

**EAAW**

**Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT)**

**Empfehlungen für die  
Ausführung von Asphaltarbeiten  
im Wasserbau**

---

**5. Ausgabe 2008**

## Inhaltsverzeichnis:

Vorwort.....	7
Einführung .....	8
<b>A Beanspruchungen, Anwendungsbereiche und Bauweisen.....</b>	<b>9</b>
A.1 Allgemeines .....	9
A.1.1 Mechanische Beanspruchungen.....	10
A.1.2 Biologische und chemische Beanspruchungen.....	11
A.1.3 Klimatische Beanspruchungen .....	12
A.2 Wasserstraßen und Kraftwerkskanäle.....	13
A.2.1 Wasserstraßen .....	13
A.2.2 Kraftwerkskanäle .....	21
A.3 Talsperren und Speicherbecken .....	24
A.3.1 Allgemeines .....	24
A.3.2 Bauweisen.....	26
A.4 Küstenschutzbauwerke .....	30
A.4.1 Allgemeines .....	30
A.4.2 Mechanische Beanspruchungen und Bemessung .....	31
A.4.3 Konstruktive Gestaltung und Bauausführung.....	36
A.5 Schrifttum .....	44
<b>B Bauelemente und Bauausführung .....</b>	<b>47</b>
B1 Asphaltaußendichtungen und Asphaltdeckwerke.....	47
B.1.1 Allgemeines .....	47
B.1.2 Unterbau .....	47
B.1.3 Oberbau.....	51
B.2 Asphaltinnendichtungen .....	57
B.3 Anschlüsse von Asphalt dichtungen an Kunstbauwerke .....	58
B.3.1 Allgemeines .....	58
B.3.2 Anschlusslösungen.....	61
B.4 Schrifttum .....	67

C	Baustoffe und Baustoffgemische.....	69
C.1	Allgemeines .....	69
C.1.1	Gesteinskörnungen.....	69
C.1.2	Bindemittel .....	69
C.1.3	Bitumengebundene Baustoffgemische .....	70
C.1.4	Herstellen des Asphaltmischgutes .....	72
C.1.5	Lagern und Befördern des Asphaltmischgutes und des Versiegelungsmastix .....	73
C.2	Baustoffgemische .....	74
C.2.1	Asphaltichtungsschichten .....	74
C.2.2	Asphaltbinderschichten.....	77
C.2.3	Asphaltdränschichten.....	79
C.2.4	Oberflächenversiegelung .....	82
C.2.5	Asphaltinnendichtungen .....	83
C.2.6	Gemische für den Küstenschutz und Deckwerke an Wasserstraßen .....	85
C.3	Schrifttum .....	88
D	Prüfungen.....	90
D.1	Allgemeines .....	90
D.2	Eignungsprüfungen.....	90
D.3	Eigenüberwachungsprüfungen .....	92
D.4	Kontrollprüfungen .....	93
D.5	Prüfverfahren .....	95
D.6	Verfahren für spezielle Prüfungen.....	96
D.6.1	Standfestigkeit auf geneigten Flächen .....	96
D.6.2	Prüfung der Durchlässigkeit von dichten Belägen.....	97
D.6.3	Wasserdurchtritt durch offene Beläge .....	98
D.6.4	Verdichtbarkeit .....	98
D.6.5	Flexibilität.....	98
D.6.6	Viskosität von bitumenhaltigen Vergussmassen .....	100
D.6.7	Fugenfüllstoffe.....	100
D.7	Schrifttum .....	100

E	Instandhaltung und Instandsetzung .....	102
E.1	Allgemeines .....	102
E.2	Wasserstraßen .....	102
	E.2.1 Durchlässige Deckwerke .....	102
	E.2.2 Dichtungen .....	103
E.3	Kraftwerkskanäle .....	104
E.4	Talsperren und Speicherbecken .....	104
	E.4.1 Asphaltaußendichtungen .....	104
	E.4.2 Asphaltinnendichtungen .....	106
E.5	Küstenschutzbauwerke .....	106
	E.5.1 Deckwerke aus Asphaltbeton .....	106
	E.5.2 Deckwerke in Vergussbauweise .....	107
	E.5.3 Deckwerke aus Mastixschotter .....	108
E.6	Schrifttum .....	108

### Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Abhängigkeit der Art der Böschungssicherung von den Wasserständen .....	15
Abbildung 2:	Durchlässiges Deckwerk .....	17
Abbildung 3:	Dichtung eines Schifffahrtskanals .....	20
Abbildung 4:	Kraftwerkskanal, Querschnitt mit Brückenfertiger .....	22
Abbildung 5:	Asphaltaußendichtung eines Kraftwerkskanals (Detail von Abb. 4) .....	22
Abbildung 6:	Querschnitt durch einen Staudamm mit Asphaltaußendichtung .....	24
Abbildung 7:	Querschnitt durch einen Staudamm mit Asphaltinnendichtung .....	25
Abbildung 8:	Asphaltaußendichtung, Dichtungsaufbau, einschichtig (Systemskizze) .....	27
Abbildung 9:	Asphaltaußendichtung, Dichtungsaufbau, zweischichtig mit Dränschicht (Systemskizze) .....	28
Abbildung 10:	Bemessungsdiagramme nach Communications No.37, Rijkswaterstaat für Asphaltbauweisen im niederländischen Küstenschutz .....	35

Abbildung 11:	Deichfußausbildung z.B. Brouwersdamm, durchlässige und dichte Vorlage.....	40
Abbildung 12:	Trenndamm Hoek van Holland, Niederlande, 1971: Deichkern aus Bitumensand .....	43
Abbildung 13:	Horizontaler Anschluss an Betonbauwerke mit durchgehender Dichtung .....	61
Abbildung 14:	Horizontaler Anschluss an Betonbauwerke mit Dehnungselement aus Metallbahnen geklebt (gilt auch für den geneigten Anschluss) .....	62
Abbildung 15:	Horizontaler Anschluss an Betonbauwerke mit Dehnungselement aus Elastomer, geklemmt.....	63
Abbildung 16:	Geneigter oberer Anschluss an Betonbauwerke ohne Dehnungselement.....	64
Abbildung 17:	Anschluss an Kronenstraße .....	65
Abbildung 18:	Geneigter unterer Anschluss an Betonbauwerke ohne Dehnungselemente .....	66
Abbildung 19:	Anschluss einer Innendichtung an eine Herdmauer mit Kontrollgang .....	67
Abbildung 20:	Körnungskurve Asphaltbeton 0/11 mm .....	75
Abbildung 21:	Körnungskurve Asphaltbeton 0/16 mm .....	76
Abbildung 22:	Körnungskurve Asphaltbinder 0/11 mm .....	78
Abbildung 23:	Körnungskurve Asphaltbinder 0/16 mm .....	78
Abbildung 24:	Körnungskurve Asphaltdränschicht 0/16 mm.....	80
Abbildung 25:	Körnungskurve Asphaltdränschicht 0/22 mm.....	81
Abbildung 26:	Körnungskurve Asphaltinnendichtung 0/16 mm .....	84
Abbildung 27:	Körnungskurven für Asphaltmastix .....	86
Abbildung 28:	Prüfkörper während des Versuches zur Standfestigkeit.....	97
Abbildung 29:	Dichtigkeitsprüfung mit einer Vakuumglocke .....	98
Abbildung 30:	Flexibilitätstest (schematisch).....	99
Abbildung 31:	Versuchseinrichtung zur Bestimmung der Flexibilität.....	99
Abbildung 32:	Rhizom unter einer 30 Jahre alten Asphaltabdichtung ca. 50 cm unterhalb der Wasserlinie (Elbe-Seitenkanal, WSA Uelzen).....	103

## Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Beanspruchungen in den Anwendungsbereichen.....	9
Tabelle 2:	Richtwerte für Filter und Steinverklammerungen.....	17
Tabelle 3:	Richtwerte für mastixverklammerten Schotter (Matten).....	19
Tabelle 4:	Bewährte Bauweisen für Dichtungen aus Asphalt.....	52
Tabelle 5:	Richtwerte für Asphaltichtungsschichten aus Asphaltbeton 0/11 und 0/16 mm.....	75
Tabelle 6:	Richtwerte für Asphaltbinderschichten aus Asphaltbeton 0/11 mm und 0/16 mm.....	77
Tabelle 7:	Richtwerte für Asphaltdränschichten 0/16 mm und 0/22 mm .....	80
Tabelle 8:	Richtwerte für bitumenreichen Versiegelungsmastix .....	82
Tabelle 9:	Richtwerte für Asphaltinnendichtungen aus Asphaltbeton 0/16 mm.....	84
Tabelle 10:	Richtwerte für Asphaltmastix.....	87
Tabelle 11:	Richtwerte für Bitumensand.....	87
Tabelle 12:	Richtwerte für Mastixschotter.....	88
Tabelle 13:	Art und Umfang der Prüfungen an Baustoffen, Asphaltmischgut und eingebauter Schicht.....	94

## Vorwort

Die Empfehlungen für die Ausführung von Asphaltarbeiten im Wasserbau (EAAW) wurden erstmalig 1964 als Veröffentlichung des Arbeitskreises 8 b „Asphaltbauweisen“ der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau (DGEG) veröffentlicht. Die letzte inhaltliche Überarbeitung fand für die Veröffentlichung der 4. Ausgabe von 1983 statt. Sie beinhaltete den Kenntnisstand im Asphaltwasserbau der 70er und frühen 80er Jahre. Die 2. Auflage von 1996 war lediglich ein redaktionell überarbeiteter Nachdruck der 4. Ausgabe. Nach der letzten inhaltlichen Überarbeitung vor 20 Jahren bestand daher der Bedarf an einer grundlegenden Neubearbeitung. Da dem Arbeitskreis 2.3 der zwischenzeitlich zur Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) umbenannten DGEG der Bedarf an einer Vertragsgrundlage am dringlichsten erschien, wurden im Vorgriff auf die Gesamtüberarbeitung der EAAW 83/96 zunächst die "Hinweise für Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien bei Außen- und Innendichtungen im Talsperren-, Speicherbecken- und Kanalbau mit Asphalt" kurz "Hinweise Asphaltwasserbau 2001" erarbeitet, die nun in den EAAW 2008 integriert sind.

Die Überarbeitung der EAAW 1983/96 durch den AK 2.3 hatte nachfolgend aufgeführte Ziele:

- Aktualisierung der fachlichen Inhalte
- Aufnahme von Instandhaltung und Instandsetzung von Asphaltbauwerken
- Einarbeitung neuer Verfahren und Bauweisen.

Die aktuelle EU-Normung, soweit sie abschließend feststeht, wurde in den EAAW 2008 berücksichtigt.

Als Mitglieder des Arbeitskreises 2.3 der DGGT „Asphaltbauweisen im Wasserbau und in der Geotechnik“ sind an der Erstellung der 5. Ausgabe 2008 beteiligt gewesen:

Dipl.-Ing. Ulrich **Balzereit**, Tönisvorst

Dr. Dipl.-Geol. Thomas **Egloffstein**, Karlsruhe (Obmann)

Dr.-Ing. Wolf-Dieter **Geiseler**, Köln

Dipl.-Ing. Manfred **Gröger**, München

Dr.-Ing. Jan **Kayser**, Karlsruhe

Dipl.-Ing. Werner **Lange**, Köln

Dipl.-Ing. Dietrich **Matten**, Leinfelden-Echterdingen

Dr.-Ing. Franz **Sänger**, Blankenburg

Dr.-Ing. Markus **Schmautz**, München

Dr.-Ing. Erich **Schönian**, Hamburg

Dr.-Ing. Uwe **Sparboom**, Hannover

Dr.-Ing. Thomas **Wörner**, München

Karlsruhe, im Januar 2008

## **Einführung**

Die Empfehlungen für die Ausführung von Asphaltarbeiten im Wasserbau (EAAW) werden beim Neubau und bei der Erneuerung von Bauelementen aus Asphalt für Dichtungen und Deckwerke für Dämme von Talsperren und Speicherbecken, Kanäle sowie im Küstenschutz angewendet.

Der Baustoff Asphalt ist ein Gemisch aus Bitumen oder bitumenhaltigen Bindemitteln und Gesteinskörnungen sowie ggf. weiteren Zusätzen. Aufgrund der viskoelastischen Eigenschaften des Bitumens ist der Asphalt flexibel und kann äußere Beanspruchungen wie Setzungen oder Druck- oder Scherbelastungen bis zu einem gewissen Grad aufnehmen. Asphalt besitzt trotz seiner Flexibilität eine gute Standfestigkeit auch auf steilen Böschungen.

Asphaltschichten sind physiologisch unbedenklich und werden daher auch zur Abdichtung von Trinkwasserspeichern eingesetzt. Bitumen ist geruchlos, geschmacksneutral und gegenüber wasserlöslichen Stoffen chemisch unempfindlich.

Bitumen und dichte Asphaltschichten besitzen eine hohe Lebensdauer. Asphaltbauweisen haben sich seit vielen Jahrzehnten im Wasserbau bewährt.



## A Beanspruchungen, Anwendungsbereiche und Bauweisen

### A.1 Allgemeines

Asphaltkonstruktionen im Wasserbau unterliegen bei der Herstellung und im Betrieb im Wesentlichen mechanischen, chemischen und biologischen sowie klimatischen Beanspruchungen. In Abhängigkeit vom Anwendungsbereich sind spezifische Beanspruchungen zu berücksichtigen. Tabelle 1 gibt einen Überblick, welche Beanspruchungen bei den verschiedenen Anwendungsbereichen auftreten.

Tabelle 1: Beanspruchungen in den Anwendungsbereichen

<b>Beanspruchungen</b>	Wasserstraßen	Kraftwerkskanäle	Dämme für Talsperren und Speicherbecken	Küstenschutzbauwerke
<b>Allgemeine Beanspruchungen</b>				
Mechanische Beanspruchungen	X	X	X	X
Biologische und chemische Beanspruchungen	X	X	X <sup>1</sup>	X
Klimatische Beanspruchungen	X	X	X <sup>1</sup>	X
<b>Spezifische Beanspruchungen</b>				
Wasserspiegelschwankungen infolge:				
- Schwall- u. Sunkwellen bei Schleusungsvorgängen	X			
- Schwall- u. Sunkwellen bei Schnellschluss am Kraftwerk oder Kanaleinlaufbauwerk		X		
- Änderung der Turbinenbeaufschlagung und damit der Durchflussmengen		X		
- Schifffahrtsbetrieb, Rückströmung in der Form von Sohlen- und Böschungsströmung sowie sich überstürzende Heckwelle	X			
Schraubenstrahl bei Schifffahrt	X			
Schiffsstoß	X			
Ankerwurf	X			

<sup>1</sup> Betrifft nicht Asphaltinnendichtungen

### **A.1.1 Mechanische Beanspruchungen**

Asphalte im Wasserbau werden durch statische Beanspruchungen aus Eigengewicht, Auflast, Wasserdruck und Auftrieb sowie durch dynamische Belastungen beansprucht. Dies betrifft alle Anwendungsbereiche und Dichtungsarten (siehe Tabelle 1).

Die hierbei wirkenden Belastungen der Asphaltabdichtung werden über die Asphalttragschicht und den Unterbau in den Untergrund abgeleitet.

Während der Herstellung des Asphaltbauwerkes handelt es sich vorwiegend um dynamische Verkehrslasten durch Transport und Arbeitsgeräte, ggf. auch bei Wartungsarbeiten.

Insbesondere im Böschungsbereich treten im Bauzustand, aufgrund der Schubkraft des Eigengewichts auf der Böschung, höhere Schubbeanspruchungen auf, als im Betriebszustand. Einem eventuellen Grundwasserüberdruck auf der Unterseite der Dichtung (z.B. durch Hangwasser) muss durch geeignete konstruktive Maßnahmen (z.B. Dränung) entgegengewirkt werden. Bei der Festlegung der durch Grundwasserüberdruck gefährdeten Zone sind sowohl die Schwankungen des Stau- oder Kanalwassers als auch die des Grundwasserspiegels zu beachten und das Eigengewicht sowie der hydrostatische Druck im Betriebszustand zu berücksichtigen.

Eine weitere statische Beanspruchung im Betriebszustand ist neben dem Eigengewicht der Asphaltkonstruktion der hydrostatische Druck auf eine Abdichtungsstruktur. Dieser führt zu Setzungen des Untergrundes und demzufolge zu einer Verformung der Asphaltabdichtung. Außendichtungen werden durch mechanische Kräfte wie zum Beispiel durch hydrostatischen Druck, Wellenschlag und Eisbildung beansprucht. Sie müssen deshalb eine „Verformbarkeit“ aufweisen, die dadurch gekennzeichnet ist, dass das Ausmaß der Verformungen nicht zu Undichtigkeiten führt. Die Unterlage der Asphaltabdichtung ist so auszuführen, dass Setzungen durch plastische Verformungen des Asphalttes rissfrei aufgenommen werden können. Anschlüsse an starre Bauwerke sind so auszubilden, dass Setzungsunterschiede nicht zu Undichtigkeiten führen.

Wechselnde Belastungen im Betriebszustand sind Schwankungen des Wasserstandes ggf. auch Luftdruckschwankungen oberhalb des Wasserstandes. Beanspruchungen können auch durch eine Eislast, als Druck einer geschlossenen Eisdecke oder von übereinander geschobenen Eisblöcken auftreten. Dynamische Belastungen wie z.B. Wellenschlag können zu Umlagerungen im Untergrund führen, die Verformungen im Asphalt nach sich ziehen. Die dynamischen Lasten aufgrund zykli-

scher Wiederholungen haben normalerweise keinen Einfluss auf den Asphalt. Zu berücksichtigen sind auch Stöße durch Treibgut, Eisschollen und Schiffe.

### **A.1.2 Biologische und chemische Beanspruchungen**

Asphaltaußendichtungen sind biologischen und untergeordnet auch chemischen Beanspruchungen ausgesetzt (Tabelle 1: Beanspruchungen). Grundsätzlich ist zu beachten, dass sowohl durchlässige als auch dichte Asphaltdeckwerke und -dichtungen durchwurzelt werden können. Das Durchwachsen von Pflanzen beeinträchtigt die Dichtwirkung von Asphaltichtungsschichten und muss verhindert werden. Sofern der Untergrund keimfähige Bestandteile und andere pflanzliche Bestandteile enthält, wie Rhizome, die austreiben können, können diese die Asphalt-schichten durchwachsen und die Dichtheit bzw. die Beständigkeit des Systems beeinträchtigen. Keimfähige pflanzliche Bestandteile im Unterbau von Asphalt-schichten sind durch Abschieben des Oberbodens oder durch manuelles Ablesen zu entfernen.

Zusätzlich kann zur Vermeidung des Durchwuchses von unten eine zeitlich terminierte Vorbehandlung des Untergrundes mit einem zugelassenen Breitbandherbizid durchgeführt werden. Die Gewässerreinigung ist dabei zu berücksichtigen.

Der Durchwuchs von unten ist vor allem durch eine ausreichend mächtige Schichtdicke zu vermeiden.

So wurden z.B. bei Kanälen bei Schichtdicken von bis zu 20 cm noch Durchwurzelung beobachtet. Im Küstenschutz wurden bei Schichtdicken ab 15 cm Asphaltbeton kein Durchwuchs mehr beobachtet. Zur Verhinderung von Durchwuchs und Durchwurzelung ist eine Unterhaltung von Asphaltdeckwerken, besonders in der Wasserwechselzone, in jedem Fall erforderlich.

Bei Küstenschutzbauwerken finden Algen in der Wasserwechselzone unter bestimmten Bedingungen ihre Lebensbedingungen auf Asphaltbeton- und Mastixschotterbelägen, besonders im Tidebereich. Der Algenbewuchs gefährdet bei steileren Böschungen die Begehbarkeit einer feuchten Oberfläche. Der hierdurch gebildete Belag kann sich bei Austrocknung zusammenziehen. Durch die Haftung eines solchen Belags auf der Asphaltoberfläche wirken dann Kontraktionskräfte, welche die oberflächliche Mörtelschicht (etwa 1 mm) in kleineren Flächen ablöst und aufrollt. Dieser Prozess kommt durch die sperrende Wirkung des Korngerüsts des Asphaltbetons i. A. zum Stillstand. Die gleiche Erscheinung tritt bei Ablagerung von Schwebstoffen auf (mud curling).

Das Ansiedeln von Algen auf Asphaltbeton wird erschwert, wenn die Oberfläche des Belags zugleich nach dem Einbau eine Oberflächenversiegelung aus bitumenreichem Heißmastix erhält. Hierdurch entsteht eine glatte Oberfläche, auf der sich die Algen kaum festsetzen können.

Chemische Beanspruchungen treten im Asphaltwasserbau nur dann auf, wenn organische Lösemittel in hoher Konzentration in Verbindung mit Oberflächenerosion einwirken (z. B. Lösemittelunfall).

### **A.1.3 Klimatische Beanspruchungen**

Klimatische Beanspruchungen treten bei außen liegenden Asphaltkonstruktionen auf (Tabelle 1). Auf die Asphaltsschichten wirken Wasser, Luft, UV-Strahlen, Wärme und Frost ein. Die jahreszeitlich bedingten Temperaturschwankungen können von  $-30^{\circ}$  bis  $+80^{\circ}$  C in den oberflächennahen Asphaltsschichten betragen. Die Temperaturspannungen werden bei entsprechender Dimensionierung und Zusammensetzung durch die Plastizität des Asphalts abgebaut, dennoch sind Temperaturschwankungen, die oxidierende Wirkung von Luftsauerstoff (insbesondere bei Transport, Lagerung und Einbau von heißen Asphaltbetongemischen) sowie die UV-Strahlung in und oberhalb der Wasserwechselzone eine wesentliche Ursache für die Alterung des Bitumens im Asphalt und damit eine Ursache für die erforderliche Pflege und Wartung sowie die nicht unbegrenzte Langzeitstabilität von ungeschützten Asphaltsschichten.

Asphaltbeläge sind bei entsprechender Materialauswahl, Zusammensetzung des Gemisches und Verarbeitung frostbeständig.

## **A.2 Wasserstraßen und Kraftwerkskanäle**

### **A.2.1 Wasserstraßen**

#### **A.2.1.1 Allgemeines**

Asphaltgemische werden für Wasserstraßen sowohl für durchlässige Deckwerke (Schutzbeläge) als auch für dichte Deckwerke (Dichtungen) angewendet. Die nachfolgenden Empfehlungen sind für Schifffahrtskanäle erarbeitet. Sie können sinngemäß auch für andere Wasserwege wie z.B. im Flussbau angewendet werden.

Das durchlässige Deckwerk hat die Aufgabe, das Kanalprofil abzugrenzen, gegen angreifende Kräfte zu schützen und den Fahrwasserquerschnitt zu sichern. Es muss filterstabil und so durchlässig sein, dass schädliche hydrostatische Druckunterschiede zwischen Kanalwasserspiegel und Außenwasserspiegel nicht auftreten können und die wechselseitigen turbulenten Durchströmungen infolge des Schiffsverkehrs keine Schäden bewirken.

Eine ausreichende Durchlässigkeit ist vorhanden, wenn mindestens 10 % der Deckwerksfläche in Form kleiner, gleichmäßig verteilter Entlastungsöffnungen zur Verfügung stehen. Werden einzelne Entlastungsöffnungen vorgesehen, so ist zu ermitteln, in welcher Weise sie angeordnet und ausgebildet werden müssen. Hierbei ist die Wirksamkeit der Filtersicherheit zu beachten.

Das dichte Deckwerk hat die Aufgabe, Wasserverluste zu vermeiden. Bei einer Asphaltabdichtung ist zu beachten, dass diese den Verformungen des tragenden Erdkörpers nur in begrenztem Umfang folgen kann. Maßgebend für die Anpassungsfähigkeit einer Asphaltabdichtung ist im Wesentlichen die Verformungsgeschwindigkeit. Die Anschlüsse einer Asphaltabdichtung an Kunstbauwerke sind so auszubilden, dass Setzungsunterschiede, Bauwerksverformungen und Schwingungen schadlos aufgenommen werden können.

Für Wasserstraßen kommen als Anschlüsse Lösungen mit Dehnungselementen und Klemmkonstruktionen in Frage, weil die relativ geringen Wassertiefen keine ausreichenden Anpressdrücke für eine zuverlässige Wirksamkeit anderer Anschlüsse gewährleisten (siehe B.3.2).

Den Einsatz von durchlässigem oder dichtem Deckwerk entscheiden Grund- und Betriebswasserstände (Abb. 1).

Liegt der höchste Grundwasserstand tiefer als der niedrigste Betriebswasserstand, wird eine Dichtung eingebaut. Der niedrigste Betriebswasserstand wird hierbei unter Berücksichtigung des Absunks durch vorbeifahrende Schiffe festgelegt.

Steht der niedrigste Grundwasserstand höher an als der höchste Betriebswasserstand, wird ein durchlässiges Deckwerk ausgeführt.

Im Übergangsbereich (Wechselbereich, in dem der Grundwasserstand zeitweise höher als der niedrigste Betriebswasserstand - unter Berücksichtigung des Absunks) sollte ein ganz oder teilweise durchlässiges Deckwerk ausgeführt werden, wenn ein Wasseraustausch zwischen Grund- und Kanalwasser zulässig ist.

Um Vernässungsschäden zu vermeiden, ist bei ungünstigen Gelände- und Grundwasserverhältnissen eine Entwässerungsmöglichkeit vorzusehen, z.B. Kanalseitengräben oder Dränung, um unzulässige Wasserüberdrücke abzubauen und die anfallenden Wassermengen sicher und schnell in die Vorflut abzuführen.

## **A.2.1.2 Durchlässige Deckwerke**

### **A.2.1.2.1 Eigenschaften und Beanspruchungen**

Aus nicht spontanen Setzungen des Untergrundes herrührende Beanspruchungen der Asphaltdeckwerke werden, sofern der Untergrund gewachsen und ausreichend gleichmäßig gelagert oder als geschütteter Boden sorgfältig verdichtet ist, durch plastische Verformung im Asphalt unschädlich aufgenommen.

Ein Grundwasserüberdruck auf die Unterseite des Deckwerks ist durch ausreichende Durchlässigkeit von Filterschicht und Deckwerk zu vermeiden oder in der Bemessung zu berücksichtigen.

In seitlich und tiefenmäßig beschränktem Fahrwasser verursacht ein fahrendes Schiff Wasserspiegelauslenkungen, die sich als Wellen, Rückströmung und Schraubenstrahl auf die Uferbefestigung auswirken. Auf diese Beanspruchungen sowie auf Schiffsstoß und Ankerwurf ist das Deckwerk auszulegen.

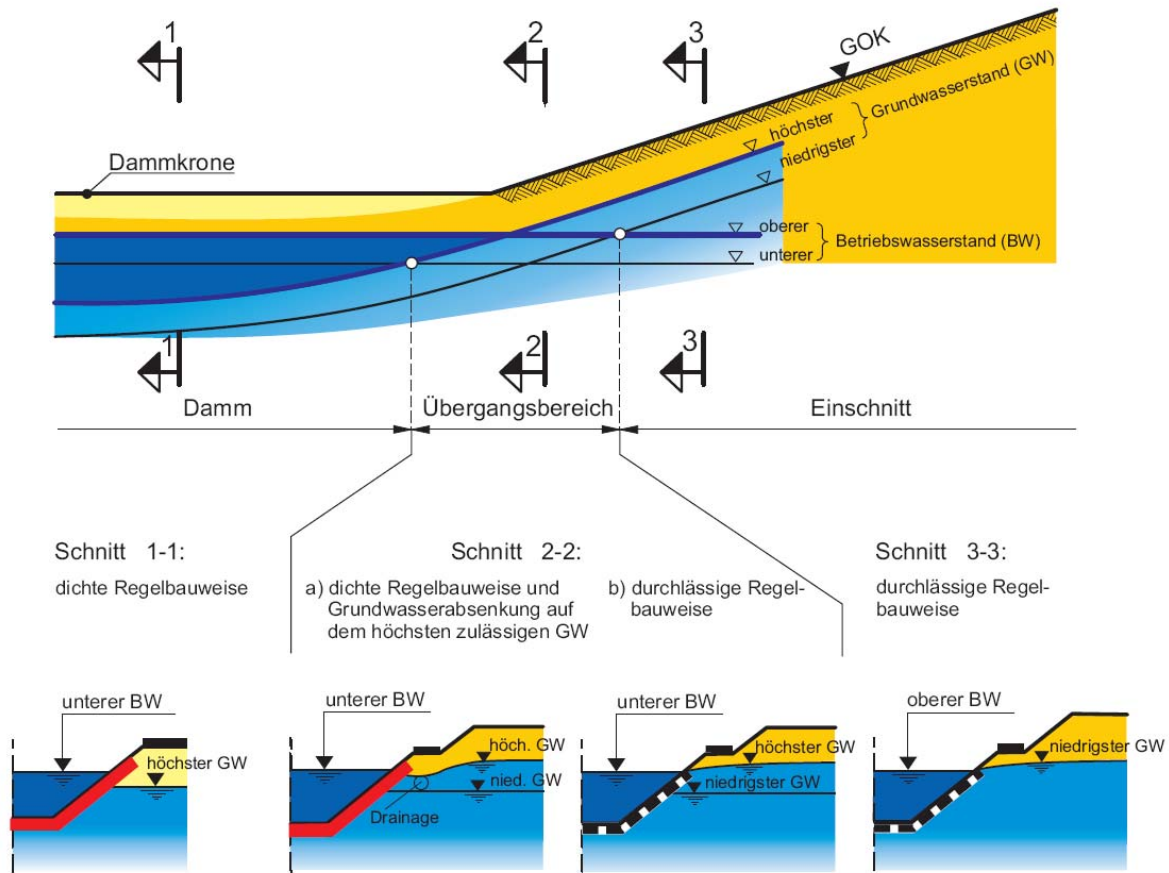


Abbildung 1: Abhängigkeit der Art der Böschungssicherung von den Wasserständen

### A.2.1.2.2 Konstruktion und Bauweisen

#### Deckwerke und Filter

Das Deckwerk muss gegenüber dem Untergrund filterstabil sein. Die Filterwirkung wird im Allgemeinen durch eine Filterschicht erreicht und ist notwendig, um Schäden durch Erosion und Suffosion zu verhindern.

