

## **Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten**

# **ZTV-ING**

## **Teil 5 Tunnelbau**

## **Abschnitt 5 Abdichtung**

Inhalt	Seite	Seite	
<b>1 Allgemeines</b> .....	3	5.1.2 Schutzschichten und Schutzmaßnahmen .....	12
1.1 Grundsätzliches .....	3	5.2 Geschlossene Bauweise .....	12
1.2 Begriffsbestimmungen .....	3	5.2.1 Allgemeines .....	12
1.3 Geltungsbereich .....	3	5.2.2 Einbau der Schutzschicht .....	12
1.4 Anforderungen an die Beteiligten .....	3	5.2.3 Einbau der Kunststoffdichtungsbahnen	13
<b>2 Anwendungskriterien</b> .....	5	5.2.4 Fugenausbildung .....	13
2.1 Allgemeines .....	5	5.2.5 Fügetechnik .....	13
2.2 Dichtigkeitsklassen .....	5	5.2.6 Nachverpressen in der Blockfuge .....	13
<b>3 Systemgrundlagen</b> .....	5	5.2.7 Nachdichtungsarbeiten .....	14
3.1 Allgemeines .....	5	5.2.8 Einbau der Schutzschicht in der Sohle	14
3.2 Offene Bauweise .....	5	5.2.9 Verlegehilfen .....	14
3.3 Geschlossene Bauweise .....	6	<b>6 Qualitätssicherung</b> .....	14
3.4 Druckentlastungssysteme .....	6	6.1 Erforderliche Nachweise vor Beginn der Abdichtungsarbeiten .....	14
3.5 Übergänge / Anschlüsse von Abdichtungssystemen .....	6	6.2 Eigenüberwachung der Bauausführung durch den Auftragnehmer .....	14
<b>4 Abdichtungselemente und Einbauteile</b> .....	7	6.2.1 Allgemeines .....	14
4.1 Allgemeines .....	7	6.2.2 Baustoffeingangsprüfungen .....	15
4.1.1 Offene Bauweise .....	7	6.3 Überwachung der Bauausführung des KDB-Dichtungssystems durch den Auftraggeber .....	15
4.1.2 Geschlossene Bauweise .....	7	6.4 Dokumentation der Ausführung .....	15
4.2 Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) .....	7	<b>7 Abrechnung und Vergütung</b> .....	15
4.2.1 Allgemeines .....	7		
4.2.2 Offene Bauweise .....	7		
4.2.3 Geschlossene Bauweise .....	8		
4.3 Schutz- und Dränschichten .....	8		
4.3.1 Allgemeines .....	8		
4.3.2 Offene Bauweise .....	8		
4.3.3 Geschlossene Bauweise .....	8		
4.4 Einbauteile .....	8		
4.4.1 Befestigungselemente .....	8		
4.4.2 Profilbänder .....	8		
4.4.3 Entlüftungs- und Nachverpress-einrichtungen in der Blockfuge .....	8		
4.4.4 Prüf- und Injektionssystem für Nachdichtungsarbeiten .....	8		
<b>5 Ausführungstechnische Anforderungen</b> .....	12		
5.1 Offene Bauweise .....	12		
5.1.1 Verlegen der Kunststoffdichtungsbahnen .....	12		

# 1 Allgemeines

## 1.1 Grundsätzliches

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

(2) *Zusätzliche Erläuterungen enthalten die Empfehlungen zu Dichtungssystemen im Tunnelbau (EAG-EDT) der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT).*

## 1.2 Begriffsbestimmungen

### (1) Abdichtungssystem

besteht aus dichtenden und schützenden Elementen. (siehe Bild 5.5.1 und 5.5.2).

### (2) Abdichtung

ist eine bauliche Maßnahme zum Schutz des Bauwerks gegen das Eindringen von Bergwasser (Oberbegriff). In diesem Abschnitt wird die aus Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) gefügte wasserundurchlässige Schicht auch als Abdichtung bezeichnet.

(3) Zusätzlich gelten die Begriffsbestimmungen in den Bildern 5.5.1 und 5.5.2.

## 1.3 Geltungsbereich

(1) Dieser Abschnitt gilt für die bautechnische Ausführung neuer sowie für die Erhaltung bestehender Straßentunnel. Es werden Abdichtungssysteme mit Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) für Straßentunnel in geschlossener und offener Bau-

weise behandelt. Für notwendige Abdichtungen von Trogbauwerken mit KDB, z.B. bei starkem chem. Betonangriff des Grundwassers sind die Regelungen für die offene Bauweise entsprechend anzuwenden.

(2) Für die Betonkonstruktionen in Verbindung mit KDB und für wasserundurchlässige Betonkonstruktionen (WUB-KO) gelten die Abschnitte 1 und 2, soweit in diesem Abschnitt keine abweichenden Regelungen vorgegeben werden.

## 1.4 Anforderungen an die Beteiligten

(1) Mit der Herstellung von Abdichtungsmaßnahmen von Straßentunneln dürfen nur solche Personen verantwortlich betraut werden, die fundierte Fachkenntnisse und praktische Erfahrungen mit Abdichtungsarbeiten im Tunnelbau nachweisen können. Für Fachbauleiter sind mindestens fünf Jahre und für Vorarbeiter drei Jahre praktische Erfahrungen mit Abdichtungsarbeiten im Tunnelbau nachzuweisen.

(2) Die Fügearbeiten dürfen nur von Schweißern mit gültigen Prüfzeugnissen gemäß DVS - Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V., Richtlinie DVS 2212-3, ausgeführt werden.

(3) Zur Bauleitung und Arbeitsaufsicht dürfen nur Führungskräfte eingesetzt werden, die bereits bei entsprechenden Abdichtungsarbeiten nachweislich tätig waren und ausreichende Kenntnisse für die ordnungsgemäße Ausführung derartiger Arbeiten besitzen.

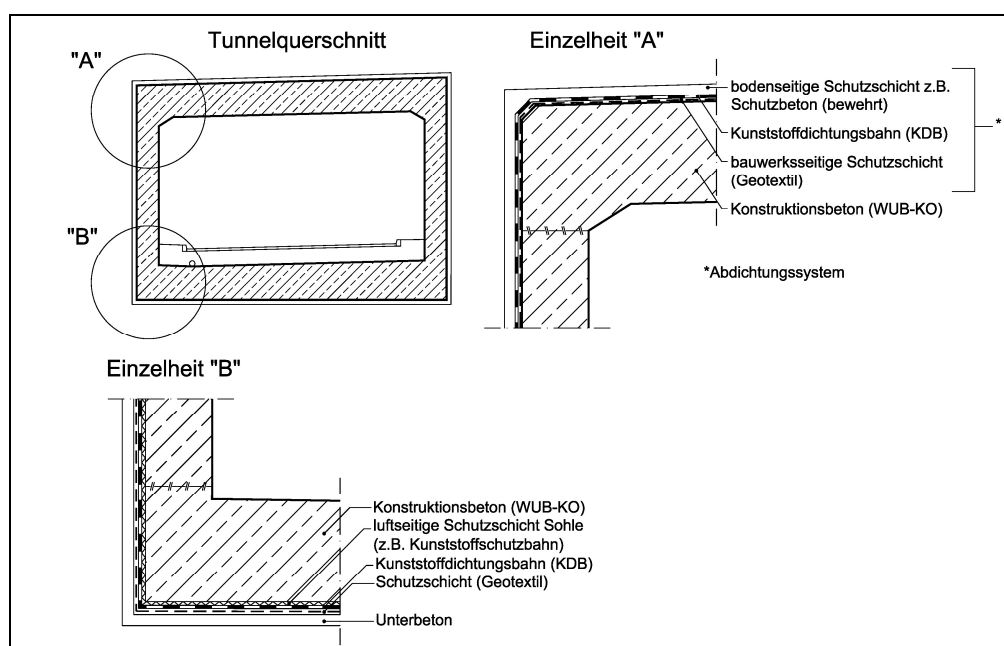


Bild 5.5.1: Begriffsbestimmungen (Beispiel: Tunnel in offener Bauweise mit KDB-Abdichtung)

