

Bundesanstalt für Straßenwesen

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten

ZTV-ING

Teil 5 Tunnelbau

Abschnitt 3 Maschinelle Schildvortriebsverfahren

Notifiziert gemäß der Richtlinie (EU) 2015/1535 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. September 2015 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. 241 vom 17.9.2015, S. 1.).

Inhalt	Seite		Seite
1 Allgemeines	4	5.2.3 Festgesteinsvortrieb	10
1.1 Geltungsbereich	4	5.3 Schildkonstruktion	10
1.2 Begriffsbestimmungen	4	5.3.1 Schildmantel	10
1.3 Anforderungen an die Beteiligten	4	5.3.2 Schildschwanzdichtung	10
2 Geotechnische Untersuchungen	4	5.3.3 Ringspaltverpressung	10
3 Standsicherheitsnachweise	5	5.4 Vortriebspresen	10
3.1 Allgemeines	5	5.5 Tübbingversetzeinrichtung	10
3.2 Einwirkungen	5	5.6 Personen- und Materialschleusen	11
3.2.1 Ständige Lasten	5	5.7 Steuer- / Kontrolleinrichtungen	11
3.2.2 Veränderliche Lasten	6	5.8 Zusatzeinrichtungen	11
3.2.3 Sonstige Lasten	6	5.9 Wartung und Reparatur	11
3.3 Nachweise und Bemessung	6	5.10 Probetrieb	11
3.3.1 Allgemeines	6	5.11 Sicherheitsanforderungen	11
3.3.2 Berechnungsmodelle	6	6 Tunnelvortrieb	11
3.3.3 Schnittgrößenermittlung	7	6.1 Allgemeines	11
3.3.4 Grenzzustand der Tragfähigkeit	7	6.2 Start- und Zielvorgänge	11
3.3.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	7	6.3 Standsicherheit der Ortsbrust	11
3.4 Messungen während der Bauausführung	7	6.3.1 Allgemeines	11
4 Baubegleitende Maßnahmen	8	6.3.2 Arten der Ortsbruststützung	12
4.1 Allgemeines	8	6.4 Überwachung und Steuerung	12
4.2 Zustandserfassung und Beweissicherung	8	6.4.1 Fahrt der Vortriebsmaschine	12
4.3 Ausführungsunterlagen	8	6.4.2 Datenerfassung und -protokollierung ...	13
4.3.1 Allgemeines	8	6.4.3 Vortriebsvorschauen und Vortriebsnachschaun	13
4.3.2 Standsicherheitsnachweise und Ausführungszeichnungen	8	6.5 Qualitätskontrolle	13
4.3.3 Bauzeiten- und Bauablaufplan	8	6.6 Notfallplan	13
4.3.4 Baustelleneinrichtungsplan	8	7 Konstruktion	13
4.3.5 Pflichtenheft	8	7.1 Allgemeines	13
4.3.6 Tunnelbauhandbuch	9	7.2 Anforderungen an die Tübbingkonstruktion	14
4.3.7 Tübbinghandbuch	9	7.2.1 Abmessungen	14
4.3.8 Störfallanalyse	9	7.2.2 Betontechnologie	14
4.4 Genehmigungen und Schutzmaßnahmen	9	7.2.3 Mindestbewehrung und Betondeckung	14
5 Maschinentchnik	10	7.2.4 Konstruktion im Fugenbereich	14
5.1 Allgemeines	10	7.2.5 Toleranzen und Kontrollmessungen	15
5.2 Abbausystem	10	7.3 Ringbau	15
5.2.1 Konzeption	10	7.3.1 Ringgeometrie	15
5.2.2 Lockergesteinsvortrieb	10	7.3.2 Verbindung der Tübbingelemente	15
		7.3.3 Ringspaltverpressung	16

Inhalt	Seite
8 Schutzmaßnahmen gegen Wasser ...	16
8.1 Allgemeines	16
8.2 1-schalige Konstruktionen	16
8.2.1 Konstruktionsgrundsätze	16
8.2.2 Anforderungen an den Dichtungs- rahmen / an das Dichtungsprofil	16
8.3 2-schalige Konstruktionen	16
8.3.1 Konstruktionsgrundsätze	16
8.3.2 Abdichtung mit KDB.....	16
8.3.3 Innenschale als WUB-KO	16
9 Tunnelentwässerung	18
9.1 Allgemeines	18
9.2 Maßnahmen zur Wasserableitung während der Bauzeit	18
9.3 Entwässerungsanlagen	18
10 Baulicher Brandschutz.....	18
10.1 Allgemeines	18
10.2 Thermische Einwirkungen	18
10.3 Brandschutzmaßnahmen für die Konstruktion	18
10.3.1 1-schalige Konstruktionen	18
10.3.2 2-schalige Konstruktionen	18
10.4 Brandschutzmaßnahmen für den Innenausbau	18
11 Innenausbau und Querschläge	18
11.1 Allgemeines	18
11.2 Straßenaufbau und Sohlabdichtung	18
11.2.1 1-schalige Konstruktionen	18
11.2.2 2-schalige Konstruktionen	19
11.3 Wand- und Deckenflächen	19
11.3.1 1-schalige Konstruktionen	19
11.3.2 2-schalige Konstruktionen	19
11.4 Lärmschutzbekleidungen.....	20
11.5 Zwischendecken und Trennwände	20
11.6 Notgehwege, Leitungstrassen und Schächte	20
11.7 Querschläge	20
11.8 Zugänglichkeit der Konstruktion	20
12 Bauwerksunterlagen und Dokumentation.....	20

1 Allgemeines

(1) Der Teil 5 Abschnitt 3 gilt nur in Verbindung mit dem Teil 1 Allgemeines.

(2) Für die Planung von Straßentunneln sind die „Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln“ (RABT) zu beachten.

(3) Für die Planung von Straßentunneln sind die Empfehlungen des Deutschen Ausschusses für unterirdisches Bauen (DAUB) zu beachten. Hierzu zählen insbesondere:

- die Empfehlungen zur Auswahl von Tunnelvortriebsmaschinen,
- die Empfehlungen für die statische Berechnung von Schildvortriebsmaschinen und
- die Empfehlungen für den Entwurf, die Herstellung und den Einbau von Tübbingringen.

1.1 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für die bautechnische Ausführung von Straßentunneln, die mittels maschineller Schildvortriebsverfahren hergestellt werden, d.h. es werden ausschließlich Regelungen für den Einsatz von Tunnelvortriebsmaschinen mit Schild behandelt.

(2) Für die Herstellung von Querschnitten mit einem Innendurchmesser kleiner 10 m, z.B. Rettungstollen, sind die Regelungen sinngemäß anzuwenden und die Toleranzen (siehe Nr.: 7.2.5.1) anzupassen.

1.2 Begriffsbestimmungen

(1) Tunnelvortriebsmaschinen (TVM)

sind Maschinen, die entweder den gesamten Tunnelquerschnitt mit einem Bohrkopf bzw. einem Schneidrad im Vollschnitt oder teilflächig durch geeignete Lösevorrichtungen abbauen. Beim Abbauvorgang wird die Maschine entweder kontinuierlich oder hubweise vorgeschoben.

(2) Maschinelle Schildvortriebsverfahren

sind Verfahren, bei denen entweder der gesamte Tunnelquerschnitt mit einem Bohrkopf bzw. einem Schneidrad im Vollschnitt oder teilflächig durch geeignete Lösevorrichtungen abgebaut wird. Der Abbau des Baugrunds und der Einbau der Sicherung verlaufen im Schutze eines Schildes. Dabei kommen sowohl Tunnelbohrmaschinen (TBM) mit Schild als auch Schildmaschinen (SM) zum Einsatz.

(3) 1-schalige Konstruktion

Hierbei werden Fertigteilelemente (Tübbinge) im Schutze des Schildes zu einer Schale montiert. Die

Tübbingschale dient dabei als endgültige Konstruktion und übernimmt dauerhaft die Trag- und Dichtigkeitsfunktionen (siehe Bild 5.3.1).

(4) 2-schalige Konstruktion

Hierbei wird die Tübbingschale durch eine abgedichtete oder wasserundurchlässig ausgeführte Innenschale ergänzt. Die Tübbingschale übernimmt im Regelfall im Endzustand keine Dichtigkeitsfunktion, sondern hat ausschließlich Erddrucklasten aufzunehmen (siehe Bild 5.3.2).

(5) Zusätzlich gelten die Begriffsbestimmungen aus den einschlägigen DIN-Normen.

1.3 Anforderungen an die Beteiligten

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 1.4.

2 Geotechnische Untersuchungen

(1) Die geotechnischen Untersuchungen sind nach Abschnitt 1 Nr. 2 durchzuführen.

(2) Zusätzlich sind verfahrens- und maschinenrelevante Baugrundeinflüsse zu benennen und daraus resultierende mögliche Konsequenzen für die Maschinenauslegung bzw. den Vortrieb anzugeben, z.B. im Hinblick auf:

- Bewältigung von Steinen und Findlingen,
- Bewältigung von Blöcken und Blockfall,
- Hindernisse im Baugrund,
- Zusatzmaßnahmen zur Sicherstellung der Ortsbruststabilität,
- Hohlräume / Grobkiesschichten mit der Gefahr von Suspensionsverlusten,
- Verschleiß- und Verklebungsprobleme infolge Mineralogie / Quellerscheinungen,
- Fließsandschichten mit der Gefahr der Ortsbrustinstabilität,
- gespannte Grundwasserverhältnisse, Hauptfließrichtungen des Grundwassers, Fließgeschwindigkeit, Wasserstände, Tideeinflüsse,
- Grundwasserchemismus, z.B. Salzgehalt des Grundwassers,
- Behandlung von organischen Bestandteilen,
- Setzungsempfindlichkeit des Baugrundes,
- Injizierbarkeit des Baugrundes,
- Konditionierbarkeit des Baugrundes,
- Verspannbarkeit der Maschine im Baugrund,
- Quellfähigkeit des Baugrunds,

- Kontamination des Baugrundes und
- Deponierbarkeit.