Es werden mineralische und geotextile Filter eingesetzt.

Filter sind auf den Kornaufbau des zu schützenden Bodens und der darüber liegenden Deckschicht abzustimmen. Es kommen ungebundene und gebundene Kornfilter u. a. auch Bitumensand zur Anwendung (siehe B.1.2.2.2).

### Steinverklammerung

Bei dieser Bauweise (z. B. Elbe-Seitenkanal 1970 – 1976) wird auf der im allgemeinen 1:3 geneigten plangerecht vorbereiteten Böschung zunächst ein Filter und im weiteren Arbeitsgang ein Steingerüst aus Wasserbausteinen eingebaut. Bewährt hat sich die Verwendung der Steingrößenklasse CP<sub>90/250</sub> (DIN EN 13383-1).

Das genaue erforderliche Gewicht ergibt sich aus der Bemessung des Deckwerks. Übliche Gewichte des Steingerüsts betragen 500 bis 1000 kg/m<sup>2</sup>.

Die Wirksamkeit der Verklammerung ist vom Hohlraumgehalt, von der Steingröße und der Größe der einzelnen Hohlräume abhängig.

Die Dicke  $d$  der Steinschicht ist durch das Gewicht des Steingerüsts vorgegeben. Nach MAR (BAW 1993) beträgt die Mindestdicke 40 cm. Außerdem ist die Bedingung  $d \geq 1,5 \times D_{n50}$  einzuhalten, mit  $D_{n50}$  = mittlere nominale Steingröße. Bei schnellem Wasserspiegelabsenk können in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit und der Festigkeit des Bodens auch größere Deckwerksdicken erforderlich werden, ggf. ist hier eine Bemessung nach GBB (BAW 2004) durchzuführen.

Das Steingerüst wird mit Eingussmassen aus Asphaltmastix verklammert. Die Vergussmenge und ihre Zusammensetzung werden von der Dicke der Steinschicht, von Korngröße, Kornform und Kornzusammensetzung bestimmt. Die Vergussmenge wird nach Versuchen so gewählt, dass einerseits die Verklammerung der Steine zuverlässig erreicht wird, andererseits die Durchströmbarkeit des Deckwerks erhalten und ein übermäßiges Durchfließen der Eingussmasse mit der Gefahr der Abdichtung des Filters vermieden werden. Weitere Hinweise sind im MAV (BAW 1990) enthalten.

Wegen der natürlichen Rauheit dieses Deckwerks erübrigen sich zusätzliche Vorkehrungen zum Abbremsen auflaufender Wellen ebenso wie Aussteigehilfen für Mensch und Tier.

Das Deckwerk soll bis zum Böschungsfuß herabgeführt und mit einer etwa 2 m breiten Vorlage in die Sohle hinein versehen werden bzw. bei erosionsempfindlichen Böden (Sande und feinere kohäsionslose Böden) in den Untergrund des Böschungsfußes einzubinden, um einer möglichen Unterspülung entgegenzuwirken.



Tabelle 2: Richtwerte für Filter und Steinverklammerungen

Geotextile Filter	Vliese $\geq 600 \text{ g/m}^2$ nach MAG (BAW 1993)
Mineralische Filter, ein- oder mehrlagig	$d \geq 30 \text{ cm}$ nach MAK (BAW 1989)
Gebundener Filter (Bitumensand o. ä.)	$d \geq 10 \text{ cm}$
Einbaudicke der Wasserbausteine (Größenklasse CP <sub>90/250</sub> (DIN EN 13383-1))	$d \geq 40 \text{ cm}$
Asphalteingussmasse (allgemein)	90 bis $120 \text{ kg/m}^2$
Asphalteingussmasse in der Wasserwechselzone	110 bis $140 \text{ kg/m}^2$

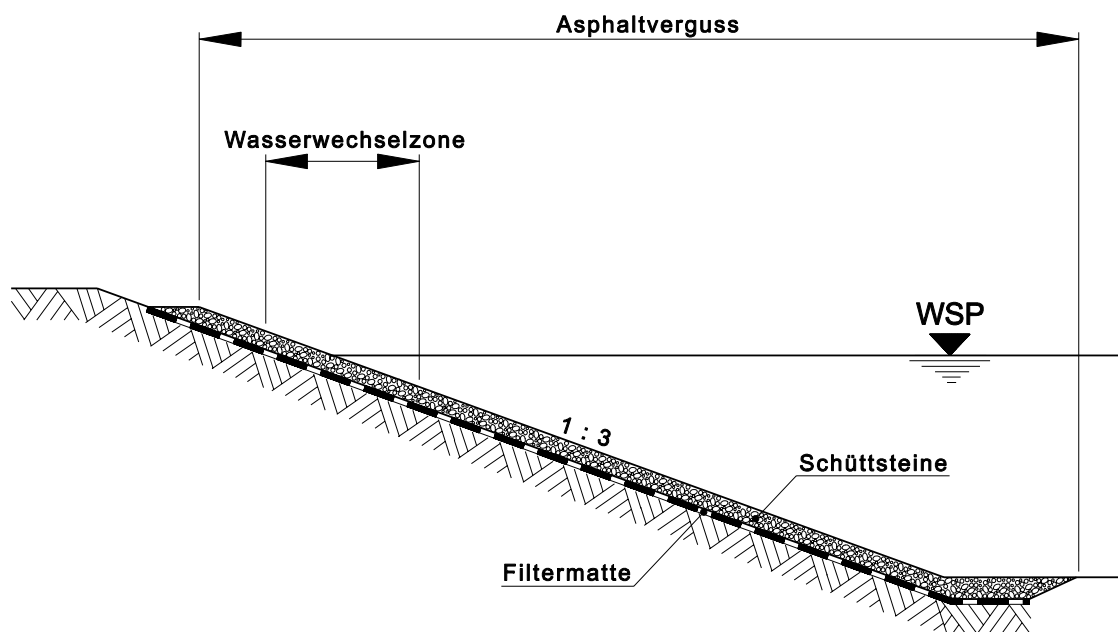


Abbildung 2: Durchlässiges Deckwerk

### Mastixschotter

Als hohlraumreicher Belag kann Mastixschotter verwendet werden. Die Dicke des Deckwerks soll mindestens 15 cm betragen. Der Einbau erfolgt einlagig.

### Vorgefertigte Deckwerkselemente

Im Reparatur- und Erweiterungsfall werden überwiegend vorgefertigte Asphaltmatten im Unterwassereinbau eingesetzt.

Deckwerkselemente (Matten) können an Land oder auf schwimmenden Einheiten gefertigt werden. Für den Einbau der Fertigelemente ist ein gleichmäßiges Aufliegen besonders wichtig. Die Gleitsicherheit ist nachzuweisen, erforderlichenfalls kann sie durch konstruktive Maßnahmen (zum Beispiel Splittschüttung zur Erhöhung der Reibung) verbessert werden. Elemente ab etwa 12 cm Dicke bedürfen keiner Schutzschicht.

In der Regel werden durchlässige Matten aus mastixverklammertem Gestein verwendet.

Die Matten werden

- auf einem Trägergewebe ausreichender Festigkeit (zum Beispiel Kunststoffgewebe), gegebenenfalls mit Stahldrahtgewebe als Einbauhilfe

oder

- aus einem allseitig umschließenden Maschendrahtgeflecht als Trägerelement hergestellt.

Die Matten werden in Einzellängen oder kontinuierlich hergestellt. Einzelmatten, die in Richtung der Böschungsneigung verlegt werden, sollten mindestens 2,0 m breit sein, und so lang gewählt werden, dass sie die Böschung in der Falllinie ohne Stoß überdecken.

Stöße werden durch Überlappung der Matten ausgeführt, indem das Träger- bzw. Filtergewebe an den Stößen einseitig um etwa 50 cm übersteht.

Tabelle 3: Richtwerte für mastixverklammerten Schotter (Matten)

Dicke	d = 18 cm
Breite	≥ 2,0 m
Länge	projektbezogen
Trägerelement	Kunststoff-Filtermatte, Bewehrung mittig in der Matte aus punktgeschweißtem Drahtgewebe, d = 3,65 mm, verzinkt 244 g/m <sup>2</sup> , Maschenweite 15 cm x 15 cm
Flächenbezogene Masse	360 kg/m <sup>2</sup>

### A.2.1.3 Dichte Deckwerke

#### A.2.1.3.1 Eigenschaften und Beanspruchungen

Die Dichtigkeit und Langzeitbeständigkeit des Deckwerks ist gewährleistet, wenn der Hohlraumgehalt der eingebauten Dichtungsschicht höchstens 3 Vol.-% beträgt (siehe C.2.1.1).

Ein Dichtungsbelag auf geneigter Fläche muss so standfest sein, dass er seine Form und Lage unter der Wirkung von Eigengewicht und Auflasten nicht nachteilig verändert. Die Funktion einer Asphaltdichtung darf auch durch gleichmäßige muldenförmige Setzungen des Untergrundes nicht beeinträchtigt werden. Gegen den Angriff von Wasserströmungen, Wellen, Eis, Schiffsstoß und Ankerwurf muss die Dichtung entsprechend ausgebildet oder besonders geschützt werden. Kann der Grundwasserstand temporär über dem Kanalwasserstand liegen (Übergangsbereich in Abb. 1), so ist das Gewicht des dichten Deckwerks auf den Wasserüberdruck zu bemessen. Hierbei ist auch ein möglicher Absink des Kanalwasserspiegels infolge Schiffsverkehr zu beachten.

Es ist zu beachten, dass Asphaltdichtungen durchwurzelt werden können. Es siedeln sich oberhalb der Wasserlinie Gehölze (bevorzugt Weiden) und bis ca. 1m unter der Wasserlinie Röhricht an.

Hinweise zum Umgang mit Bewuchs sind in A.1.2 und E.2.2 enthalten.

### A.2.1.3.2 Konstruktion und Bauweisen

Für die Ausführung von Dichtungen kommt in der Regel Asphaltbeton in Frage, der im Trockenen eingebaut wird. In der Konstruktion werden der Aufgabe nach drei Teile unterschieden, nämlich der Unterbau, die eigentliche Dichtungsschicht und die Schutzschicht. Alle drei Schichten sind so miteinander zu verbinden, dass im Hinblick auf die Standfestigkeit in ihren Berührungsflächen Druck- und Schubkräfte übertragen werden können. In der Wasserwechselzone wird in der Regel in einer Breite von 5 m eine Rauzone ausgeführt, um den Wellenauflauf zu bremsen und Mensch und Tier das Herauskommen aus dem Wasser zu ermöglichen.

Dichtungsschicht und Schutzschicht haben oft die gleiche Zusammensetzung und bei gleicher Einbauweise auch die gleichen Dichtungseigenschaften. Die Mindestdicke je Schicht muss 6 cm betragen.

Die Schutzschicht ist in erster Linie so auszubilden, dass sie alle schädigenden Einflüsse, wie Schraubenstrahl, Ankerwurf und Schiffsstoß von der Dichtung fernhält. Die Rauzone soll mindestens 0,50 m unter dem Normalwasserstand beginnen und bis zum oberen Rand des Dichtungsbelages reichen. Für die Ausführung der Rauzone hat sich eine Schüttsteinlage mit Asphaltverguss bewährt (Abb. 3, Main-Donau-Kanal 1965-1992).

Wegen der relativ konstanten Kanalquerschnitte über längere Strecken wird das Asphaltmischgut vorzugsweise mit sog. Brückenfertigern auf den Böschungen und Straßenfertigern auf den Sohlen eingebaut.

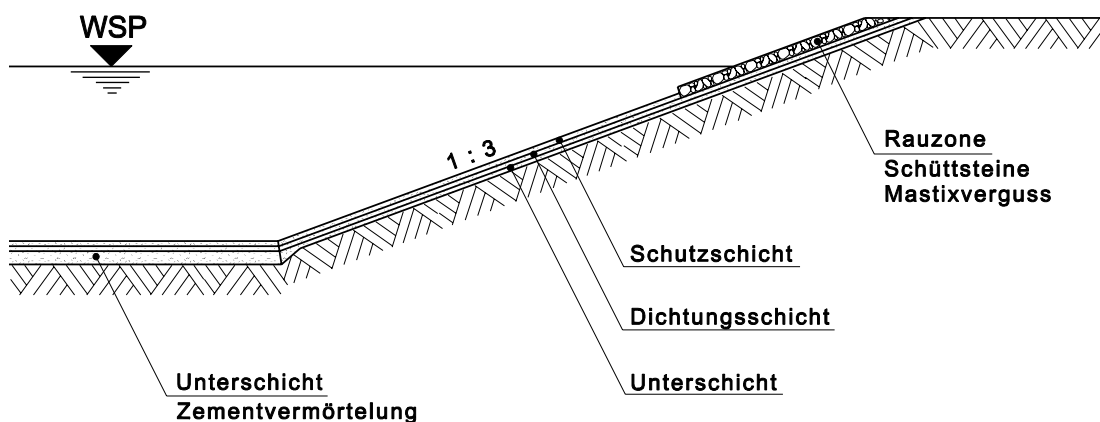


Abbildung 3: Dichtung eines Schifffahrkanals

## **A.2.2 Kraftwerkskanäle**

### **A.2.2.1 Allgemeines**

Kraftwerkskanäle führen als Oberwasserkanal Wasserkraftwerken das Betriebswasser zu und leiten es als Unterwasserkanal ab. Sie unterscheiden sich von Schifffahrtskanälen durch geringere Sohlbreiten und steilere Böschungen. Kraftwerkskanäle weisen aufgrund ihrer speziellen Aufgabe i. A. folgende bautechnische Kenndaten auf:

Sohlgefälle in Längsrichtung	1 : 500 bis 1 : 10 000
Böschungsneigung	1 : 1,25 bis 1 : 2
Fließgeschwindigkeit	1,5 bis 3 m/s und mehr

Asphaltbeläge werden bei Kraftwerkskanälen als Dichtungen eingesetzt. Es werden ausschließlich dichte Kraftwerkskanäle ausgeführt. Asphalt dichtungen haben die Aufgabe, ein Durchströmen der Kanalböschungen und –sohle zu verhindern und gleichzeitig vor Beanspruchungen zu schützen.

Ein typischer Aufbau einer Asphalt dichtung für einen Kraftwerkskanal ist in den Abb. 4 und 5 dargestellt.

Dichtungen müssen dem Strömungsangriff infolge der hohen Fließgeschwindigkeit und ggf. dem Abrieb durch Geschiebeführung (i. W. Sand) standhalten.

Kraftwerkskanäle weisen große und häufige Wasserspiegelschwankungen auf.

Wie alle ungeschützten, offen liegenden Flächen sind auch Asphaltbeläge von Kraftwerkskanälen sämtlichen klimatischen sowie ggf. chemischen und biologischen Einflüssen ausgesetzt.

Wegen der bei Kraftwerkskanälen üblichen steilen Böschungen müssen Asphaltbeläge insbesondere im Hinblick auf ihre Böschungsstandfestigkeit unter Sonneneinstrahlung konzipiert werden.

Die Wasserwechselzone wird insbesondere mechanisch (Wechsel von Druck und Entlastung), aber auch durch Witterung (Wechsel von Temperatur und Benetzung) stark beansprucht.

Gegenüber sonstigen chemischen und biologischen Einwirkungen verhalten sich die Dichtungsbeläge gleichermaßen wie unter A.1.2 beschrieben.

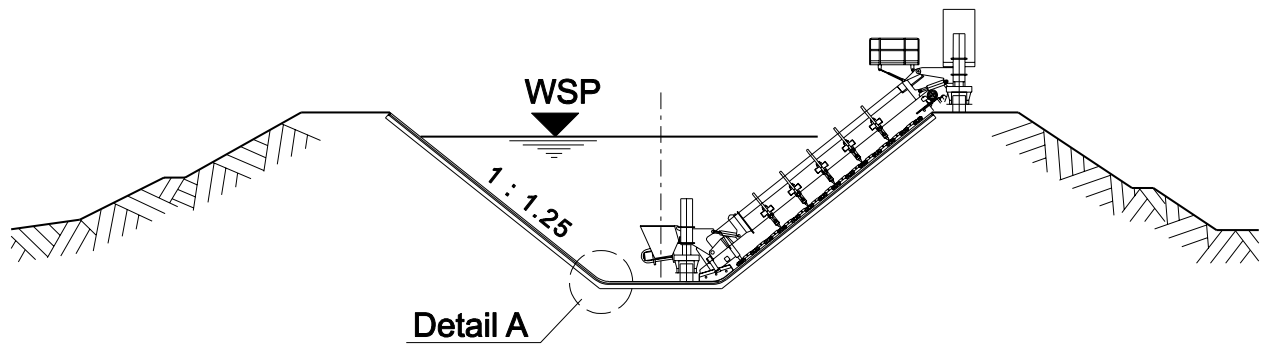


Abbildung 4: Kraftwerkskanal, Querschnitt mit Brückenfertiger

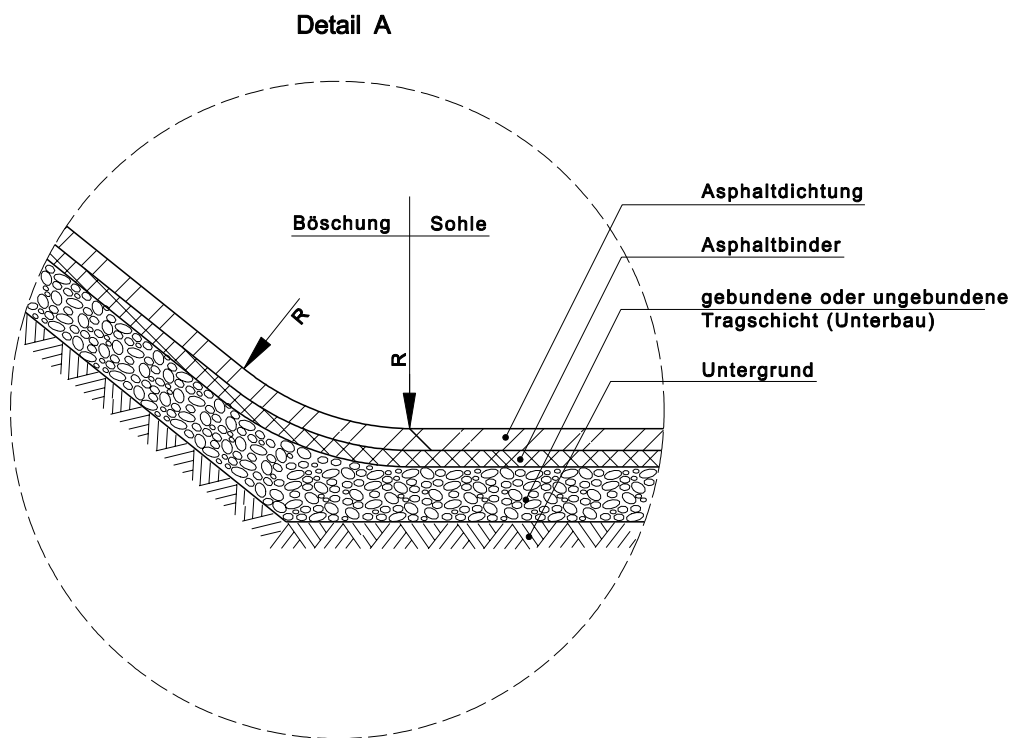


Abbildung 5: Asphaltaußendichtung eines Kraftwerkskanals (Detail von Abb. 4)

### **A.2.2.2 Bauweisen**

Asphaltbeläge in Kraftwerkskanälen werden beim Neubau prinzipiell im Trockenem eingebaut.

Konstruktiv können bei Kanaldichtungen der Aufgabe nach folgende Bauteile unterschieden werden:

- Unterbau
- Dichtungsschicht
- Oberflächenversiegelung.

Näheres zur Definition der Bauteile siehe B.1.

Die Herstellung einer Dichtung setzt einen ebenen, tragfähigen Unterbau bzw. eine entsprechende Tragschicht voraus. Der Unterbau kann entweder aus anstehendem tragfähigen oder mit Bindemittel (z. B. Zement) in seiner Tragfähigkeit verbessertem Boden bestehen. Anstelle einer Bodenverbesserung bzw. Bodenverfestigung mit Bindemittel kann auch eine Asphalttrag- oder -binderschicht ausgeführt werden.

Zwischen Unterlage und Dichtungsschicht muss ein ausreichender Schichtenverbund zur Übertragung von Schubkräften sichergestellt sein.

Die Tragschicht in der Kanalsohle sollte verstärkt werden, wenn sie während des Baus als Baustraße genutzt werden soll.

Der Einbau der Asphaltsschichten erfolgt mittels spezieller Böschungs- oder Brückenfertiger i. d. R. einlagig in einer Dicke von mind. 6 cm.

Ein zweilagiger Dichtungsaufbau wird nur in seltenen Fällen aufgrund besonderer Randbedingungen ausgeführt.

Die Oberflächenversiegelung besteht aus bitumenreichem Versiegelungsmastix im Heiß- oder im Kalteinbau. Die Oberflächenversiegelung soll ein durchgehender Schutzfilm sein. Eine Dichtungsfunktion hat sie nicht. Mit einer Oberflächenversiegelung sollen zwei Ziele erreicht werden:

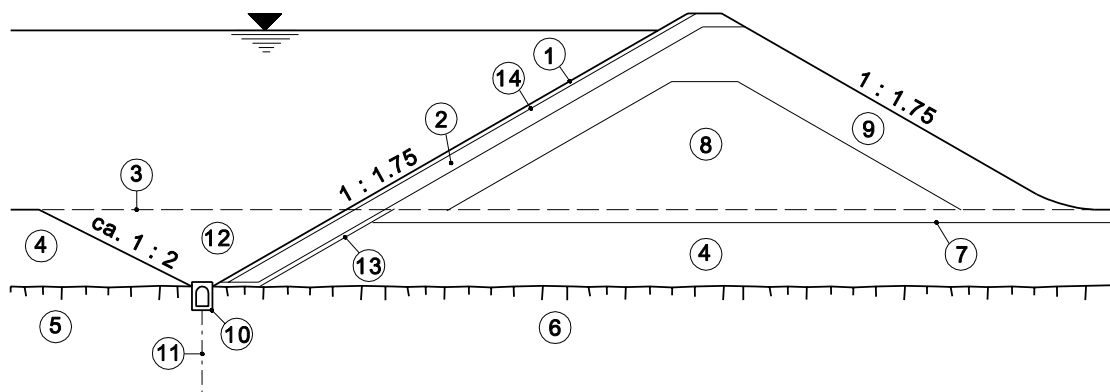
- Schutz vor UV-Einstrahlung bei gleichzeitiger Reduktion des Strömungswiderstandes durch Verringerung der Oberflächenrauheit und
- Erhöhung des Widerstandes gegen mechanische Beanspruchung durch mögliche Geschiebeführung.

Beim Aufbringen der Oberflächenversiegelung muss der Dichtungsbelag trocken und staubfrei sein.

### A.3 Talsperren und Speicherbecken

#### A.3.1 Allgemeines

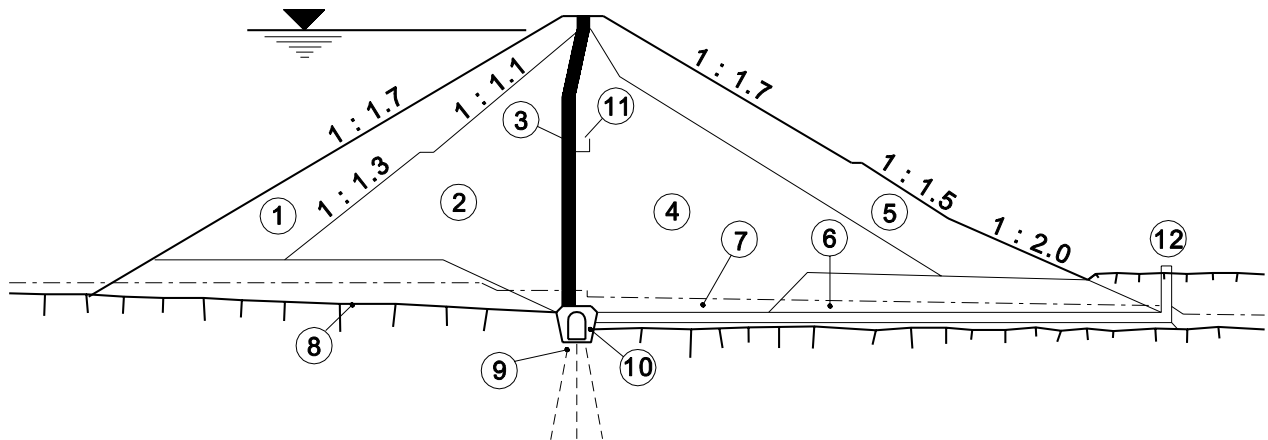
Für die Dichtung von Dämmen für Talsperren und Speicherbecken können Asphaltbauweisen angewendet werden und zwar als Außendichtungen, die auf der fertig gestellten wasserseitigen Oberfläche eingebaut (Abb. 6, Wehratalsperre) oder als Innendichtungen, die innerhalb der Dammschüttung liegen und gleichzeitig mit dieser hochgezogen werden (Abb. 7, Kleine Kinzigtalsperre).



- |                                              |                                                 |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1 Asphaltaußendichtung                       | 8 Dammkern aus Talschotter und gebrochenem Fels |
| 2 Vorschüttung aus ausgesuchtem Felsmaterial | 9 Dammschüttung aus gebrochenem Fels            |
| 3 ursprüngliche Talsohle                     | 10 begehbarer Herd                              |
| 4 vorhandener grobblockiger Talschotter      | 11 Injektionsschleier                           |
| 5 Fels                                       | 12 Talschotter - Aushub (Baugrube für Herd)     |
| 6 Fels                                       | 13 Kiesfilter                                   |
| 7 Aufstandsfläche des Damms                  | 14 Schotterfilter                               |

Abbildung 6: Querschnitt durch einen Staudamm mit Asphaltaußendichtung





- |                                           |                               |
|-------------------------------------------|-------------------------------|
| 1 Granit / Syenit                         | 7 Talschotter                 |
| 2 Granit                                  | 8 Dammaufstandsfläche         |
| 3 Asphaltinnendichtung mit Übergangszonen | 9 Injektionsschleier          |
| 4 Hangschutt                              | 10 Herdmauer mit Kontrollgang |
| 5 Granit                                  | 11 Sammelrinne                |
| 6 Dränschotter                            | 12 Zugang zu Herdmauer        |

Abbildung 7: Querschnitt durch einen Staudamm mit Asphaltinnendichtung

Aufgabe der Dichtung bei Dämmen von Talsperren und im Auftragsbereich von Speicherbecken ist das Verhindern der Durchströmung derselben und im Abtragsbereich von Speicherbecken das Verhindern der Versickerung des gespeicherten Wassers in den Untergrund. Im Folgenden werden nur grundlegende Gedanken dargelegt; Beispiele und Details bezüglich Bauweisen und Instandhaltung für Asphaltaußen- und Innendichtungen können u. a. dem Merkblatt 223/1992 „Asphaltdichtungen für Talsperren und Speicherbecken“ des DVWK entnommen werden.

### A.3.1.1 Asphaltaußendichtungen

Außendichtungen werden nach Fertigstellung der Talsperre bzw. des Speicherbeckens oder zumindest nach Fertigstellung größerer Bauabschnitte eingebaut. Setzungen sind dann bereits weitgehend abgeklungen. Außendichtungen müssen dennoch so flexibel sein, dass sie Setzungen und Verschiebungen des Dammkörpers insbesondere beim Ersteinstau, aber auch bei späteren An- und Abstauvorgängen, bis zu bestimmten Grenzen schadlos folgen.

Bei einer Talsperre mit Außendichtung wirkt der gesamte Dammquerschnitt als Stützkörper.

### **A.3.1.2 Asphaltinnendichtungen**

Asphaltinnendichtungen werden mit der Dammschüttung hochgezogen. Lage und Neigung im Dammkörper werden im Wesentlichen durch konstruktive Überlegungen bestimmt. Zu unterscheiden sind senkrechte, geneigte sowie im oberen Drittel abgeknickte Innendichtungen. Eine Besonderheit sind horizontale Innendichtungen, z. B. als Verbindungselement zwischen einer Innendichtung und einer Untergrundabdichtung (Injektionsschleier oder Schlitzwand). Für horizontale Innendichtungen gelten sinngemäß die Ausführungen zu A.3.2.1. Auch Kombinationen von Innen- und Außendichtungen sind bei Dammaufhöhung möglich (z. B. Breitenbachtalsperre, Sulby Isle of Man).

Asphaltinnendichtungen werden durch Spannungsumlagerungen im Dammkörper und durch den hydrostatischen Wasserdruck beansprucht.

Das Verformungsverhalten der Innendichtung muss dem des gesamten Dammkörpers entsprechen.

Biologische, chemische und witterungsbedingte Beanspruchungen bestehen nicht.

Innendichtungen gelten als erdbebensicherer als Außendichtungen.

Die Lage der Dichtung im Inneren des Dammkörpers bringt es mit sich, dass nur der luftseitige Teil der Dammschüttung statisch voll wirksam ist. Ein Damm mit Asphaltinnendichtung und entsprechend aufgebauten Stützkörpern kann schadlos von beiden Seiten eingestaut werden. Diese Möglichkeit kann beim Bau von Vorsperren genutzt werden.

## **A.3.2 Bauweisen**

### **A.3.2.1 Asphaltaußendichtungen**

Für Außendichtungen von Dämmen und Speicherbecken gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Bauweisen. Die einfachere, aber in den meisten Fällen ausreichende Bauweise, sieht auf dem im Allgemeinen ungebundenen Unterbau, dessen Oberfläche mit einer Bitumenemulsion angespritzt wird, eine Asphaltbinderschicht bzw. Asphaltdränschicht, eine ein- oder zweilagige Dichtungsschicht und eine Oberflächenversiegelung vor (Abb. 8).