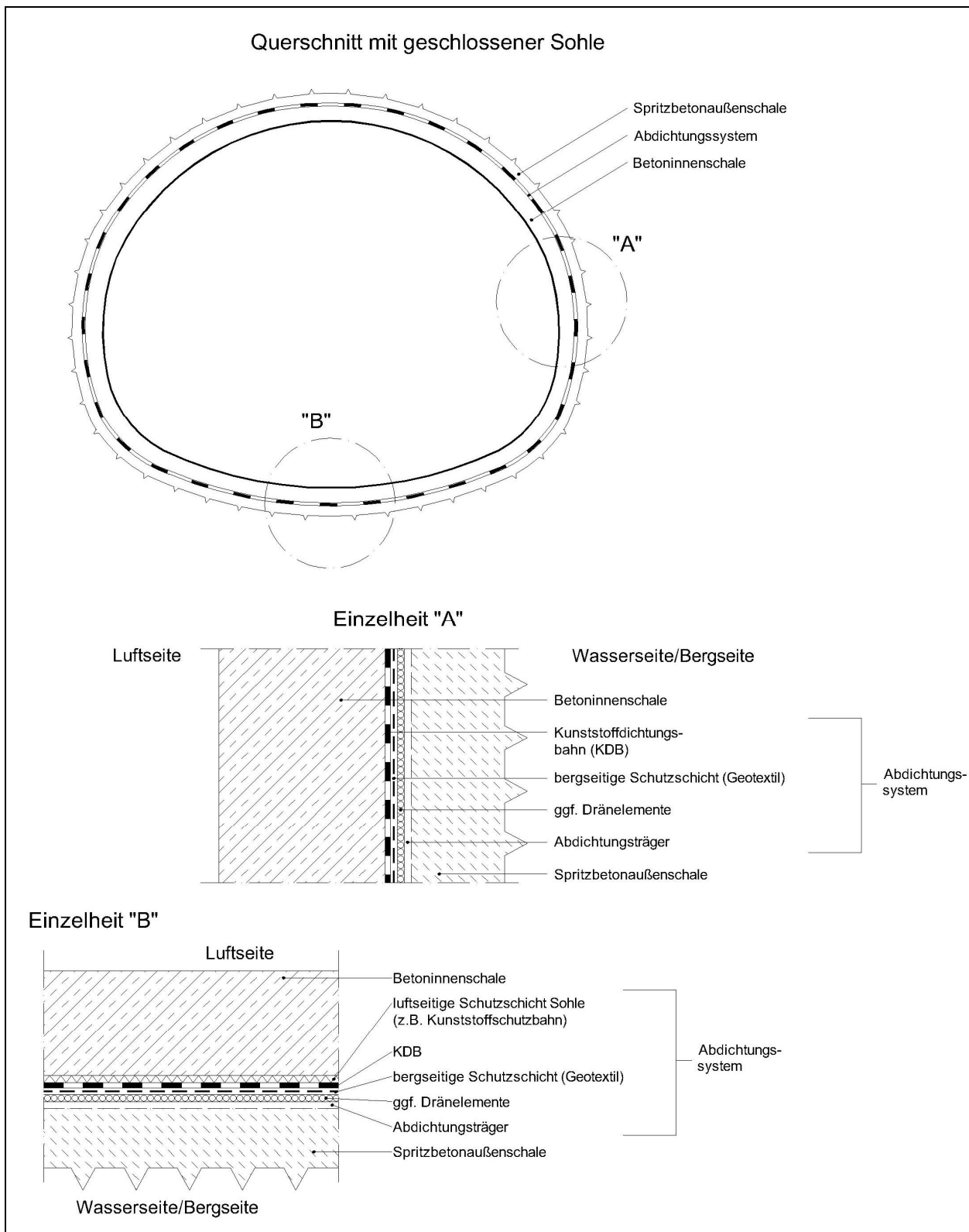


Bild 5.5.2: Begriffsbestimmungen (Beispiel Tunnel in geschlossener Bauweise)

## 2 Anwendungskriterien

### 2.1 Allgemeines

Hauptkriterien für die Systemauswahl der Abdichtung sind der Wasserdruck, die geforderte Dichtigkeitsklasse sowie die chemische Zusammensetzung des Wassers und des anstehenden Bodens.

### 2.2 Dichtigkeitsklassen

(1) Hinsichtlich der Dichtigkeitsanforderungen sind die Dichtigkeitsklassen gemäß Tabelle 5.5.1 zu beachten.

(2) Bei der Ausführung der Abdichtung mit KDB ist die Dichtigkeitsklasse 1 einzuhalten. Die dazu erforderlichen Abdichtungssysteme sind den Tabellen 5.5.2 und 5.5.3 zu entnehmen.

(3) Es darf kein Wasser über das Prüf- und Injektionssystem, Injektionsschläuche oder die Blockfugen austreten. Bei nachweislich beschädigter KDB, z.B. Wasserzutritte über das Prüf- und Injektionssystem oder über die Blockfugen, ist die Dichtigkeitsklasse 1 nicht erreicht.

(2) Die Abdichtung darf nicht zur Abtragung von Schubkräften herangezogen werden.

(3) Sie muss mögliche Bewegungen, z.B. Temperaturverformungen, aus den umgebenden Bauwerksteilen schadlos aufnehmen können.

(4) Die Abdichtung ist gegen Beschädigungen z.B. durch raue Kontaktflächen, Punktbelastung sowie durch Befahrung während der Einbauphase zu schützen.

(5) Die Abdichtung muss unabhängig von den angrenzenden Bauteilen durchgängig dicht sein. Einbauhilfsmittel, wie z.B. Befestigungselemente oder Injektionsanschlüsse dürfen die Wirksamkeit der Abdichtung nicht vermindern.

### 3.2 Offene Bauweise

(1) Die Abdichtungssysteme sind in Tabelle 5.5.2 geregelt.

(2) Tunnel in offener Bauweise (Rechteck-, Gewölbequerschnitte) werden in der Regel als WUB-KO nach Abschnitt 2 ohne äußere Abdichtung ausgeführt.

(3) Bei Abdichtung mit KDB gegen nicht drückendes Wasser darf die KDB nicht in waagerechten oder schwach geneigten Deckenflächen enden (Gefahr der Unterläufigkeit). Die KDB ist mittels Anschlussband oder Klemmschiene mindestens 30 cm unterhalb der Übergangskante von der waagerechten in die senkrechte Fläche zu befestigen. Wenn die Tunneldecke mit einer Arbeitsfuge zur Wand hergestellt wird, muss die KDB nach unten mindestens 20 cm über die Arbeitsfuge hinausreichen.

(4) Bei Überführung von Verkehrswegen mit einer Überdeckung von weniger als 1,00 m ist für die Tunneldecke eine Abdichtung gemäß Teil 7 Abschnitte 1 bis 3 vorzusehen.

## 3 Systemgrundlagen

### 3.1 Allgemeines

(1) Die Abdichtung aus miteinander gefügten KDB liegt bei Tunneln in geschlossener Bauweise als flexible und in engen Grenzen dehnbare Schicht zwischen der Außen- und der Innenschale. Die KDB ist gegen die Außenschale mit einer Schutzschicht zu sichern. Bei Tunneln in offener Bauweise liegt die KDB auf der Außenseite der tragenden Konstruktion und ist bauwerkseitig und bodenseitig jeweils mit einer Schutzschicht zu sichern.