3 Standsicherheitsnachweise

3.1 Allgemeines

(1) Es gelten DIN EN 1991-2, DIN EN 1992-2, DIN EN 1997-1:2009-09 und DIN 1054.

(2) Die Standsicherheitsnachweise umfassen die Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise.

(3) Die Standsicherheitsnachweise müssen ausreichende Angaben über die Bau- und Endzustände in übersichtlicher und prüfbarer Form enthalten. Hierzu zählen insbesondere:

- Geometrie des Bauwerks,
- Lastannahmen,
- Baustoffe / Baustoffkennwerte,
- statische Systeme / Berechnungsmodelle / Berechnungsverfahren,
- Baugrundaufbau und -kenngrößen,
- Ermittlung der Beanspruchungen und Verformungen,
- Bauverfahren und Bauzustände unter Berücksichtigung der Verformungen,
- Sicherheitsbeiwerte,
- Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Verformungen des Bauwerks mit Einzelnachweisen für alle tragenden Bauteile.

(4) Die Standsicherheitsnachweise der Ortsbrust sind in Nr. 6.3 geregelt.

(5) Hinweise zu den Standsicherheitsnachweisen im Lockergestein enthalten unter anderem die Empfehlungen zur Berechnung von Tunneln im Lockergestein der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT).

3.2 Einwirkungen

3.2.1 Ständige Lasten

3.2.1.1 Eigenlasten

Als Eigenlasten gelten das Eigengewicht des Ausbaus und die Gewichte der übrigen eingebrachten Bauteile.

3.2.1.2 Erddruck, Gebirgsdruck

(1) Die Bodeneigenlasten sowie die anzusetzen-

den bodenmechanischen Kennwerte sind dem geotechnischen Bericht zu entnehmen.

(2) Bereits bekannte künftige Geländeaufhöhungen oder –abgrabungen sind zu berücksichtigen.

(3) Bei zweischaligen Konstruktionen ist die äußere Tübbingschale für den Endzustand nur auf Erddruck zu bemessen.

(4) Die Wechselwirkungen zwischen Gebirge und Ausbau, welche die Spannungs- und Verformungszustände von Gebirge und Ausbau beim Tunnelbau bestimmen, z.B. Quellen, Schwellen und Kriechen des Gebirges sowie Einwirkungen aus Erdfallschloten, Karsterscheinungen und Störungszonen, sind hinsichtlich Art und Größe nachvollziehbar herzuleiten und zu begründen.

3.2.1.3 Wasserdruck und Auftrieb

(1) Es ist zu überprüfen, ob die tatsächlichen Wichten von den Angaben der DIN EN 1997-1:2009-09 und DIN 1054 abweichen, z.B. Bewehrungsgrad, Aussparungen.

(2) Als Wasserdruck sind die Kräfte des ruhenden oder strömenden Wassers entsprechend dem höchsten zu erwartenden Wasserstand anzusetzen. Die Änderung der Potentialverhältnisse durch Bauzustände und durch das fertige Bauwerk ist zu berücksichtigen.

(3) Es ist auch die Bemessungssituation „minimaler Grundwasserstand“ zu untersuchen.

(4) In der Leistungsbeschreibung ist für den Nachweis der Auftriebssicherheit anzugeben, inwieweit z.B. Einbauten, Sohlauffüllung, Überschüttungen und Abgrabungen anzusetzen sind.

(5) Wird der Straßenoberbau im Bauwerk durchgeführt, kann dieser bis Unterkante Deckschicht als ständige Last angesetzt werden. Für den Bauzustand ist die Bemessungssituation „ohne Straßenoberbau“ mit dem Bemessungswasserstand für die Bauzeit nachzuweisen.

(6) Für den späteren Austausch des Straßenoberbaus ist die Bemessungssituation „ohne Straßenoberbau“ nachzuweisen. Diese ist als Bemessungssituation BS-A mit den Teilsicherheitsbeiwerten gemäß DIN 1054 anzusetzen.

(7) Bei zweischaligen Konstruktionen ist der Wasserdruck für den Endzustand nur für die Innenschale anzusetzen.

3.2.1.4 Einwirkungen aus Schwinden und Kriechen

Bei zweischaligen Konstruktionen sind Einwirkungen aus Schwinden und Kriechen nach DIN EN 1992-2 zu berücksichtigen, wenn sie ungünstig wirken.

3.2.1.5 Dauernd wirkende Lasten auf der Geländeoberfläche

Dauernd wirkende Lasten auf der Geländeoberfläche sind zu berücksichtigen. Hierzu zählen auch dauernd wirkende Lasten aus vorhersehbaren Veränderungen an der Geländeoberfläche.

3.2.1.6 Einwirkungen aus benachbarten Tunnelröhren

Einwirkungen aus benachbarten Tunnelröhren sind für alle Bauzustände und für den Endzustand zu berücksichtigen. Hierzu zählen auch Einflüsse aus einer beabsichtigten späteren Herstellung benachbarter Tunnelröhren.

3.2.2 Veränderliche Lasten

3.2.2.1 Verkehrslasten

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 3.2.2.1

3.2.2.2 Temperatureinwirkungen

(1) Die Ansätze für gleichmäßige und ungleichmäßige Temperaturänderungen der Tunnelauskleidung während der Bauphase sind im Einzelfall nach den Betriebsbedingungen und Bauzuständen des Tunnels festzulegen.

(2) Für den Endzustand gelten die Angaben in Abschnitt 1 Nr. 3.2.2.2.

3.2.3 Sonstige Lasten

(1) Als sonstige Lasten sind folgende Lasten zu berücksichtigen:

- Temporäre Belastungen während der Bauzeit, z.B. Vortriebslasten aus Pressenkräften, Nachläuferlasten, Auftriebslasten, Verpressdrücke aus Ringspaltverfüllung und
- Druck und Sog auf die Tunnelauskleidung, siehe Abschnitt 1 Nr. 3.2.3.

(2) Bei den Vortriebslasten aus Pressenkräften sind die maximal installierte Pressenkraft und die Betriebspressenkraft zu unterscheiden. Die maximal installierte Pressenkraft ist die Kraft, die aufgrund der Auslegung der Pressen und Hydraulik maximal möglich ist. Die Betriebspressenkraft ist im Regelfall geringer und ist die beim Vortrieb maximal aktivierbare Kraft.

(3) Bei der Unterquerung von Gewässern sind mögliche Auskolkungen zu berücksichtigen. Weiterhin sind bei schiffbaren Gewässern die Wracklast für das jeweils zutreffende Bemessungsschiff, Ankerwurf sowie Baggertoleranzen zu berücksichtigen.

(4) Falls erforderlich, ist auch der Sonderlastfall „Innendruck im Tunnel“. z.B. gefluteter Tunnel zu untersuchen.

(5) Für Brandeinwirkung gilt Nr. 10.

3.3 Nachweise und Bemessung

3.3.1 Allgemeines

(1) Für Bereiche des Baugrunds mit jeweils gleichbleibenden boden- und felsmechanischen Eigenschaften (Homogenbereiche) ist jeweils ein mechanisches Modell zu erarbeiten, das die folgenden Elemente erfasst:

- Struktureller Aufbau, Klüftung, Schichtung,
- Verformbarkeit und Festigkeit des Locker- bzw. Festgesteins,
- Primärspannungen,
- Wasserstände und Durchlässigkeit des Baugrunds, Grundwasserströmungsverhalten und
- Einwirkungen aus Baugrundverbesserungen wie z.B. Injektionen, Rüttelstopfsäulen, Dränage, Gefrierverfahren.

(2) Die erforderlichen boden- und felsmechanischen Kennwerte sind dem geotechnischen Bericht zu entnehmen.

(3) Neben den Belastungsfällen im Endzustand sind auch andere Zustände, wie z.B. diejenigen unmittelbar hinter der Vortriebsmaschine, zu untersuchen.

3.3.2 Berechnungsmodelle

(1) Aufgrund der geotechnischen Untersuchungen ist ein mechanisches Gebirgs- und Berechnungsmodell entsprechend Abschnitt 1 Nr. 3.3.2 aufzustellen.

(2) Die Standsicherheitsnachweise sind nach dem Bettungsmodulverfahren (elastisch gebetteter Stabzug) oder auf der Grundlage von Kontinuummodellen zu führen.

(3) Beim Bettungsmodulverfahren muss der Ansatz der tangentialen Bettung und der tangentialen Lastanteile die geotechnischen und baubetrieblichen Randbedingungen berücksichtigen, z.B. die Eigenschaften der Ringspaltverpressung. Die Summe der vertikal auf den Tunnel wirkenden Lasten ist als entgegengerichtete Gleichlast auf die Sohle anzusetzen, um eine Translation des Tunnels zu vermeiden.

(4) Bei der Verwendung von Kontinuummodellen sind der Ausbau und der umgebende Baugrund durch diskrete Elemente abzubilden, deren me-

chanisches Verhalten den jeweiligen Baustoffen bzw. Baugrundverhältnissen entspricht. Die Auswirkungen der natürlichen Streubreite der Baugrundparameter und der Einflussgrößen aus dem Vortriebsgeschehen sind zu berücksichtigen.

3.3.3 Schnittgrößenermittlung

(1) Die Ermittlung der Schnittgrößen erfolgt nach dem Bettungsmodulverfahren oder nach dem Kontinuummodell. Bei Anwendung des Kontinuummodells sind für die maßgebenden Querschnitte zu Kontrollzwecken Vergleichsberechnungen mit einem vereinfachten Berechnungsmodell durchzuführen.