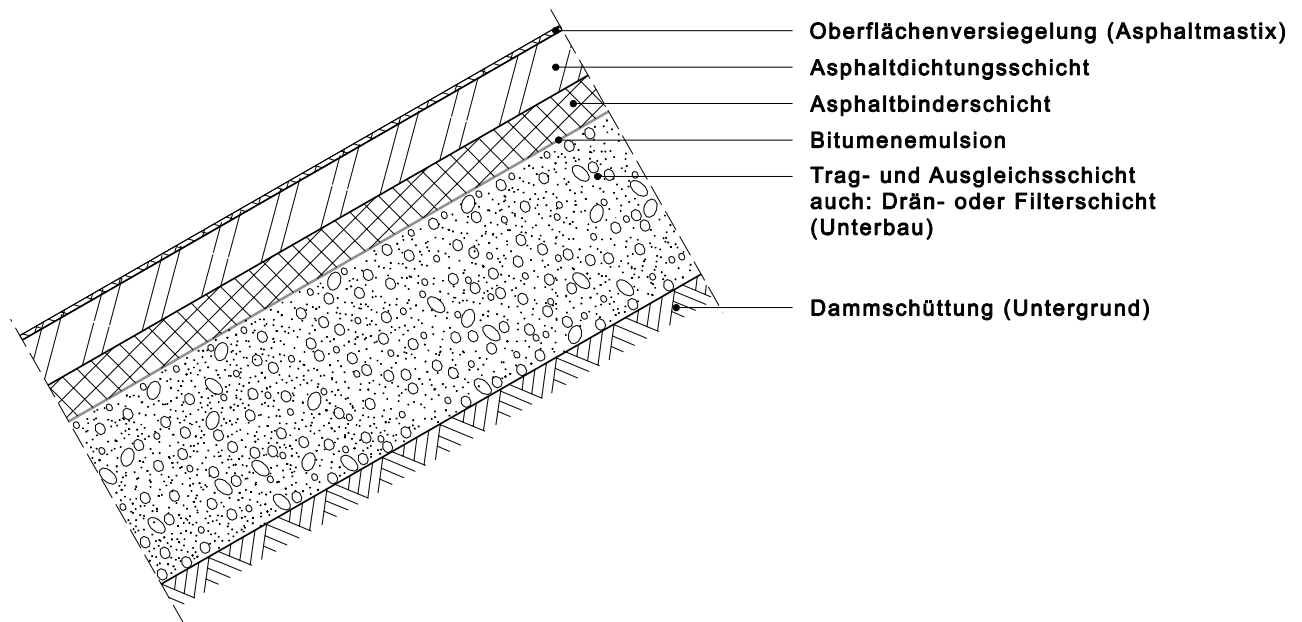


Abbildung 8: Asphaltaußendichtung, Dichtungsaufbau, einschichtig (Systemskizze)

Die zweite, aufwändigere Bauweise (kontrollierte Dichtung) sieht zwei Asphaltdichtungsschichten und eine dazwischen angeordnete Asphaltdränschicht vor (Abb. 9). Auch hier kann die obere Dichtungsschicht ein- oder zweilagig hergestellt werden; bezüglich Unterbau gilt das zuvor beschriebene. Die Oberfläche der oberen Dichtungsschicht wird wie bei der einschichtigen Dichtung durch eine Oberflächenversiegelung geschützt.

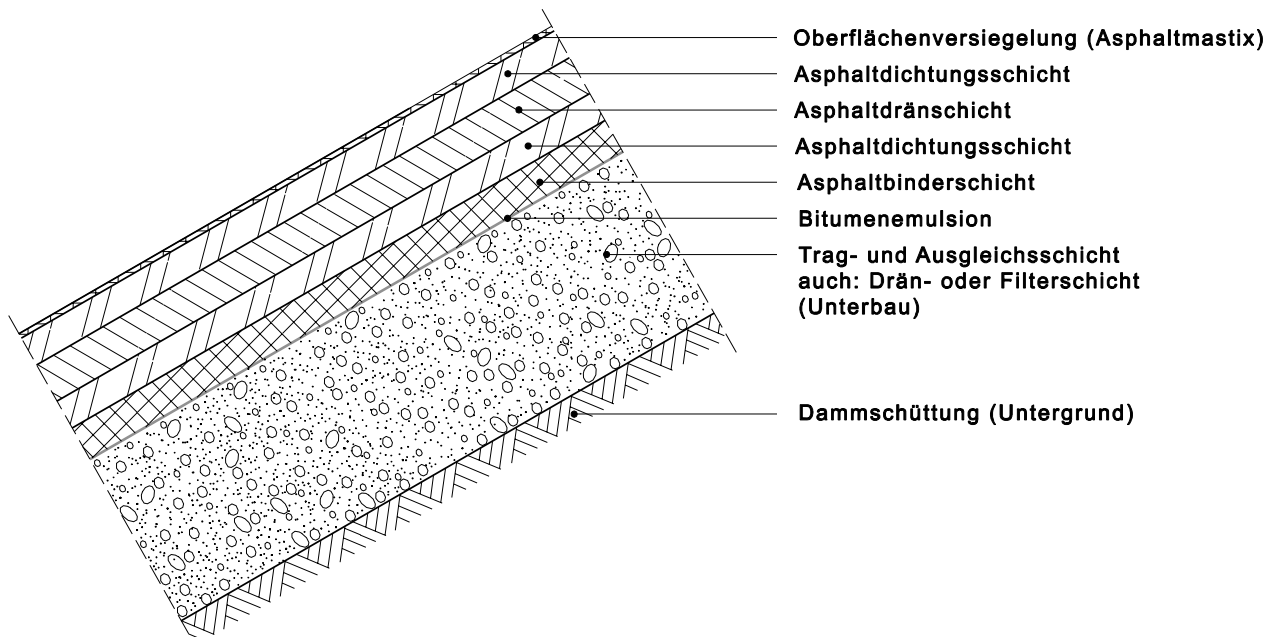


Abbildung 9: Asphaltaußendichtung, Dichtungsaufbau, zweischichtig mit Dränschicht (Systemskizze)

Dieser Dichtungsaufbau ermöglicht eine exakte Kontrolle der Funktionstüchtigkeit der oberen Dichtungsschicht. Eventuell durch Schadstellen eintretende Sickerwässer werden in der Dränschicht direkt in das Kontrollsystem eingeleitet. Dabei wird durch die untere Dichtungsschicht ein unkontrolliertes Eindringen der Sickerwässer in den Dammkörper verhindert.

Eine Funktionskontrolle einer einschichtigen Dichtung kann auch durch Leckageortungssysteme erfolgen.

Die Böschungsneigung richtet sich nach den bodenmechanischen Gegebenheiten, der Dammstatik, der nachgewiesenen Standfestigkeit der Asphaltsschichten und deren Einbauverfahren. Aus Gründen der Arbeitssicherheit und der Qualität sollten im Regelfall keine Böschungsneigungen steiler als 1:1,7 gewählt werden. Bei Nachweis einer ausreichenden Böschungsstabilität der Asphaltsschichten und unter besonderer Beachtung der Sicherheitsmaßnahmen sind Böschungsneigungen bis zu 1:1,3 möglich.

### **A.3.2.2 Asphaltinnendichtungen**

Gleichzeitig mit der Asphaltinnendichtung, die oft auch als Asphaltkern bezeichnet wird, werden beidseitig Übergangszonen zum ober- bzw. unterwasserseitigen Stützkörper hochgezogen. Die Verformungseigenschaften des Asphaltkerns, der Übergangszonen und der Stützkörper sollen so aufeinander abgestimmt sein, dass die Wasserundurchlässigkeit der Innendichtung in jedem Fall gewährleistet ist.

Die Bemessung der Dicke der Innendichtung richtet sich nach der Dammhöhe. Aufgrund von Erfahrungen kann gesagt werden, dass eine Asphaltinnendichtung hinreichend bemessen ist, wenn ihre Dicke circa 1/100 der Dammhöhe beträgt. Einbaubedingte Unregelmäßigkeiten sind hierin abgedeckt, wobei eben aus diesem Grund die Kerndicke 0,50 m nicht unterschreiten sollte. Infolge der betriebsbedingten Beanspruchungen der Kerndichtung und des Dammkörpers treten die größten horizontalen Bewegungen im Dammkörper im mittleren Höhendrittel auf. Deshalb sollte die oft praktizierte Verringerung der Kerndicke mit steigender Dammhöhe zumindest bis zum 2/3 Punkt der Höhe vermieden werden.

## **A.4 Küstenschutzbauwerke**

### **A.4.1 Allgemeines**

Asphaltbeläge auf Deichen schützen Böschungen und Krone gegen Erosion durch Wellenangriff. Dabei wird die seeseitige Böschung durch brechende Wellen, Wellenauflauf und Wellenablauf beansprucht. Die Deichkrone und die landseitige Böschung werden durch Wellenüberlauf belastet. Asphaltbeläge sind dann vorteilhaft, wenn Klei für die Abdeckung von Deichkernen aus Sand nicht in ausreichender Menge verfügbar ist. Der Asphaltbelag besitzt die Eigenschaft sich den normalen Setzungen eines Deiches anzupassen, ohne dabei zu reißen.

Für die Deichfußsicherung sind Verbundkonstruktionen geeignet, die der Beanspruchung durch Wellen ein hohes Gewicht entgegensetzen und den Deichfuß vor Unterspülungen schützen.

Asphaltbeläge zum Schutz sandiger Küsten werden in erster Linie durch brechende Wellen, den Wellenauflauf und den Wellenablauf beansprucht, weil sie als Dünenchutzwerk dort angeordnet werden, wo infolge einer Sandunterbilanz am Strand der Dünenfuß abgetragen wird. Sie müssen rückwärtig gegen Hinterspülung und an den Enden gegen Lee-Erosion geschützt werden.

Ein Asphaltverguss von Seebuhnen und Flächensicherungen bezweckt, den angreifenden See- gangskräften (Brandung und Strömung) eine kompakte Masse durch den Verbund von Steinen entgegenzusetzen. Flächensicherungen unter Wasser werden vorwiegend mit durchlässigen Mastix- schottermatten ausgeführt.

Ergänzende und weiterführende Empfehlungen für den Küstenschutz sind in den EAK 1993 und in den EAK 2002 (Empfehlungen des Ausschusses für Küstenschutzwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) und der Hafenbautechnischen Gesellschaft e.V. (HTG) mit entsprechenden Schrifttumsangaben veröffentlicht. Ein umfangreiches Handbuch für den Asphaltwasserbau ist von Schönian, E. (1999) verfasst worden (siehe A.5 Schrifttum).

## **A.4.2 Mechanische Beanspruchungen und Bemessung**

### **A.4.2.1 Allgemeines**

Die Beanspruchungen von Asphaltbelägen im Küstenschutz können je nach Lage zur Hauptwindrichtung und in Abhängigkeit von der Wassertiefe sehr unterschiedlich sein. Maßgebend sind die Wellenhöhen im Küstenvorfeld, die Höhe der Sturzbrecher auf der Böschung des Schutzwerkes sowie Wellenauflauf, Wellenablauf und Wellenüberlauf. Asphaltbeläge können auch durch Wasserüberdruck an ihrer Unterseite beansprucht werden.

Mechanische Kräfte auf den Belag entstehen durch den Brechvorgang der Wellen, insbesondere durch Sturzbrecher der Brandungswelle. Beim Sturzbrecher sind die Fallhöhe der Brecherzunge, die Fallgeschwindigkeit und die Aufschlagbreite die wesentlichen Kenngrößen für die angreifende Kraft. Die Aufschlagdauer, die Brecherfrequenz sowie die Geometrie der Böschung beeinflussen die Beanspruchung (Führböter, A. 1991).

Ein Wasserüberdruck auf die Unterseite des Belages kann entstehen, wenn bei Sturmflutwasserständen unter dem Fuß des Schutzwerkes hindurch Wasser in den Boden eindringt. Hinter dichten Deckwerken zum Schutz sandiger Küsten kann ein höherer Grundwasserstand durch Regen und Grundwasserfluss entstehen, auch bei Deichen, wenn die landseitige Böschung offen oder durchlässig ist. Der Wasserüberdruck wird erzeugt, wenn der Außenwasserstand schneller fällt als der Wasserstand im Deichkern.

Zu den mechanischen Kräften gehört auch die schmirgelnde Wirkung des vom Wasser mitgeführten Sandes und Gerölls des Vorstrands.

### **A.4.2.2 Beanspruchung durch brechende Wellen**

Für die Wellenbelastung der Böschung eines Deiches sind die Wellenkennwerte unmittelbar vor der Böschung maßgebend. An den Außenböschungen der Seedeiche der deutschen Nordseeküste betragen die Brecherhöhen  $H_b$  - Höhenunterschied zwischen Wellental vor dem Brecher und Brecherkamm - bis zu 3 m.

Bei der Bemessung von Asphaltbelägen für Küstenschutzwerke sind für die Belastung durch Wellen und Sturzbrecher insbesondere maßgebend:

- die Böschungsneigung und die Geometrie des Bauwerks,
- die Wellenparameter Höhe, Länge, Periode, Fortschrittsgeschwindigkeit und Anlaufriechung,
- Elastizitäts- oder Steifigkeitsmodul und Biegefestigkeit des Belags,
- Dämpfungseigenschaft und Bettungsziffer des Bodens.

Bei bekannten bzw. zu erwartenden Wellenparametern wird mit der Wahl der Böschungsneigung die Brecherform (Schwall-, Sturz- oder Reflexionsbrecher) und somit die Intensität der Brecherbelastung weitgehend beeinflusst.

Aus systematischen Messungen im Großen Wellenkanal des Forschungszentrums Küste in Hannover (Führböter, A. und Sparboom, U. 1988) ist im Vergleich mit umfangreichen Naturmessungen an Deichen der deutschen Nordseeküste (Grüne, J. 1988) folgende Beziehung für die maximalen Druckspannungen  $p_{\max}$  bei einer Unterschreitungshäufigkeit von 99,9 % empirisch abgeleitet worden (Sparboom, U. 1991):

$$p_{\max 99,9\%} = 30 \cdot \frac{1}{n} \cdot \rho \cdot g \cdot H_s$$

mit  $n$  = Neigung der Böschung 1 :  $n$ ,

$\rho$  = Wasserdichte,

$g$  = Erdbeschleunigung und

$H_s$  = signifikante Wellenhöhe am Böschungsfuß.

Die höchsten Druckspannungen infolge brechender Wellen (Druckschlag) auf Böschungen mit Neigungen zwischen 1 : 3 und 1 : 8 treten im Bereich des Ruhewasserspiegels (RWS) auf. Als Ergebnis aus Naturmessungen an einer Deichböschung 1 : 4 ist für die Aufschlagpunkte von Druckschlagereignissen relativ zur signifikanten Wellenhöhe eine Tiefe von insgesamt  $1,5 H_s$  (oberhalb RWS von  $0,5 H_s$  und unterhalb RWS von  $1,0 H_s$ ) anzusetzen (Grüne, J. 1992). Die entsprechende Länge des Druckschlagbereichs auf der Böschung (in Falllinie gemessen) ergibt sich aus der Böschungsneigung.



Van Herpen, J.A. (1998) schematisiert die Druckschlagbelastung von Asphaltkonstruktionen vereinfacht als dreieckförmige Belastung rechtwinklig zur Böschungslinie, wobei die Aufschlagbreite näherungsweise mit dem Wert der im Bemessungsfall zu erwartenden signifikanten Wellenhöhe  $H_s$  angesetzt wird.

Die Wirkdauer der durch brechende Wellen erzeugten Druckspannungen ist sehr kurz. Messungen in der Natur und im Großen Wellenkanal haben ergeben, dass die Anstiegszeiten bis zum Erreichen der maximalen Druckspannungen bei Böschungen mit Neigungen von 1 : 4 und 1 : 6 im Bereich von 0,01 bis 0,50 Sekunden variieren.

Die Wellenbelastung (Druckschlag) kann zu einer Aufweitung von vorhandenen Rissen führen. Offene Nähte und Risse müssen deshalb geschlossen werden, weil ein Druckschlag, der auf eine solche Stelle trifft, Sprengkräfte hervorruft, die den Belag örtlich überbeanspruchen können.

Die Hauptaufgabe in der Bemessung liegt in der Bestimmung der Belagdicke. In den Communications No. 37 von Rijkswaterstaat (TAW, 1985) sind - nach den Erfahrungen und Erfordernissen an der niederländischen Küste - praxisorientierte Bemessungsdiagramme für verschiedene Asphaltbauweisen in Abhängigkeit der Böschungsneigung, der signifikanten Wellenhöhe und der Bettungsziffer des Bodens veröffentlicht. In Abb. 10 sind diese Diagramme wiedergegeben.

Für den Bemessungsfall, insbesondere für die Seegangscharakteristik als auch der Ableitung der Schichtdicke aus  $p_{\max 99,9 \%}$  (siehe oben) mit Rechenmodellen, sollte zusätzlich Expertenwissen herangezogen werden. In den EAK 1993 und in den EAK 2002 sind zudem fachliche Ausführungen zu äußeren Belastungen und Bemessungsansätzen von Küstenschutzwerken veröffentlicht.

#### **A.4.2.3 Beanspruchung durch Sickerwasserüberdruck**

Bei anhaltend hohen Außenwasserständen kann der Grundwasserstand im Deichkörper ansteigen, wenn eine Sickerströmung unter dem Deichfuß von außen nach innen möglich ist oder an sandigen Küsten Hangwasser den Grundwasserstand erhöht.

Bei plötzlichem Abfall des Außenwasserstandes kann der Grundwasserstand hinter dem Deckwerk nur verzögert folgen; es entstehen eine Wasserspiegeldifferenz und eine Sickerströmung unter dem Böschungsfuß von innen nach außen. Die hierdurch wirkende Druckhöhe ist abhängig von der Durchlässigkeit des Deichbodens (k-Wert).

Zur Standsicherheit von undurchlässigen Deckwerken sind in den Empfehlungen E der EAK 1993 und in den Empfehlungen G der EAK 2002 umfangreiche Ausführungen enthalten. Bemessungsansätze für die Berechnung der Belagdicke infolge Sickerwasserüberdruck sind dort ebenfalls angegeben. Auch die Communications No. 37 von Rijkswaterstaat (TAW, 1985) enthalten ausführlich beschriebene Ansätze zur Bemessung des Belags gegen abhebende hydraulische Kräfte.

Für die Anwendung eines vereinfachten Baugrundmodells wird die Bettungsziffer  $C_b$  benötigt, die als Verhältnis des Sohldrucks zur Setzung der elastischen Flächengründung definiert ist. Es wird empfohlen, für die im Deich- und Deckwerksbau üblichen Bettungsziffern folgende Werte zu verwenden (van Herpen, J.A. 1998):

Gut verdichteter Sand:  $C_b \approx 0,30 \cdot 10^9 \text{ N/m}^3$

Klei:  $C_b \approx 0,05 \cdot 10^9 \text{ N/m}^3$

Magerer Sandasphalt:  $C_b > 0,50 \cdot 10^9 \text{ N/m}^3$  .

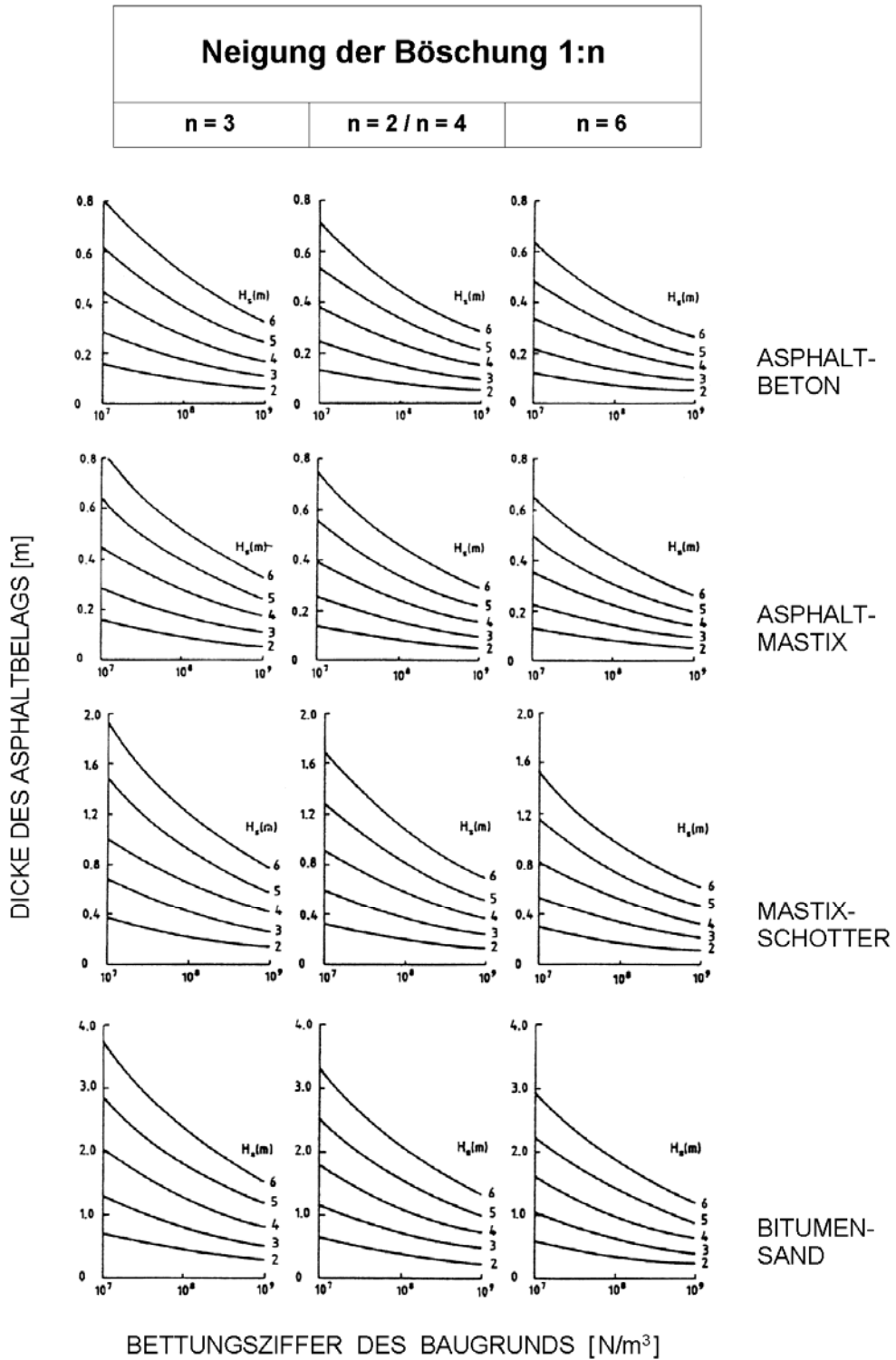


Abbildung 10: Bemessungsdiagramme nach Communications No.37, Rijkswaterstaat (TAW, 1985) für Asphaltbauweisen im niederländischen Küstenschutz

### **A.4.3 Konstruktive Gestaltung und Bauausführung**

#### **A.4.3.1 Deckwerke**

Asphaltbeton-, Asphaltverguss- und Mastixschotterbauweisen werden sowohl für die Wasserseite der Deiche, als auch gelegentlich auf der Landseite, mit einem Deckwerk zum Schutz gegen Erosion durch Wellenangriff und Wellenüberlauf gesichert. Sie werden auch für Deckwerke zum Schutz sandiger Ufer sowie von Dünen und Steilufeln eingesetzt. Für diese Fälle gelten die gleichen Grundsätze.

Unter durchlässigen Deckwerken ist eine Filterschicht aus Geotextil oder Kornfilter vorzusehen. Unter undurchlässigen Deckwerken kann als zusätzliche Sicherheit im Schadensfall ein Geotextil ohne horizontale Durchlässigkeit eingebaut werden.

##### **A.4.3.1.1 Deckwerke aus Asphaltbeton**

Deckwerke aus Asphaltbeton dürfen aufgrund von Algenbewuchs, Sandschliff, Wellenschlag sowie eingeschränkter Arbeitsmöglichkeiten im Bereich der Tide nur mindestens 1,5 m oberhalb der MThw eingebaut werden.

Auf Böschungen, deren Neigung meist zwischen 1:4 und 1:8 liegt, haben sich Belagsdicken von 15 cm bis 30 cm bewährt. Wenn die Anforderungen an den Hohlraumgehalt eingehalten werden können ist dem einlagigen Einbau der Vorzug zu geben. Wenn das Deckwerk keine Dichtfunktion übernehmen soll, kann der Hohlraumgehalt bis zu 5 Vol.-% betragen. Die Deckwerke aus Asphaltbeton sollten nach TAW (1985) bemessen werden (siehe A.4.2.2). Die Dicke im Bereich des Wellenaufschlages sollte 20 cm betragen. Eine Mindestdicke von 15 cm darf aus Gründen des Erhalts der Widerstandsfähigkeit und der Langzeit-Dauerhaftigkeit nicht unterschritten werden.

Erhält der Deich eine Kleidecke, so wird oberhalb des Fußdeckwerks meist eine Überschlagssicherung in Asphaltbauweise angeordnet (EAK 1993, Empf. E, Abb. E 26 und EAK 2002, Empf. G, Abb. G 8), die auch als Fahrstrasse für die Deichunterhaltung dient.

Wegen der relativ großen Schichtdicken des Asphaltbetons ist eine Oberflächenversiegelung nicht erforderlich.

Als seitlicher Abschluss für ein Deckwerk kann gegen Lee-Erosion ein Sporn aus Asphaltbeton in Vergussbauweise oder - wenn eine tiefere Verankerung erforderlich ist - eine Pfahlreihe bzw. eine Spundwand angeordnet werden.

#### **A.4.3.1.2 Deckwerke in Asphaltvergussbauweise**

Asphaltvergossene Steindeckwerke haben ein hohes Eigengewicht und eine Oberfläche mit größerer Rautiefe und sind deshalb im Bereich des Wellenaufbaus unbedingt zu bevorzugen. Auch vermindern sie wegen der glatten Oberfläche des Vergussmastix den Ansatz von Algen und einen Sandabrieb im Bereich des Wellenüberschlags. Deckwerke werden aus Steinschüttungen oder Steinsatz gefertigt. Im Allgemeinen werden Decken von etwa 500 kg/m<sup>2</sup> bis 1000 kg/m<sup>2</sup> Gewicht und mehr ausgeführt (siehe B.1.3.7).

Wasserbausteine nach DIN EN 13383-1 werden auf eine vorbereitete Unterlage, z.B. eine etwa 6 cm dicke unverdichtete Schicht aus Bitumensand geschüttet und gleichmäßig über die Fläche verteilt. Aufgrund der nach dem Schüttvorgang unregelmäßig verteilten Hohlräume sind Steinschüttungen mit Sorgfalt zu vergießen. Die Wasserbausteine müssen trocken sein, um einen guten Verbund zu erreichen. Der Verbrauch an Asphaltmastix liegt bei 100 bis 200 kg/m<sup>2</sup>. Der Hohlraumgehalt beträgt ca. 45 Vol.-% bei Schüttung im Trockenen und reduziert sich auf ca. 30 – 40 Vol.-% bei Nacharbeiten von Hand. Große Hohlräume sind vor dem Verguss mit Grobsplitt oder Schotter zu füllen.

Bei Steinsatz werden die Steine wegen der erwünschten Rauheit des Belages mit der Spitze nach oben dichtstehend gesetzt und etwa bis auf ein Drittel der Steinhöhe mit 100 kg/m<sup>2</sup> bis 150 kg/m<sup>2</sup> Asphaltmastix vergossen. Die Zusammensetzung der Vergussmasse richtet sich nach den Angaben in C.2.6.2.1. Als Unterlage dient z.B. eine etwa 6 cm dicke Schicht aus unverdichtetem Bitumensand. Diese Konstruktion hat eine hohe Lebensdauer und erfordert kaum Unterhaltung. Zudem wird der Wellenaufbau bei Sturmfluten optimal gebremst.

Ein Beispiel für ein Basaltsäulendeckwerk (EAK 1993, Empf. E, Abschn. 6, Bsp. 12) bei sehr schwerem Seegang ist das Dünenschutzwerk an der Westküste der Insel Sylt, eine der schwersten Konstruktionen dieser Art, die sich bis heute gegenüber allen Beanspruchungen bewährt hat.

#### **A.4.3.1.3 Deckwerke aus Mastixschotter**

Mastixschotter, auch offener Steinasphalt genannt, kann für durchlässige Deckwerke (z.B. Fußdeckwerke) als auch als Schutzschicht in geringer beanspruchten Bereichen z.B. Spritzschutz eingesetzt werden (siehe auch EAK 1993, Empf. E und EAK 2002, Empf. C und G). Sie sind sowohl für Seedeiche als auch für Tidestromdeiche geeignet und auf jeden Fall auf Filterschichten (siehe B.1.2.2) zu verlegen. Offene Fußdeckwerke ermöglichen eine gefahrlose Abführung von Wasser aus einem Deichkörper.

Mastixschotter eignet sich gut als durchwachsene und damit begrünte Schutzschicht im unteren Teil eines weniger starken Beanspruchungen ausgesetzten Außendeckwerks von Deichen mit Vorland. Ein Mastixschotterdeckwerk kann auch als obere Fortsetzung schwerer Asphaltbetondeckwerke an sandigen Küsten als Spritzschutz dienen.

Bei der Verstärkung des Vorlanddeiches Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog ist z.B. ein durchlässiges Fußdeckwerk aus Mastixschotter auf Bitumensand eingebaut worden (EAK 2002, Empf. G, Abschn. 6, Bsp.11).

#### **A.4.3.2 Fußsicherungen**

Der Fuß eines Böschungsdeckwerks ist so auszubilden, dass das Deckwerk im Bau- und Endzustand weder beschädigt werden noch ein Ausspülen am Böschungsfuß stattfinden kann. Außerdem ist seine Standfestigkeit gegen Abheben und Abrutschen als Ganzes zu gewährleisten.

Bei undurchlässiger Fußausbildung aus vergossenen Steinlagen (Dicken über 30 cm oder Vergussmengen über 250 kg/m<sup>2</sup>) auf undurchlässiger Unterlage muss die Flächenlast größer als ein möglicher Wasserinnendruck hinter dem Deichfuß sein.

