 93/88/EWG des Rates“ und deren Änderungen durch den Präsidialerlass 174/1997 (Staatsanzeiger 150/A/1997) und den Präsidialerlass 15/1999 (Staatsanzeiger 9/A/99)

- [14] Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (ABl. L 100 vom 19.4.1994, S. 0001-0029).
- [15] Präsidialerlass 42/2003 (Staatsanzeiger 44/A/21-02-2003) „Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können gemäß der Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 1999“.
- [16] Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)
- [17] Präsidialerlass 57/2010 „Anpassung der griechischen Rechtsvorschriften an die Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG“ und zur Aufhebung der Präsidialerlasse 18/96 und 377/93 (A' 97)
- [18] Verordnung (EU) 2016/425 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2016 über persönliche Schutzausrüstungen und zur Aufhebung der Richtlinie 89/686/EWG des Rates.
- [19] Präsidialerlass 225/1989 „Gesundheit und Sicherheit bei Tiefbauarbeiten“ (Staatsanzeiger 106/A/1989)
- [20] BS 6164_2019, *Health and Safety in tunnelling in the construction industry - Code of Practice*
- [21] ELOT EN ISO 45001, *Managementsysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung*
- [22] ITA Working Group N°5, Health & Safety in Works_04/2015, *“Guidelines for good working practice in high pressure compressed air”*
- [23] ITA - Guidelines on Services of Machinery for Mechanized Tunnel Excavation
- [24] ITA - Guidelines for the Provision of Refuge Chambers in Tunnels
- [25] ITA - Recommendations and Guidelines for Tunnel Boring Machines (TBMs).