(2) Die Momenten-Verdrehungsbeziehung der Längsfugen ist unter Berücksichtigung der Fugengeometrie und der Betonsteifigkeit, sowie der in den Längsfugen wirkenden Normalkraft anzusetzen.

(3) Sofern eine Querkraftkopplung benachbarter Tübbingringe vorhanden ist, ist sie statisch zu berücksichtigen.

(4) Die gegenseitige Beeinflussung benachbarter Tunnelröhren ist bei einem Achsabstand kleiner 2D zu untersuchen.

3.3.4 Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1) Die Sicherheit der Tunnelröhre gegen Auftrieb ist für alle relevanten Lastfallkombinationen nach DIN EN 1997-1:2009-09 und DIN 1054 nachzuweisen.

(2) Die Kraftdurchleitung in den Längsfugen und die Kraftübertragung in den Ringfugen sind nachzuweisen.

(3) Bei der Bemessung der Stahlbetontübbinge auf die für den Vortrieb erforderlichen Pressenkräfte ist nachzuweisen, dass die Flächenpressung in den Kraftübertragungsflächen zwischen den Ringen die maximal zulässige Teilflächenbelastung nach DIN EN 1992-2 nicht überschreitet. Hierbei ist die Betriebspressenkraft als Gebrauchszustand anzusetzen.

(4) Soll die maximal installierte Pressenkraft ausgenutzt werden, sind die Sicherheitsbeiwerte mit dem Auftraggeber abzustimmen. Die hierbei zusätzlich auftretenden Spaltzugspannungen sind durch Bewehrung abzudecken.

(5) Neben der Betrachtung der Teilflächenpressung ist die Wirkung der Pressenkräfte an einem Einzelsegment zu untersuchen (Scheibenbeanspruchung). Imperfektionen sind dabei zu berücksichtigen.

(6) Darüber hinaus sind die Tübbinge so zu di-

mensionieren, dass durch die auftretenden Verformungen die Funktionsfähigkeit der Dichtungsprofile nicht beeinträchtigt wird.

3.3.5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Zur Sicherstellung einer ausreichenden Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit ist ein Rissbreitennachweis nach DIN EN 1992-2 zu führen. Für den Nachweis sind die rechnerischen Rissbreiten nach Nr. 8 anzusetzen.

3.4 Messungen während der Bauausführung

(1) Die Herstellung des Tunnelbauwerkes ist durch eine messtechnische Überwachung zu begleiten. Diese umfasst

- die Kontrolle der Achse, der Gradienten und des Tunnelquerschnitts zur Überprüfung des Lichtraumprofils (Lage- und Höhenmessungen) während des Vortriebs,
- ein untertägliches Messprogramm zur Überwachung von Konvergenzen und Deformationen,
- ein obertägliches Messprogramm zur Überwachung von Setzungen und Verformungen (Nivellement-, Extensometermessungen),
- ein Messprogramm zur Überwachung von Verformungen des Tunnelringes in Folge bauverfahrenstechnischer Einflüsse, wie z.B. Ringspaltverpressung, Maschinensteuerung (Konvergenz- und Deformationsmessungen),
- ein Messprogramm zur Überwachung dichtigkeitsrelevanter Differenzverformungen (Versatz- und Fugenspaltmessungen) und
- eine Maschinensteuerung (siehe Nr. 6.4).

(2) Zur Begrenzung unverträglicher Baugrund- und Bauwerksverformungen sind für das obertägige Messprogramm Prognose-, Warn- und Alarmwerte festzulegen.

(3) Das erforderliche Messprogramm ist in der Leistungsbeschreibung festzulegen. Werden bei der Schildfahrt besonders setzungsgefährdete Objekte, z.B. Bauwerke oder Verkehrswege unterfahren so sind regelmäßige Messungen und die Übertragung der Messergebnisse in den Steuerstand der TVM vorzusehen.

(4) Der Zeitpunkt des Einbaus der Messeinrichtungen und der Durchführung der Nullmessung sind so früh wie möglich mit dem Auftraggeber abzustimmen.

(5) Die Messpunkte an der Geländeoberkante sind so rechtzeitig zu installieren, dass die Nullmessung

noch keinen Einflüssen des Vortriebs unterliegt.

(6) Die im Messprogramm geplanten Abstände der Messquerschnitte in Tunnellängsrichtung und die Messintervalle sind den Erfahrungen beim Vortrieb anzupassen. Insbesondere ist bei ungünstigen Baugrundbeschaffenheiten, z.B. setzungsempfindliche Baugrundformationen sowie bei kritischen Unterfahrungen von baulichen Anlagen oder Verkehrswegen der Abstand der Messquerschnitte zu verringern und die Anzahl der Messungen zu erhöhen.

(7) Die Messquerschnitte des untertägigen und obertägigen Messprogramms sind möglichst zu kombinieren.

(8) Die Verformungen des Tübbingringes in Folge bauverfahrenstechnischer Einflüsse sind durch entsprechende Vermessungen an mindestens fünf hintereinander liegenden Ringen durchzuführen. Dabei ist jeder Ring unmittelbar nach Einbau, nach erfolgter Ringspaltverpressung sowie nach Erstbelastung durch den Nachläufer hinsichtlich der Konvergenz, Höhen- und Lageveränderung aufzunehmen.

(9) Die Versatz- und Fugenspaltmessungen sind an mindestens fünf hintereinander liegenden Ringen festzustellen. Dabei ist jeder Ring unmittelbar nach Einbau sowie nach erfolgter Ringspaltverpressung sowie nach Durchfahren mit dem Nachläufer hinsichtlich des Versatzes und des Fugenspaltes aufzunehmen.

(10) Die Messwerte sind auf Datenträger aufzunehmen. Die Messdaten sind auszuwerten, dem Auftraggeber zur Beurteilung zuzuleiten und kontinuierlich fortzuschreiben. Die wichtigsten Daten sind darzustellen und über eine einzurichtende Online-Übertragung zum Auftraggeber zu übermitteln (siehe Nr. 6.4.2).

4 Baubegleitende Maßnahmen

4.1 Allgemeines

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 4.1.

4.2 Zustandserfassung und Beweissicherung

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 4.2.

4.3 Ausführungsunterlagen

4.3.1 Allgemeines

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 4.3.1

4.3.2 Standsicherheitsnachweise und Ausführungszeichnungen

(1) Tunnelbauspezifische Ausführungsunterlagen sind mindestens zu liefern für:

- Schachtkonstruktionen,
- Konstruktionen für Start- und Zielvorgänge,
- Schildvortriebsmaschine,
- Tübbingkonstruktion,
- Sicherungsmaßnahmen,
- Ausbaukonstruktionen für Regel- und Sonderquerschnitte, z.B. Querschläge,
- bauliche Vorkehrungen für Betriebs-einrichtungen und
- messtechnische Überwachungsprogramme.

(2) Bei einer zweischaligen Konstruktion sind zusätzlich Ausführungsunterlagen zu liefern für:

- Abdichtung,
- Schalwagen und
- Innenschale.

4.3.3 Bauablaufplan

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 4.3.3

4.3.4 Baustelleneinrichtungsplan

Der Auftragnehmer hat dem Auftraggeber vor Baubeginn einen Baustelleneinrichtungsplan zur Zustimmung vorzulegen. In diesem Plan sind mindestens darzustellen:

- gesamte Baustelleneinrichtung,
- Ver- und Entsorgungsanlagen,
- Zwischenlager für Ausbruchmaterial und
- Zuwegungen und Baustraßen innerhalb sowie außerhalb der Baustelle bis zum Anschluss an das bestehende Straßennetz.

4.3.5 Pflichtenheft

(1) Der Auftragnehmer hat zur Darstellung der notwendigen Ausstattung und Einrichtungen der Vortriebsmaschine ein Pflichtenheft vor Fertigung der Maschine dem Auftraggeber zu übergeben. Es hat zur Aufgabe, die Vortriebsmaschine auf die

Bewältigung der projektspezifischen, vorhersehbaren Betriebssituationen auszulegen und die dazugehörige Maschinen- und Verfahrenstechnik einschließlich Steuerungs- und Überwachungseinrichtungen darzulegen.

(2) Im Pflichtenheft sind mindestens die nachfolgenden Komponenten zu behandeln:

- Ortsbruststützung,
- Materialförderung,
- Vorschubeinrichtung,
- Steuerung,
- Zusatzausrüstungen (Steinbrecher, Injektionen, Vorauserkundung),
- Drucklufteinrichtungen und
- übrige maschinentechnische Ausstattung.

(3) Spezielle sicherheitstechnische Auflagen für die Vortriebsmaschinen sind zu berücksichtigen.

4.3.6 Tunnelbauhandbuch

Der Auftragnehmer hat für die Ausführung vor Beginn des Tunnelvortriebs ein Tunnelbauhandbuch dem Auftraggeber zur Genehmigung vorzulegen. Das Tunnelbauhandbuch ist der Leitfaden zur sicheren Ausführung der Tunnelbaumaßnahme. Im Handbuch sind mindestens die nachfolgend aufgeführten Punkte zu behandeln:

- Baustellenorganisation,
- Baustelleneinrichtung,
- Baustellennormalbetrieb,
- Baustellensonderbetrieb,
- Arbeits- und Betriebssicherheit,
- Sicherheitskonzept einschließlich Störfallanalyse,
- Messtechnische Überwachung einschließlich Warneinrichtungen,
- Qualitätssicherungsprogramme,
- Vortriebsplan nach Nr. 6.5 und
- Notfallplan nach Nr. 6.6.