Asphaltverguss nach B.1.3.7 hat sich bevorzugt für Deckwerke im Bereich des Fußes eines Seedeiches bewährt, und zwar im unteren Teil, je nach Einbauverfahren auch im Tidebereich. Dieser Deckwerksteil hat die Aufgabe, den Deichkörper bis etwa 1,5 m über MThw gegen den stetigen Tideeinfluss zu schützen. Er unterscheidet sich dadurch sowohl in funktioneller als auch in konstruktiver Hinsicht von den übrigen Teilen des Deckwerks eines Seedeiches.

Die Bauweisen der Fußausbildungen sind abhängig von der Neigung des Vorlandes und der Lage zum mittleren Hoch- und Niedrigwasser (Strandhöhe). Einige Beispiele für Fußausbildungen von Deckwerken in Asphaltbauweise sind in den EAK 1993, Empf. E, Abb. E 24 dargestellt.

Bei der *vertikalen Fußsicherung* besteht der untere Abschluss des Deckwerks aus einer Fußwand. Hierbei gelten die allgemeinen Konstruktionsprinzipien aus den EAK 1993 und 2002.

Die vertikale Fußsicherung hat folgende Funktionen:

- vorübergehende Sicherung bei plötzlicher Strandabnahme,
- Stützung des Deckwerks,
- klarer Ansatz des Deckwerks,
- Abgrenzung der Schäden auf Teilflächen,
- Schutz vor Seewasser während des Bauzustandes .

An den deutschen Küsten wurde im Allgemeinen eine vertikale Fußsicherung angewendet, während in den Niederlanden in den vergangenen vier Jahrzehnten bei stark beanspruchten Deckwerken meist der horizontalen Fußsicherung mit einer Vorlage der Vorzug gegeben wurde. Vielfach wird dort der Übergang vom Fußdeckwerk zur Vorlage als Berme ausgebildet. Kombinierte Lösungen unter Verwendung beider Bauweisen - senkrechte Fußwand und Vorlage - sind möglich und wurden, vor allem bei Vorliegen besonderer Bedingungen, ausgeführt – z.B. am Eiderdamm auch nachträglich (EAK 1993, Empf. E, Abschn. 6, Bsp. 3).

Bei der *horizontalen Fußsicherung* hat die im Allgemeinen ausgeführte Fußvorlage folgende Funktionen zu erfüllen:

- Schutz des Deckwerks vor Unterspülungen,
- Anpassung an die wechselnden Strandhöhen,
- Vermeidung von Längsströmungen vom Deckwerksfuß ,
- Verlängerung des Sickerwegs und Einfluss auf den Grundwasserstand und die sich daraus ergebenden Druckverhältnisse unter dem Deckwerk,
- Verringerung der Wellenhöhe und Einfluss auf den Wellenaufschlagpunkt (Bermenwirkung),
- Bildung eines festen Ansatzpunktes und Beitrag zur Abstützung des Deckwerks.

Verschiedene Bauweisen werden in den EAK 1993, Empf. E, Abb. E 24 e-h gezeigt. Die Breite der flexiblen Vorlage ist entsprechend den Gegebenheiten zu wählen ( EAK 1993, Empf. E, Abb. E 15).

Die Vorlage muss dem Wellenangriff und der Strömung durch ihr Eigengewicht widerstehen, um ein Abheben zu vermeiden. Die Dicke beträgt im Allgemeinen zwischen 15 und 30 cm.

Als Bauweisen sind bisher Matten aus Asphaltmastix und Schüttsteinlagen mit vollem Asphaltverguß eingesetzt worden, die meist auf geotextilen Filtern aufliegen (EAK 1993, Empf. E, Fußnote zu Abb. E 24). Wenn solche Vorlagen auf einem Strand eingebaut werden, bei dem sich durch Erosion unterschiedliche Höhen einstellen können, müssen die Vorlagen in allen Richtungen plastisch verformbar sein, um den Ausspülungen folgen zu können und keine Hohlräume entstehen zu lassen. Bewehrungen können dabei die erforderliche Verformbarkeit beeinträchtigen.

Wegen ihrer großen Flexibilität ist deshalb der gegossenen Asphaltmastixmatte ohne Bewehrung und ohne Filtertuch der Vorzug zu geben, da sie eine kurzfristige Anpassung an Ausspülungen zulässt, ohne dass Risse oder andere Schäden zu erkennen sind (Schönian, E. 1999, Foto 11.28). Eine laufende Überwachung und ggf. rechtzeitige Gegenmaßnahmen müssen gewährleisten, dass die Erosionen nicht so groß werden, dass sie die Asphaltmastixmatte beschädigen.

Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen kann auch eine *kombinierte Bauweise* mit Fußwand und Fußvorlage gewählt werden. Bei der kombinierten Bauweise ist die Oberkante der Fußwand zu überdecken (Abb. 11). Die Abstützung des Deckwerks kann bei Wahl einer Vorlage jedoch auch durch eine ausreichend breit bemessene Berme (gegebenenfalls mit flexiblen durchlässigen und dichten Teilabschnitten) erreicht werden (EAK 1993, Empf. E, Abb. E 24).

Ein weiteres Beispiel einer kombinierten Bauweise mit Abschluss durch eine Pfahlreihe ist in EAK 1993, Empf. E, Abschn. 6, Bsp. 3 beschrieben.

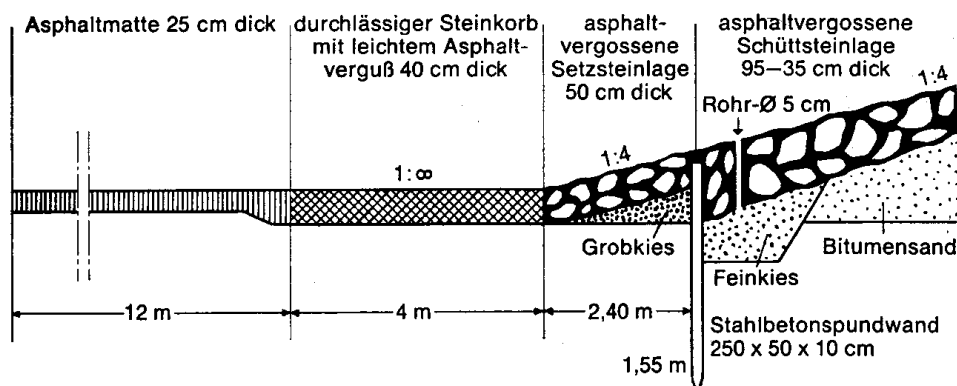


Abbildung 11: Deichfußausbildung z.B. Brouwersdamm, durchlässige und dichte Vorlage (Visser & Schönian 1979)



### **A.4.3.3 Besondere Hinweise zur Konstruktion und Ausführung**

#### **A.4.3.3.1 Deiche**

Eine seeseitige Berme oberhalb des Fußdeckwerks und damit deutlich höher als MThw kann auch mit einer Deckschicht aus Asphaltbeton hergestellt werden (EAK 1993, Empf. E, Abb. E 26).

Erfahrungsgemäß besteht bei einer Dicke von Asphaltbetondeckwerken unter 12 cm die Gefahr des Durchwuchses von Dünengräsern, Rhizomen oder anderer Pflanzen, wenn diese mit dem Kernmaterial eingebaut werden. Die Belagdicke sollte deshalb mindestens 15 cm betragen, um ein Durchwachsen zu vermeiden.

Der Belag der Binnenböschung wird mit einer Überlappung an den Kronenbelag angeschlossen (EAK 1993, Empf. E, Abb. E 25). Er erhält am Böschungsfuß eine Randverstärkung und - wenn nötig - eine Rinne (EAK 1993, Empf. E, Abschn. 6, Bsp. 3, Detail D).

Homogene Deiche mit Dichtung müssen entlüftet werden, um Luftpressungen unter dem Belag zu vermeiden (EAK 1993, Empf. E, Abschn. 6, Bsp. 7).

Die Neigung des Schutzwerkes richtet sich nach der Beanspruchung durch Wellen (siehe A.4.2.2). Sie sollte nicht steiler als 1:4 sein um eine möglichst geringe Erosionswirkung auf den Vorstrand auszuüben.

Einem möglichen Wasserüberdruck auf der Unterseite des Schutzbelags muss durch Anordnung einer durchlässigen Fußsicherung auf Filter begegnet werden.

Die Höhenlage der oberen Begrenzung des Schutzbelages aus Asphalt richtet sich nach der möglichen Wellenaufbauhöhe. Das obere Ende des Schutzwerkes muss mit Rücksicht auf eine mögliche Lee-Erosion gegen Unterspülung besonders gesichert werden. Es ist zweckmäßig, an der oberen Begrenzung des Schutzwerkes eine Berme von etwa 3 m Breite anzuordnen, die auch als Fahrstraße dienen kann. Oberhalb dieser Berme kann ein durchlässiges Mastixschotter-Deckwerk als Spritzschutz angelegt werden, das bei voller Begrünung naturverträglich ist und trotzdem bei Belastung seine Schutzfunktion erfüllt.

Auch aufgrund der schmirgelnden Wirkung des Sandes müssen die Beläge entsprechend bemessen werden und eine mörtelreiche Oberfläche haben.

### **A.4.3.3.2 Buhnen, Leitdämme und Flächensicherungen**

#### **A.4.3.3.2.1 Allgemeines**

Buhnen sollen uferparallele Tide- und Brandungsströmungen vom Ufer fernhalten. Ihre Aufgabe ist es, die Erosion am Strand zu verhindern oder zu verzögern. Die Brandungsenergie wird stärker abgebaut, wenn der Buhnenkopf breit angelegt ist.

Leitdämme werden dort angeordnet, wo Strömungen beeinflusst oder Hafeneinfahrten gesichert werden sollen.

Flächensicherungen als Sinkstückkonstruktionen mit asphaltvergossenem Steinbelag haben sich zur Sicherung des Fußes von Dünen-Schutzwerken bewährt. Auch in Seehäfen kann dadurch die Unterwasserfläche neben Schiffsanlegemauern zum Schutz gegen Angriffe durch den Schraubenstrahl größerer Schiffe beim An- und Ablegen geschützt werden.

#### **A.4.3.3.2.2 Buhnen**

In den Empfehlungen F der EAK 1993 werden Buhnen und Buhnensysteme ausführlich behandelt. In Tabelle F 1 sind die an der Nord- und Ostseeküste eingesetzten Asphaltbaustoffe aufgeführt für die reine Sohlensicherung, den Buhnenkern und die Buhnenabdeckung. Es sind dies durchlässige Mastixschottermatten, dichte Asphaltmastixbahnen, Bitumensand und Asphaltmastix. Die EAK 1993, Tabelle F 2 gibt eine Übersicht über die wichtigsten Einbauarten und die verwendeten Gerätesysteme, u.a. solche für Asphaltverguss und Bitumensand.

Seebuhnen in Asphaltbauweise werden aus Schüttsteinen oder Steinblöcken hergestellt, die durch Asphaltverguss miteinander verbunden werden. Der Asphaltverguss bewirkt einen Verbund der Steine und erhöht somit, je nach Vergussmenge, den Widerstand des Baukörpers gegen den Wellenangriff. Dabei kann das Einzelgewicht der Steine gegenüber dem bei nicht vergossenen Deckwerken verwendeten erheblich herabgesetzt werden.

Vor dem Asphaltverguss werden die Hohlräume mit Steinen entsprechender Größe verfüllt, um den Verbrauch an Asphaltmastix (bis zu 500 kg/m<sup>2</sup>) zu reduzieren und um sicher zu stellen, dass die Eingußmasse in der gewünschten Zone bleibt.

Der Verguss wird bei möglichst niedrigen Wasserständen (Niedrigwasser) und ruhiger See so weit wie möglich heruntergeführt, um den Bereich unterhalb des Ruhewasserspiegels zu erfassen. Dabei

kann die Eingussmasse noch bis zu etwa 1 bis 1,5 m unterhalb des Wasserstands in die Hohlräume eindringen.

Durch einen Asphaltverguss steigt die Lebensdauer einer Seebuhne und die Unterhaltungskosten sinken gegenüber herkömmlichen Bauweisen beträchtlich. Seebuhnen liegen in der Brandungszone und sind dort starkem Wellenangriff ausgesetzt. Der Asphaltverguss verhindert die Bewegung der Einzelblöcke und deren Verlagerung. Sandschliff greift Asphaltvergussmassen nach bisherigen Erfahrungen nicht an. Bei Sackungen oder Setzungen passt sich der plastisch verformbare Asphaltverguss den Sackstellen besser an als ein Betonverguss. Einzelheiten des Vergusses mit Asphalt können den EAK 1993, Empf. E, Abschn. 3.1.3 entnommen werden.

#### A.4.3.3.2.3 Leitdämme

Im Vergleich zu den Buhnen gelten für Leitdämme andere Bedingungen, weil die Leitdämme meist durch tieferes Wasser führen. Ihre Krone liegt im Allgemeinen wesentlich höher als bei Seebuhnen, so dass hierdurch größere Brandungskräfte auftreten.

Wird ein Leit- oder Trenndamm in einer exponierten Lage hergestellt, in der ungebundenes Kernmaterial bei starkem Wellenangriff fortgetragen werden könnte, so kann auf einer Schüttsteinlage mit Steinen von ausreichendem Gewicht ein Kern aus magerem Bitumensand bzw. zur Materialersparnis auch mit größerem Gestein versetzt, aufgebaut werden (Abb. 12). Dieser Kern ist mit einem schützenden Deckwerk (Steinschüttung mit Asphaltverguss oder Mastixschotter) gegen den direkten Wellenangriff abzudecken.

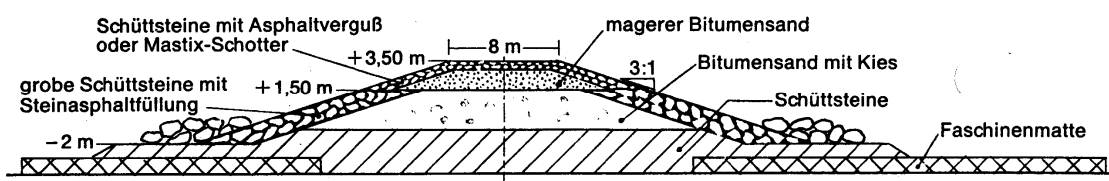


Abbildung 12: Trenndamm Hoek van Holland, Niederlande, 1971: Deichkern aus Bitumensand (Visser & Schönian 1979)

#### **A.4.3.3.2.4 Flächensicherungen**

Flächensicherungen gegen Erosion können bis in Tiefen von ca. 20 m durchgeführt werden. Im Tidebereich wird der Asphaltverguss der Flächensicherung über Wasser durchgeführt, ansonsten aber als Unterwassereinguss. Es wurden Steinschüttungen bis 1000 kg/m<sup>2</sup> mit Asphalteinguss von 500 bis 600 kg/m<sup>2</sup> ausgeführt, desgleichen durchlässige Asphaltmatten aus Mastixschotter auf Kunststoffgewebe (Schönian, E. 1999).

### **A.5 Schrifttum**

Balzereit, U., Quirin, T. (1998): Der Bau des Staudammes Hatta mit Asphaltinnendichtung im Emirat Dubai (V.A.E). Teerbau-Veröffentlichung Nr. 44, S. 124-134.

BAW Bundesanstalt für Wasserbau (1989): Merkblatt zur Anwendung von Kornfiltern an Wasserstraßen (MAK), Karlsruhe.

BAW Bundesanstalt für Wasserbau (1990): Merkblatt Anwendung von hydraulisch- und bitumengebundenen Stoffen zum Verguss von Wasserbausteinen an Wasserstraßen (MAV), Karlsruhe.

BAW Bundesanstalt für Wasserbau (1993): Merkblatt Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlsicherung an Wasserstraßen (MAR), Karlsruhe.

BAW Bundesanstalt für Wasserbau (1993): Merkblatt zur Anwendung von geotextilen Filtern an Wasserstraßen (MAG), Karlsruhe.

BAW Bundesanstalt für Wasserbau (2004): Grundlagen der Bemessung von Böschungs- und Sohlsicherung (GBB), Mtlg. Nr 87, Karlsruhe.

DIN EN 13383-1: Wasserbausteine - Teil 1: Anforderungen. Beuth Verlag, Berlin.

DVWK Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (1992): Asphalt dichtungen für Talsperren und Speicherbecken. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 223/1992. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

DVWK Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (1992): Asphalt dichtungen für Talsperren und Speicherbecken. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 223/1992. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

EAK Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.) (1993): Die Küste. Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee. EAK 1993 Empfehlungen für Küstenschutzwerke. Ausschuss für Küstenschutzwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik DGGT/ Hafentechnischen Gesellschaft HTG. Heft 55, Verlag Boyens & Co, Heide i. Holstein.

EAK Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.) (2002): Die Küste. Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee. EAK 2002 Empfehlungen für Küstenschutzwerke. Ausschuss für Küstenschutzwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik DGGT / Hafentechnischen Gesellschaft HTG. Heft 65, Verlag Boyens & Co, Heide i. Holstein.

Führböter, A. (1991): Wellenbelastung von Deich- und Deckwerksböschungen. Jahrbuch der Hafentechnischen Gesellschaft, Band 46, S. 225–282, Schifffahrts-Verlag Hansa, Hamburg.

Führböter, A., Sparboom, U. (1988): Full-scale wave attack of uniformly sloping sea dykes. Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Conference on Coastal Engineering, Malaga, Spain, Vol 3, pp. 2174 – 2188 , ASCE, New York.

Geiseler, W.-D, Haug, W., Steffen, H., Strobel, T. (1992): Kerndichtungen aus Asphaltbeton für Erd- und Steinschüttdämme. Bericht der Versuchsanstalt Oberrach und des Lehrstuhls für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft der Technischen Universität München, Heft Nr. 72.

Grüne, J. (1988): Wave-induced shock pressures under real sea state conditions. Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Conference on Coastal Engineering, Malaga, Spain, Vol 3, pp. 2340 - 2354, ASCE, New York.

Grüne, J. (1992): Loads on sloping seadykes and revetments from wave-induced shock pressures. Proceedings of the 23<sup>rd</sup> International Conference on Coastal Engineering, Venice, Italy, pp. 1175 – 1188, ASCE, New York.

Herpen van, J.A. (1998): Bituminous revetments. In: Dikes and Revetments - Design, Maintenance and Safety Assessment. Ed.: Pilarczyk, K.W. , pp. 249 – 288, Balkema, Rotterdam.

Schönian, E. (1999): The Shell Bitumen Hydraulic Engineering Handbook. Shell International Petroleum Company Ltd., London (456 Seiten und CD-ROM); zu beziehen über Shell Oil Deutschland GmbH, Hamburg.

Sparboom, U. (1991): Full-scale investigations on wave loadings of sea dyke structures. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Mombasa, Kenya, Vol I, pp. 360 – 374, COPEDEC.

Strabag Bau Ag (1989): Asphalt-Wasserbau. Asphaltbeton-Kerndichtungen für Erd- und Felsschüttdämme. Strabag Schriftenreihe Nr. 45.

Strabag Bau Ag (2002): Asphaltwasserbau – Speicherbecken Verfahrenstechniken für Asphaltaußendichtungen, Rückblick auf ausgeführte Projekte. Strabag Schriftenreihe Nr. 51.

Technical Advisory Committee on Waterdefences (TAW) (1985): The use of asphalt in Hydraulic Engineering. Communications No. 37, Rijkswaterstaat, Den Haag, Niederlande.

Visser, W., Schönian, E. (1979): Die Bedeutung moderner Asphaltbauweisen für den holländischen Küstenschutz. Bitumen 41, Heft 2, S. 40 – 47.

## **B Bauelemente und Bauausführung**

### **B1 Asphaltaußendichtungen und Asphaltdeckwerke**

#### **B.1.1 Allgemeines**

Asphaltbauweisen im Wasserbau bestehen in der Regel aus mehreren Asphaltsschichten, die gemeinsam mit meist ungebundenen mineralischen Systemkomponenten erst in ihrer Gesamtheit die funktionelle Wirksamkeit der Konstruktion gewährleisten. Dies bedeutet, dass der gesamte Aufbau unter Wahrung der Wasserdichtigkeit ausreichend verformbar und standsicher ausgeführt werden muss. Näheres zu Untersuchungen der Standfestigkeit und Flexibilität siehe Teil D Prüfungen.

Diese einzelnen Komponenten werden nachstehend als Bauelemente erläutert. Es werden Hinweise zur Bauausführung gegeben und hinsichtlich der dafür geeigneten Baustoffe und Baustoffgemische auf die zutreffenden Punkte im Teil C verwiesen.

#### **B.1.2 Unterbau**

##### **B.1.2.1 Allgemeines**

Der Unterbau bildet die plangerechte Unterlage für Bauelemente aus Asphalt.

Die Herstellung der Asphaltsschichten setzt voraus, dass der Unterbau ausreichend standfest, tragfähig, profil-, höhengerecht und eben ist. Ziel muss immer die Einhaltung der vorgegebenen Höhen an der Oberkante der Dichtungsschicht sein.

Der Unterbau muss sowohl für die Bauausführung als auch für den späteren Betrieb standsicher sein.

Die Herstellung des Unterbaus erfolgt mit den im Erdbau üblichen Technologien und Geräten.

Der Unterbau muss zum Aufbringen der weiteren Schichten eine ausreichende Tragfähigkeit besitzen. Ein Verformungsmodul  $E_{V2} \geq 30 \text{ MN/m}^2$  ( $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,5$ ) ist anzustreben. Ersatzweise kann auch der Verdichtungsgrad in Verbindung mit anderen bodenmechanischen Kennwerten des Mate-

rials als Kriterium herangezogen werden. Gegebenenfalls sind Maßnahmen zur Verbesserung der Tragfähigkeit erforderlich.

Spezielle Vorkehrungen sind bei auftretendem Grund- oder Schichtenwasser zu treffen.

Ist der vorhandene Untergrund geeignet, kann auch dieser als Unterbau verwendet werden.

### **B.1.2.2 Filterschichten**

Zur Vermeidung von Kornumlagerungen bzw. Kornaustrag, z. B. aus dem Unterbau, kann es erforderlich werden, kornabgestufte Filterschichten nach den üblichen wasserbaulichen Regeln anzuordnen.

Bei der Anwendung von Asphaltbauweisen im Küstenschutz sind Filter unter so genannten offenen Deckwerken besonders wichtig. Filterschichten müssen einerseits ein ausreichendes Bodenrückhaltevermögen und gleichzeitig eine gute Wasserdurchlässigkeit aufweisen.

Zu unterscheiden sind:

- ungebundene Kornfilter
- gebundene Kornfilter und
- geotextile Filter.

Ungebundene und gebundene Kornfilter können auch mit Dränschichten kombiniert werden bzw. eine Dränfunktion übernehmen.

Die Wasserdurchlässigkeit muss so ausreichend sein, dass auch bei plötzlichem Abfall des äußeren Wasserspiegels kein schädlicher Wasserdruck auf die darüber liegende Asphaltsschicht entstehen kann.

#### **B.1.2.2.1 Ungebundene Kornfilter**

Ungebundene Kornfilter werden ein- oder mehrlagig aus klassifizierten Gesteinskörnungen eingebaut.

Für die Dimensionierung von mineralischen Filterschichten (ungebundene Kornfilter) stehen einschlägige Richtlinien und Vorschriften zur Verfügung (BAW 1989).

Der Einbau von mineralischen Filterschichten erfolgt je nach den geometrischen Verhältnissen und der Art der Materialien mit Raupen, Gradern, Fertigern, Baggern o.ä.



Gegebenenfalls können mineralische Filterschichten gleichzeitig zur Verbesserung der Tragfähigkeit und Ebenheit des Unterbaus genutzt werden.

Ungebundene Kornfilter können auch mit geotextilen Filtern kombiniert werden.

(Weitere Hinweise siehe EAK 1993, Empf. E. Abschn. 2.3.3)

#### **B.1.2.2.2 Gebundene Kornfilter**

Gebundene Kornfilter bestehen meist aus bitumengebundenen, seltener aus hydraulisch gebundenen mineralischen Materialien (siehe C.2.6.2.2 bzw. EAK 1993, Empf. E, Abschn. 2.3.3).

Da in gebundenen Kornfiltern keine Kornumlagerung und Erosion stattfinden kann, ist eine Bemessung nur gegenüber dem zu schützenden Unterbau erforderlich. Daraus ergeben sich in der Regel einfache meist einlagige Filterkonstruktionen.

Möglich sind auch gebundene Kornfilter aus Bitumensand. Untersuchungen der BAW, Karlsruhe (BAW, 1976) belegen die Eignung von Bitumensanden als langzeitbeständige Filterlage, z. B. unter hochbeanspruchten Uferdeckwerken und auf erosionsgefährdetem, feinkörnigem Boden. Deckschüttungen auf Bitumensand können beliebig grobkörnig sein, weil aufgrund der adhäsiven Bindung die Filterregeln gegen austretendes Wasser hier nicht relevant sind.

Die oben genannten Aussagen werden durch jahrzehntelange Erfahrungen mit Bitumensandfiltern in Küstenschutzbauwerken der Niederlande bestätigt.

Bitumensande aus gleichförmigen Mittelsand ( $D_{15} = 0,22 \text{ mm}$ ,  $D_{50} = 0,3 \text{ mm}$ ,  $U = 15$ ) gebunden mit 3,2 M.-% Bitumen wies noch eine Wasserdurchlässigkeit von  $4,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  auf ( $k_F$ -Wert des reinen Sandes  $4,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ ). Bitumensand kann auch bei Verarbeitungstemperaturen von  $100 - 130^\circ\text{C}$  unter Wasser homogen eingebaut werden. Vorteilhaft ist dabei die noch anfänglich vorhandene Fließfähigkeit des Bitumensandes, die ein Ausbreiten ohne verbleibende Hohlräume bzw. das Verfüllen größerer Hohlräume sowie einen guten Anschluss an angrenzende Bauelemente ermöglicht.

Infolge des sehr dünnen Bitumenfilmes um die einzelnen Gesteinskörner der gebundenen Filter härtet dieser zwar schneller aus, aber gleichzeitig erhöht sich die Viskosität und damit auch der Widerstand gegen Erosion. Da in diesem Zeitraum auch eventuelle Untergrundsetzungen meist abgeklungen sind, ergeben sich daraus keine negativen Folgen.

### **B.1.2.2.3 Geotextile Filter**

Geotextile Filter haben in den letzten Jahren weite Verbreitung gefunden und repräsentieren in vielen Anwendungsfällen den Stand der Technik.

Zum Einsatz kommen Geotextilien mit definierten Öffnungsweiten als Gewebe, Gewirke, Gestricke und mechanisch, chemisch oder thermisch verfestigte Vliese aus Polypropylen oder Polyethylenfasern.

Mechanisch verfestigte Vliese mit unterschiedlichen Porenweiten und Flächenmassen werden in der Mehrzahl der Fälle angewandt. Für die Dimensionierung von geotextilen Filtern stehen entsprechende Richtlinien zur Verfügung. Materialart und Schichtdicke geotextiler Filter sind auf Boden und Deckschicht abzustimmen (BAW 1993).

Geotextile Filter müssen gegen kurzzeitige Temperatureinwirkungen bis etwa 180 °C beständig sein, wenn sie mit heißem Asphaltmischgut in Berührung kommen, andernfalls sind mineralische Zwischenschichten ("Kombinationsfilter") erforderlich.

Vliesstoffe sind als Filter auf allen Böden verwendbar. Je nach Anwendungsbereich kommen sowohl einschichtige als auch mehrschichtige Vliesstoffe in Betracht.

Zum Einsatz kommen auch Verbundgeotextilien (z. B. Gewebe oder Geogitter im Verbund mit Vlies). Diese übernehmen die Filterfunktion und können auch als Bewehrungselement dienen.

### **B.1.2.3 Trag-, und Ausgleichsschichten**

Als Tragschichten können sowohl bitumengebundene mineralische Materialien als auch ungebundene mineralische Materialien zur Anwendung kommen.

Sie können direkt als Unterlage und Walzwiderlager für Deckwerke und Dichtungen in Asphaltbauweise wirken. Bitumengebundene Tragschichten können auch als Ausgleichsschichten dienen.

Für Asphalttragschichten oder ungebundene Tragschichten können Materialzusammensetzungen des Straßenbaues gewählt werden.

Ausgleichsschichten haben die Aufgabe, die Ebenflächigkeit zwischen dem Unterbau bzw. ungebundenen Trag-, Drän- und Filterschichten und Dichtungen/Deckwerken zu verbessern.

Als Ausgleichs- und Tragschicht im Küstenschutz wird wegen seiner Wirtschaftlichkeit unter Deckwerken vorzugsweise Bitumensand eingesetzt (siehe EAK 1993, Empf. E, Abschn. 2.3.3).

Der Einbau von ungebundenen Tragschichten kann mittels Raupe, Grader, Fertiger o. a. erfolgen. Gebundene Trag- und Ausgleichsschichten sollten nur mit Fertiger eingebaut werden. Die Verdichtung erfolgt üblicherweise mit Vibrationswalzen.

#### **B.1.2.4 Dränschichten**

Dränschichten können aus bitumengebundenen oder ungebundenen Mineralstoffen bestehen.

Die Kornabstufung von bitumengebundenen Dränschichten kann so gewählt werden, dass sie als Filterschichten gegebenenfalls auch in Kombination mit weiteren Filterlagen dienen können. Gebundene Dränschichten sind erosionsbeständig.

Angaben zu den Baustoffen und Baustoffgemischen enthält C.2.3. Der Hohlraumgehalt der Asphalttränschichten soll in eingebautem Zustand ca. 15 – 25 Vol.-% betragen.

Der Einbau von Dränschichten erfolgt i. d. R. einlagig mit Fertiger und Walzen.

Der Einbau von bitumengebundenen Dränschichten kann auch bei leichtem Niederschlag erfolgen, da die offene Struktur dieser Schichten ein Entweichen der Feuchtigkeit erlaubt.

Eine Dränfunktion kann auch von ungebundenen Kornfiltern übernommen werden (siehe B.1.2.2).