Tabelle 5.5.1: Dichtigkeitsklassen

Dichtigkeitsklasse	Feuchtigkeitsmerkmale	Anforderungen an die Dichtigkeit
1	vollständig trocken	Die Konstruktion muss so dicht sein, dass keine Feuchtstellen an den Innenseiten feststellbar sind.
2	weitgehend trocken	Die Konstruktion muss so dicht sein, dass nur vereinzelt eine schwache Durchfeuchtung an den Innenseiten feststellbar ist (z.B. aufgrund von Verfärbung). Nach Berührung von schwach durchfeuchteten Stellen mit der trockenen Hand dürfen an der Hand keine Wasserspuren erkennbar sein. Ein aufgelegtes Löschblatt oder ein saugfähiges Zeitungspapier darf sich nicht infolge Feuchtigkeitsaufnahme verfärben
3	kapillare Durchfeuchtung	Die Konstruktion muss so dicht sein, dass an den Innenseiten nur vereinzelt und örtlich begrenzt handfeuchte Stellen auftreten. Als handfeuchte Stellen sind solche anzusehen, an denen zwar eine Durchfeuchtung der Konstruktion zu erkennen ist und aufgelegtes Zeitungspapier oder Löschpapier sich infolge Feuchtigkeitsaufnahme verfärbt, aber kein Tropfwasser austritt.

### 3.3 Geschlossene Bauweise

(1) Die Abdichtungssysteme sind in Tabelle 5.5.3 geregelt.

(2) Tunnel in Spritzbetonbauweise erhalten in der Regel eine Abdichtung mit einer Lage KDB (siehe Bild 5.5.2).

(3) Bei Abdichtung gegen nicht drückendes Wasser muss durch die Lage des Tunnels über dem Bergwasserspiegel und/oder durch den Einbau zuverlässiger Einrichtungen zum Druckabbau, z.B. Dränagen, dauerhaft sichergestellt sein, dass keine Wasserdruckbeanspruchung auftritt.

(4) Bei der dränierten Regelbauweise bleibt die Abdichtung gegen nichtdrückendes Wasser auf das Tunnelgewölbe beschränkt (Regenschirmabdichtung). Die KDB endet dabei am Gewölbefuß / Sohlrand in Höhe der Dränage. Bei chemisch stark angreifender Umgebung muss die KDB auch in der Sohle durchlaufen.

(5) Kann das anstehende Bergwasser zuverlässig auf Dauer drucklos abgeführt werden, ist eine Regenschirmabdichtung aus 2 mm dicker KDB ausreichend.

(6) Ist das umliegende Wasser / Bodengemisch chemisch stark angreifend, ist auch bei nicht drückendem Wasser eine Rundumabdichtung mit 2 mm dicker KDB erforderlich.

(7) Ist ein ständiger Wasserandrang mit Aufbau von Wasserdruck zu erwarten und ist eine drucklose Ableitung des Bergwassers nicht möglich, muss eine wasserdruckhaltende Rundumabdichtung mit 3 mm dicker KDB vorgesehen werden.

(8) Bei einlagiger Rundumabdichtung gegen drückendes Wasser muss an jeder Blockfuge ein umlaufendes außenliegendes Fugenband (Schottfugenband) angeordnet werden.

(9) Bei wasserdruckhaltender Rundumabdichtung ist die Möglichkeit einer nachdichtenden Verpressung durch ein Prüf- und Injektionssystem zwischen KDB und Innenschale vorzusehen.

(10) Bei Wasserdrücken größer als 30 m WS über Tunnelsohle ist zu überprüfen, ob besondere Maßnahmen zu ergreifen sind. Hinweise und Beispiele finden sich in den Empfehlungen zu Dichtungssystemen im Tunnelbau - EAG-EDT der DGGT.

### 3.4 Druckentlastungssysteme

(1) Bei extrem hohem Wasserdruck können auch Druckentlastungssysteme, z.B. Entlastungsöffnungen in der Tunnelauskleidung zum Einsatz kommen. Sie müssen an ein geschlossenes Leitungssystem mit Begrenzung des Wasserdrucks angeschlossen werden.

(2) Bei längeren Tunnelbauwerken kann bei entsprechenden geologischen Voraussetzungen auch eine Trennung in Abschnitte unterschiedlichen Wasserdruckes durch Einbau von Dammringen und Injektionsschirmen vorgesehen werden.

### 3.5 Übergänge / Anschlüsse von Abdichtungssystemen

Der Übergang von der offenen zur geschlossenen Bauweise bzw. die Anschlüsse und Durchdringungen an andere Abdichtungssysteme sind mit Profildändern oder Los- und Festflanschkonstruktionen oder Klebeanschlüssen auszuführen.

Tabelle 5.5.2: Abdichtungssysteme von Tunnelbauwerken in offener Bauweise

Abdichtungsgeometrie	Hydrostatischer Druck über Tunnelsohle [m WS]	Chemischer Betonangriff nach DIN 4030	Dichtende Elemente des Abdichtungssystems			
			Decke / Gewölbe / Wand	Sohle (falls erforderlich)	Blockfuge	Arbeitsfuge (falls vorhanden)
Regenschirm	ohne	chemisch schwach bis mäßig angreifend	KDB 3 mm	-	-	-
		chemisch stark angreifend	WUB-KO <sup>1)</sup>		innenliegendes Fugenband	
rundum	bis ca. 25 (0,25 MPa)	chemisch schwach bis mäßig angreifend	KDB 3 mm	-	-	Fugenblech
		chemisch stark angreifend	WUB-KO <sup>1)</sup>		innenliegendes Fugenband mit Stahllaschen	Fugenblech
			WUB-KO + KDB 3 mm		innenliegendes Fugenband mit Stahllaschen	Fugenblech

<sup>1)</sup> Regelkonstruktion (siehe Abschnitt 2)

Tabelle 5.5.3: Abdichtungssysteme von Tunnelbauwerken in geschlossener Bauweise (Spritzbetonbauweise)

Abdichtungsgeometrie	Hydrostatischer Druck über Tunnelsohle [m WS]	Chemischer Betonangriff nach DIN 4030	Dichtende Elemente des Abdichtungssystems				
			Gewölbe	Sohle (falls erforderlich)	Blockfuge	Arbeitsfuge (falls vorhanden)	Sonstiges
Regenschirm	ohne	chemisch schwach bis mäßig angreifend	KDB 2 mm <sup>1)</sup>	-	-	-	-
			WUB-KO <sup>4)</sup>		innenliegendes Fugenband mit Stahllaschen	Fugenblech	-
rundum	bis ca. 30 <sup>3)</sup> <sup>4)</sup> (0,3 MPa)	chemisch stark angreifend	KDB 2 mm		-	-	-
		chemisch schwach bis mäßig angreifend	KDB 3 mm <sup>1)</sup>		außenliegendes Schottfugenband	Injektions-schlauch	Prüf- und Injektionssystem <sup>2)</sup>
			WUB-KO <sup>4)</sup>		innenliegendes Fugenband mit Stahllaschen	Fugenblech	-
		chemisch stark angreifend	KDB 3 mm		außenliegendes Schottfugenband	Injektions-schlauch	Prüf- und Injektionssystem <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Regelkonstruktion

<sup>2)</sup> darf nur in Absprache mit dem Auftraggeber verwendet werden.