4.3.7 Tübbinghandbuch

(1) Das Tübbinghandbuch ist als Qualitätssicherungselement für die Stahlbetontübbinge aufzustellen. Im Handbuch sind die nachfolgenden Punkte detailliert zu beschreiben:

- Allgemeine Beschreibung der Organisation und der Fertigungsanlage,
- Ablaufbeschreibung der Tübbingfertigung, der

Tübbingausrüstung und -lagerung,

- Auflistung der verwendeten Materialien und Stoffe mit Bezeichnung und Lieferantenangabe,
- Betonherstellung mit Rezeptur, Eignungsprüfung, Eigenüberwachung und Dokumentation,
- Bewehrungskorbherstellung, -einbau mit Gewährleistung und Überprüfung der Betondeckung,
- Fertigungskontrollen mit Grundvermessung der Schalung, der Tübbinge, Schalungskontrolle und Dokumentation vor jedem Betoniervorgang,
- Nacharbeiten, Kennzeichnung und Ausrüstung der Tübbinge und
- Beschreibung von Schäden und Mängeln einschließlich Vorschlägen für deren Beseitigung.

(2) Das Tübbinghandbuch ist dem Auftraggeber vor Fertigungsbeginn vorzulegen.

4.3.8 Störfallanalyse

Der Auftragnehmer hat vor Beginn des Tunnelvortriebs eine Störfallanalyse aufzustellen und dem Auftraggeber zur Genehmigung vorzulegen. Durch die Störfallanalyse sollen mögliche Störfälle beim Maschinenvortrieb identifiziert und durch entsprechende Maßnahmen vermieden werden.

4.4 Genehmigungen und Schutzmaßnahmen

(1) Der Auftragnehmer hat alle Genehmigungen, die aus seinem Baubetrieb resultieren, bei den zuständigen Fachbehörden einzuholen. Dies gilt auch für Arbeiten im Überdruckbereich, die Genehmigungen zu Sonderregelungen erfordern können.

(2) *Zur Einhaltung der zulässigen Grenzwerte sind besondere Schutzmaßnahmen gegen Lärm- und Staubeinwirkungen in der Leistungsbeschreibung vorzusehen, z.B. durch Schallschirme oder -schleusen, Schutz Tore an den Tunnelportalen sowie Anordnung von Staubfiltern.*

(3) Für die Zustandserfassung und Beweissicherung von Gebäuden und sonstigen Anlagen gilt Abschnitt 1 Nr. 4.2.

(4) *Erforderliche Schutzmaßnahmen an Gebäuden und Anlagen, z.B. Fundamentsicherung, Bodenstabilisierung sind in der Leistungsbeschreibung vorzusehen.*

5 Maschinentechnik

5.1 Allgemeines

(1) Die Wahl der Tunnelvortriebsmaschine richtet sich nach den geotechnischen Verhältnissen in Verbindung mit dem Trassen- und Gradientenverlauf der aufzufahrenden Strecke.

(2) Die Regelungen zur Maschinentechnik gelten für Einsätze mit Vollschnittabbau.

5.2 Abbausystem

5.2.1 Konzeption

(1) Die Abbauwerkzeuge müssen einen schonenden Abbau der zu erwartenden Baugrundformationen sicherstellen. Dabei ist das Durchfahren von Kunstbauten und verfestigten Böden, z.B. in den Start- und Zielbereichen, zu berücksichtigen.

(2) Es sind eine Werkzeuggüte und ein Werkzeugdesign zu wählen, die zu einer Minimierung des Verschleißes der Abbauwerkzeuge führt. Die gegenseitige Beeinflussung der unterschiedlichen Werkzeuge und der dadurch bedingte Verschleiß ist zu berücksichtigen.

(3) Das Abbausystem ist strömungsgünstig auszubilden. Eine mögliche Verklebungsgefahr ist zu beachten. Gegebenenfalls sind zusätzliche Einbauten vorzusehen, z.B. Zentrumsschneider, Bedüsungen, Agitatoren.

5.2.2 Lockergesteinsvortrieb

(1) Der Schneiradantrieb muss zwei Arbeitsdrehrichtungen ermöglichen, worauf der Werkzeugersatz auszurichten ist. Es muss ein Verschieben in Achsrichtung möglich sein. Die Drehzahl des Schneirades muss stufenlos veränderbar sein.

(2) Je nach den geotechnischen Verhältnissen kann ein Kippen des Schneirades erforderlich werden. Dies ist in die Leistungsbeschreibung aufzunehmen.

5.2.3 Festgesteinsvortrieb

(1) Der Bohrkopf muss eine Arbeitsdrehrichtung und eine gegenläufige Drehrichtung, als passive Drehrichtung, ermöglichen. Die Drehzahl des Bohrkopfes muss mindestens in zwei Stufen veränderbar sein.

(2) Je nach den geotechnischen Verhältnissen kann ein Verschieben in Achsrichtung und ein Verkippen oder das horizontale / vertikale Verschieben des Bohrkopfes erforderlich werden. Dies ist in die Leistungsbeschreibung aufzunehmen.

5.3 Schildkonstruktion

5.3.1 Schildmantel

Der Schildmantel ist für die maximal auftretenden Beanspruchungen auszulegen. Dabei sind auch verfahrenstechnische Einflüsse zu berücksichtigen. Hierfür ist eine Statik vorzulegen.

5.3.2 Schildschwanzdichtung

Die Schildschwanzdichtung muss segmentweise auswechselbar sein. Bei einfach wirkender Schildschwanzdichtung ist eine unabhängig arbeitende Notdichtung auszuführen, die gegen mechanische Beschädigungen geschützt ist. Bei Konstruktion der Schildschwanzdichtung mit Bürsten sind mindestens zwei Kammern herzustellen.

5.3.3 Ringspaltverpressung

(1) Der Ringspalt zwischen Tübbingaußenlaibung und umgebendem Baugrund ist kontinuierlich mit dem Vortrieb durch Verpresskanäle im Schildschwanz zu verpressen.

(2) Die Einrichtung zur Ringspaltverpressung muss eine gleichmäßige Verteilung des Verpressmörtels und ein vollständiges Verpressen durch mehrere über den Schildumfang verteilte Verpressstellen ermöglichen. Durch entsprechende Überwachungs- und Steuerungsvorrichtungen ist eine druckgesteuerte und volumenkontrollierte Verpressung sicherzustellen.

(3) Beim Festgesteinsvortrieb sind auch alternative Verfahren möglich, z.B. Verblasen mit Perlkies.

5.4 Vortriebspresen

Die Vortriebspresen sind so zu dimensionieren, dass die notwendigen Vortriebskräfte sowie Stützdruckkräfte erzeugt werden können. Anzahl und Anordnung der Vortriebspresen und die Tübbingkonstruktion sind aufeinander abzustimmen.

5.5 Tübbingversetzeinrichtung

(1) Für die Montage der Tübbingringe ist eine Versetzeinrichtung mit Dreh- und Fahrtrieb vorzusehen. Zur Positionierung der Tübbinge muss eine in alle Richtungen schwenkbare Einrichtung installiert werden.

(2) Die Einrichtung muss ruckfreie und ruhige Bewegungen und einen passgenauen Einbau der Tübbinge ermöglichen.

(3) Die Versetzeinrichtung muss in der Lage sein, einen Tübbingring auch im Bereich der Schildschwanzdichtung aus- und einzubauen.

5.6 Personen- und Materialschleusen

Bei Schildmaschinen mit Ortsbruststützung sind als Zugang in den Abbauraum bzw. zur Ortsbrust Personen- und Materialschleusen vorzusehen. Die Schleusen sind mit allen Installationen gemäß den sicherheitstechnischen Vorschriften auszustatten.

5.7 Steuer- / Kontrolleinrichtungen

(1) Es ist ein Steuerstand mit Kontroll-, Regel- und Datenerfassungssystemen für den Betrieb der Tunnelvortriebsmaschine einzurichten.

(2) Es muss eine Ausrüstung und ein Hydrauliksystem der Vortriebspresen vorhanden sein, das die schonende Kraftübertragung auf die Tübbinge und die differenzierte Beaufschlagung einzelner Pressen oder Pressengruppen zur Schildsteuerung gewährleistet.

(3) Es ist eine Einrichtung vorzusehen, die eine kontinuierliche Gegenüberstellung der theoretischen mit der tatsächlich abgeführten Bodenmenge ermöglicht.

(4) Es sind Einrichtungen zur Verschleißüberwachung der Abbauwerkzeuge vorzusehen.

5.8 Zusatzeinrichtungen

Im Bedarfsfall sind in der Leistungsbeschreibung zusätzliche Einrichtungen an der Maschine aufzuführen. Diese können u.a. sein:

- Einrichtungen für Störfälle und zum Schutz des Personals im Abbauraum, z.B. Sicherungsplatten,
- Einrichtungen, mit denen z.B. eine Vorauserkundung, Baugrundverfestigung sowie Grundwasserentspannung aus dem Schild heraus möglich ist,
- Brechereinrichtungen, um Steine und Blöcke oder unbewehrte Betonteile auf ein förderbares Maß zu zerkleinern und
- Einrichtungen zur Stützung der Ortsbrust und zur Baugrundkonditionierung.

5.9 Wartung und Reparatur

(1) Die Möglichkeit des Werkzeugwechsels unter Aufrechterhaltung der Standsicherheit der Ortsbrust muss gegeben sein.

(2) Wartungs- und Austauschmaßnahmen von Maschinenkomponenten sind im Pflichtenheft zu beschreiben (siehe Nr. 4.3.5).

(3) Das Hauptlager der Tunnelvortriebsmaschine muss tunnelseitig auswechselbar sein.

5.10 Probetrieb

Vor Auslieferung der Maschine an die Baustelle und bei Vortriebsbeginn ist die Funktionstüchtigkeit der Hauptkomponenten der Tunnelvortriebsmaschine dem Auftraggeber gegenüber zu demonstrieren.

5.11 Sicherheitsanforderungen

Es gelten DIN EN 16191 und DIN EN 12110.