#### **B.1.3 Oberbau**

##### **B.1.3.1 Allgemeines**

Der Oberbau kann aus Asphaltbinder-, Asphaltdrän-, Asphalt dichtungs- und Asphalt schutzschichten sowie Oberflächenversiegelungen bestehen. Als Unterlage gilt der Bereich unter der jeweils herzustellenden Schicht bzw. Lage. Falls erforderlich ist die Unterlage vor dem Einbau der nächsten Schicht von Schmutz und losen Bestandteilen zu reinigen. Vor dem Einbau von Asphalt gemischen ist die Unterlage mit einem Bindemittel anzusprühen, wenn dies zum Verbund der Schichten erforderlich ist. Gefräste Unterlagen sind stets anzusprühen.

Art und Menge des aufzusprühenden Bindemittels gem. TL Bitumenemulsionen 2007 (insbes. Bitumenemulsionen für den Schichtenverbund) sind so festzulegen, dass eine ausreichende Haftung erreicht wird, ohne dass eine Gleitschicht entsteht (max. 0,3 kg/m<sup>2</sup>).

Das Ansprühen hat so zu erfolgen, dass eine gleichmäßige Verteilung der Bindemittelmenge erreicht wird, ohne dass ein geschlossener Bindemittelfilm entsteht. Lösemittelhaltige Bitumenemulsionen (Haftkleber) dürfen nicht mehr verwendet werden. Die Bitumenemulsionen müssen gebrochen und das Wasser muss verdunstet sein, bevor die nächste Schicht eingebaut wird.

Zum Ansprühen der Unterlage siehe auch DIN 18317, Pkt. 4.2.1.

Außendichtungen aus Asphalt bestehen aus einer oder zwei Dichtungsschichten. Solche Dichtungsschichten können auch durch Dränschichten (siehe B.1.3.3) getrennt sein.

In Tabelle 4 sind die bewährten Bauweisen zusammengestellt.

Tabelle 4: Bewährte Bauweisen für Dichtungen aus Asphalt

	<b>Einschichtige Dichtung :</b>	<b>Zweischichtige (kontrollierte) Dichtung</b>
Oberflächenversiegelung	$\geq 3 \text{ kg/m}^2$	$\geq 3 \text{ kg/m}^2$
Asphaltdichtungsschicht (einlagig) (0/11 mm, 0/16 mm)	$\geq 6,0 \text{ cm}$	$\geq 6,0 \text{ cm}$
Asphaltdränschicht (einlagig) 0/16 bis 0/22 mm		$\geq 8 \text{ cm}$
Asphaltdichtungsschicht (einlagig) (0/11 mm, 0/16 mm)		$\geq 6,0 \text{ cm}$
Asphaltbinderschicht (i. d. R. einlagig)	$\geq 7,0 \text{ cm}$	$\geq 7,0 \text{ cm}$
Anmerkung	Unter bestimmten Voraussetzungen kann auch eine Asphaltdränschicht an Stelle der Binderschicht gewählt werden	

Details über Sieblinien und Hohlraumgehalte sind in Teil C wiedergegeben. Anforderungen hinsichtlich der Einhaltung der Schichtdicken und Toleranzen sind in Teil D aufgeführt.

### **B.1.3.2 Binderschichten**

Binderschichten gleichen Unebenheiten der ungebundene Schichten aus und dienen als feste Unterlage für den Einbau und die Verdichtung der darüberliegenden Schichten. Für Binderschichten werden i. d. R. Asphaltgemische nach C.2.2, verwendet.

### **B.1.3.3 Dränschichten**

Dränschichten im Oberbau werden als Entwässerungselement zwischen der oberen und der unteren Dichtungsschicht einer kontrollierten Dichtung eingesetzt. Für Asphaltdränschichten werden i. d. R. Asphaltgemische nach C.2.3, verwendet.

### **B.1.3.4 Dichtungsschichten**

Dichtungsschichten liegen auf der Wasserseite des zu dichtenden Bauwerkes bzw. Bauelements. Sie sind in der Regel sichtbar und übernehmen fast immer neben der Dichtungsfunktion auch die Funktion des Deckwerks. Sie sind dicht, wenn der Hohlraumgehalt  $\leq 3,0$  Vol.-% in der fertigen Schicht beträgt.

Die Verformbarkeit einer Asphaltaußendichtung muss mögliche Setzungen des Untergrundes schadlos aufnehmen können. Angaben zur Verformbarkeit finden sich in D.6.5. Untergrundverhältnisse, die abrupte Setzungsveränderungen erwarten lassen, also zum Beispiel Felskanten bei Verwerfungen oder Klüften, sind vor Einbau der Dichtung so zu bearbeiten (z. B. Kanten brechen), dass möglichst gleichmäßige Setzungen zu erwarten sind. Auch eine Verstärkung der darunter liegenden Tragschicht ohne Bindemittel kann zur besseren Druckverteilung beitragen.

### **B.1.3.5 Schutzschichten**

Schutzschichten werden dort angewandt, wo außergewöhnliche mechanische Belastungen die Dichtungsschicht beschädigen können.

Schutzschichten oder Schutzbeläge können je nach Erfordernis dicht oder durchlässig hergestellt werden. Für dichte Schutzschichten gelten sinngemäß die Ausführung zu B.1.3.4 Dichtungsschichten und für durchlässige Schichten die Hinweise zu B.1.3.3 Dränschichten und B.1.3.7 Deckwerke. Bezüglich von Schutzbelägen im Küstenschutz siehe A.4.3.1.

### **B.1.3.6 Oberflächenversiegelungen**

Oberflächenversiegelungen dienen zum Schutz von Asphaltichtungsschichten gegen Versprödung des Bindemittels im oberen Bereich der Schicht und gegebenenfalls zum Glätten und Schließen von Oberflächenrauheiten.

Oberflächenversiegelungen haben keine Dichtungsfunktion.

Versiegelungen werden durch Auftragen von bitumenreichem Versiegelungsmastix im Heiß- oder Kaltverfahren (Emulsionen) hergestellt. Die Einbautemperatur des Heißmastix liegt zwischen 190 °C und 230 °C. Die Zusammensetzung des Heißmastix ist gemäß C.1.2.4 zu wählen.

Bitumenreicher Versiegelungsmastix wird mit einem Einbaugewicht von mind. 3 kg/m<sup>2</sup> möglichst zweilagig eingebaut.

Im Küstenschutz kann wegen der größeren Einbaustärken von Asphaltdeckwerken auf eine Oberflächenversiegelung verzichtet werden. Die Gemische müssen jedoch auf den dazu erforderlichen Hohlraumgehalt verdichtet werden und auch das grobe Korn muss gut in Mörtel eingebettet sein.

### **B.1.3.7 Deckwerke**

Deckwerke können durchlässig oder undurchlässig hergestellt werden.

Sie werden zur Sicherung von Böschungen bei Wasserstraßen, Kanälen und im Küstenschutz (siehe A.2.1.2, A.2.1.3 u. A.4.3.1) eingesetzt. Durchlässige Deckwerke liegen i. d. R. auf bitumengebundenen oder ungebundenen mineralischen oder geotextilen Filterschichten.

Je nach Einbaumöglichkeit (Einbau im Trockenen oder unter Wasser) sowie der Art der Ausbildung sind folgende Bauweisen möglich:

- Für den Einbau im Trockenen:

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| a) Steinverklammerung | siehe auch A.2.1.2.2 |
| b) Mastixschotter     | siehe auch A.4.3.1.3 |

- Für den Einbau unter Wasser:

- |                                    |                      |
|------------------------------------|----------------------|
| c) vorgefertigte Deckwerkselemente | siehe auch A.2.1.2.3 |
|------------------------------------|----------------------|

Deckwerke mit Steinverklammerungen werden aus Steinschüttungen (500 bis 1000 kg/m<sup>2</sup>) und einem Asphaltmastixverguss (100 bis 200 kg/m<sup>2</sup>) hergestellt. In Wasserstraßen ist im Übergang zu losen Deckwerken die Vergussstoffmenge auf einem Übergangsbereich von mindestens 10 m stufenweise zu reduzieren.

Alternativ zur Steinschüttung kann auch ein Steinsatz zum Einsatz kommen. Dieser bedarf 100 bis 150 kg/m<sup>2</sup> Asphaltmastixverguss.

Deckwerke aus Mastixschotter sind so zusammzusetzen, dass die erforderliche Verdichtung möglich ist. Zwei Lagen müssen in sauberem Zustand verbunden werden. Um den Zusammenhalt der Lagen sicherzustellen, muss auf der unteren Lage gegebenenfalls ein bitumenhaltiges Bindemittel als Haftgrund aufgebracht werden. Mastixschotter sollte nicht mit dem Fertiger eingebaut, sondern nur mit der Baggerschaufel profiliert und angedrückt werden.

#### **B.1.3.8 Sporne und Herdmauern**

Sporne und Herdmauern sind Verbindungselemente zwischen der Dichtung und dem Untergrund. Sie sind der Randabschluss von Dichtungskomponenten in Asphaltbauweise. Sie schützen den Böschungsfuß vor Erosion und Unterspülungen (Fußsicherung).

Sporne werden überwiegend im Küstenschutz verwendet.

#### **B.1.3.9 Bauausführung**

Beim Herstellen der Schichten müssen die zusammengehörenden Arbeitsgänge aufeinander abgestimmt und zügig durchgeführt werden. Dazu sind die Leistungen und die Anzahl der hierfür erforderlichen Geräte entsprechend aufeinander abzustimmen.

Zwischen allen Asphaltsschichten muss ein ausreichender Schichtenverbund erreicht werden. Aufeinanderfolgende Lagen sind um die halbe Fertigerbreite, mindestens aber um 50 cm zu versetzen.

Das Asphaltmischgut ist generell mit einem Fertiger einzubauen. Handeinbau sollte so weit wie möglich vermieden werden und sich auf Flächen beschränken, die mit dem Fertiger nicht abgedeckt werden können.

Für den maschinellen Einbau kommen zwei Einbaumethoden zur Anwendung und zwar der Vertikaleinbau und der Horizontaleinbau.

##### Vertikaleinbau

Mit diesem Verfahren wird das Asphaltmischgut der einzelnen Schichten an steilen Böschungen von Staudämmen und Speicherbecken, hin und wieder auch bei Kanälen, in 2,50 m bis 6,00 m breiten Bahnen in Richtung der Falllinien vom Böschungsfuß zur Dammkrone eingebaut. Der Böschungsfertiger und die Walzen werden von Spezialwindwerken auf der

Kronenstraße gezogen; die Beschickung des Fertigers mit Asphaltmischgut erfolgt mit Zubringerwagen von der Krone aus.

#### Horizontaleinbau

Dieses Verfahren kann zur Herstellung von Asphalt dichtungen auf langgestreckten Dämmen, deren Böschungen nicht allzu lang und nicht steiler als 1:1,8 sind, angewendet werden. Ein sich auf der Dammkrone bewegendes Windenwagen, i. d. R. ein Raupenfahrzeug, hält den parallel zu Höhenschichtlinien einbauenden Spezialfertiger. Die Einbaubreite liegt wie beim Vertikaleinbau zwischen 2,50 m und 6,00 m. Die Walzen werden auch bei diesem Verfahren von auf der Kronenstraße operierenden Windenwagen gezogen. Es wird in Richtung der Falllinie gewalzt. Der Fertiger wird in der Böschung mit Radladern beschickt, die das Asphaltmischgut i. d. R. aus Zwischensilos, die am Böschungsfuß positioniert sind, entnehmen.

Eine Variante des horizontalen Einbauverfahrens ist der Einbau mittels Brückenfertiger. Dieser läuft auf zwei Raupenfahrwerken und kann mit einer beheizten Vibrationsbohle, die aus einzelnen Segmenten bestehen kann, nahtlos bis zu 30 m breite Bahnen einschließlich der Abrundungen an der Krone und am Böschungsfuß einbauen. Bei bis zu 60 m langen Böschungen wird in zwei Bahnen eingebaut. Die Asphaltmischgutzufuhr erfolgt über ein Aufgabesilo und eine Kratzerkette vor der Bohle. Gewalzt wird wie bei den beiden anderen Methoden in Richtung der Falllinien.

Die Temperatur des Asphaltmischgutes darf bei der Übergabe an den Fertiger den Mindestwert von 150 °C nicht unterschreiten. Art, Gewicht und Anzahl der Walzen sind auf die Einbauleistung, Vorverdichtung, Schichtdicke, Asphaltmischgutart sowie auf Witterung, Jahreszeit und örtliche Verhältnisse abzustimmen.

Die Walzen sind so einzusetzen, dass hierdurch keine bleibenden Eindrücke, Unebenheiten oder Risse entstehen. Der Walzvorgang soll bei einer Asphalttemperatur von 110°C abgeschlossen sein.

Die Schicht muss auch an Rändern und Nähten gleichmäßige Verdichtung und Beschaffenheit der Oberfläche aufweisen.



Beim Einbau in Bahnen ist an den Längsnähten durch geeignete Maßnahmen ein gleichmäßiger und dichter Anschluss sicherzustellen. Ein Abflachen der Bahnränder ist dazu erforderlich. Wenn bei Asphaltichtungsschichten nicht heiß an warm eingebaut wird, ist der Nahtbereich mit Infrarot-Heizleisten nachzuheizen und gezielt zu verdichten, damit eine einwandfreie Verbindung zwischen beiden Bahnen sichergestellt wird. Ein gleiches Vorgehen ist bei Quernähten vorzusehen. Heiß an warm ist hierbei so zu verstehen, dass der Asphalt der vorangegangenen Bahn noch nicht unter 80° C abgekühlt ist.

Die kalte Nahtflanke kann auch vor Einbau der nächsten Bahn mit Infrarotstrahlern vorgewärmt und/oder mit Bitumenemulsionen oder mit Heißbitumen angestrichen oder angespritzt werden.

Dichtungsschichten dürfen nur bei trockener Witterung auf sauberer und trockener sowie schnee- und eisfreier Unterlage und bei Lufttemperaturen nicht unter +3°C eingebaut werden. Maschinelle Fertigungsgruppen gewährleisten eine gleichmäßige Verteilung und Verdichtung. Handeinbau muss die Ausnahme sein. Diese Forderung ist schon planungsseitig zu berücksichtigen.

Die Oberflächenversiegelung gemäß C.2.4 darf nur auf trockener und sauberer Unterlage eingebaut werden, ggf. ist ein vorheriges Anspritzen der Unterlage mit Bitumenemulsion in Abhängigkeit von ihrer Beschaffenheit erforderlich. Anstelle dieser Oberflächenversiegelung kann auch ein lieferfertiger Kaltmastix aufgespritzt werden.

Die Versiegelung ist so herzustellen, dass ihre Beschaffenheit möglichst gleichmäßig ist.

## **B.2 Asphaltinnendichtungen**

Für Asphaltinnendichtungen werden Asphaltbetone (siehe C.2.5) verwendet. Im eingebauten Zustand darf der Hohlraumgehalt der Innendichtung 3,0 Vol.-% nicht überschreiten.

Je nach angrenzenden Dammschüttmaterialien werden die Asphaltinnendichtungen beidseitig durch ungebundene Filter- oder Dränschichten komplettiert (Übergangszonen).

Innendichtungen aus Asphalt werden meist zusammen mit den Übergangszonen in Lagen von 15 bis 25 cm Dicke und einer Breite von mindestens 50 cm mit Aufweitungen am Dammfuß und an den Flanken mit speziellen Fertigmern eingebaut und mit Walzen verdichtet.

Auf einen ausreichenden Mörtelspiegel (Bitumen-Füller-Gehalt) an der Oberfläche jeder Lage ist zu achten, um einen dichten Verbund der Lagen zu gewährleisten.

Handeinbau ist möglichst zu vermeiden. Anschlüsse an Bauwerke, Talflanken und der Fußbereich sind verbreitert auszuführen und im Handeinbau zugelassen.

Die Dammschüttung auf beiden Seiten der Kerndichtung sollte in etwa immer auf gleicher Höhe sein, um unsymmetrische Belastungen des Kerns zu vermeiden.

Da die der Witterung ausgesetzte Oberfläche einer Einbaulage relativ klein ist und durch die Dicke einer Einbaulage eine hohe Wärmespeicherkapazität gegeben ist, ist der Einbau einer Asphalttinnendichtung auch bei feuchter Witterung und Temperaturen bis +1 °C möglich. Die Einbauarbeiten können bereits kurz nach dem Ende von Regenfällen fortgeführt werden.

### **B.3      Anschlüsse von Asphalt dichtungen an Kunstbauwerke**

#### **B.3.1    Allgemeines**

Die Anschlüsse von Asphalt dichtungen an Kunstbauwerke wie z.B. Einlaufbauwerke, Hochwasserentlastungen, Entnahme- und Einlaufbauwerke, Kontrollgänge oder Herdmauern aus Beton, Stahlspundwände, sonstige Bauteile wie Schlitz- und Schmalwände, etc. sind mit besonderer Sorgfalt bei Planung und Ausführung zu behandeln. Die Wasserdichtigkeit des Gesamtbauwerkes muss hier durch die Ausbildung von dichten Anschlusskonstruktionen hergestellt werden.

Die Konstruktion von Anschlüssen ist so auszulegen, dass der maschinelle Einbau des Asphaltmaterials möglichst nahe an die Anschlussstelle herangezogen werden kann, um Handeinbau weitestgehend zu vermeiden.

Die Dichtigkeit des Anschlusses muss der Dichtigkeit der anzuschließenden Asphalt dichtung entsprechen. Um dies zu gewährleisten ist i. d. R. eine im Querschnitt keilförmige Verdickung der Dichtungsschicht erforderlich, um die Anschlussflächen zu vergrößern und den Sickerweg zu verlängern.

Die Anschlüsse sind in Konstruktion und Material so flexibel auszubilden, dass sie Relativbewegungen zwischen Bauwerk und Dichtung aufgrund von Setzungsunterschieden, Bauwerksverformungen und Schwingungen schadlos aufnehmen können.

Die Hinterfüllung von Bauwerken ist besonders sorgfältig zu verdichten. In besonderen Fällen kann auch eine Füllung der Baugrubenzwickel mit gebundenem Schüttmaterial wie Beton oder Bitumensand zweckmäßig sein. Die Hinterfüllung soll möglichst lange vor Einbau der Dichtung und der Anschlüsse hergestellt werden, damit die Setzungen abklingen können.

Auch wenn Anschlusskonstruktionen mit größerem Bewegungsspiel ausgebildet werden, ist zu berücksichtigen, dass der Asphalt selbst den Verformungen des Untergrundes nur begrenzt folgen kann. Maßgebend für die Anpassungsfähigkeit einer Asphaltdichtung sind im Wesentlichen die Verformungsgeschwindigkeit und die Temperatur. Insbesondere bei Bauwerken mit großen und schnellen Wasserspiegelschwankungen ist auch im Bereich der Anschlüsse auf die sichere Ableitung selbst kleiner Sickerwassermengen zu achten.

In der Regel sind Anschlüsse mit Hilfe von Dehnungselementen zu konstruieren. Die Anschlusskonstruktion muss so ausgebildet sein, dass sich die möglichen Bewegungen im Bereich des Dehnungselementes konzentrieren.

Anschlüsse ohne Dehnungselemente sind nur in besonderen Fällen anwendbar. Bei allen Untergrundverformungen und Wasserständen muss dann ein ausreichender Anpressdruck der Asphaltdichtung an das Bauwerk gewährleistet sein.

Dehnungselemente können aus Metallbahnen, hitzebeständigen Kunststoffbahnen oder Kunststoff-Formteilen (Fugenbänder) bestehen. Bei hohen Beanspruchungen wie beispielsweise im Talsperrenbau sind Metallbahnen aus Kupfer  $d \geq 0,2$  mm zu bevorzugen. Eine innere Elastizität oder Plastizität des Dehnungselements darf nicht in Anspruch genommen werden. Vielmehr müssen unterschiedliche Bewegungen durch die geometrische Form (z.B. Schlaufe) aufgenommen werden. Metallbahnen können ein- oder mehrlagig mit Bitumen verklebt werden.

Dehnungselemente müssen eine ausreichende Haftung oder Verankerung zum Bauwerk und zur Asphaltdichtung haben. Die Dehnungselemente werden mit den Kunstbauwerken durch Klebung z. B. mit 2-Komponenten-Kleber oder Klemmung verbunden. Auf der Asphaltseite ist im Allgemeinen nur eine Einbettung in den Asphalt erforderlich (unter Zwischenschaltung von Klebmassen aus Bitumen oder Asphaltmastix).

Die zu verwendenden Materialien für Dehnungselemente müssen folgenden Ansprüchen genügen:

- Beständigkeit gegen die Einbautemperatur des Asphaltmischguts
- ausreichende Verformbarkeit bei der tiefsten Gebrauchstemperatur
- Verträglichkeit und Langzeitbeständig der Baustoffe.

Die Eignung ist durch Versuche oder Prüfzeugnisse nachzuweisen.

Der Anschluss einer Asphaltabdichtung muss generell strömungsgünstig ausgebildet werden.

Hinweise für die Gestaltung der Kunstbauwerke:

- Die Form des Bauwerks muss so gewählt werden, dass keine schlecht verdichtbaren Zwickel auftreten. Eine Abschrägung der Wände wird empfohlen, da hierdurch eine bessere Verdichtung möglich ist und bei Setzungen die Dichtigkeit des Anschlusses durch den Anpressdruck gewährleistet wird.
- Die Fugenbänder in Betonbauwerken enden in Aussparungen und müssen mit der Dichtung wasserdicht verbunden werden.
- Sind Asphaltabdichtungen an Stahlspundwände anzuschließen, so wird sinnvoller Weise der Spundwandkopf mit einem monolithischen Stahlbetonkopf (Betonholm) gefasst (siehe B.3.2.4.)
- Scharfe Betonkanten am Bauwerk sind zu vermeiden (abrunden oder brechen).
- Kreuzungen von Dehnungsfugen der Betonbauwerke mit den Dichtungsanschlüssen erfordern eine besondere konstruktive Ausbildung, die jeweils auf den Einzelfall abzustimmen ist. Die Dehnungsfugen sollen nicht mit Bauwerksecken zusammenfallen.
- Die Fugen zu Einbauten werden in etwa trapezförmig ausgebildet und mit einer bitumenhaltigen Fugenvergussmasse gefüllt.
- Die Vergussmasse ist mit großer Sorgfalt auszuwählen, damit sie den Anforderungen genügt. Der Hersteller der Fugenvergussmasse ist über den Einsatzzweck entsprechend zu unterrichten. Dies gilt besonders für Fugen im Neigungsbereichen.

## B.3.2 Anschlusslösungen

### B.3.2.1 Allgemeines

Die im Folgenden skizzierten Prinziplösungen stellen Möglichkeiten des Anschlusses von Asphalt-dichtungen an Kunstbauwerke dar. Sie können jedoch die ihnen zugewiesenen Aufgaben nur übernehmen, wenn im Entwurf und in der Ausführung das Zusammenwirken von Untergrund, Dichtung und Bauwerk richtig erkannt und bei der Wahl der einzelnen Konstruktionselemente berücksichtigt wird. Die Anschlusskonstruktion ist stets im Zusammenhang mit der gesamten Baumaßnahme unter Berücksichtigung aller vorkommenden Lastfälle und Betriebszustände auszuwählen.

### B.3.2.2 Horizontaler Anschluss mit durchgehender Dichtung über dem Bauwerk

Dieser Anschluss kann gewählt werden, wenn die Asphalt-dichtung das Bauwerk überdeckt, z. B. Brückenbauwerke oder Durchlässe in Wasserstraßen (Abb. 13).

Die Betonkante wird abgeschrägt.

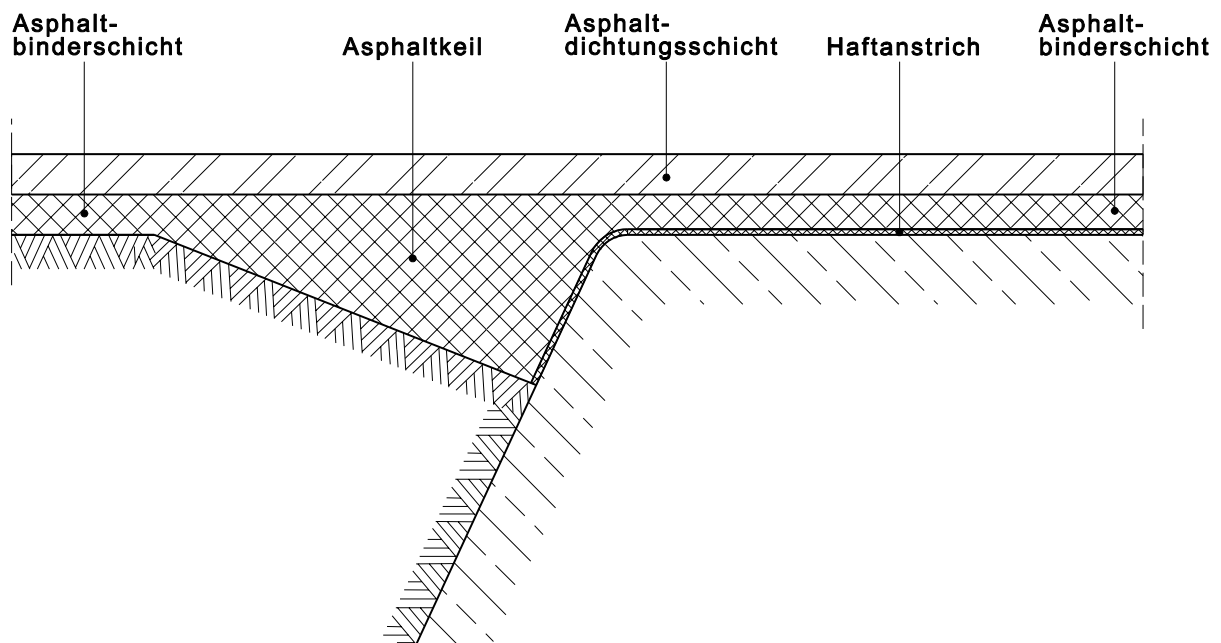


Abbildung 13: Horizontaler Anschluss an Betonbauwerke mit durchgehender Dichtung

### B.3.2.3 Horizontaler oder geneigter Anschluss an Betonbauwerke mit Dehnungselement

Das Dehnungselement muss eine Schlaufe erhalten, die an der Stelle der größten Verformung anzuordnen ist. Die Maße der Schlaufe sind den möglichen Bewegungen anzupassen. Die Schlaufe wird mit einem hitzebeständigen Rollstrang (Moosgummi) ausgefüllt. Damit die freie Beweglichkeit erhalten bleibt, wird die Schlaufe abgedeckt, so dass kein Vergussmaterial in den Hohlraum eindringen kann. Auf der Bauwerksseite wird das Dehnungselement durch eine Betonabdeckung gesichert. Die Bauwerkskante wird abgeschrägt. Alternativ kann das Dehnungselement mit einer Klemmleiste gesichert werden. Dies ist meist dann erforderlich, wenn das Dehnungselement aus thermoplastischem oder elastomeren Kunststoff besteht. (Abb. 14 u. 15).