<sup>3)</sup> bei Wasserdruck > 30 m WS (0,3 MPa) sind ggf. besondere Maßnahmen zu ergreifen, die im Einzelfall festzulegen sind

<sup>4)</sup> siehe Abschnitt 1

## 4 Abdichtungselemente und Einbauteile

### 4.1 Allgemeines

(1) Die Materialien der Abdichtungselemente und Einbauteile müssen untereinander und mit den angrenzenden Baustoffen und Bauteilen verträglich und ggf. schweißbar sein. Die Einbauteile dürfen weder im Einbauzustand noch im Gebrauchszustand die Funktion der Abdichtung mindern.

(2) Wenn die Abdichtungselemente und Einbauteile in Sonderfällen langfristig besonderen Beanspruchungen, z.B. hohen Temperaturen, Drücken oder starken chemischen Angriffen, ausgesetzt sind, sind im Einzelfall besondere Anforderungen an die Abdichtungselemente und Einbauteile festzulegen.

#### 4.1.1 Offene Bauweise

(1) Die Abdichtung besteht aus der KDB und einer bodenseitigen sowie bauwerkseitigen Schutzschicht.

(2) Als zusätzliche Einbauteile sind Profilbänder und sonstige abdichtungswirksame Hilfsmaßnahmen zu verwenden.

#### 4.1.2 Geschlossene Bauweise

(1) Die Abdichtung besteht aus der KDB und einer bergseitigen Schutzschicht (siehe Bild 5.5.2). Im Sohlbereich ist eine zusätzliche innenliegende Schutzschicht anzuordnen. In dränierten Tunneln ist bei Wasserzutritt durch die Außenschale örtlich zusätzlich zwischen der Spritzbetonaußenschale und der bergseitigen Schutzschicht streifenweise eine Dränschicht einzubauen.

(2) Als zusätzliche Einbauteile sind Befestigungselemente, Profilbänder, ggf. Prüf- und Injektionssysteme und sonstige abdichtungswirksame Hilfsmaßnahmen zu verwenden.

## 4.2 Kunststoffdichtungsbahnen (KDB)

### 4.2.1 Allgemeines

Die KDB müssen den Anforderungen der Technischen Lieferbedingungen und Technischen Prüfverfahren für Kunststoffdichtungsbahnen und zugehörige Profilbänder (TL/TP KDB) genügen.

### 4.2.2 Offene Bauweise

Die KDB müssen in der Sohle bauwerksseitig und im Wand- und Deckenbereich bodenseitig eine Signalbeschichtung aufweisen, die Beschädigungen beim Verlegen oder bei nachfolgenden Arbeiten erkennen lässt.

### 4.2.3 Geschlossene Bauweise

Die KDB müssen auf der Tunnelinnenseite eine Signalbeschichtung aufweisen, die Beschädigungen beim Verlegen oder bei nachfolgenden Arbeiten erkennen lässt.

## 4.3 Schutz- und Dränschichten

### 4.3.1 Allgemeines

Schutzschichten mit oder ohne Dränfunktion und Dränschichten aus Geokunststoffen müssen den Anforderungen der Technischen Lieferbedingungen und Technischen Prüfvorschriften für Schutz- und Dränschichten aus Geokunststoffen (TL/TP SD) genügen.

### 4.3.2 Offene Bauweise

(1) Zwischen Betonkonstruktion und KDB sind im Decken- und Wandbereich Geotextilien als bauwerkseitige Schutzschicht zu verwenden. Im Sohlbereich ist als bauwerkseitige Schutzschicht eine Kunststoffschutzbahn oder ein Schutzbeton anzuordnen.

*(2) Abhängig von den jeweiligen Randbedingungen sind bodenseitig Schutzschichten mit oder ohne Dränfunktion vorzusehen.*

(3) Die für die verschiedenen Bauteile erforderlichen Arten der bodenseitigen Schutzschicht sind Tabelle 5.5.4 zu entnehmen.

(4) Es sind auch Kombinationen aus den genannten Schutzschichtarten möglich.

### 4.3.3 Geschlossene Bauweise

(1) Als bergseitige Schutzschicht ohne Dränfunktion sind Geotextilien einzubauen.

*(2) Abhängig von den jeweiligen Randbedingungen sind bergseitige Dränschichten aus Geokunststoffen anzuordnen.*

*(3) Als Schutz für die Sohlabdichtung werden bewehrter Schutzbeton oder Schutzschichten aus Kunststoffschutzbahnen verwendet.*

(4) Der Schutzbeton muss mindestens 7 cm dick sein und mindestens mit einer Matte Q 131 A bewehrt sein.

(5) Die Kunststoffschutzbahnen müssen mindestens 3 mm dick und materialverträglich an die KDB anschweißbar sein.

(6) Bei Befahrung der Sohlabdichtung sowie bei konzentrierten Lasteinleitungen von mehr als 400 kN/m<sup>2</sup> z.B. aus dem Schalwagen, muss die

Schutzschicht als bewehrter Schutzbeton ausgeführt werden.

## 4.4 Einbauteile

### 4.4.1 Befestigungselemente

(1) Die KDB darf nicht von den Befestigungssystemen durchstoßen werden.

(2) Beim Einsatz von Rondellen darf der Nagel beim Einschließen das Befestigungselement nicht durchstanzen. Die Elemente sind so auszubilden, dass der Nagelkopf vertieft sitzt und das Verkanten der Unterlegscheiben verhindert wird, um die Beschädigung der KDB zu vermeiden.

(3) Das Befestigungselement ist so auszubilden, dass eine Überbeanspruchung der KDB vermieden wird. Bei einer Überbeanspruchung der Verbindungen KDB / Befestigungselement muss der Bruch im Befestigungselement erfolgen (Sollbruchstelle).

### 4.4.2 Profilbänder

(1) Bei wasserdruckhaltenden Abdichtungen ist in den Blockfugen ein außenliegendes Profilband (Schottfugenband) mit den Abmessungen gemäß Bild 5.5.3 einzubauen.

(2) Die Profilbänder müssen den Anforderungen der TL/TP KDB genügen.

*(3) Arbeitsfugen werden in der Regel nicht mit Profilbändern abgedichtet (siehe Tabelle 5.5.3), sondern erhalten einen Injektionsschlauch zur bedarfsweisen Verpressung.*

### 4.4.3 Entlüftungs- und Nachverpresseinrichtungen in der Blockfuge

Zum Entlüften und planmäßigen Nachverpressen im Bereich der Blockfugen sind bei wasserdruckhaltender Abdichtung beiderseits der Blockfuge jeweils mindestens sechs radial eingebaute Schläuche oder Rohre mit ca. 20 mm Innendurchmesser in die Zwischenräume der Sperranker zu führen (siehe Nr. 5.2.4). Die Anordnung der Nachverpress- bzw. Entlüftungsschläuche ist Bild 5.5.4, Bild 5.5.5 und Bild 5.5.6 (jeweils Element 1) zu entnehmen.

### 4.4.4 Prüf- und Injektionssystem für Nachdichtungsarbeiten

(1) Bei wasserdruckhaltenden Abdichtungen ist ein Prüf- und Injektionssystem vorzusehen. Die Elemente des Prüf- und Injektionssystems sind in Bild 5.5.4 (siehe Elemente 3 und 4) dargestellt und



in den Absätzen (2) und (3) näher beschrieben. Die Elemente des Prüf- und Injektionssystems sind zusätzlich zu den Öffnungen für die planmäßige Firstspaltverpressung nach Abschnitt 1 vorzusehen.