6 Tunnelvortrieb

6.1 Allgemeines

In der Leistungsbeschreibung ist die Vortriebsklasse gemäß DIN 18312 anzugeben. Darüber hinausgehende projektbezogene Untergliederungen sind in der Regel erforderlich.

6.2 Start- und Zielvorgänge

Zur Sicherstellung der Start- und Zielvorgänge für die Schildfahrt sind die Schächte bzw. die Baugruben den geometrischen, statischen und baubetrieblichen Anforderungen der TVM anzupassen und nachzuweisen. Es sind mindestens Angaben über die

- Schildwiege,
- Anfahrkonstruktion,
- Anfahr- und Ausfahrbrille mit Dichtungen und
- Sondermaßnahmen zur Baugrundstabilisierung erforderlich.

6.3 Standsicherheit der Ortsbrust

6.3.1 Allgemeines

(1) Die Standsicherheit der Ortsbrust muss während der Ausführung in jeder Phase des Baubetriebs (Vortrieb, Stillstand für z.B. Ringbau, Inspektion und Wartung) auch bei unvorhergesehenen Ereignissen, sichergestellt sein. Soweit für die Standsicherheit erforderlich, muss die Ortsbrust in allen oder in einzelnen Phasen des Baubetriebs gestützt werden.

(2) Die Standsicherheit der Ortsbrust ist für jeden Bauzustand rechnerisch nachzuweisen.

(3) Es sind mindestens die bodenmechanischen Kennwerte, die Bemessungswasserstände, das Berechnungsmodell und die Sicherheitsbeiwerte auf der Basis der geotechnischen Untersuchungen in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

(4) Zur Beurteilung der Ortsbruststabilität sind

baubegleitend der aktuelle Wasserdruck, die Suspensionseigenschaften, die Bodenabfuhr und die Baugrundverformungen durch den Auftragnehmer zu kontrollieren. In Abhängigkeit von den gemessenen Baugrundverformungen sind die Eigenschaften des Stützmediums und der Stützdruck vortriebsbegleitend anzupassen.

(5) Um die geforderten Sicherheiten zu erfüllen, können zusätzliche bautechnische Maßnahmen erforderlich werden, wie z.B. Baugrundertüchtigung, Aufschüttung, Grundwasserabsenkung, Grundwasserentspannung, Vereisung.

6.3.2 Arten der Ortsbruststützung

(1) Es werden folgende Arten der Ortsbruststützung unterschieden:

- Flüssigkeitsstützung,
- Erddruckstützung und
- Druckluftstützung.

(2) Unterschiedliche Phasen des Baubetriebs, z.B. Vortrieb oder Inspektion erfordern unter Umständen unterschiedliche Arten der Stützung.

(3) Sicherungslatten dürfen beim Standsicherheitsnachweis der Ortsbruststützung nicht berücksichtigt werden.

6.3.2.1 Flüssigkeitsstützung

(1) Als Stützmedium werden in Abhängigkeit von der Kohäsion des Baugrunds Suspensionen unterschiedlicher Dichte oder Wasser verwendet. Während des Vortriebs ist die Abbaukammer stets vollständig mit Flüssigkeit gefüllt und unter definiertem Druck zu halten.

(2) Neben der vollen Flüssigkeitsstützung ist auch eine Teilstützung ggf. zusammen mit anderen Stützmedien möglich.

(3) Die innere Standsicherheit der Ortsbrust ist analog DIN 4126 nachzuweisen.

(4) Die Sicherheit gegen Instabilität der Ortsbrust ist nachzuweisen, wobei die Teilsicherheiten für Wasserdruck mit $\gamma_G = 1,05$ und für Erddruck mit $\gamma_G = 1,5$ anzusetzen sind. Zudem ist eine Regeltoleranz von $\pm 10 \text{ kN/m}^2$ zu berücksichtigen.

(5) Die Sicherheit gegen Aufbruch des Überdeckungsbodens ist nachzuweisen, wobei die günstigen ständigen Einwirkungen (Erd- und Wassereigenlast) mit $\gamma_{G, \text{stb}} = 0,9$ eingehen und für die Baugrundwichten die unteren Werte anzusetzen sind. Hierbei ist der unter Absatz (4) ermittelte Stützdruck zu berücksichtigen.

(6) Die Betriebszustände Teil- oder Vollabsenkung, z.B. für Werkzeugwechsel sind gesondert

mit den dabei vorgesehenen Stützmedien nachzuweisen.

6.3.2.2 Erddruckstützung

(1) Als stützendes Medium wird ein fließfähiger und kompressibler Erdbrei verwendet, der aus dem gelösten Boden vermischt mit zugegebenen Konditionierungsmitteln besteht und während des Vortriebs in der Abbaukammer unter definiertem Druck zu halten ist.

(2) Es gilt Nr. 6.3.2.1 entsprechend. Es ist eine Regeltoleranz von $\pm 30 \text{ kN/m}^2$ zu berücksichtigen.

(3) Neben der vollen Erdbreistützung ist auch eine Teilstützung mit Erdbrei ggf. zusammen mit anderen Stützmedien möglich.

6.3.2.3 Druckluftstützung

(1) Die Stützung der Ortsbrust mit Druckluft ist nur im Ausnahmefall anzuwenden.

(2) Bei Einstiegen mit Druckluft, z.B. für Inspektionen ist eine Membranwirkung an der Ortsbrust herbeizuführen und aufrecht zu erhalten. Bei erhöhten Druckluftverlusten sind Sondermaßnahmen einzuleiten, z.B. Verbesserung bzw. Erneuerung der Membranwirkung durch Aufsprühen von Suspension oder Überführung in den Betriebszustand Suspensionsstützung ohne/mit Ausführung einer Baugrundverbesserung.

(3) Der Luftdruck und der Luftverbrauch sind laufend zu messen und zu überwachen. Bei signifikanten Änderungen der Werte sind Sondermaßnahmen entsprechend Absatz (2) zu ergreifen oder der Einstieg ist zu beenden.

(4) Bei Stützung durch Druckluft ist die Standsicherheit der Ortsbrust entsprechend Nr. 6.3.2.1 Absatz (4) nachzuweisen. Dabei muss der Wasserdruck im tiefsten Punkt der druckluftgestützten Ortsbrust mit $\gamma = 1,05$ -facher Sicherheit durch die entsprechende Luftdruckordinate gehalten werden.

(5) Die Sicherheit gegen Aufbruch des Überdeckungsbodens (Ausbläsersicherheit) ist nach Nr. 6.3.2.1 nachzuweisen.

(6) Bei allen Drucklufternstiegen ist dem Auftraggeber ein Einzelnachweis vorzulegen.

6.4 Überwachung und Steuerung

6.4.1 Fahrt der Vortriebsmaschine

(1) Zur Einhaltung der vorgesehenen Trasse und Gradienten ist die Vortriebsmaschine mittels Steuersystem zu betreiben. Der Fehlerkreis um die Soll-Achse beträgt im Radius max. 100 mm (Schildfahrttoleranz).

(2) Die Luftspaltmaße zwischen Schildschwanz und Tübbingaußenfläche sind regelmäßig aufzunehmen, zu protokollieren und damit die Zwängungsfreiheit nachzuweisen.

6.4.2 Datenerfassung und -protokollierung

(1) Sämtliche während der Vortriebsfahrt erfassten Vermessungs-, Vortriebs-, Verfahrens- und Maschinendaten sind „kontinuierlich“ in Abständen von max. 10 Sekunden zu protokollieren, dem Auftraggeber online zur Verfügung zu stellen und auf Datenträgern abzulegen. Die wichtigsten Daten sind grafisch darzustellen. Dazu zählen:

- Fahrt und Position der Vortriebsmaschine,
- Tübbingeinbau,
- Stützdruck, Eigenschaften des Stützmediums,
- Verpressdrücke, Bohrgutvolumen, Eigenschaften des Abraums beziehungsweise des separierten Bohrgutes,
- Anpress- und Vorschubdrücke, Pressenausföhrung,
- minimale und maximale Drehmomente sowie Bohrkopfstellung des Bohrkopfantriebes,
- Temperaturen und Drücke im Hauptlagerdichtungssystem und
- Lage des Tübbingrings im Schildschwanz.

(2) Weitere Messungen während der Bauausföhrung sind gemäß Nr. 3.4 durchzuföhren.

6.4.3 Vortriebsvorschauen und Vortriebsnachschaun

(1) Im Rahmen der Risikominimierung und Störfallprävention sind wöchentliche Vortriebsvorschauen und Vortriebsnachschaun zu erstellen.

(2) Die Vortriebsvorschau dient dem frühzeitigen Erkennen von möglichem Geföhrdungspotential der bevorstehenden Vortriebsstrecke und der Sensibilisierung des Vortriebspersonals. Folgende Angaben sind mindestens aufzunehmen:

- Geologie,
- Überlagerungsverhältnisse,
- Grundwassersituation,
- Bebauungssituation / Objektunterföhrungen,
- Hinweise auf mögliche natürliche und künstliche Hindernisse,
- Hinweise auf kontaminierte Schichten,
- Zusatzvorkehrungen im Hinblick auf z.B. fließgeföhrdende, verklebungs- und verschleißträchtige

baugrundsichten und

- Spanne der jeweiligen maschinen- und verfahrenstechnischen Einstellparameter.

(3) Die Vortriebsnachschaun analysiert den zuröckliegenden Vortriebsabschnitt mit dem Ziel der Dokumentation und Verfeinerung der Prognose.