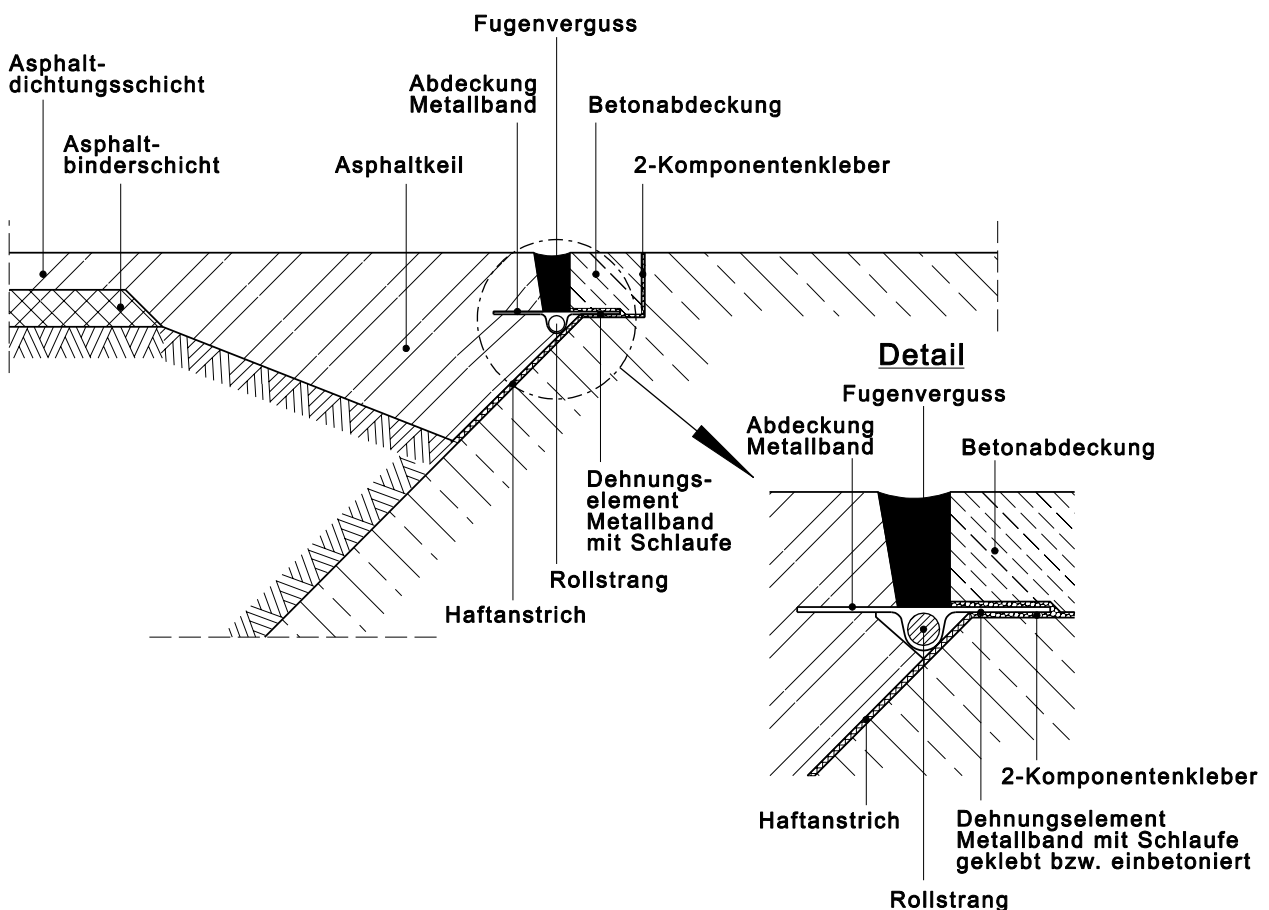


Abbildung 14: Horizontaler Anschluss an Betonbauwerke mit Dehnungselement aus Metallbahnen geklebt (gilt auch für den geneigten Anschluss)

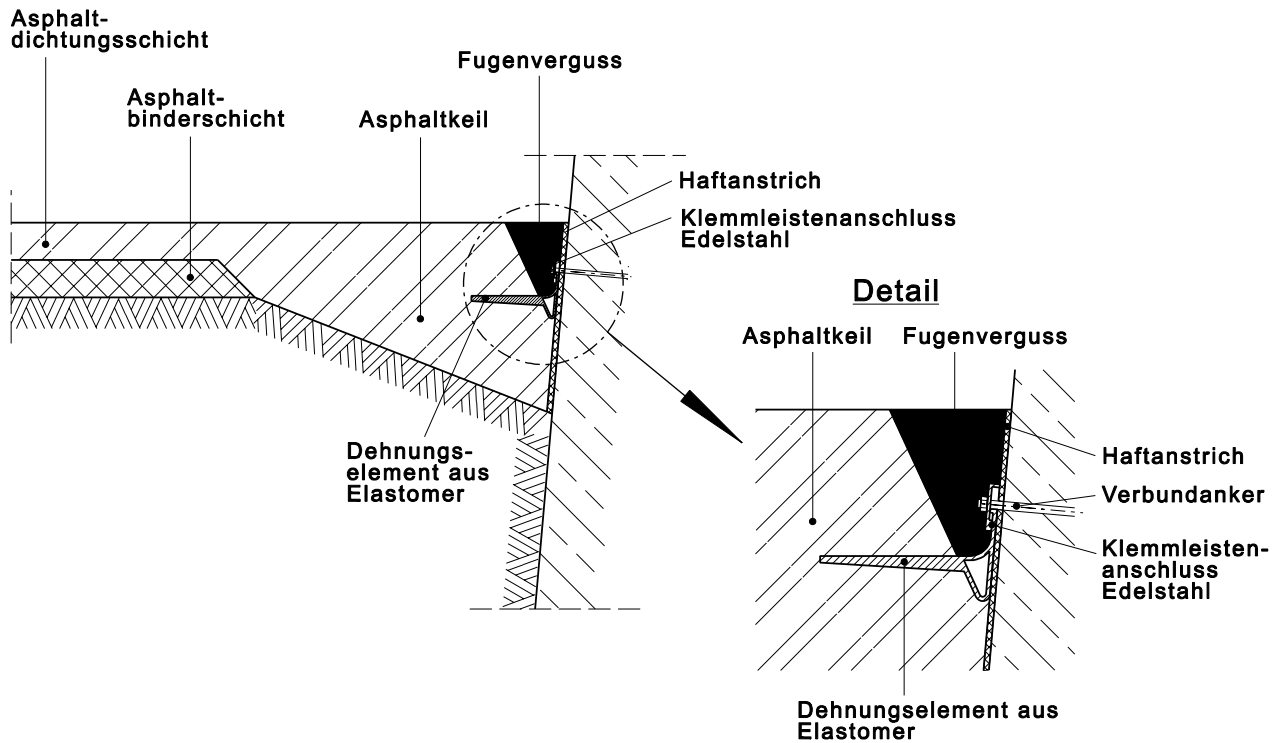


Abbildung 15: Horizontaler Anschluss an Betonbauwerke mit Dehnungselement aus Elastomer, geklemmt

#### B.3.2.4 Horizontaler oder geneigter Anschluss an Spundwandbauwerke mit Dehnungselement

Sofern der Anschluss an eine Spundwand mit einer Mastixverfüllung oder als stumpfer Stoß nicht ausreicht, kann dieser mit einem Dehnungselement in Betracht kommen, indem ein entsprechend geformter Betonholm auf- oder vorgesetzt wird. Der Betonholm wird verschieden ausgebildet, je nachdem ob die Spundwand gerammt oder gestellt und dann eingeschüttet ist. Bei gerammter Spundwand ist im allgemeinen eine nachträgliche Setzung nicht zu erwarten, der Holm kann deshalb auf die Aushubsohle aufgesetzt werden.

Alle aufgeführten Anschlüsse an Betonbauwerke können somit sinngemäß bei "Zwischenschaltung" eines Betonholmes auch bei Spundwandbauwerken u. ä. verwendet werden.

### B.3.2.5 Geneigter oberer Anschluss an Betonbauwerke bzw. Kronenstraße ohne Dehnungselement

Diese Lösung kommt für Böschungen in Betracht, die oberhalb des Wasserspiegels an Bauwerke anstoßen. Deshalb kann auf ein Dehnungselement verzichtet werden. Der Dichtungsanschluss liegt bei Normalwasserstand im Trockenen und wird nur zeitweilig durch auflaufende Wellen benetzt. Die Anschlussfuge kann eingesehen werden und etwa notwendige Ausbesserungen ohne Wasserspiegelabsenkung durchgeführt werden (Abb. 16). Eine laufende Überwachung ist aber notwendig. Die Bauwerkskante wird abgeschrägt. Der Anschluss kann auch für die Verbindung der Dichtung mit der Dammkronenstraße als Regelfall gewählt werden (Abb. 17).

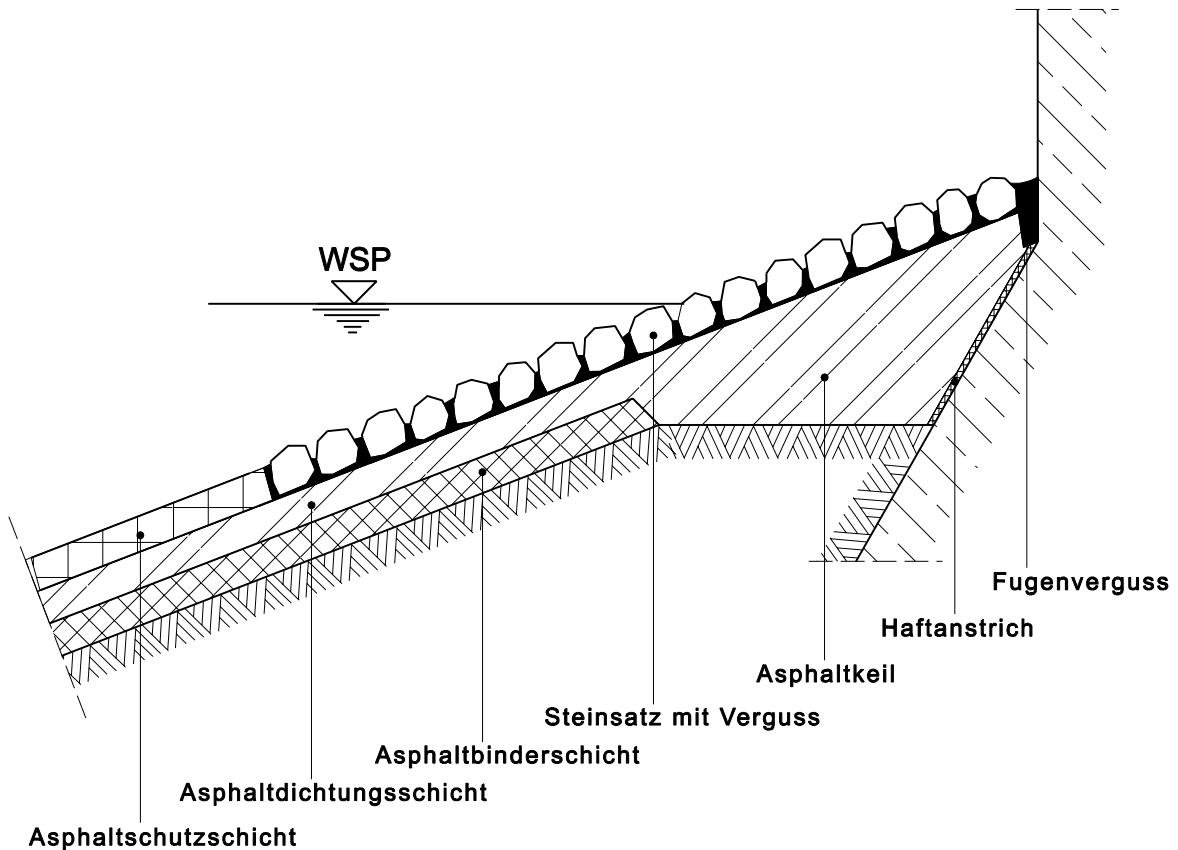


Abbildung 16: Geneigter oberer Anschluss an Betonbauwerke ohne Dehnungselement



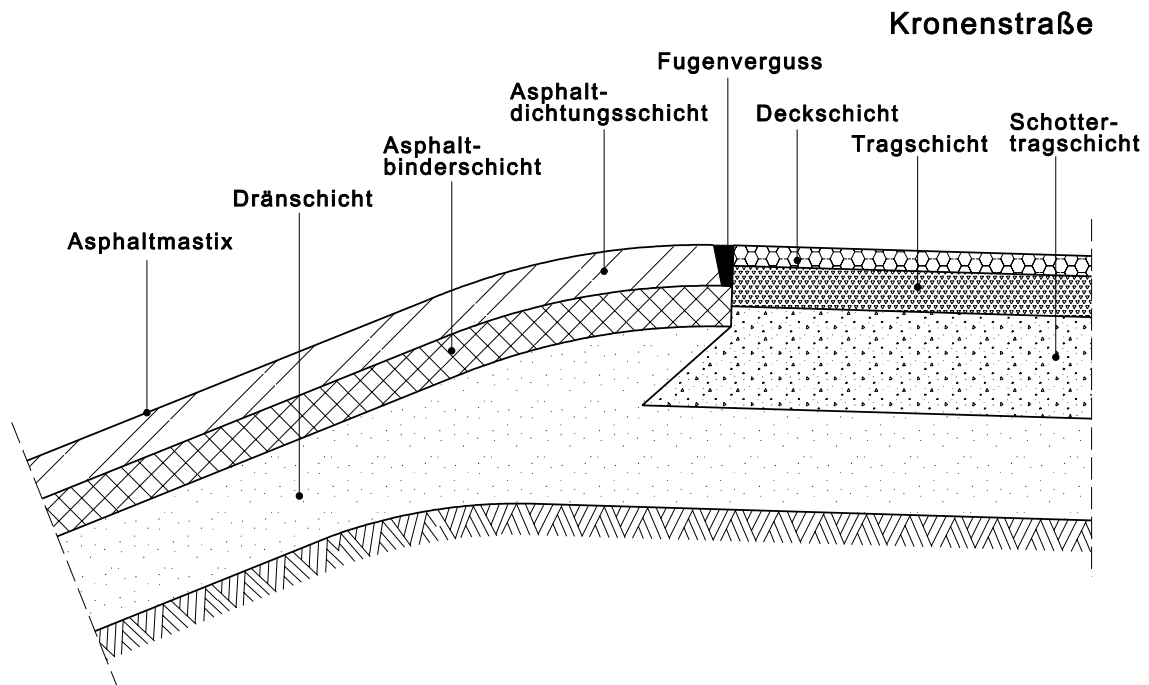


Abbildung 17: Anschluss an Kronenstraße

### B.3.2.6 Geneigter unterer Anschluss an Betonbauwerke ohne Dehnungselement

Die Konstruktion wird angewendet, wenn ein Dehnungselement nicht vorgesehen ist und zwar insbesondere bei Talsperren für den Anschluss der Dichtung an die Herdmauer. Der Anschluss muss ständig unter Wasserauflast stehen und darf keinen nennenswerten Bewegungen ausgesetzt sein.

Der Sickerweg wird verlängert, indem durch entsprechende Formgebung des Betonbauwerkes die Anschlusslänge und Anschlussfläche vergrößert werden. Die Bauwerkskanten sind abzurunden oder abzuschrägen, um Scherwirkungen auf die Asphalt-dichtung zu mildern (Abb. 18).

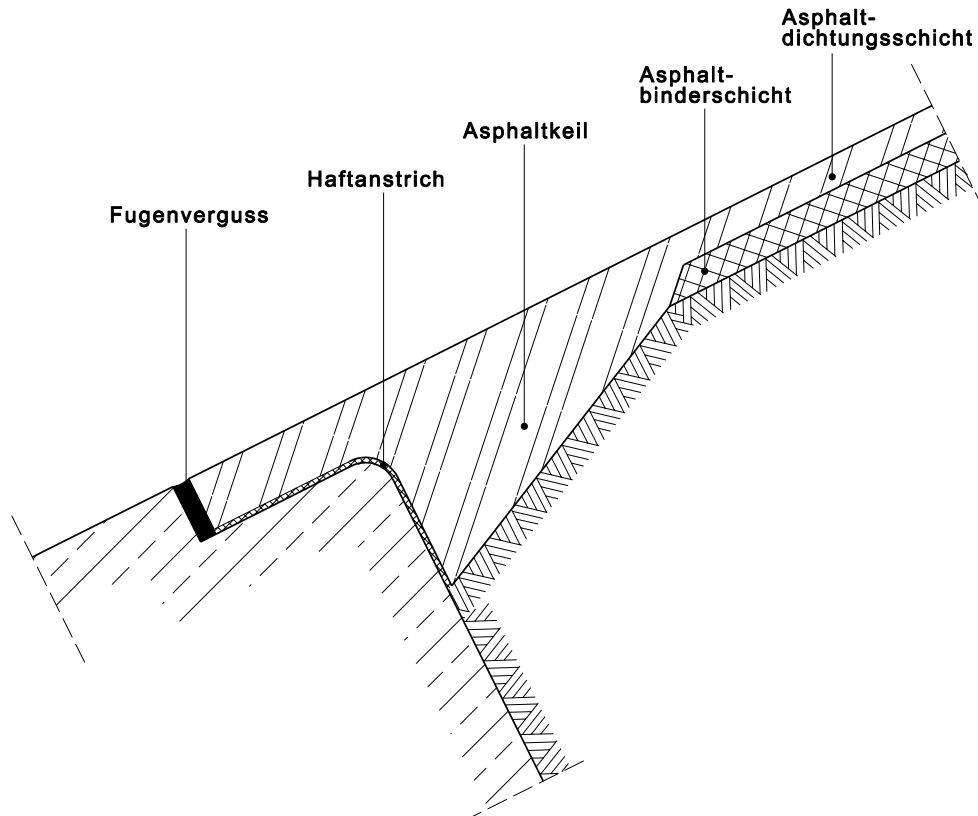


Abbildung 18: Geneigter unterer Anschluss an Betonbauwerke ohne Dehnungselemente

### B.3.2.7 Anschluss einer Asphaltinnendichtung an eine Herdmauer mit Kontrollgang

In Abbildung 19 ist eine Standardlösung für diesen Anschluss dargestellt und zwar im Bereich einer Blockfuge mit Andeutung der Lage der Fugenbänder sowie deren Anbindung an den Untergrund und die Asphaltinnendichtung mittels Mastixtasche.

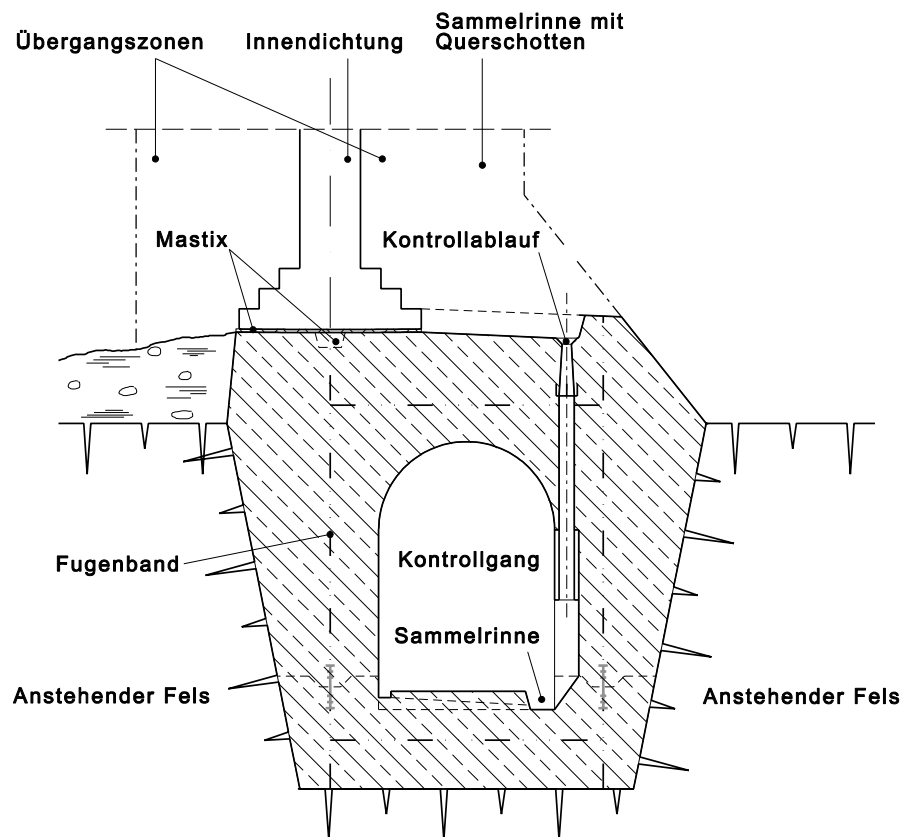


Abbildung 19: Anschluss einer Innendichtung an eine Herdmauer mit Kontrollgang

#### B.4 Schrifttum

BAW Bundesanstalt für Wasserbau (1976): Vorab-Stellungnahme zur Eignung von Bitumensand als Filterlage in Uferschutzdeckwerken vom 03.09.1976, Karlsruhe.

BAW Bundesanstalt für Wasserbau (1989): Merkblatt zur Anwendung von Kornfiltern an Wasserstraßen (MAK), Karlsruhe.

BAW Bundesanstalt für Wasserbau (1993): Merkblatt zur Anwendung von geotextilen Filtern an Wasserstraßen (MAG), Karlsruhe.

DVWK Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (1992): Asphalt dichtungen für Talsperren und Speicherbecken. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 223/1992. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

EAK Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.) (1993): Die Küste. Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee. EAK 1993 Empfehlungen für Küstenschutzwerke. Ausschuss für Küstenschutzwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik DGGT/ Hafentechnischen Gesellschaft HTG. Heft 55 , Verlag Boyens & Co, Heide i. Holstein.

EAK Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.) (2002): Die Küste. Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee. EAK 2002 Empfehlungen für Küstenschutzwerke. Ausschuss für Küstenschutzwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik DGGT / Hafentechnischen Gesellschaft HTG. Heft 65, Verlag Boyens & Co, Heide i. Holstein.

## **C Baustoffe und Baustoffgemische**

### **C.1 Allgemeines**

Asphaltgranulat, Recyclingbaustoffe und industrielle Nebenprodukte dürfen entgegen DIN 18317, Abschnitt 2.1.3 als Zuschlagstoffe der Bauelemente nach Teil B nicht verwendet werden.

#### **C.1.1 Gesteinskörnungen**

Gesteinskörnungen für Asphaltdecken müssen den TL Gestein-StB entsprechen.

Als oberer Grenzwert gilt ein Schlagzertrümmerungswert von Splitt ( $SZ_{8/12}$ ) von 22. Für Liefertoleranzen und mögliche Streuungen aus Probenahme und Prüfung sind Überschreitungen der im jeweiligen Bau- bzw. Liefervertrag geforderten  $SZ_{8/12}$ -Grenzwerte bis zu 5 % (relativ) zulässig.

Zwischen den Gesteinskörnungen und dem verwendeten Bindemittel muss ausreichende Affinität bestehen.

Der zur Verwendung kommende Sand (feine Gesteinskörnungen) darf nicht mehr als 5 M.-% Kornanteile unter 0,02 mm enthalten. Gesteismehl (Füller) muss aus geeigneten natürlichen Gesteinskörnungen hergestellt sein und darf keine organischen und quellfähigen Bestandteile in schädlichen Mengen enthalten. Neben Fremdfüller darf nur der bei der Produktion anfallende Eigenfüller eingesetzt werden.

Hinsichtlich der Frostbeständigkeit müssen die groben Gesteinskörnungen die Anforderungen der TL Gestein-StB, Anhang F erfüllen.

Die Gesteinskörnungen müssen CE-gekennzeichnet sein.

#### **C.1.2 Bindemittel**

Siehe DIN 18317 Abschnitt 2.1.2.

Für Bitumen gelten die TL Bitumen und die hierin aufgeführten Bestimmungen; für die bitumenhaltigen Bindemittel die TL Bitumenemulsionen.

### **C.1.3 Bitumengebundene Baustoffgemische**

Siehe DIN 18317, Abschnitt 2.1.4

Bitumengebundene Baustoffgemische (Asphaltmischgut) für den Wasserbau unterliegen im Gegensatz zum Straßenbau keiner europäischen, mandatierten Norm. Deshalb ist keine CE-Kennzeichnung möglich. Um ein dem Straßenbau vergleichbares Qualitätsniveau sicherzustellen, muss die Asphaltmischanlage, die das Asphaltmischgut oder den Versiegelungsmastix liefert, über eine werkseigene Produktionskontrolle gem. DIN EN 13808-21 verfügen.

#### **C.1.3.1 Asphaltmischgut**

Das Größtkorn ist in Abhängigkeit von der Dicke der einzelnen Schicht bzw. Lage zu wählen.

Die zweckmäßige Zusammensetzung des Gesteinskörnungsgemisches und des Asphaltmischgutes sind durch Eignungsprüfungen zu ermitteln. Soweit Bereiche für die Richtwerte angegeben sind, ist die zweckmäßige Zusammensetzung innerhalb dieser Bereiche zu ermitteln.

Die Zusammensetzung der Gesteinskörnungsgemische ist durch Aufzeichnung der Korngrößenverteilung und Vergleich mit den nachfolgend aufgeführten Richtwerten zu überprüfen.

Bei Verwendung von Gesteinskörnungsgemischen mit einer Rohdichte größer als  $2,8 \text{ g/cm}^3$  können die unteren Grenzen des Bindemittelgehaltes nach den EAAW unterschritten werden. Hierbei muss ein ausreichender Bindemittelgehalt für das zur Verwendung kommende Baustoffgemisch durch volumetrische Betrachtungen nachgewiesen werden.

Aufgrund der Ergebnisse der Eignungsprüfung ist vom Auftragnehmer im Regelfall folgendes anzugeben:

- Art und Herkunft des Asphaltmischgutes
- Art und Herkunft der Gesteinskörnungen
- Kornanteil größer 2,0 mm im Gesteinskörnungsgemisch (Splitt) in M.-%
- Kornanteil größer 0,063 mm bis 2,0 mm im Gesteinskörnungsgemisch aus rundkörnigem Natursand und scharfkantigem Brechsand in M.-%
- Kornanteil kleiner 0,063 mm im Gesteinskörnungsgemisch (Füller  $\leq 0,063 \text{ mm}$ ) in M.-%

- Bindemittelart und -sorte
- Bindemittelgehalt in M.-%
- ggf. Art der Zusätze
- ggf. Menge der Zusätze in M.-%.

Diese Angaben sind maßgebend für die Ausführung, die Abnahme und die Abrechnung der Bauleistungen.

### **C.1.3.2 Versiegelungsmastix**

Die zweckmäßige Zusammensetzung des Versiegelungsmastix ist durch Eignungsprüfungen zu ermitteln. Soweit Bereiche für die Richtwerte angegeben sind, ist die zweckmäßige Zusammensetzung innerhalb dieser Bereiche zu ermitteln.

Aufgrund der Ergebnisse der Eignungsprüfung ist vom Auftragnehmer im Regelfall folgendes anzugeben:

- Art und Herkunft des Versiegelungsmastix
- Art und Herkunft des Füllers
- Kornanteil größer 0,063 mm bis 2,0 mm im Gesteinskörnungsgemisch (Sand) in M.-%
- Kornanteil kleiner 0,063 mm im Gesteinskörnungsgemisch (Füller  $\leq 0,063$  mm) in M.-%
- Bindemittelsorte
- Bindemittelgehalt in M.-%
- ggf. Art der Zusätze
- Menge der Zusätze in M.-%
- Erweichungspunkt Wilhelmi
- erforderlichenfalls Angaben zur Standfestigkeit auf der Böschung.

#### **C.1.4 Herstellen des Asphaltmischgutes**

Siehe DIN 18137, Abschnitt 3.3

##### **C.1.4.1 Asphaltmischgut**

Die Gesteinskörnungen sind nach Lieferkörnungen und nach Mineralstoffarten getrennt zu lagern und gegen Verunreinigungen zu schützen. Füller ist trocken zu lagern.

Die Gesteinskörnungen müssen nach Lieferkörnungen getrennt, gewichtsmäßig oder nach Raumteilen bemessen, zugegeben werden.

Die Heizvorrichtungen zum Erwärmen der Bindemittel müssen so beschaffen sein, dass das Bindemittel nicht überhitzt wird. Die Höchsttemperatur des Bindemittels im Behälter darf 180 °C nicht überschreiten.

Das Bindemittel ist gewichts- oder raummäßig zuzugeben. Bei volumetrischer Dosierung ist jeweils die Dichte bei der Dosierungstemperatur zu berücksichtigen.

Die Temperatur des Asphaltmischgutes richtet sich nach dem Bindemittel und der Zusammensetzung des Asphaltmischgutes. Die Höchsttemperatur des Asphaltmischgutes darf 180 °C nicht überschreiten.

Die Gesteinskörnungen müssen in der Trockentrommel so getrocknet und erhitzt werden, dass nach Beigabe des Füllers die erforderliche Mischtemperatur erreicht wird. Erforderlichenfalls muss der Füller vorgewärmt werden.

In Staubabscheidern zurückgewonnene feine Gesteinskörnungen dürfen nur in dem Anteil und der Qualität zugegeben werden, wie sie bei der laufenden Produktion des Asphaltmischgutes anfallen.

Die Baustoffe sind maschinell zu mischen.

Mischvorgang und Mischdauer müssen so gewählt werden, dass eine vollständige und gleichmäßige Umhüllung aller Gesteinskörnungsanteile mit dem Bindemittel erzielt wird und ein gleichmäßiges Gemisch entsteht.



#### **C.1.4.2 Versiegelungsmastix**

Die Zusammensetzung des Versiegelungsmastix erfolgt nach C.2.4.

Der Füller ist trocken zu lagern.

Die Heizvorrichtungen zum Erwärmen des Bindemittels müssen so beschaffen sein, dass das Bindemittel nicht überhitzt wird. Die Höchsttemperatur des Bindemittels im Behälter darf 180 °C nicht überschreiten.

Das Bindemittel ist gewichts- oder raummäßig zuzugeben. Bei volumetrischer Dosierung ist jeweils die Dichte bei der Dosierungstemperatur zu berücksichtigen.

Die Temperatur des Versiegelungsmastix richtet sich nach dem Bindemittel und seiner Zusammensetzung. Die Höchsttemperatur darf 230 °C nicht überschreiten.

Die Baustoffe werden in einer Mischanlage oder in einem Asphaltkocher mit Rührwerk maschinell gemischt.

Mischvorgang und Mischdauer müssen so gewählt werden, dass eine vollständige und gleichmäßige Umhüllung aller Gesteinskörnungsanteile mit dem Bindemittel erzielt wird und ein gleichmäßiges Gemisch entsteht.

#### **C.1.5 Lagern und Befördern des Asphaltmischgutes und des Versiegelungsmastix**

Während des Lagerns und Beförderns beträgt die höchste Temperatur des Asphaltmischgutes 180 °C.

Bei Lagerung von Asphaltmischgut in Silos ist darauf zu achten, dass es nicht schädlich verändert wird. Insbesondere ist auf die Dichtigkeit der Silos gegenüber Luftzutritt zu achten.

Das Asphaltmischgut ist dem Baufortschritt entsprechend anzufahren. Während des Beförderns darf es sich nicht entmischen. Das Asphaltmischgut ist während des Transportes auf die Baustelle und bei Verweilzeiten auf der Baustelle abzudecken.

Während des Lagerns und Beförderns beträgt die höchste Temperatur des Versiegelungsmastix 230 °C. Hierzu ist ein temperaturkontrollierter Kocher vorzusehen.

## **C.2 Baustoffgemische**

### **C.2.1 Asphaltichtungsschichten**

#### **C.2.1.1 Allgemeines**

Asphaltichtungsschichten sind i. d. R. Asphaltbetone. Sie bestehen aus einem Gesteinskörnungsgemisch abgestufter Körnung mit Straßenbaubitumen bzw. polymermodifiziertem Bitumen als Bindemittel und ggf. Zusätzen; das Asphaltmischgut wird im heißen Zustand eingebaut und verdichtet. Die Zusammensetzung ist so abgestimmt, dass damit verdichtungswillige und dichte Schichten hergestellt werden können. Zum Erzielen einer ausreichenden Verdichtungswilligkeit ist es üblich, im Sandbereich zwischen 0,063 mm und 2,0 mm mit zwei Komponenten, nämlich rundkörnigem Natursand und scharfkantigem Brechsand zu arbeiten. Die Asphaltichtungsschichten müssen im eingebauten Zustand einen Hohlraumgehalt  $\leq 3,0$  Vol.-% aufweisen. Asphaltenschutzschichten als Deckwerke im Küstenschutz dürfen Hohlraumgehalte  $\leq 5,0$  Vol.-% aufweisen.