(2) Auf jeder Seite der Blockfuge sind im Firstbereich ein und im Ulmenbereich zwei radial eingebaute Verpressschläuche für eine eventuell erforderliche Nachdichtung des Schottfugenbandes in den fugenfernen Sperrankerzwischenraum zu führen. Die Anordnung der Verpresseinrichtungen im Bereich der Blockfugen ist Bild 5.5.4, Bild 5.5.5 und Bild 5.5.6 (jeweils Element 3) zu entnehmen.

(3) Die durch die Schottfugenbänder begrenzten Felder sind mit radial eingebauten Verpressschläuchen für eine eventuell erforderliche Nachdichtung auszustatten. Die Verpressschläuche sind gegen Verschließen beim Betonieren und bei der Firstspaltverpressung (siehe Abschnitt 1) zu schützen. Der gegenseitige Abstand der Verpressschläuche in Längs- und Ringrichtung darf höchst-

tens 3 m betragen. Die Anordnung der Verpresseinrichtungen im Feldbereich ist Bild 5.5.4 (siehe Element 4) zu entnehmen.

(4) Dem Auftragnehmer ist es freigestellt im Ulmenbereich auf eigene Kosten zusätzliche Verpressschläuche anzuordnen. Die Anzahl der zusätzlichen Schalwagendurchführungen ist auf vier zu begrenzen.

(5) Alle Entlüftungs- und (Nach-) Verpressschläuche des Prüf- und Injektionssystems sind so zu konstruieren, dass sie beim Einbringen des Betons nicht ihre Lage verändern, damit eine Beschädigung der KDB vermieden wird.

(6) Im Fall einer Undichtigkeit der Abdichtung muss durch das Prüf- und Injektionssystem sowohl die Möglichkeit des Wasseraustritts als auch der Verpressung bzw. Injektion gegeben sein.

(7) *Füllstoffe für die Nachverpressung bzw. Injektion und ihre Verwendung sind in Teil 3 Abschnitt 5 geregelt.*

Tabelle 5.5.4: Schutzschichtarten in Abhängigkeit vom Einbauort der Schutzschicht für Tunnel in offener Bauweise

Art der Schutzschicht	Einbauort der Schutzschicht			
	Sohle	Wand Rechteckquerschnitt	Tunneldecke Rechteckquerschnitt	Gewölbe Gewölbequerschnitt
Schutzbeton	X		X	X <sup>1)</sup>
Kunststoffschutzbahnen	X	X	X	X
Geotextilien / Dränmatten	X	X	X	X
Schutzmauerwerk		X		X <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> nur in Ausnahmefällen

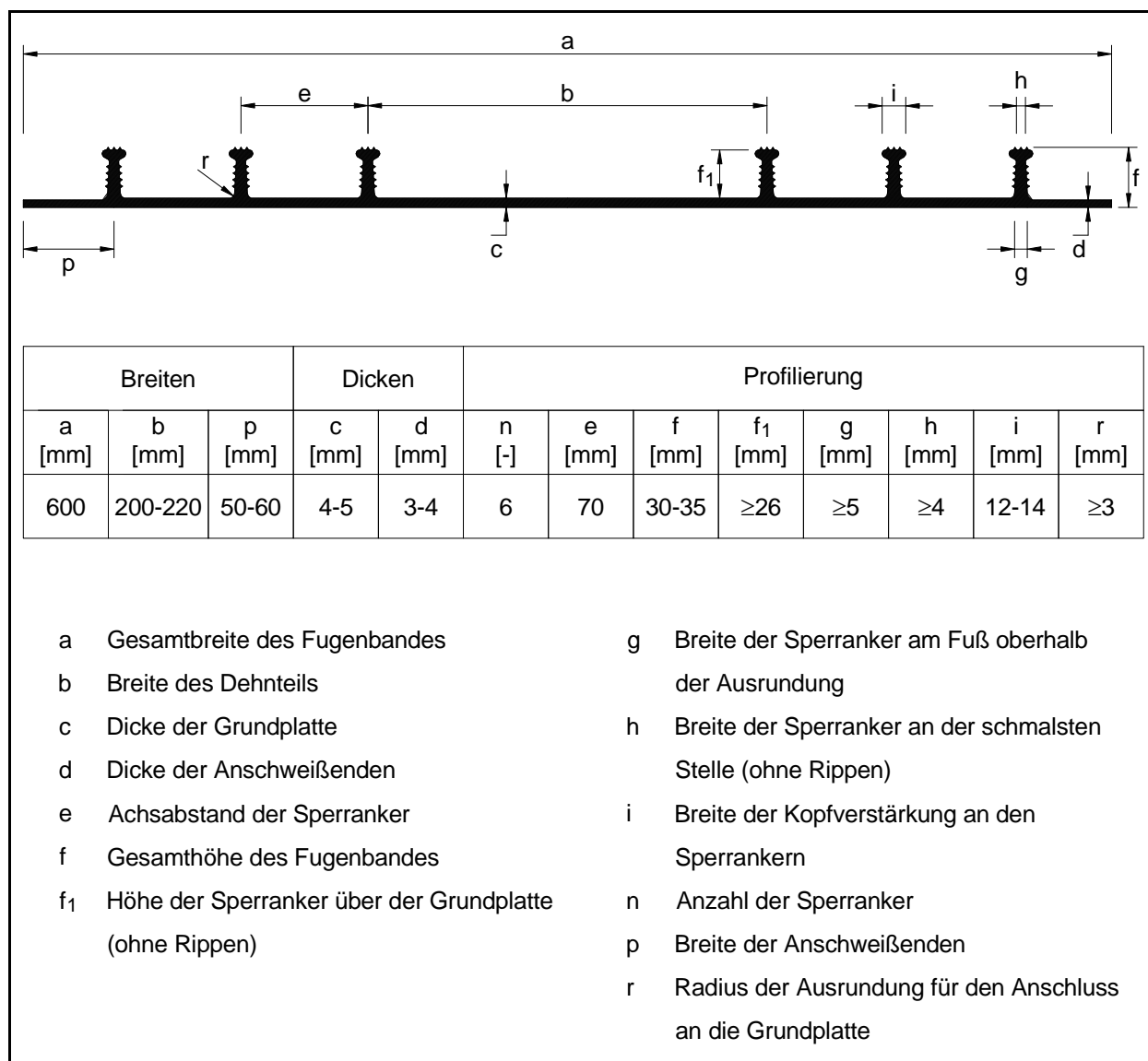
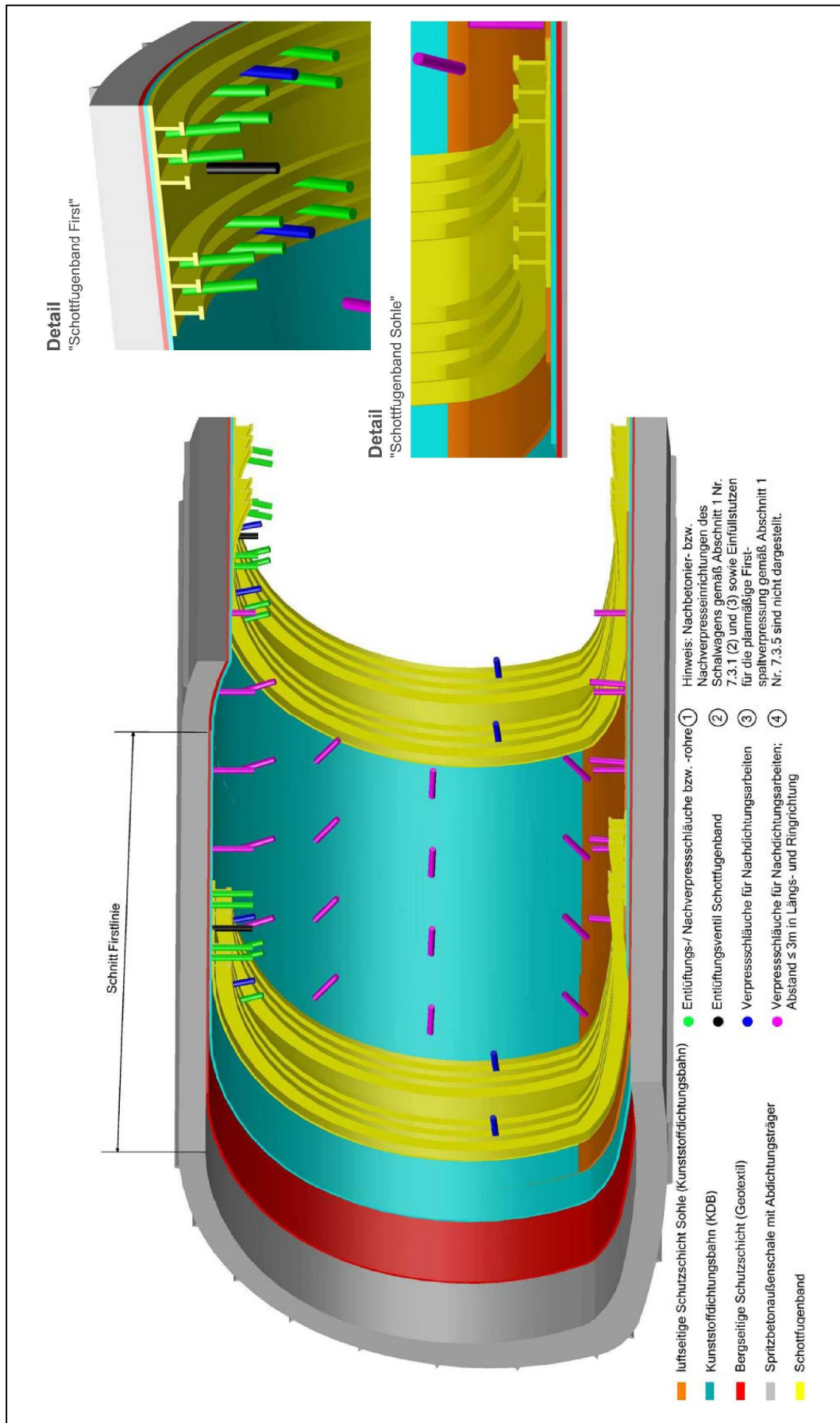
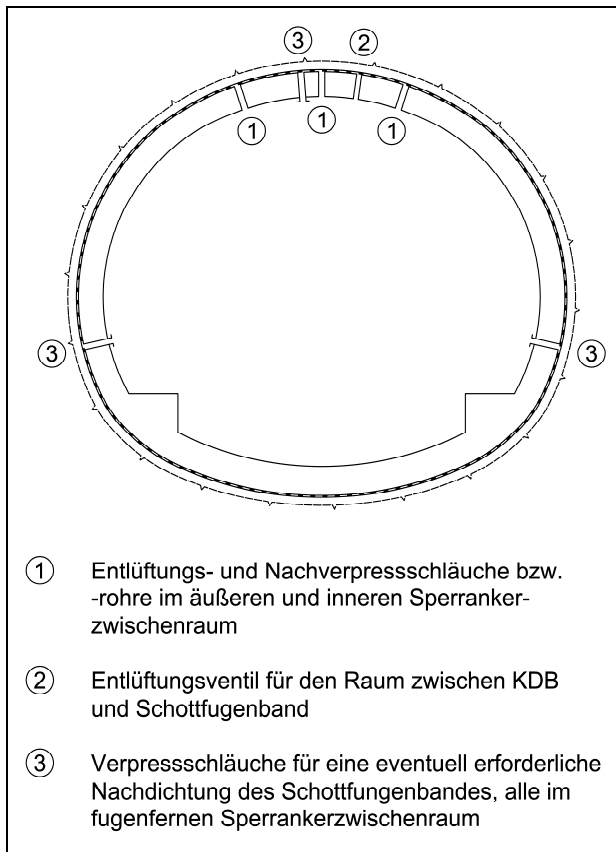