6.5 Qualitätskontrolle

Zur Qualitätskontrolle des Vortriebs ist der Vortriebsplan, der sich über den gesamten Vortriebsbereich zu erstrecken hat, in das Tunnelbauhandbuch aufzunehmen. Er muss alle wesentlichen Arbeitsvorgänge und Arbeitsabläufe enthalten. Hierzu zählen:

- Prognostizierte Geologie,
- Vortriebsleistung,
- mögliche Bereiche für Inspektionseinstiege,
- mögliche Bereiche für Werkzeugwechsel,
- Stützungsmaßnahmen an der Ortsbrust, erforderliche Stützdrücke für die Standsicherheit der Ortsbrust im Betriebszustand,
- Standsicherheit der Ortsbrust bei Arbeiten in der Arbeits- und Abbaukammer,
- Ringspaltverpressdruck,
- Volumenabschätzung der gewonnenen Materialien und
- maschinentechnisches Wartungsprogramm sowie Vortriebsvorschau (nach 6.4.3).

6.6 Notfallplan

Der Auftragnehmer hat einen Notfallplan aufzustellen, der die Sicherheitseinrichtungen beschreibt und deren regelmäßige Wartung und Überprüfung festlegt sowie die Organisation in Notfällen regelt. Der Notfallplan ist in das Tunnelbauhandbuch aufzunehmen.

7 Konstruktion

7.1 Allgemeines

(1) Es gelten Abschnitt 1 Nrn. 5.2.5, 5.2.6 und 5.2.7.

(2) Es sind 1- und 2-schalige Konstruktionen zu unterscheiden (siehe Bilder 5.3.1 und 5.3.2),

(3) Bei 1-schaligen Konstruktionen ist die Aggressivität des Wassers zu berücksichtigen. Anstehendes Wasser darf höchstens „chemisch mäßig angreifend“ nach DIN 4030 sein.

(4) Bei Ausbildung einer zusätzlich abgedichteten oder wasserundurchlässig ausgeführten Innenschale ist Abschnitt 1 Nrn. 5 und 7 zu beachten.

(5) Zur Herstellung der Anprallwände sind die Regelungen des Abschnitts 1 Nrn. 5 und 7 sinngemäß anzuwenden.

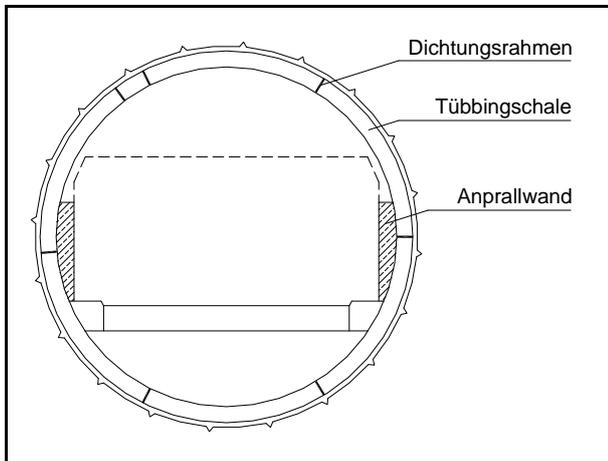


Bild 5.3.1: 1-schalige Konstruktion

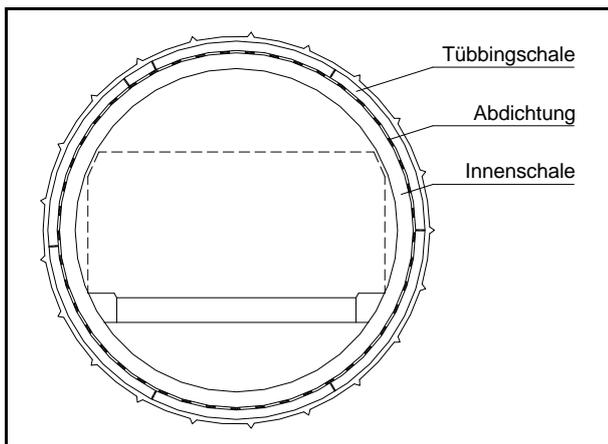


Bild 5.3.2: 2-schalige Konstruktion

7.2 Anforderungen an die Tübbingkonstruktion

Die Regelbauweise besteht aus Blocktübbing. Sie werden als Stahlbetonfertigteile hergestellt.

7.2.1 Abmessungen

Die Tübbingelemente 1-schaliger Konstruktionen sind mit einer Mindestdicke von 30 cm auszuführen.

7.2.2 Betontechnologie

(1) Für die Herstellung, Verarbeitung und Überwachung des Betons gilt Teil 3 Abschnitte 1 und 2.

(2) Die Betonzusammensetzung ist auf die Verarbeitbarkeit abzustimmen. Dabei sind die Bauteilabmessungen, die Bewehrungsanordnung, das vorgesehene Betonierverfahren und die Erzielung eines dauerhaften Betons zu berücksichtigen.

(3) Alle für die Erstellung des Bauwerks vorgesehenen Betonzusammensetzungen sind dem Auftraggeber mindestens sechs Wochen vor Betonierbeginn vorzulegen.

7.2.2.1 Eigenschaften

(1) Tübbinge für 1-schalige Konstruktionen sind mindestens aus Beton der Festigkeitsklasse C35/45 herzustellen.

(2) Bei 2-schaligen Konstruktionen ist für die Tübbinge mindestens eine Festigkeitsklasse C25/30 einzuhalten.

(3) Für das Anheben aus der Schalung ist eine Mindestdruckfestigkeit von 15 N/mm² einzuhalten.

7.2.2.2 Temperatur

Der in die Schalung eingebrachte Beton darf eine Maximaltemperatur von 65 °C nicht überschreiten. Der Temperaturgradient zwischen Betonkern und Betonoberfläche darf 20 K nicht überschreiten. An einem Probetübbing ist der Temperaturverlauf während der Hydratation kontinuierlich zu messen und aufzuzeichnen.

7.2.3 Mindestbewehrung und Betondeckung

(1) Sofern die Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise keine größeren Bewehrungsquerschnitte ergeben, ist für Tübbinge, die auch im Endzustand Tragfunktionen übernehmen, mindestens die folgende Oberflächenbewehrung einschließlich Stirnflächen vorzusehen:

- Betonstabstahl B500B nach DIN 488, \varnothing 10 mm mit einem Stababstand von 10 cm oder
- Betonstahlmatten B500A oder B500B nach DIN 488 mit einem Stababstand von 10 cm mit gleichwertigem Bewehrungsgrad.

(2) An den Oberflächen ist eine Mindestbetondeckung von 40 mm und an den Stirnflächen von 20 mm einzuhalten. Hierbei ist ein Vorhaltemaß von 5 mm zu berücksichtigen.

(3) Wird die Mindestbewehrung aus konstruktiven Gründen unterbrochen, z.B. bei Schraubentaschen oder ist der geforderte Bewehrungsabstand nicht einzuhalten, ist die Bewehrung in den Nachbarbereichen entsprechend zu verstärken.

7.2.4 Konstruktion im Fugenbereich

(1) Im Regelfall werden die Ringfugen eben oder mit Nut-Feder- oder Topf-Nocke-Konstruktionen ausgeführt.

(2) Die Ringfuge ist so auszubilden, dass eine definierte Kraftübertragung gewährleistet ist.

(3) Außerhalb der Kraftübertragungsflächen soll der Ringfugenspalt dauerhaft 2 bis 3 mm betragen.

(4) Die Längsfugen werden bei einschaligen Tübbingkonstruktionen in der Regel eben und bei zweischaligen Konstruktionen eben oder gekrümmt ausgebildet.

(5) Ein zulässiger Montageversatz von 15 mm zwischen zwei Tübbingelementen ist zu berücksichtigen.

7.2.5 Toleranzen und Kontrollmessungen

7.2.5.1 Toleranzen

Für das fertige Tübbingelement und den Probetübbingring sind die Toleranzen nach Tabelle 5.3.1 bzw. Bild 5.3.3 einzuhalten.

Tabelle 5.3.1: Herstellungstoleranzen am fertigen Tübbingelement 1-schaliger Konstruktionen

Position	Toleranzen
Fugenebenheit (Fe_RF und Fe_LF)	± 0,5 mm
Tübbingbreite (Tb)	± 0,7 mm
Tübbingdicke (Td)	± 3,0 mm
Innenradius jedes Tübbings (Ri)	± 1,5 mm
Außenradius jedes Tübbings (Ra)	± 2,0 mm
Vertikaler Abstand der vierten Tübbingecke von der Ebene, die von den drei anderen Ecken gebildet wird	± 8,0 mm
Radius der Dichtungsnutachse (Rdn)	± 1,0 mm
Dichtungsnutbreite (Dg_B)	± 0,2 mm
Dichtungsnuttiefe (Dg_T)	± 0,2 mm
Tübbingbogenwinkel	± 0,01°
Fugenverschränkung Längsfuge (Fv_LF) ¹⁾	± 0,3 mm
Winkelabweichung der Längsfuge (Fugenkonizität Längsfuge (Fk_LF)) (Tübbingbreite bis 1,50 m) ²⁾	± 0,5 mm

¹⁾ bis zu einer Kontaktflächenhöhe von 25 cm; bei einer Kontaktflächenhöhe von 35 cm beträgt die Fugenverschränkung der Längsfuge ± 0,5 mm; Zwischenwerte sind linear zu interpolieren

²⁾ bei einer Tübbingbreite ≥ 2,0 m beträgt die Fugenkonizität d. Längsfuge ± 0,7 mm; Zwischenwerte sind linear zu interpolieren

7.2.5.2 Kontrollmessungen

(1) Die Schalformen der Tübbinge sind vor jedem Betoniervorgang auf Maßhaltigkeit zu kontrollieren.

(2) Der Tübbing ist wie folgt zu vermessen:

- Räumliche Vermessung des ersten Tübbings aus jeder Schalung und
- Vermessung eines Probetübbingringes vor Beginn der Serienfertigung aus jedem Schalungssatz.

Die Ergebnisse sind dem Auftraggeber zu übergeben.

(3) Das Vermessungsprogramm für die Kontrolle der Maßhaltigkeit der Tübbinge ist vom Auftragnehmer in Abstimmung mit dem Auftraggeber aufzustellen.