Um bei besonderen Anforderungen an die Flexibilität den erforderlichen hohen Bitumengehalt sicherzustellen ist ein hoher Hohlraumgehalt ( $H_{Mbit} \geq 15$  Vol.%) im verdichteten Mineralstoffgemisch anzustreben. Zusätzlich sind feine Gesteinskörnungen mit einem Fließkoeffizienten von über 35 aus Gesteinsvorkommen mit Schlagzertrümmerungswerten  $SZ_{8/12}$  (am Splitt) von max. 18 einzusetzen.

Die Solldicke jeder Schicht darf in keinem Messpunkt um mehr als 10 % unterschritten werden.

Die Unebenheit der Schichten darf maximal  $\pm 1$  cm auf 4 m Messstrecke betragen.

### C.2.1.3 Zusammensetzung des Asphaltmischgutes

Es gelten für die Asphaltdeckungsschichten aus Asphaltbeton die Richtwerte der Tabelle 5.

Tabelle 5: Richtwerte für Asphaltdeckungsschichten aus Asphaltbeton 0/11mm und 0/16 mm

		0/11	0/16
Bindemittelart		Bitumen 70/100, 50/70 PmB 45/80-50 A	
Bindemittelgehalt	M.-%	6,5 – 8,0	6,0 – 7,5
Anteil an Korn > 2 mm	M.-%	40 - 55	40 - 60
Anteil an Füller ≤ 0,063 mm	M.-%	11 – 16	9 - 14
Hohlraumgehalt am Bohrkern	Vol.-%	max. 3,0	

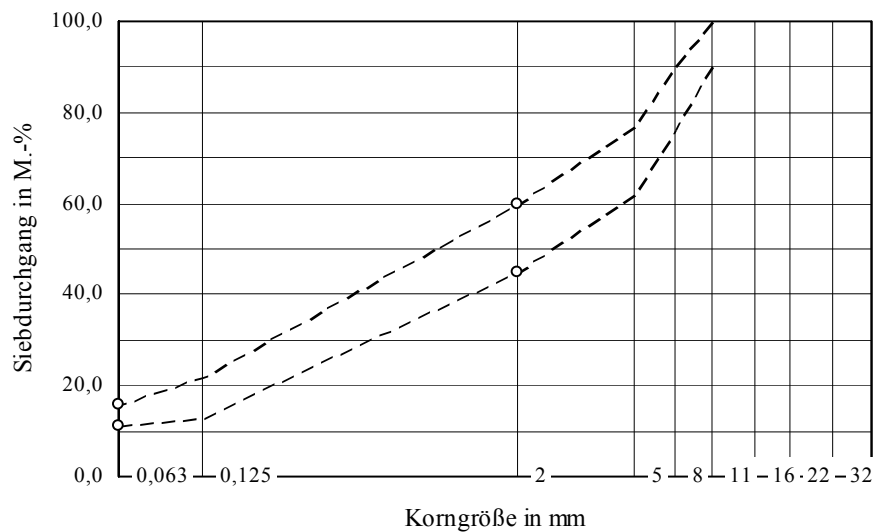


Abbildung 20: Körnungskurve Asphaltbeton 0/11 mm

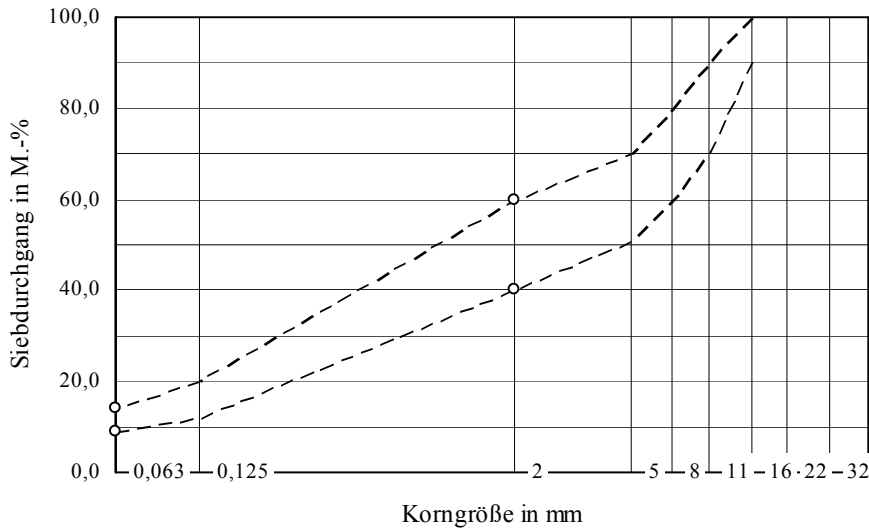


Abbildung 21: Körnungskurve Asphaltbeton 0/16 mm

#### C.2.1.4 Grenzwerte und Toleranzen für das Asphaltmischgut

Der Bindemittelgehalt jeder aus dem Asphaltmischgut zu entnehmenden Probe (Durchschnittsprobe nach TPA-27) darf von dem angegebenen Wert (Sollwert) höchstens um  $\pm 0,3$  M.-% abweichen.

Unter dem Bindemittelgehalt ist der bei der Prüfung nach TPA-1 festgestellte Bindemittelgehalt zu verstehen.

Der Erweichungspunkt Ring und Kugel des extrahierten Bindemittels darf nicht mehr als  $5$  °C über der oberen Grenze der verwendeten Bindemittelsorte liegen.

Für die Korngrößenverteilung aus dem Asphaltmischgut oder ausnahmsweise aus der Schicht zu entnehmenden Proben (Durchschnittsproben) gilt folgendes:

Sind für die Korngrößenverteilung bestimmte Gewichtsanteile für grobe und feine Gesteinskörnungen angegeben, so beträgt die Toleranz für jede Probe

- beim Anteil  $\geq 2$  mm  $\pm 6,0$  M.-% des ges. Gesteinskörnungsgemisches,
- beim Anteil 0,063-2 mm  $\pm 6,0$  M.-% des ges. Gesteinskörnungsgemisches,
- beim Füller ( $\leq 0,063$  mm)  $\pm 3,0$  M.-% des ges. Gesteinskörnungsgemisches.

Dabei müssen alle Forderungen zugleich erfüllt sein.

## C.2.2 Asphaltbinderschichten

### C.2.2.1 Allgemeines

Asphaltbinderschichten sind i. d. R. Asphaltbetone. Sie bestehen aus einem Gesteinskörnungsgemisch abgestufter Körnung mit Straßenbaubitumen bzw. polymermodifiziertem Bitumen als Bindemittel sowie ggf. Zusätzen; das Asphaltmischgut wird im heißen Zustand eingebaut und verdichtet. Die Asphaltbinderschichten sollen im eingebauten Zustand einen Hohlraumgehalt von 9 bis 12 Vol.-% aufweisen.

### C.2.2.3 Zusammensetzung des Asphaltbinders

Es gelten für die Asphaltbinderschichten die Richtwerte der Tabelle 6.

Tabelle 6: Richtwerte für Asphaltbinderschichten aus Asphaltbeton 0/11 mm und 0/16 mm

		<b>0/11</b>	<b>0/16</b>
Bindemittelart		Bitumen 70/100, 50/70 PmB 45/80-50 A	
Bindemittelgehalt	M.-%	4,5 – 6,0	4,0 – 6,0
Anteil an Korn > 2 mm	M.-%	50 – 75	60 – 80
Anteil an Füller ≤ 0,063 mm	M.-%	4 – 9	4 - 9
Hohlraumgehalt am Bohrkern	Vol.-%	9 – 12	

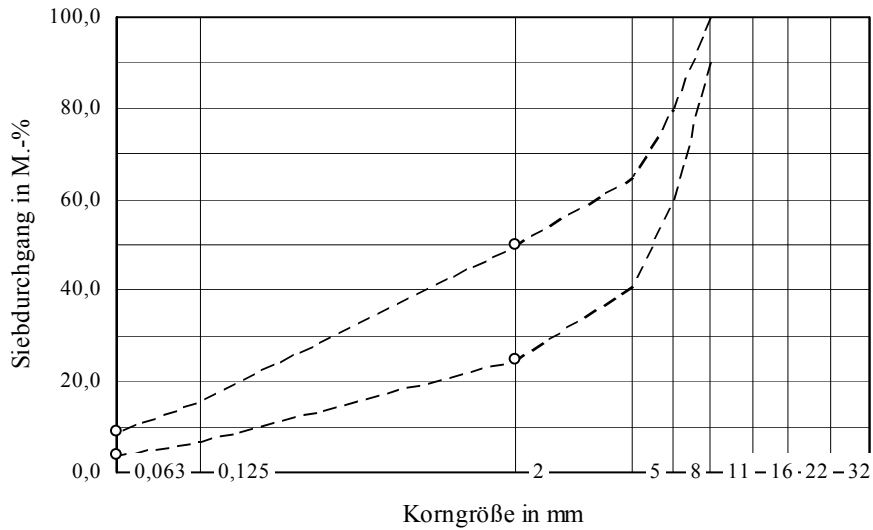


Abbildung 22: Körnungskurve Asphaltbinder 0/11 mm

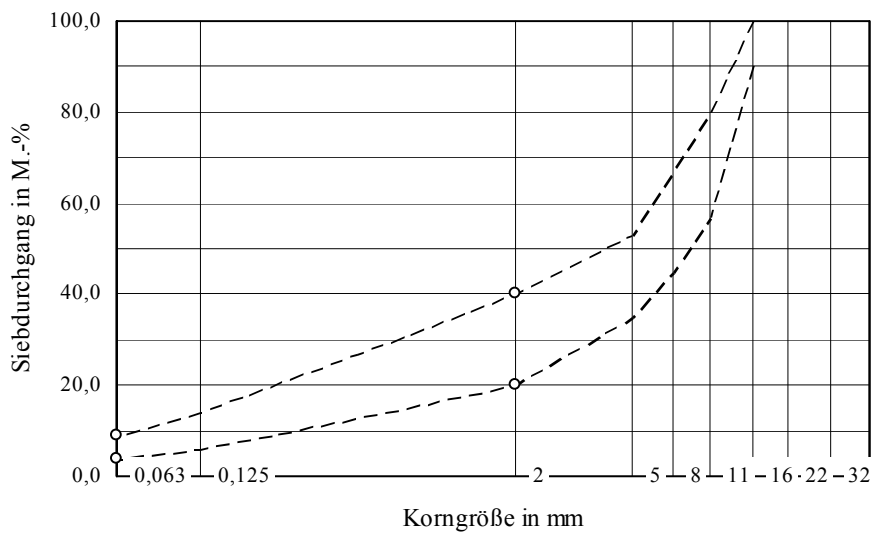


Abbildung 23: Körnungskurve Asphaltbinder 0/16 mm

#### C.2.2.4 Grenzwerte und Toleranzen für das Asphaltmischgut

Der Bindemittelgehalt jeder aus dem Asphaltmischgut zu entnehmenden Probe (Durchschnittsprobe nach TPA-27) darf von dem angegebenen Wert (Sollwert) höchstens um  $\pm 0,3$  M.-% abweichen.

Unter dem Bindemittelgehalt ist der bei der Prüfung nach TPA-1 festgestellte Bindemittelgehalt zu verstehen.

Der Erweichungspunkt Ring und Kugel des extrahierten Bindemittels darf nicht mehr als 5 °C über der oberen Grenze der verwendeten Bindemittelsorte liegen.

Für die Korngrößenverteilung aus dem Asphaltmischgut oder ausnahmsweise aus der Schicht zu entnehmenden Proben (Durchschnittsproben) gilt folgendes:

Sind für die Korngrößenverteilung bestimmte Gewichtsanteile für grobe und feine Gesteinskörnungen angegeben, so beträgt die Toleranz für jede Probe

beim Anteil $\geq 2$ mm	$\pm 8,0$ M.-% des ges. Gesteinskörnungsgemisches,
beim Anteil 0,063-2 mm	$\pm 8,0$ M.-% des ges. Gesteinskörnungsgemisches,
beim Füller ( $\leq 0,063$ mm)	$\pm 3,0$ M.-% des ges. Gesteinskörnungsgemisches.

Dabei müssen alle Forderungen zugleich erfüllt sein.

### **C.2.3 Asphaltdränschichten**

#### **C.2.3.1 Allgemeines**

Asphaltdränschichten sind i. d. R. Asphalte mit Ausfallkörnung (Dränschicht). Sie bestehen aus einem Gesteinskörnungsgemisch abgestufter Körnung mit Straßenbaubitumen bzw. polymermodifiziertem Bitumen als Bindemittel sowie ggf. Zusätzen; das Asphaltmischgut wird im heißen Zustand eingebaut und verdichtet. Die Asphaltdränschichten sollen im eingebauten Zustand einen Hohlraumgehalt zwischen 10 und 25 Vol.-% aufweisen.

### C.2.3.3 Zusammensetzung der Asphaltdränschichten

Es gelten für die Asphaltdränschichten die Richtwerte der Tabelle 7.

Tabelle 7: Richtwerte für Asphaltdränschichten 0/16 mm und 0/22 mm

		0/16	0/22
Bindemittelart		Bitumen 70/100, 50/70 PmB 45/80-50 A	
Bindemittelgehalt	M.-%	3,5 – 5,5	3,5 – 5,5
Anteil an Korn > 2 mm	M.-%	75 – 85	70 – 85
Anteil an Korn > 11 mm	M.-%	≥ 30	-
Anteil an Korn > 16 mm	M.-%		≥ 30
Anteil an Füller ≤ 0,063 mm	M.-%	2 – 9	2 – 9
Hohlraumgehalt am Bohrkern	Vol.-%	10 - 25	

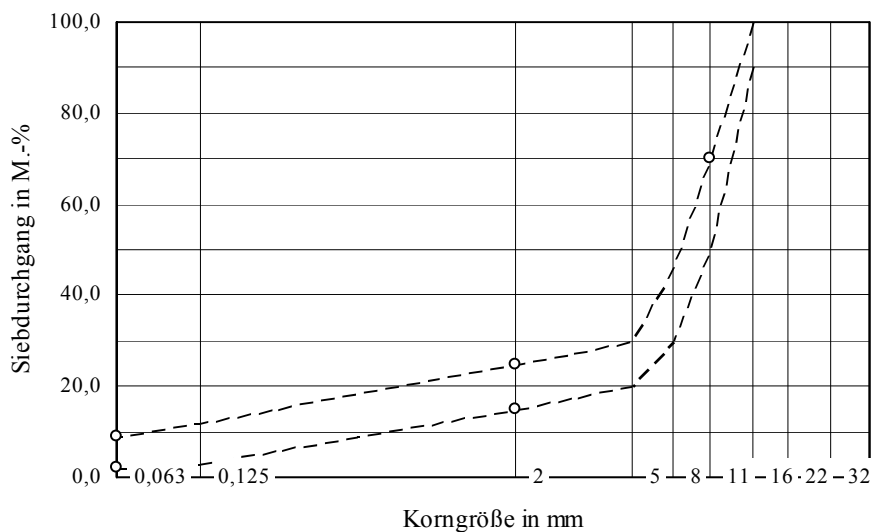


Abbildung 24: Körnungskurve Asphaltdränschicht 0/16 mm



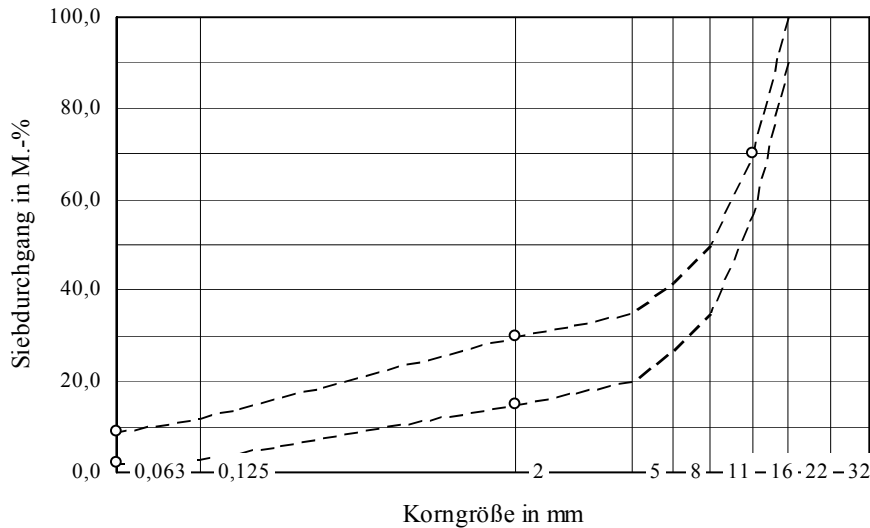


Abbildung 25: Körnungskurve Asphaltdränschicht 0/22 mm

#### C.2.3.4 Grenzwerte und Toleranzen für das Asphaltmischgut

Der Bindemittelgehalt jeder aus dem Asphaltmischgut zu entnehmenden Probe (Durchschnittsprobe nach TPA-27) darf von dem angegebenen Wert (Sollwert) höchstens um  $\pm 0,5$  M.-% abweichen. Unter dem Bindemittelgehalt ist der bei der Prüfung nach TPA-1 festgestellte Bindemittelgehalt zu verstehen.

Der Erweichungspunkt Ring und Kugel des extrahierten Bindemittels darf nicht mehr als  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  über der oberen Grenze der verwendeten Bindemittelsorte liegen.

Für die Korngrößenverteilung aus dem Asphaltmischgut oder ausnahmsweise aus der Schicht zu entnehmenden Proben (Durchschnittsproben) gilt folgendes:

Sind für die Korngrößenverteilung bestimmte Gewichtsanteile für grobe und feine Gesteinskörnungen angegeben, so beträgt die Toleranz für jede Probe

- beim Anteil  $\geq 2$  mm  $\pm 8,0$  M.-% des ges. Gesteinskörnungsgemisches,
- beim Anteil 0,063-2 mm  $\pm 8,0$  M.-% des ges. Gesteinskörnungsgemisches,
- beim Füller ( $\leq 0,063$  mm)  $\pm 3,0$  M.-% des ges. Gesteinskörnungsgemisches.

Dabei müssen alle Forderungen zugleich erfüllt sein.

## C.2.4 Oberflächenversiegelung

### C.2.4.1 Allgemeines

Oberflächenversiegelungen aus bitumenreichem Versiegelungsmastix werden zum Schutz der Asphaltdeckungsschicht aufgebracht. Sie bestehen aus Füller und Straßenbaubitumen als Bindemittel sowie ggf. Zusätzen.

### C.2.4.2 Zusammensetzung des Asphaltmischgutes

Es gelten für bitumenreichem Versiegelungsmastix die Richtwerte der Tabelle 8.

Tabelle 8: Richtwerte für bitumenreichen Versiegelungsmastix

Bindemittelart		Bitumen 70/100, 50/70
Bindemittelgehalt	M.-%	25,0 – 30,0
Anteil an Füller $\leq 0,63$ mm	M.-%	70,0 – 75,0
Erweichungspunkt Wilhelmi	°C	$\geq 90$

### C.2.4.3 Grenzwerte und Toleranzen für das Asphaltmischgut

Der Bindemittelgehalt jeder aus dem Versiegelungsmastix zu entnehmenden Probe (Durchschnittsprobe nach TPA 27) darf von dem angegebenen Wert (Sollwert) höchstens um  $\pm 1,0$  M.-% abweichen.

Unter dem Bindemittelgehalt ist der bei der Prüfung nach TPA-1 festgestellten Bindemittelgehalt zu verstehen.

Der Erweichungspunkt Ring und Kugel des extrahierten Bindemittels darf nicht mehr als 8 °C über der oberen Grenze der verwendeten Bindemittelsorte liegen.

Für die Korngrößenverteilung aus dem Versiegelungsmastix zu entnehmenden Probe (Durchschnittsprobe) gilt folgendes:

Die Toleranz für den Fülleranteil beträgt  $\pm 2,0$  M.-%.

## **C.2.5 Asphaltinnendichtungen**

### **C.2.5.1 Allgemeines**

Für Asphaltinnendichtungen kommen Asphaltbetone zur Anwendung. Sie bestehen aus einem Gesteinskörnungsgemisch abgestufter Körnung mit Straßenbaubitumen als Bindemittel sowie ggf. Zusätzen; das Asphaltmischgut wird im heißen Zustand eingebaut und verdichtet. Die Asphaltinnendichtungen müssen im eingebauten Zustand einen Hohlraumgehalt  $\leq 3,0$  Vol.-% aufweisen.

### **C.2.5.2 Zusammensetzung des Asphaltmischgutes**

Es gelten für die Asphaltinnendichtungen die Richtwerte der Tabelle 9.

In Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen können auch weichere Bindemittel als in Tabelle 9 aufgeführt zum Einsatz kommen.

Das für die Übergangszonen zwischen der Asphaltinnendichtung und dem beidseitigen Stützkörper vorgesehene Material sollte so aufgebaut sein, dass die 10 %-Fraktile des Übergangsmaterials die maximale Korngröße der Asphaltinnendichtung nicht überschreitet. Es ist nachzuweisen, dass mindestens 10 % des Übergangsmaterials einen kleineren Korndurchmesser hat als das Größtkorn der Asphaltinnendichtung. Das Größtkorn des Übergangsmaterials sollte nicht kleiner als 1/4 des Größtkorns des Schultermaterials sein. Die Sieblinie ist stetig ohne Ausfallkörnung zu wählen.

Eine zweite Übergangszone zwischen dem Dammschüttmaterial und der an den Asphaltbetonkern angrenzenden Übergangszone wird nur dann empfohlen, wenn der Unterschied in den Korngrößen zu groß ist und/oder wenn beim Einbau des Dammschüttmaterials die Entmischung nicht vermieden werden kann.

Tabelle 9: Richtwerte für Asphaltinnendichtungen aus Asphaltbeton 0/16 mm

		0/16
Bindemittelart		Bitumen 70/100, 50/70
Bindemittelgehalt	M.-%	5,5 – 7,5
Anteil an Korn > 2 mm	M.-%	45 – 65
Anteil an Füller ≤ 0,063 mm	M.-%	9 - 14
Hohlraumgehalt am Bohrkern	Vol.-%	max. 3,0

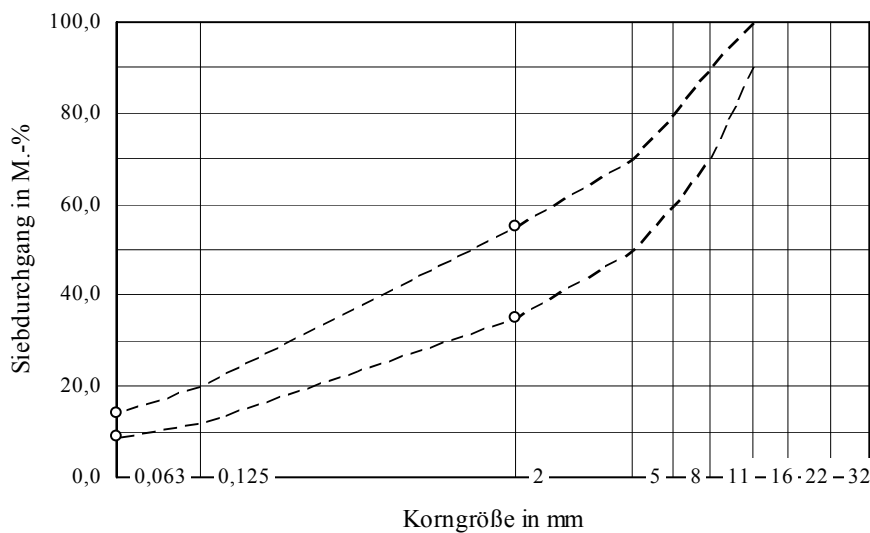


Abbildung 26: Körnungskurve Asphaltinnendichtung 0/16 mm

### C.2.5.3 Grenzwerte und Toleranzen für das Asphaltmischgut

Der Bindemittelgehalt jeder aus dem Asphaltmischgut zu entnehmenden Probe (Durchschnittsprobe nach TPA 27) darf von dem angegebenen Wert (Sollwert) höchstens um  $\pm 0,3$  M.-% abweichen.

Unter dem Bindemittelgehalt ist der bei der Prüfung nach TPA-1 festgestellte Bindemittelgehalt zu verstehen.

Der Erweichungspunkt Ring und Kugel des extrahierten Bindemittels darf nicht mehr als  $5\text{ °C}$  über der oberen Grenze der verwendeten Bindemittelsorte liegen.

Für die Korngrößenverteilung aus dem Asphaltmischgut oder ausnahmsweise aus der Schicht zu entnehmenden Proben (Durchschnittsproben) gilt folgendes:

Sind für die Korngrößenverteilung bestimmte Gewichtsanteile für grobe und feine Gesteinskörnungen angegeben, so beträgt die Toleranz für jede Probe

beim Anteil $\geq 2$ mm	$\pm 6,0$ M.-% des ges. Gesteinskörnungsgemisches,
beim Anteil 0,063-2 mm	$\pm 6,0$ M.-% des ges. Gesteinskörnungsgemisches,
beim Füller ( $\leq 0,063$ mm)	$\pm 3,0$ M.-% des ges. Gesteinskörnungsgemisches.

Dabei müssen alle Forderungen zugleich erfüllt sein.

## **C.2.6 Gemische für den Küstenschutz und Deckwerke an Wasserstraßen**

### **C.2.6.1 Allgemeines**

Auf die im Küstenschutz und an Wasserstraßen einsetzbaren Materialien wird unter Berücksichtigung der EAK 2002, Empf. C, in denen weitere Hinweise gegeben sind, nur kurz eingegangen. Es handelt sich hierbei um

- Asphaltbeton gemäß C.2.1
- Asphaltmastix
- Bitumensand
- Mastixschotter

## C.2.6.2 Materialien

### C.2.6.2.1 Asphaltmastix

Asphaltmastix ist eine dichte, im heißen Zustand gießbare Masse aus Sand, Füller und Bitumen. Er ist im heißen Zustand fließfähig, nach dem Erkalten jedoch standfest und kann sich langsamen Bewegungen durch plastische Verformungen angleichen ohne zu reißen. Die Asphaltmasse muss so vergießbar sein, dass sie die Hohlräume des Steingerüstes in dem verlangten Maß ausfüllt.

Für die Zusammensetzung der Gesteinskörnungen sind die nachfolgenden Sieblinienbänder festgelegt. Je nach Größe des zu füllenden Hohlraumes werden gröbere Gesteinskörnungen (bis zu Korngrößen von 150 mm) zugegeben.

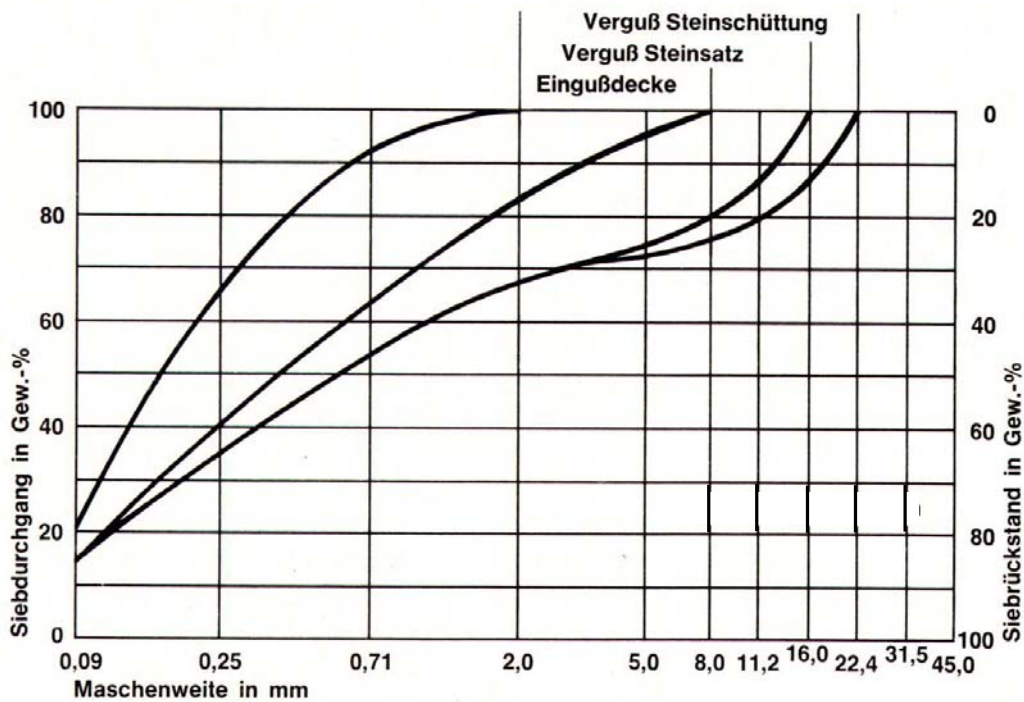


Abbildung 27: Körnungskurven für Asphaltmastix

Es gelten die Richtwerte der Tabelle 10.

Tabelle 10: Richtwerte für Asphaltmastix

Bindemittelart		Bitumen 70/100, 50/70, 30/45
Bindemittelgehalt	M.-%	14 – 20
Anteil an Korn 0,063/2 mm *	M.-%	81 – 87
Anteil an Füller ≤ 0,063 mm	M.-%	13 - 19

\* Der Anteil reduziert sich entsprechend dem zugegebenen Anteil an größeren Körnern

### C.2.6.2.2 Bitumensand

Entsprechend seiner Anwendung für Unterlagen von dichten Asphaltbelägen und Deckwerken, als Massenbaustoff zum Herstellen von Baukörpern unter Wasser und im Wasserwechselbereich sowie zum Verfüllen von Hohlräumen und als gebundene Filterschicht genügt es, eine Bindung mit geringen Bitumenmengen anzustreben. Soll die Standfestigkeit verbessert werden, so ist der Fülleranteil zu erhöhen.

Es gelten die Richtwerte der Tabelle 11.

Tabelle 11: Richtwerte für Bitumensand

Bindemittelart		Bitumen 70/100, 50/70, 30/45
Bindemittelgehalt	M.-%	3 – 8
Anteil an Füller ≤ 0,063 mm	M.-%	≤ 20

### C.2.6.2.3 Mastixschotter

Mastixschotter wird teilweise auch als „offener Steinasphalt“ bezeichnet. Bei diesem Gemisch werden grobe Gesteinskörnungen 16/22 mm, 32/45 mm oder größer mit einem Asphaltmastix „verklebt“. Es gelten die Richtwerte der Tabelle 12.