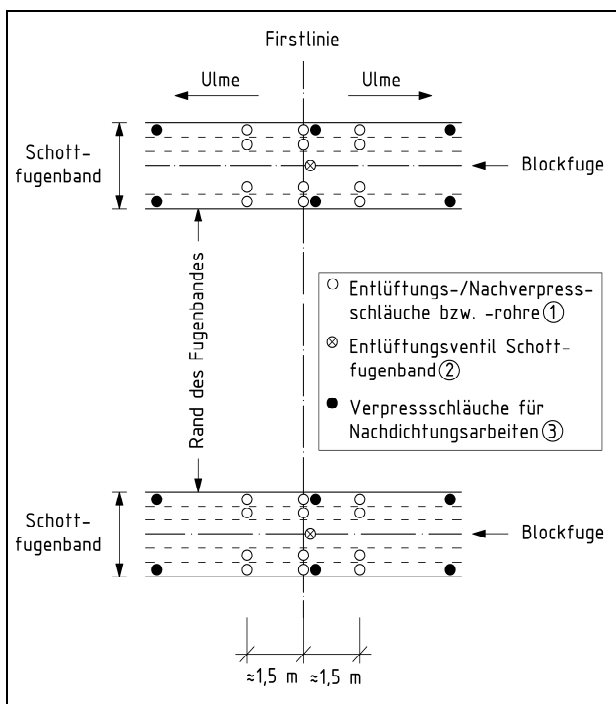
Bild 5.5.3: Grundabmessungen Schottfugenband, Tunnel in geschlossener Bauweise



**Bild 5.5.4:** Entlüftungs- und Nachverpressenrichtungen sowie Prüf- und Injektionssystem bei wasserdruckhaltender Abdichtung, Tunnel in geschlossener Bauweise



**Bild 5.5.5:** Entlüftungs- und Nachverpresseinrichtungen im Bereich der Blockfugen, Tunnel in geschlossener Bauweise



**Bild 5.5.6:** Entlüftungs- und Nachverpresseinrichtungen im Bereich der Blockfuge, Abwicklung

## 5 Ausführungstechnische Anforderungen

### 5.1 Offene Bauweise

#### 5.1.1 Verlegen der Kunststoffdichtungsbahnen

(1) Die KDB sind lose zu verlegen und durch Schweißen zu einer Gesamtläche zu fügen.

(2) An allen Endungen der Abdichtung ist die KDB an das Anschlussband zu schweißen oder mit einer Klemmschiene zu verahren.

#### 5.1.2 Schutzschichten und Schutzmaßnahmen

(1) Abgedichtete und für weitere Arbeiten freigegebene Flächen sind sofort nach den Verlegearbeiten gegen die zu erwartenden Einwirkungen und Beanspruchungen, wie z.B. Witterungseinflüsse, zu schützen.

(2) Bei der Verfüllung der Baugrube darf die Abdichtung nicht beschädigt werden. Im Bereich bis zu 20 cm über den Schutzschichten, darf das Größtkorn des Schüttmaterials 8 mm nicht überschreiten. Es ist nach den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB) zu verfüllen.

(3) Die Bahnen der geotextilen Schutzschichten sind mindestens 10 cm zu überlappen und in ihrer Lage zu sichern.

### 5.2 Geschlossene Bauweise

#### 5.2.1 Allgemeines

(1) Es ist ein Abdichtungsträger als separate Schicht herzustellen (siehe Abschnitt 1).