(4) Vor Beginn der Serienfertigung sind mit dem Beton, der Schalung und den Verdichtungsgeräten mindestens zwei Proberinge herzustellen, um die Eignung der Anlage nachzuweisen. Durch den Zusammenbau der übereinanderliegenden Proberinge ist die Passgenauigkeit der Fugenkonstruktionen und der Verbindungsmittel per Sichtkontrolle zu überprüfen.

7.2.5.3 Oberflächenbeschaffenheit

Die Betonoberfläche der Nut zur Aufnahme des Dichtungsprofils muss eben und hohlraumfrei (lunkerfrei) sein.

7.3 Ringbau

7.3.1 Ringgeometrie

(1) Die Ringgeometrie ist so auszulegen, dass der Ringbau einer vorgegebenen Raumkurve (Gradient, Trasse, Korrekturkurve) folgen kann. Hierbei dürfen keine Zwängungen, z.B. Kontakt mit dem Schild, auftreten.

(2) Längsfugen sind versetzt anzuordnen. Kreuzfugen sind zu vermeiden.

7.3.2 Verbindung der Tübbingelemente

(1) Im Bauzustand ist eine Verschraubung der Tübbinge erforderlich, die für den Endzustand wieder ausgebaut wird. Die Verschraubung muss die einzelnen Segmente gegen die Rückstellkraft des Dichtungsprofils zusammenhalten.

(2) Bei Ausbildung doppelter Dichtungsrahmen sind die Verschraubungskanäle der temporären Verschraubung nach Entfernen der Verschraubungen von der Innenseite abzudichten.

(3) Für doppelte Dichtungsrahmen ist in der Leistungsbeschreibung die Art der Dichtigkeitsprüfungen festzulegen.

(4) In den Anfangs- und Endbereichen des Ausbaus sowie in Sonderbereichen, z.B. Querschläge

und Nischen sind dauerhafte Verschraubungen vorzusehen, wenn sie für eine statisch nachgewiesene Kraftübertragung benötigt werden. Es sind Schrauben mit der Werkstoff-Nr. 1.4529 oder 1.4547 nach DIN EN ISO 3506 sowie nach DIN EN 10088 zu verwenden.

(6) Der Fugenversatz zwischen zwei Tübbingens darf 10 mm nicht überschreiten.

7.3.3 Ringspaltverpressung

(1) Zur endgültigen Bettung des Tübbingausbaus ist eine Ringspaltverpressung durchzuführen. Es gilt Nr. 5.3.3.

(2) *Die Eignung des Verpressmaterials ist durch Versuche gegenüber dem Auftraggeber nachzuweisen. Die Versuche und die Anforderungen an das Verpressmaterial sind in der Leistungsbeschreibung festzulegen.*

8 Schutzmaßnahmen gegen Wasser

8.1 Allgemeines

(1) Für die Abdichtung von Tunneln gegen von außen drückendes Wasser ist zwischen 1- und 2-schaligen Konstruktionen zu unterscheiden.

(2) Hinsichtlich der Dichtigkeitsanforderungen sind die Dichtigkeitsklassen gemäß Abschnitt 5 Tabelle 5.5.1 zu beachten.

8.2 1-schalige Konstruktionen

8.2.1 Konstruktionsgrundsätze

(1) Zur Abdichtung der Längs- und Ringfuge sind Dichtungsrahmen vorzusehen.

(2) *Die Anordnung der Dichtungsrahmen kann entweder ausschließlich außenliegend oder außen- und innenliegend erfolgen.*

(3) Doppelte Dichtungsrahmen sind durch Stegprofile in der Ringfuge zu kammern. Der Anschluss zwischen Stegprofil und Dichtungsrahmen ist wasserdicht auszuführen.

(4) Es ist die Dichtigkeitsklasse 2 einzuhalten.

(5) Bei den Tübbingens beträgt der Rechenwert für die zulässige Rissbreite 0,20 mm. In drückendem Wasser ist auf der Druckwasserseite eine Rissbreite von 0,15 mm einzuhalten.

8.2.2 Anforderungen an den Dichtungsrahmen / an das Dichtungsprofil

Für den Eignungsnachweis und die Lieferung des Dichtungsrahmens / des Dichtungsprofils gelten die Technischen Lieferbedingungen und Technischen Prüfvorschriften für Dichtungsprofile (TL/TP DP).

8.3 2-schalige Konstruktionen

8.3.1 Konstruktionsgrundsätze

Es können Schutzmaßnahmen gegen Wasser durch folgende Maßnahmen getroffen werden:

- *Abdichtung mit einer Kunststoffdichtungsbahn (KDB) zwischen dem Tübbingausbau und der Innenschale des Tunnels oder durch*
- *Ausführung der Innenschale als wasserundurchlässige Betonkonstruktion (WUB-KO).*

8.3.2 Abdichtung mit KDB

(1) *Die Abdichtung mit KDB ist generell bei „chemisch stark angreifendem“ Wasser nach DIN 4030 vorzusehen. Dabei ist sinngemäß nach Abschnitt 5 zu verfahren.*

(2) Es ist die Dichtigkeitsklasse 1 einzuhalten.

8.3.3 Innenschale als WUB-KO

(1) Falls zwischen Außen- und Innenschale keine Dichtungsschicht angeordnet wird, d.h. die Innenschale selbst die Dichtungsfunktion übernehmen muss, ist die Innenschale als wasserundurchlässige Betonkonstruktion auszuführen. Dabei ist die Konstruktion entsprechend Abschnitt 1 Nr. 8.3 auszubilden.

(2) Es ist die Dichtigkeitsklasse 2 einzuhalten.

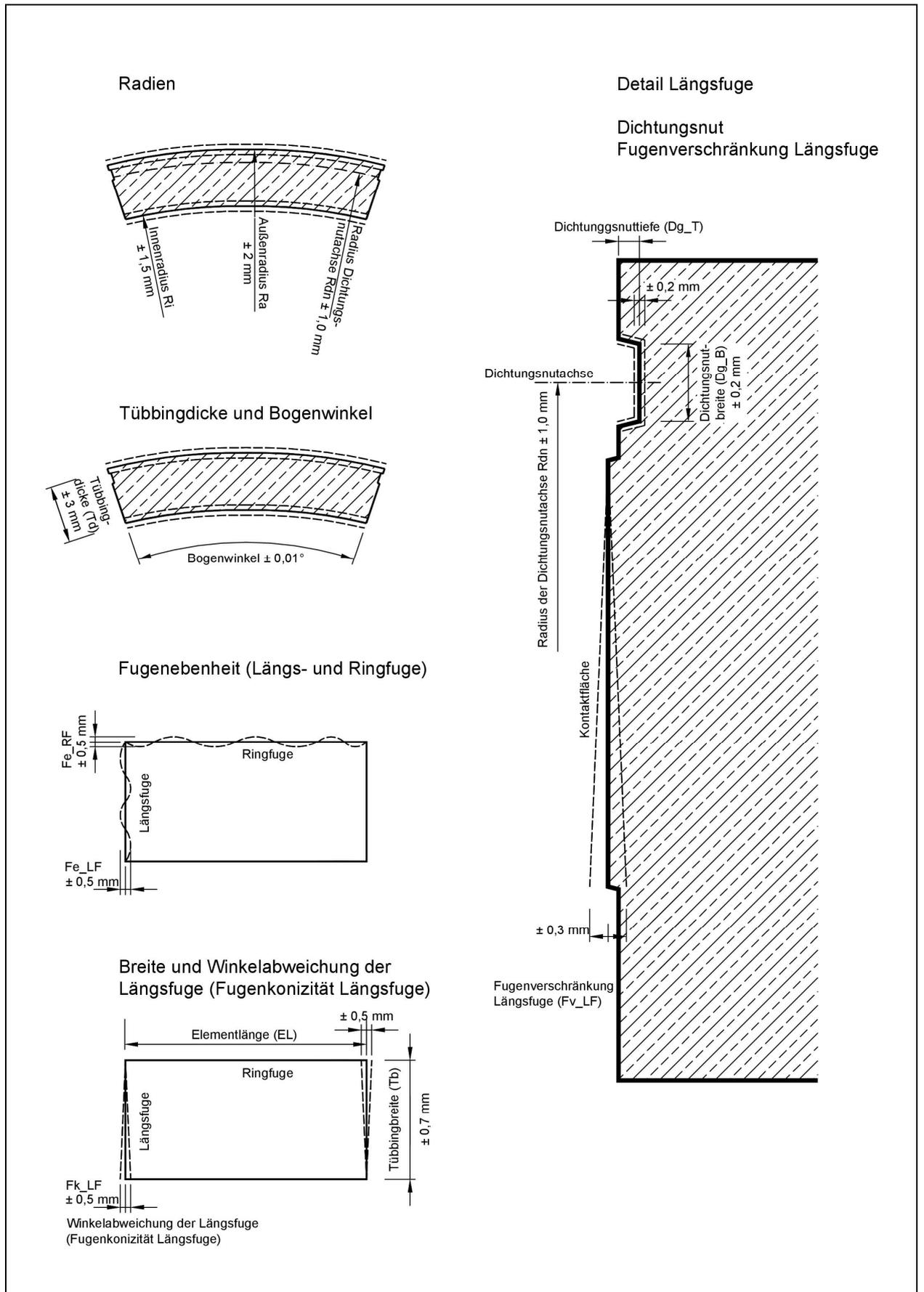


Bild 5.3.3: Toleranzen am fertigen Tübbingelement 1-schaliger Konstruktionen

9 Tunnelentwässerung

9.1 Allgemeines

(1) Es ist grundsätzlich zwischen der Wasserableitung während der Bauzeit und der Entwässerung nach Fertigstellung des Bauwerks zu unterscheiden.

(2) Alle anfallenden Wässer und andere Flüssigkeiten müssen gesammelt und vor Einleitung in einen Vorfluter je nach Verschmutzungsgrad ggf. in einem Absetzbecken, Leichtflüssigkeitsabscheider und/oder einer Neutralisationsanlage entsprechend den wasserrechtlichen Vorgaben und Auflagen behandelt werden. Dies ist in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

(3) Für die Entsorgung der Wässer ist ein den örtlichen Randbedingungen entsprechendes Konzept durch den Auftragnehmer aufzustellen und dem Auftraggeber zusammen mit dem Baustelleneinrichtungsplan zu übergeben.

9.2 Maßnahmen zur Wasserableitung während der Bauzeit

(1) Während der Bauzeit eines Tunnels können folgende Wässer anfallen:

- Brauchwasser,
- Bergwasser,
- Niederschlagswasser und
- Leckwasser.

(2) Die unterschiedlichen Maßnahmen der Wasserableitung bei steigendem bzw. fallendem Vortrieb sind zu beachten.

(3) Bei 2-schaligen Konstruktionen ist in der Leistungsbeschreibung eine Grenze für die zulässige Leckwassermenge im Bauzustand anzugeben.

(4) Während der Baudurchführung sind die Mengen der anfallenden Wässer zu protokollieren.

(5) Örtlich austretendes Wasser ist zu fassen und abzuleiten.

9.3 Entwässerungsanlagen

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 9.3.

10 Baulicher Brandschutz

10.1 Allgemeines

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 10.1.

10.2 Thermische Einwirkungen

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 10.2.

10.3 Brandschutzmaßnahmen für die Konstruktion

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 10.3.

10.3.1 1-schalige Konstruktionen

(1) Bei 1-schaligen Tübbingkonstruktionen dienen die seitlich des Verkehrsraumes angeordneten Anprallwände auch als Brandschutz. Als Nennmaß ist eine Betondeckung von 6 cm vorzusehen. Es ist ein PP-Faserbeton entsprechend Abschnitt 1 Anhang B zu verwenden.

(2) Der freiliegende Firstbereich ist mit Brandschutzsystemen, z.B. Platten oder Putze auszukleiden. Bei der Dimensionierung des Brandschutzsystems sind die Sog- und Druckbelastungen aus dem Straßenverkehr zu beachten.

(3) Alternativ zur Auskleidung mit Brandschutzsystemen sind auch andere Schutzsysteme zulässig, z.B. Brandschutzbeton mit PP-Fasern bei vergrößertem Maß der Betondeckung, soweit ein entsprechender Nachweis erbracht ist.

10.3.2 2-schalige Konstruktionen

Bei 2-schaligen Tübbingkonstruktionen sind für die Innenschale bei Einhaltung der konstruktiven Anforderungen nach Abschnitt 1 Nr. 7 keine zusätzlichen Brandschutzmaßnahmen über Abschnitt 1 Nr. 10.3 hinaus erforderlich.

10.4 Brandschutzmaßnahmen für den Innenausbau

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 10.4.

11 Innenausbau und Querschläge

11.1 Allgemeines

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 11.

11.2 Straßenaufbau und Sohlabdichtung

11.2.1 1-schalige Konstruktionen

(1) Bei 1-schaligen Konstruktionen unterscheidet man die in Bild 5.3.4 und Bild 5.3.5 dargestellten Möglichkeiten der Sohlgestaltung. In der Regel werden Systeme mit Schlauffüllung ausgebildet.

(2) Bei Systemen mit Sohlauffüllung gelten für die Sohlauffüllung die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB).

(3) Vor dem Einbau der Sohlauffüllung ist der Sohlbereich der Tübbingröhre mit einem Trennvlies auszukleiden.

(4) Neben der Vollauffüllung besteht die Möglichkeit, Kanäle zu integrieren (siehe Bild 5.3.4).

(5) Es ist jeweils am Tiefpunkt eine geeignete Drainagemöglichkeit vorzusehen.

(6) Bei aufgeständerten Systemen (siehe Bild 5.3.5) ist die Fahrbahnabdichtung gemäß Teil 7 Abschnitt 1 auszuführen.

(7) Es ist eine geeignete Entwässerung auszubilden.

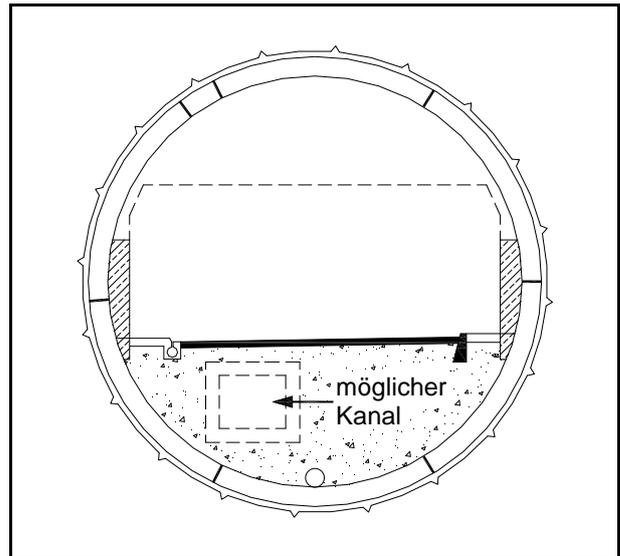


Bild 5.3.4: 1-schalige Konstruktion mit Sohlauffüllung

11.2.2 2-schalige Konstruktionen

(1) Bei 2-schaligen Konstruktionen werden in der Regel Systeme mit geschlossener Sohle ausgebildet (siehe Bild 5.3.6).

(2) Bei Ausbildung des Straßenaufbaus wie auf der freien Strecke, ist keine innenseitige Abdichtung der Sohle erforderlich.

11.3 Wand- und Deckenflächen

11.3.1 1-schalige Konstruktionen

(1) Als Schutz der Tübbingkonstruktion vor Fahrzeuganprall sowie zum baulichen Brandschutz sind seitlich des Verkehrsraumes Anprallwände in hellem Sichtbeton herzustellen (siehe Nr. 10.3.1).

(2) Bei der Planung und Gestaltung der Wand- und Deckenflächen sind die Anforderungen der technischen Ausrüstung, z.B. Notrufnischen, zu berücksichtigen. Insbesondere ist auf eine ausreichende Betondicke unter Berücksichtigung der Herstelltoleranzen einschließlich der Schildfahrttoleranz und der erforderlichen Leerrohre und Nischen zu achten.

(3) Die Fugen der Anprallwände sind versetzt zu den Tübbingfugen anzuordnen.

(4) Für die Aufhängung der Anprallwände sind Bolzen oder andere Konstruktionselemente vorzusehen.

(5) Die Tübbingkonstruktion und die Anprallwände sind baulich, z.B. durch eine Noppenfolie, zu trennen.

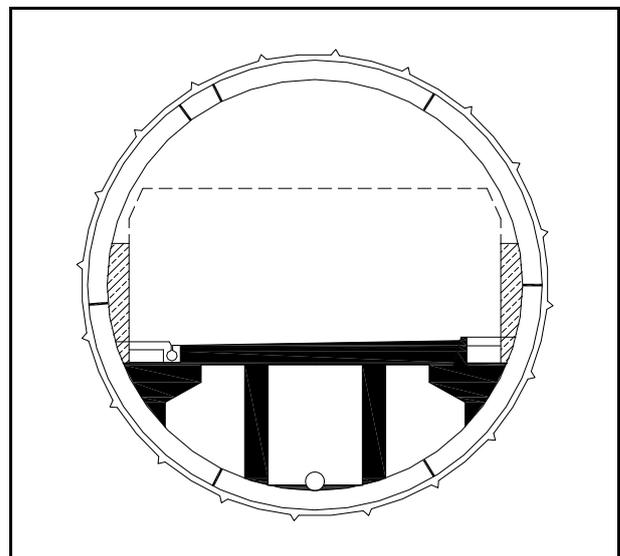


Bild 5.3.5: 1-schalige Konstruktion mit aufgeständeter Fahrbahn

11.3.2 2-schalige Konstruktionen

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 11.2.

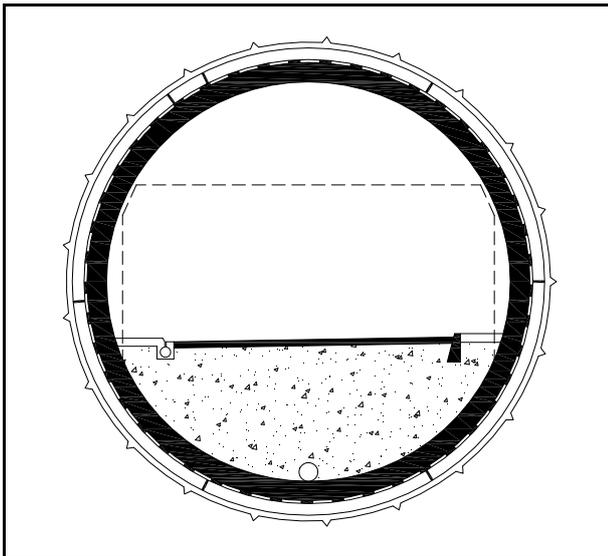


Bild 5.3.6: 2-schalige Konstruktion mit geschlossener Sohle

11.4 Lärmschutzbekleidungen

Es gilt Abschnitt 1 Nr.11.3. |

11.5 Zwischendecken und Trennwände

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 11.4. |

11.6 Notgehwege, Leitungstrassen und Schächte

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 11.5. |

11.7 Querschläge

Bei der Konstruktion der Querschläge sind die betriebstechnischen Einrichtungen zu berücksichtigen.

11.8 Zugänglichkeit der Konstruktion

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 11.6. |

12 Bauwerksunterlagen und Dokumentation

Es gilt Abschnitt 1 Nr. 13. |