(2) Die KDB sind lose zu verlegen und durch Schweißen zu einer Gesamtläche zu fügen.

(3) Bei einer Rundumabdichtung gegen drückendes Wasser ist an jeder Blockfuge eine Abschottung vorzusehen. Hierzu sind in der Blockfuge an die KDB umlaufend außenliegende Fugenbänder (Schottfugenbänder) zu schweißen, die in die Innenschale einbetoniert werden.

#### 5.2.2 Einbau der Schutzschicht

(1) Das Geotextil ist mit geeigneten Befestigungselementen / -mitteln zu befestigen.

(2) Die Bahnen sind mindestens 10 cm zu überlappen.

### 5.2.3 Einbau der Kunststoffdichtungsbahnen

(1) Die KDB sind mittels Befestigungselementen so zu fixieren, dass sie einerseits beim Betonieren der Innenschale möglichst wenig auf Zug beansprucht, andererseits eine Faltenbildung vermieden wird.

(2) Nicht ausreichend fest sitzende Befestigungselemente müssen vor Aufschweißen der KDB entfernt und ersetzt werden.

(3) Für die Anzahl der Befestigungspunkte sind folgende Mindestforderungen einzuhalten:

- Sohle: 1 Stück/m<sup>2</sup>,
- Ulmen: 2 Stück/m<sup>2</sup> und
- Firste: 3 Stück/m<sup>2</sup>.

(4) Vor dem Einbau einer Schutzschicht in der Sohle (siehe Nr. 5.2.8) darf die KDB nicht befahren werden.

### 5.2.4 Fugenausbildung

(1) Bei Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser ist mittig über der Blockfuge ein mindestens 0,50 m breiter zusätzlicher Verstärkungsstreifen aus KDB oder eine Kunststoffschutzbahn in der Materialdicke der KDB auf der Luftseite der KDB anzuordnen und beidseitig zu schweißen. Dabei ist für eine Entlüftungsmöglichkeit zu sorgen.

(2) Bei wasserdruckhaltenden Abdichtungen ist das Schottfugenband (Bild 5.5.3) an beiden Rändern druckwasserdicht auf die KDB aufzuschweißen (siehe Nr. 5.2.5). Die Verbindung muss so fest sein, dass ein nachträgliches Ablösen des Schottfugenbandes von der KDB ausgeschlossen ist.

*(3) Sind bei Abdichtung gegen nichtdrückendes Wasser größere Bewegungen im Bereich der Blockfugen zu erwarten, ist der Einsatz eines Schottfugenbandes gemäß Bild 5.5.3 zu prüfen.*

(4) Im Firstbereich sind alle Zwischenräume der Stege zu entlüften (Bild 5.5.4, Bild 5.5.5 und Bild 5.5.6 jeweils Element 1).

(5) Um beim Betonieren zwischen KDB und Schottfugenband einen Lufteinschluss zu verhindern, ist eine Öffnung im Schottfugenband (Bild 5.5.4, Bild 5.5.5 und Bild 5.5.6, jeweils Element 2) vorzusehen.

*(6) Bei erwarteten Bewegungen von mehr als 5 mm zwischen den Blöcken sind besondere Maßnahmen im Bereich der Blockfuge zu ergreifen, z.B. Abpolsterung).*

### 5.2.5 Fügetechnik

(1) Die Nähte zwischen den KDB und die Nähte zwischen KDB und Profilband müssen den Anforderungen der DVS 2225-5 entsprechen. Die Fugenähte zwischen den KDB sind mit Schweißmaschinen (Heizkeilschweißverfahren) auszuführen. Die Nähte zwischen KDB und Profilband sind entweder mit Handschweißgeräten oder mit Schweißmaschinen auszuführen.

(2) Die einzelnen KDB sind mindestens 8 cm zu überlappen. Verbindungen der lose verlegten KDB sind als Überlappnaht mit Prüfkanal auszuführen.

(3) Bei T-Stößen muss die zuletzt geschweißte Naht durchgängig prüfbar sein.

(4) Kreuzstöße sind nicht zulässig.

(5) Die Breite der Einzelnähte einer Überlappnaht mit Prüfkanal muss mindestens 15 mm betragen.

(6) Der Prüfkanal der Schweißnaht zur Verbindung von zwei KDB ist in Abhängigkeit vom Material zwischen 10 und 20 mm breit auszuführen.

(7) Die Dichtigkeit von Überlappnähten mit Prüfkanal ist mittels Druckluft gemäß DVS 2225-5 zu prüfen.

(8) Kann die Schweißnaht zwischen den KDB an einzelnen Stellen, z.B. Nischen, Zuschnitte, nicht als Überlappnaht mit Prüfkanal ausgebildet werden, ist eine mindestens 30 mm breite Überlappnaht ohne Prüfkanal (Vollnaht) mit Handschweißgerät zulässig. Die Dichtigkeit ist gemäß DVS 2225-5 mittels Vakuumprüfung nachzuweisen.

(9) Klebeverbindungen und Quellschweißungen sind nicht zulässig.

(10) Schweißnahtverbindungen von lose verlegten KDB dürfen ohne besondere Maßnahmen nicht bei Umgebungstemperaturen unter 5 °C und nicht bei relativer Luftfeuchtigkeit über 80 % hergestellt werden.

(11) Stumpfstöße von Profilbändern sind mit dem Heizschwert unter Verwendung einer Führungsmechanik auszuführen. Nach der Fügung der Stumpfnah, ist der entstandene Schweißwulst vorsichtig abzutragen. Der maximal zulässige Versatz der Sperrankerachsen beträgt 2 mm.

(12) Die Umgebungs- und Schweißbedingungen sind während der Ausführung zu dokumentieren.

### 5.2.6 Nachverpressen in der Blockfuge

Die Durchführung der planmäßigen Nachverpressarbeiten im Zuge der Herstellung der Innenschale erfolgt nach Abschnitt 1.

### 5.2.7 Nachdichtungsarbeiten

(1) Für Nachdichtungsarbeiten zur Beseitigung von Undichtigkeiten ist bei wasserdruckhaltender Abdichtung ein Prüf- und Injektionssystem im Bereich der Blockfugen sowie auch im Feld vorgesehen (siehe Nr. 4.4.4). Das Prüf- und Injektionssystem darf nur nach Zustimmung des Auftraggebers genutzt werden.

(2) Die Durchführung von ggf. erforderlichen nachdichtenden Verpress- bzw. Injektionsarbeiten erfolgt nach Teil 3 Abschnitt 5.

### 5.2.8 Einbau der Schutzschicht in der Sohle

(1) Ein Eindringen von Fremdstoffen und Beton zwischen Schutzschicht und KDB ist beim Einbau der Schutzschicht und den nachfolgenden Arbeiten auszuschließen.

(2) Die Schutzschicht muss für den Bauzustand gegen Verschiebungen gesichert sein.

### 5.2.9 Verlegehilfen

Die Verlegehilfen (Gerüste, Verlegewagen etc.) sind so auszubilden, dass sie die KDB nicht beschädigen.

## 6 Qualitätssicherung

### 6.1 Erforderliche Nachweise vor Beginn der Abdichtungsarbeiten

(1) Der Auftragnehmer muss rechtzeitig (spätestens 4 Monate) vor Beginn der Abdichtungsarbeiten dem Auftraggeber folgende Produktnachweise vorlegen:

- a) Für europäisch genormte Produkte, also KDB und die geotextilen oder geotextilverwandten Schutz- und Dränschichten:
  - CE-Dokumente
  - Prüfberichte mit den Ergebnissen der ersten Baustoffeingangsprüfungen nach TL/TP KDB und TL/TP SD oder Prüfberichte der gültigen Eignungsprüfungen und gültigen Fremdüberwachungen der Produktion (FÜ-P) sowie gültiges Übereinstimmungszertifikat gemäß TL/TP KDB und TL/TP SD.
- b) Für europäisch nicht genormte Produkte, also Profilmäntel, Kunststoffschutzbahnen und nicht den Geotextilien zuzuordnende Dränschichten:
  - Prüfberichte der gültigen Eignungsprüfungen und für Profilmäntel auch gültigen FÜ-P sowie gültiges Übereinstimmungszertifikat gemäß TL/TP KDB und TL/TP SD

(2) Der Auftragnehmer muss außerdem die Ausführungsplanung und den QS-Plan vorlegen.

(3) Der Auftragnehmer darf erst nach Freigabe durch den Auftraggeber mit den Abdichtungsarbeiten beginnen.

### 6.2 Eigenüberwachung der Bauausführung durch den Auftragnehmer

#### 6.2.1 Allgemeines

(1) Die Ausführung muss einer laufenden Eigenüberwachung unterliegen.

(2) Der Auftragnehmer muss bei der Anlieferung die Identität der Produkte hinsichtlich der in den TL/TP KDB und TL/TP SD geforderten Produkteigenschaften und -dokumente und ihre ordnungsgemäße Beschaffenheit kontrollieren.

(3) Die Übereinstimmungsnachweise sind während der Abdichtungsarbeiten nach Erfordernis anhand der Berichte über die gültigen FÜ-P zu prüfen oder durch Baustoffeingangsprüfungen für jede Lieferung zu erbringen.

(4) Alle gemäß Nr. 6.4 sowie TL/TP KDB und TL/TP SD geforderten Dokumente sind dem Auftraggeber vorzulegen.

(5) Die verlegte Abdichtung ist dahingehend zu prüfen, dass sich beim Betonieren der Innenschale bzw. beim Überschütten in der offenen Bauweise keine Falten bilden können. Die Prüfungen sind vom Auftragnehmer durchzuführen, die Ergebnisse zu protokollieren und dem Auftraggeber zu übergeben. Der Auftraggeber ist vorab über den Termin für die Durchführung der Prüfung zu unterrichten.

(6) Die Prüfung der Fügenähte zwischen KDB und zwischen KDB und Profilmänteln ist vom Auftragnehmer gemeinsam mit dem Auftraggeber durchzuführen und zu protokollieren. Es gilt die DVS 2225-5. Die Protokolle sind dem Auftraggeber zu übergeben.

(7) Vor und nach dem Einbau der Bewehrung für die Innenschale ist die Abdichtung auf Beschädigungen zu überprüfen. Der Auftragnehmer hat dem Auftraggeber ein Protokoll zu übergeben.

(8) Planmäßige und bedarfsweise ausgeführte Verpressvorgänge sind zu protokollieren und die Protokolle dem Auftraggeber zu übergeben.

(9) Der Auftragnehmer hat sicherzustellen, dass einzelne Bauteile für die Überprüfung fertiggestellter Teilleistungen zugänglich sind.

(10) Werden fertiggestellte Teilleistungen freigegeben, damit nachfolgende Teilleistungen ausgeführt

werden können, z.B. Innenschale, gilt dies nicht als Abnahme im Sinn der VOB/B.

### 6.2.2 Baustoffeingangsprüfungen

(1) Der Auftragnehmer muss erforderliche Baustoffeingangsprüfungen bei einer für die erforderlichen Prüfungen akkreditierten und unabhängigen Konformitätsbewertungsstelle (KBS) durchführen lassen. Die Qualifizierung der KBS hat nach ZTV-ING Teil 1 Abschnitt 1, Tabelle A 1.1.1, Zeile 1 zu erfolgen.

(2) Die Proben für die Baustoffeingangsprüfungen werden auf Veranlassung des Auftragnehmers durch den Überwacher der Bauausführung des KDB-Dichtungssystems (siehe Nr. 6.3) bzw. durch die örtliche Bauüberwachung entnommen. Die Probenahme erfolgt bei Anlieferung auf der Baustelle oder alternativ im Herstellerwerk aus der für das Projekt zur Auslieferung bereitliegenden Charge.

(3) Der Auftragnehmer muss dem Auftraggeber die Prüfberichte der Baustoffeingangsprüfungen vor Einbau der Produkte vorlegen und die Produkte vom Auftraggeber für den Einbau freigeben lassen.

### 6.3 Überwachung der Bauausführung des KDB-Dichtungssystems durch den Auftraggeber

*Für die Ausführung abdichtungstechnisch anspruchsvoller Tunnel, z.B. Tunnel mit wasserdruckhaltender Rundumabdichtung mit anstehendem Wasserdruck von mehr als 10 m WS, ist eine besondere Überwachung der Abdichtungsarbeiten durch eine entsprechend qualifizierte Stelle vorzusehen. Die Anforderungen an die Qualifizierung der Stelle und die Aufgaben finden sich z.B. in den Empfehlungen zu Dichtungssystemen im Tunnelbau (EAG-EDT) des Arbeitskreises 5.1 Kunststoffe in der Geotechnik und im Wasserbau der DGGT. Bei entsprechender Qualifikation kann die unabhängige Überwachung der Abdichtungsarbeiten auch von der örtlichen Bauüberwachung übernommen werden.*

### 6.4 Dokumentation der Ausführung

Die projektbezogene Dokumentation ist vom AN dem AG fortlaufend und als Schlusssdokument zu übergeben. Sie muss mindestens nachfolgende Punkte aufweisen:

- a) Beschreibung und Erläuterung des Bauverfahrens und des Bauablaufes der Abdichtungsarbeiten,
- b) Bezeichnung der verwendeten Werkstoffe, Produkte, Einbauteile und Baubehelfe,

c) Datenblätter der Abdichtungselemente und Beschreibung der Einbauteile,

d) Nachweise der Eigenüberwachung der Bauausführung:

- CE-Dokumente,
- Ergebnisse der Eignungsprüfung und der FÜ-P bzw. der Baustoffeingangsprüfungen gemäß TL/TP KDB und TL/TP SD einschließlich Prüfberichte und Übereinstimmungszertifikat,
- Verlegebestandsplan (Fügenahtplan),
- Ergebnisse der Fügenahsprüfungen
- Einbaudaten bzw. Einbauzeitraum und
- Protokolle planmäßiger und bedarfsweiser, auch nachträglicher Verpressvorgänge,

e) Ergebnisse der Kontrollprüfungen und

f) Fotos wichtiger Bauzustände.

## 7 Abrechnung und Vergütung

(1) Abdichtungsträger, KDB, Dränschicht und Schutzschicht werden einzeln nach der Fläche abgerechnet. Profilbänder werden nach der Länge abgerechnet.

(2) Die Fläche wird ermittelt aus dem theoretischen äußeren Umfang der Innenschale multipliziert mit der Länge in Tunnelachse. Öffnungen, Nischen und Aussparungen mit einer bis zu 2,50 m<sup>2</sup> großen Fläche werden übermessen.

(3) Die Maßnahmen und Aufwendungen zum Herstellen der gebrauchsfertigen und funktionsfähigen Abdichtung, z.B. Verlegewagen, Verankerung der Bahnen, Schweißen der Bahnen untereinander bzw. mit den Profilbändern, Prüfung auf Dichtigkeit, werden nicht gesondert vergütet.

(4) *Profilbänder und Verstärkungstreifen sind als gesonderte Positionen in der Leistungsbeschreibung vorzusehen.*

(5) Die Kosten für die Baustoffeingangsprüfungen trägt der Auftragnehmer.