Tabelle 12: Richtwerte für Mastixschotter

Anteil an Korn 16/22, 32/45 mm oder größer	M.-%	80
Anteil an Asphaltmastix	M.-%	20
Mögliche Zusammensetzung des Asphaltmastix		
Bindemittelart		Bitumen 70/100, 50/70
Bindemittelgehalt	M.-%	17,0
Anteil an Füller $\leq 0,063$ mm	M.-%	16,5
Anteil an Sand	M.-%	66,5

### C.2.6.3 Grenzwerte und Toleranzen für das Asphaltmischgut

Der Bindemittelgehalt jeder aus dem Asphaltmischgut zu entnehmenden Probe (Durchschnittsprobe nach DIN 1996-2) darf von dem angegebenen Wert (Sollwert) höchstens um  $\pm 0,3$  M.-% abweichen.

Unter dem Bindemittelgehalt ist der bei der Prüfung nach TPA-1 festgestellten Bindemittelgehalt zu verstehen.

Der Erweichungspunkt Ring und Kugel des extrahierten Bindemittels darf nicht mehr als 5 °C über der oberen Grenze der verwendeten Bindemittelsorte liegen.

### C.3 Schrifttum

FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Technische Prüfvorschriften für Asphalt, verschiedene Teile. FGSV-Nr. 12697-1: Bestimmung des löslichen Bindemittelgehaltes Technische Prüfvorschriften für Asphalt im Straßenbau (TPA - StB), Köln.

DIN 1996-2, 1971-10: Prüfung bituminöser Massen für den Straßenbau und verwandte Gebiete; Probenahme. Beuth Verlag, Berlin.

DIN 18317, 2006-10: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Verkehrswegebauarbeiten - Oberbauschichten aus Asphalt. Beuth Verlag, Berlin.



EAK Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.) (1993): Die Küste. Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee. EAK 1993 Empfehlungen für Küstenschutzwerke. Ausschuss für Küstenschutzwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik DGGT/ Hafentechnischen Gesellschaft HTG. Heft 55, Verlag Boyens & Co, Heide i. Holstein.

EAK Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.) (2002): Die Küste. Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee. EAK 2002 Empfehlungen für Küstenschutzwerke. Ausschuss für Küstenschutzwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik DGGT / Hafentechnischen Gesellschaft HTG. Heft 65, Verlag Boyens & Co, Heide i. Holstein.

TL Gestein-StB 04: Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau. FGSV Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen, Köln.

## **D Prüfungen**

### **D.1 Allgemeines**

Die in Teil C angegebenen Grenzwerte und Toleranzen beinhalten sowohl die Streuungen bei der Probenahme und die Vertrauensbereiche der Prüfverfahren (Präzision unter Vergleichsbedingungen) als auch die arbeitsbedingten Ungleichmäßigkeiten, soweit im Einzelfall keine andere Regelung getroffen ist.

Ist der Bau eines Probefeldes vorgesehen, so kann dieses in die einzubauenden Flächen integriert sein. Die Ergebnisse der Untersuchungen am Probefeld sind bei dem weiteren Bauablauf zu berücksichtigen.

Die Prüfungen werden unterschieden nach

- Eignungsprüfungen,
- Eigenüberwachungsprüfungen,
- Kontrollprüfungen.

Die Prüfungen umfassen, soweit erforderlich,

- die Probenahme,
- das versandfertige Verpacken der Probe,
- den Transport der Probe von der Entnahmestelle zur Prüfstelle,
- die Untersuchung einschließlich Prüfbericht.

Der Prüfungsumfang ist in Tabelle 13 aufgeführt.

### **D.2 Eignungsprüfungen**

Eignungsprüfungen sind Prüfungen zum Nachweis der Eignung der Baustoffe und der Baustoffgemische für den vorgesehenen Verwendungszweck entsprechend den örtlichen Bedingungen und den Anforderungen des Bauvertrages.

Der Auftragnehmer hat die Eignung der vorgesehenen Baustoffe und der Baustoffgemische nachzuweisen.

Der Nachweis ist durch Prüfzeugnisse einer für die jeweiligen Baustoffe und Baustoffgemische durch den Auftraggeber anerkannten Prüfstelle zu erbringen.

Das Prüfzeugnis muss Angaben darüber enthalten, für welche Baumaßnahme die Baustoffe und Baustoffgemische vorgesehen sind.

Der Auftragnehmer hat die im Rahmen der Eignungsprüfung ermittelten Untersuchungsergebnisse dem Auftraggeber vorzulegen. Aufgrund dieser Untersuchungsergebnisse hat der Auftragnehmer die zur Verwendung vorgesehenen Baustoffe und die beabsichtigte Zusammensetzung der Baustoffgemische festzulegen und dem Auftraggeber rechtzeitig vor Beginn der Bauausführung anzugeben.

Ändern sich Art und Eigenschaften der Baustoffe und der Baustoffgemische oder die Einbaubedingungen, so ist erneut die Eignung nachzuweisen.

Von allen für die Bauausführung vorgesehenen Baustoffen sind genügend große Proben dem Auftraggeber auf Verlangen zu übergeben, der diese unter Verschluss aufbewahrt (Rückstellproben). Die Proben sind in einer Niederschrift von den Vertragspartnern anzuerkennen. Sie dienen im Rahmen der Kontrollprüfung zur Beurteilung der vertragsgerechten Lieferung.

Bei der Eignungsprüfung ist folgender Untersuchungsgang einzuhalten:

Beurteilung der Gesteinskörnungen nach Augenschein,

- Bestimmung der Korngrößenverteilung der für die Asphaltmischgutherstellung vorgesehenen Lieferkörnungen
- Weitere Untersuchungen an den Lieferkörnungen sind im Rahmen der Eignungsprüfungen in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Gesteinskörnungen erforderlich
- Wahl einer Zusammensetzung des Gesteinskörnungsgemisches unter Berücksichtigung des Teils C.2 sowie rechnerische Bestimmung der Korngrößenverteilung dieses Gemisches. Neben den Kornanteilen der Kornklassen und Mineralstoffarten sind die Eigenschaften der zu verwendenden Mineralstoffarten zu berücksichtigen.
- Wahl der Bindemittelsorte und ggf. der Zusatzstoffe

- Herstellung von Probegemischen und Probekörpern (nicht bei Versiegelungsmastix):
  - Bei Asphaltmischgut sind mit dem gewählten Mineralstoffgemisch Probegemische und Marshall-Probekörper mit 5 oder mehr unterschiedlichen Bindemittelgehalten herzustellen. Die Bindemittelgehalte sollen jeweils um 0,3 bis 0,5 M.-% auseinanderliegen. Die Marshallprobekörper sind mit 2x10, 2x20 und 2x30 Verdichtungsschlägen herzustellen. Die Herstellungstemperatur beträgt bei Straßenbaubitumen 135 °C, bei polymermodifizierten Bitumen 145 °C.
- Bestimmung der Rohdichten der Probegemische
- Bestimmung der Raumdichten der Probekörper
- Bestimmung der Hohlraumgehalte an Marshall-Probekörpern.

Für jedes Probegemisch sind die Ergebnisse der Untersuchungen zahlenmäßig zusammenzustellen und zu beurteilen. Es kann zweckmäßig sein, für die Ausführung einen Bindemittelgehalt zu wählen, der zwischen zwei untersuchten Bindemittelgehalten liegt. Die Eigenschaften sind dann an zusätzlichen Proben nachzuweisen.

In besonderen Fällen können erweiterte Eignungsprüfungen erforderlich sein. Werden vom Auftraggeber zusätzliche Anforderungen gestellt oder Prüfungen gefordert, so sind sie in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

### **D.3 Eigenüberwachungsprüfungen**

Siehe DIN 18317, Abschnitte 2.2.2 und 4.1.3

Eigenüberwachungsprüfungen sind Prüfungen des Auftragnehmers oder dessen Beauftragten, um festzustellen, ob die Güteeigenschaften der Baustoffe, der Baustoffgemische und der fertigen Leistung den vertraglichen Anforderungen entsprechen.

Die Häufigkeiten der Prüfungen sind Tabelle 13 zu entnehmen.

Der Auftragnehmer hat die Eigenüberwachungsprüfungen während der Ausführung mit der erforderlichen Sorgfalt und im erforderlichen Umfang durchzuführen. Die Ergebnisse sind zu protokollieren. Werden Abweichungen von den vertraglichen Anforderungen festgestellt, sind deren Ursachen unverzüglich zu beseitigen.

Im Rahmen der Eigenüberwachung im Labor auf der Baustelle ist an jeder Probe

- Korngrößenverteilung
- Bindemittelgehalt
- Hohlraumgehalt des Marshallprobekörpers

zu bestimmen.

Die Ergebnisse der Eigenüberwachungsprüfungen sind dem Auftraggeber umgehend vorzulegen.

Die Eigenüberwachungsprüfungen sind mindestens alle 4000 m<sup>2</sup> bei Außendichtungen, bei Innendichtungen eine Probe je 100 t durchzuführen; es ist jedoch zumindest eine Probe je Einbautag zu untersuchen.

Prüfungen beim Herstellen des Asphaltmischgutes und im Laboratorium (werkseigene Produktionskontrolle):

Es gelten die DIN EN 13808-21.

Prüfungen beim Einbau:

- Temperatur des Asphaltmischgutes beim Einbau
- Beschaffenheit des Asphaltmischgutes nach Augenschein
- Einbaumengen oder Einbaudicken
- gleichmäßige Beschaffenheit der Oberfläche nach Augenschein
- Beschaffenheit der Nähte nach Augenschein.

#### **D.4 Kontrollprüfungen**

Siehe DIN 1831,7 Abschnitte 2.2.3 und 4.2.9.

Kontrollprüfungen sind Prüfungen des Auftraggebers, um festzustellen, ob die Güteeigenschaften der Baustoffe, der Baustoffgemische und der fertigen Leistung den vertraglichen Anforderungen entsprechen. Die Probenahme sowie die Prüfungen, die auf der Baustelle erfolgen, führt der Auftraggeber in Anwesenheit des Auftragnehmers durch; sie finden auch in Abwesenheit des Auftragnehmers statt, wenn er den rechtzeitig bekannt gegebenen Termin nicht wahrnimmt.

Die Voraussetzungen für die ordnungsgemäße Herstellung des Asphaltmischgutes ist an der Mischanlage zu überprüfen.

Art und Umfang der in der Regel durchzuführenden Kontrollprüfungen sind nachfolgend angegeben:

- Gesteinskörnungen:

Von den angelieferten Gesteinskörnungen können Durchschnittsproben entnommen und untersucht werden. Die Probemenge muss bei Füller mindestens 2 kg, bei Lieferkörnungen bis 8 mm mindestens 5 kg und bei Lieferkörnungen über 8 mm mindestens 15 kg betragen.

- Bindemittel:

2 Teilproben von je 2 kg (Hiervon wird eine Teilprobe untersucht).

Darüber hinaus eine Probe, wenn die äußere Beschaffenheit (Gleichmäßigkeit, Farbe, Glanz, Geruch, Verunreinigung) zu Bedenken Anlass gibt.

Asphaltmischgut und fertige Leistung:

Art und Umfang der Prüfungen an Asphaltmischgut und fertiger Leistung sind in Tabelle 13 festgelegt. Für Gemische für den Küstenschutz und Wasserstraßen gemäß Teil C gilt die EAK 2002.

Tabelle 13: Art und Umfang der Prüfungen an Baustoffen, Asphaltmischgut und eingebauter Schicht

Prüfungsgegenstand		Eignungsprüfung	Eigenüberwachung	Kontrollprüfung
<b>Mineralstoffe</b> (bei Anlieferung)				
Art und Herkunft		x	x	
Beurteilung nach Augenschein		x	x	
Korngrößenverteilung	TPA-2	x	x	
<b>Bindemittel</b> (bei Anlieferung)				
Bindemittelsorte		x	x	
Erweichungspunkt Ring und Kugel	DIN EN 1427	x	x	
<b>Asphalt</b> gem. C 2.1, C 2.2, C 2.3, C 2.5				

<b>Baustoffgemisch</b>				
Korngrößenverteilung	TPA-2	x	x	x1)
Bindemittelgehalt	TPA-1	x	x	x1)
Erweichungspunkt Ring und Kugel des zurückgewonnenen Bindemittels	DIN EN 1427		x 2)	x1)
Rohdichte	TPA-5	x	x 2)	x1)
Raumdichte und Hohlraumgehalt am Marshall-Probekörper	TPA-6/8	x	x 2)	x1)
<b>Fertige Schicht</b>				
Raumdichte und Hohlraumgehalt			x	x3)
Ebenheit			x	x
Schichtdicke			x	x
Dichtheit der Nähte			x	x
<b>Versiegelungsmastix gem. C 2.4</b>				
Korngrößenverteilung	TPA-2	x	x	x1)
Bindemittelgehalt	TPA-1	x	x	x1)
Erweichungspunkt Wilhelmi	DIN 1996-15	x	x 2)	x1)
Einbaumenge			x	x
<b>Asphaltmastix, Bitumensand, Asphaltmastix aus Mastixschotter gem. C 2.6</b>				
Korngrößenverteilung	TPA-2	x	x	x1)
Bindemittelgehalt	TPA-1	x	x	x1)
Erweichungspunkt Ring und Kugel des zurückgewonnenen Bindemittels	DIN EN 1427	x	x 2)	x1)
Einbaumenge			x	x

1) Bei Innendichtungen je 250 t Asphaltmischgut eine Probe; bei allen anderen Gemischen für jede Schicht und je angefangene 8000 m<sup>2</sup> eine Probe; bei Bedarf kann die Anzahl der Proben erhöht werden.

2) jede 5. Probe

3) an jedem Bohrkern

## D.5 Prüfverfahren

Siehe DIN 18317, Abschnitte 2.2.4.

Für die Probenahme und Prüfung der Gesteinskörnungen, Bindemittel und Zusatzmittel gelten die Verfahren, die in den Technischen Regelwerken angegeben sind.

Ferner gelten die Verfahren, die im Teil C genannt sind.

Für die Probenahme und Prüfung von Asphaltmischgutproben und Ausbaustücken aus Asphalt gelten die auf den DIN EN 12697 basierenden Technischen Prüfvorschriften für Asphalt.

Für die Prüfung von aus Asphalt zurückgewonnenem Bindemittel gelten die in den TL Bitumen und den TL Bitumenemulsionen aufgeführten Verfahren.

Der Anteil an gebrochenem Korn über 2 mm ist durch Aussortieren und durch Wägung zu bestimmen.

Die Dichtigkeitsprüfungen werden mit einer Vakuumlöcke durchgeführt (siehe D.6.2).

Für die Prüfung der Einbaudicken gelten die TPA-36 sowie die TPD-StB und hier insbesondere die Messung am Bohrkern oder die elektromagnetische Schichtdickenmessung.

Stehen mehrere Prüfverfahren für eine Prüfung zur Auswahl, so ist das anzuwendende Prüfverfahren in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

## **D.6 Verfahren für spezielle Prüfungen**

### **D.6.1 Standfestigkeit auf geneigten Flächen**

Sind Asphaltbeläge nicht ausreichend standfest zusammengesetzt, so können sie bei höheren Temperaturen ins Fließen kommen. Zur Prüfung der Standfestigkeit gibt es keine festgelegten Prüfverfahren. Eine Möglichkeit, die von van Asbeck vorgeschlagen wurde, besteht in der Lagerung halbiertes Marshall-Probekörper bei Wärme auf einer schiefen Ebene (Abb. 28). Dieser Versuch ist leicht durchführbar und gibt einen schnellen Aufschluss über die Standfestigkeit auf geneigten Flächen.



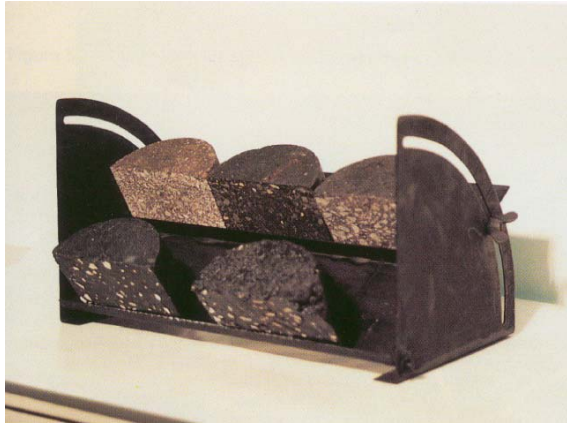


Abbildung 28: Prüfkörper während des Versuches zur Standfestigkeit

Die halbierten Marshall-Probekörper mit einer Raumdichte, die der in der Praxis anzutreffenden entspricht, werden auf Versuchstemperatur temperiert und dann auf die schiefe Ebene (Neigung entsprechend der Böschungsneigung) gestellt. Als Versuchstemperatur sollte die bei der Baumaßnahme als maximal erwartete Oberflächentemperatur gewählt werden. An der schiefen Ebene ist eine ca. 1 cm hohe Kante angebracht, so dass die Probekörper nicht abrutschen können. Die Probekörper werden mit der schiefen Ebene in der auf Versuchstemperatur vorgewärmten Wärmeschrank gestellt und dort 48 h gelagert. Nach 24 h erfolgt die erste Messung der Verformung der Probekörper, nach 48 h die zweite Messung. Anforderungswerte können nicht angegeben werden.

#### **D.6.2 Prüfung der Durchlässigkeit von dichten Belägen**

Die Durchlässigkeit bzw. Dichtigkeit von Dichtungsbelägen kann ohne Entnahme von Ausbaustücken direkt am Bauwerk mit einer Vakuumpumpe geprüft werden.

Die Vakuumpumpe (Abb. 29) wird auf den Belag aufgesetzt und mittels einer Vakuumpumpe ein Unterdruck von  $80 \text{ kN/m}^2$  aufgebracht. Wird nach Schließen des Druckventils dieser Druck gehalten, so ist der Belag als dicht zu bezeichnen.



Abbildung 29: Dichtigkeitsprüfung mit einer Vakuumglocke

### **D.6.3 Wasserdurchtritt durch offene Beläge**

Die Wasserdurchlässigkeit kann nach DIN EN 12697-19 an Laborprobekörpern oder Ausbaustücken und nach DIN EN 12697-40 in situ bestimmt werden.

### **D.6.4 Verdichtbarkeit**

Die Verdichtbarkeit des entsprechenden Mischgutes ist bereits in den Festlegungen zur Eignungsprüfung behandelt, da Probekörper mit unterschiedlichen Schlagzahlen hergestellt werden müssen.

### **D.6.5 Flexibilität**

Wo der Grad der Flexibilität des Asphaltbelages wichtig für seine Funktion ist, muss die Wasserdurchlässigkeit auch bei einer anzunehmenden maximalen Verformung des Probekörpers gegeben sein (Abb. 30).

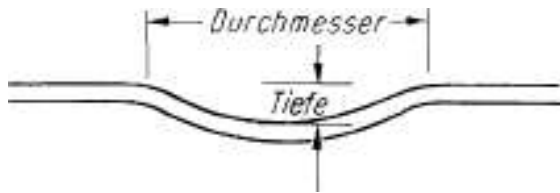


Abbildung 30: Flexibilitätstest (schematisch)

Die Verformung ist von der Verformungsgeschwindigkeit, der Temperatur, der Viskosität des Asphalttes und der Dicke des Probekörpers abhängig. Die Flexibilität wird als Verhältnis vom Durchmesser des freistehenden Probekörperteils zur Tiefe der Verformung angegeben.

Bei einer zweckmäßig aufgebauten Asphaltbetonmischung wird die Probe bei Raumtemperatur ( $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ ) bis zu einem Verhältnis von Muldendurchmesser zur Muldentiefe von 10:1 wasserdicht bleiben. Projektspezifisch können abweichende Temperaturbereiche zweckmäßig sein.

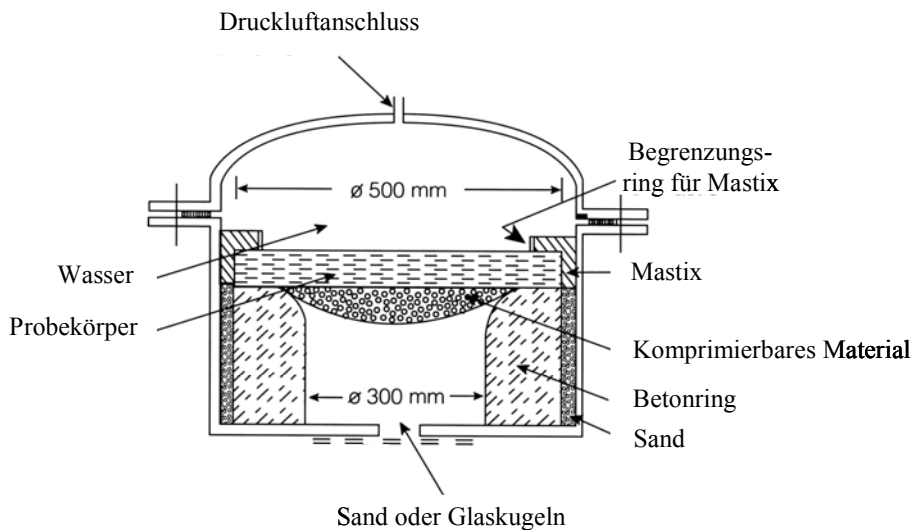


Abbildung 31: Versuchseinrichtung zur Bestimmung der Flexibilität

Ein Probekörper ( $\varnothing 500\text{ mm}$ ; Dicke entsprechend der Solldicke) mit der in der Praxis zu erwartenden Raumdichte wird in die Versuchseinrichtung eingebaut (Abb. 31). Unter der Probe ist eine Mulde ausgebildet und mit einem wasserdurchlässigen und verformbaren Material aufgefüllt, so dass die Probe zu Beginn des Versuches satt aufliegt. Nach Aufbringen und luftdichtem Verschließen des Deckels wird der Zwischenraum zwischen Probe und Deckel mit Wasser aufgefüllt und über Druck-

luft ein Druck auf die Probe aufgebracht, so dass sie sich langsam verformt. Wenn die vollständige Durchbiegung erreicht ist, darf noch kein Wasser austreten. Beim Verhältnis von Muldendurchmesser zu Muldentiefe von 10:1 muss der maßgebende Durchmesser für die Verformungsmulde (300 mm) zugrunde gelegt werden, d.h. es ergibt sich eine Tiefe der Verformungsmulde von 30 mm.

#### **D.6.6 Viskosität von bitumenhaltigen Vergussmassen**

Die Viskosität kann nach DIN EN 13302 mit einem Rotationsviskosimeter bestimmt werden.

#### **D.6.7 Fugenfüllstoffe**

Bei Verwendung von Fugenfüllstoffen sind die ZTV Fug-StB, die TL Fug-StB und die TP Fug-StB zu beachten.

### **D.7 Schrifttum**

Asbeck, W. F. van (1968): Bitumen im Wasserbau, Band 2. Mainz und Heidelberg. Verlagsanstalt Hüthing und Dreyer.

DIN EN 1427: Bitumen und Bitumenhaltige Bindemittel, Bestimmung des Erweichungspunktes – Ring und Kugel Verfahren. Beuth Verlag, Berlin.

DIN 1996-15: Prüfung bituminöser Massen für den Straßenbau und verwandte Gebiete – Bestimmung des Erweichungspunktes nach Wilhelmi. Beuth Verlag, Berlin.

DIN EN 12697-19, 2004: Asphalt - Prüfverfahren für Heißasphalt - Teil 19: Durchlässigkeit von Probekörpern. Beuth Verlag, Berlin.

DIN EN 12697-40, 2005: Asphalt - Prüfverfahren für Heißasphalt - Teil 40: In situ-Durchlässigkeit. Beuth Verlag, Berlin.

DIN EN 13108-21: Asphalt – Qualitätsnachweis, Teil 21: Werkseigene Produktionskontrolle von Asphalt. Beuth Verlag, Berlin.

DIN EN 13302: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel - Bestimmung der Viskosität von Bitumen mit einem Rotationsviskosimeter. Beuth Verlag, Berlin.

DIN EN 13808, 2005: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel - Rahmenwerk für die Spezifizierung kationischer Bitumenemulsionen. Beuth Verlag, Berlin.

DIN 18317, 2006-10: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Verkehrswegebauarbeiten - Oberbauschichten aus Asphalt. Beuth Verlag, Berlin.

FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV-Nr. 12697-1: Bestimmung des löslichen Bindemittelgehaltes Technische Prüfvorschriften für Asphalt im Straßenbau (TPA - StB), Köln.

FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV-Nr. 12697-2: Asphalt – Prüfverfahren für Heißasphalt Teil 2: – Korngrößenverteilung. Technische Prüfvorschriften für Asphalt im Straßenbau (TPA - StB), Köln.

FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1989): Technische Prüfvorschriften zur Bestimmung der Dicken von Oberbauschichten im Straßenbau (TP D-StB 89), Köln.

FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2001): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (ZTV Fug-StB 01), Köln.

FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2001): Technische Lieferbedingungen für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen (TL Fug-StB 01), Köln.

FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2001): Technische Prüfvorschriften für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen (TP Fug-StB 01), Köln.

## **E Instandhaltung und Instandsetzung**

### **E.1 Allgemeines**

Unter Instandhaltung versteht man Maßnahmen während der Nutzungsdauer zur Sicherstellung der planmäßigen Nutzung (z.B. Fugenpflege, Reinigung, Entfernung von Bewuchs) (DIN 1055-100).

Unter Instandsetzung versteht man Maßnahmen zur Wiederherstellung der Sicherstellung der planmäßigen Nutzung (z.B. Verstärkung, Ersatz von Bauteilen, Oberflächenversiegelung) (DIN 1055-100).

Wie jedes andere Bauteil am Bauwerk müssen auch Asphaltbauelemente ständig und sorgfältig überwacht und unterhalten werden, damit größere Schäden - aus welchen Gründen auch immer - frühzeitig erkannt und verhindert werden können. Die zu ergreifenden Maßnahmen unterscheiden sich von Bauweise zu Bauweise.

Sind an Bauwerken bereits Schäden festgestellt worden, so sind diese, je nach Schwere oder Gefährdung derselben, sofort oder sobald als möglich instand zu setzen. Bei allen Schäden sind jedoch vor Instandhaltungs- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen die Ursachen zu erkunden, die zu den Schäden führten.

### **E.2 Wasserstraßen**

#### **E.2.1 Durchlässige Deckwerke**

Da durchlässige Deckwerke ständiger Durchströmung und mechanischen Beanspruchungen des Schiffsverkehrs ausgesetzt sind, benötigen sie eine entsprechende Instandhaltung.

Da die größten Beanspruchungen im Bereich der Wasserwechselzone auftreten, werden sich die notwendigen Instandsetzungen in der Regel auf diese Zone beschränken. Hierbei ist im Wesentlichen auf die Entfernung von Bewuchs zu achten.

Für die Dauer der Arbeiten muss der Wasserspiegel auf das erforderliche Niveau abgesenkt und gegebenenfalls der Betrieb eingestellt werden. Eine Reparatur unter Wasser mit Asphalt ist keine Regelbauweise.

## E 2.2 Dichtungen

Der Instandhaltungsaufwand an Wasserstraßen konzentriert sich im Wesentlichen auf die Rauzone.

Eine intensive Unterhaltung zur Verhinderung der Durchwurzelung ist von besonderer Bedeutung für die langfristige Erhaltung der Dichtung. Insbesondere der Bewuchs mit Röhricht kann die Dichtung schädigen, da diese sich durch Rhizome unterhalb der Dichtung verbreiten. Abb. 32 zeigt die Rhizombildung unterhalb einer ca. 30 Jahre alten Asphaltdeckung.



Abbildung 32: Rhizom unter einer 30 Jahre alten Asphaltdeckung ca. 50 cm unterhalb der Wasserlinie (Elbe-Seitenkanal, WSA Uelzen)

Bei unzureichender Unterhaltung kann der Bewuchs so umfangreich sein, dass er nur mit einer Teilsanierung des Deckwerks entfernt werden kann. Hierfür wurde z. B. vom Wasser- und Schifffahrtsamt Uelzen ein Verfahren entwickelt, bei dem im Schutze einer Tauchwand die Dichtung mit Deckwerk bis ca. 1 m unter der Wasserlinie entfernt und durch Beton ersetzt wird. Dabei ist auf einen guten Anschluss an des bestehende Deckwerk zu achten.

Ist die Funktion der Asphaltdeckung relevant für die Standsicherheit des Kanalseitendammes, so ist auf jeden Fall die Standsicherheit des Dammes für den Fall „Defekte Dichtung“ nachzuweisen. Näheres hierzu ist dem „Merkblatt zur Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen – MSD“ (BAW 2005) zu entnehmen.

### **E.3 Kraftwerkskanäle**

Bei Kraftwerkskanälen unterliegt die Wasserwechselzone den stärksten Beanspruchungen. Insbesondere die Oberflächenversiegelungen werden hier besonders stark beansprucht; sie neigen dazu zu verspröden, rissig zu werden, abzublättern, Fließerscheinungen zu zeigen und zu kontrahieren. Es ist deshalb erforderlich, die Oberflächenversiegelung im Bereich der Wasserwechselzone in gewissen Zeitabständen in Stand zu setzen.

Die zu sanierenden Flächen sind vor dem Aufbringen einer neuen Oberflächenversiegelung sorgfältig zu reinigen und Schadstellen auszubessern. Zur Verbesserung des Haftverbundes sind die zu sanierenden Oberflächen ggf. mit Bitumenemulsionen anzuspritzen.

Oberflächenversiegelungen dürfen nur auf trockene Oberflächen aufgebracht werden.

Bei Schäden an der Asphaltichtungsschicht muss deren Ausmaß festgestellt und die Dichtungsschicht in dem betroffenen Bereich erneuert werden. Hierzu muss der Wasserspiegel auf das erforderliche Niveau abgesenkt werden, um die Arbeiten im Trockenen ausführen zu können.

### **E.4 Talsperren und Speicherbecken**

#### **E.4.1 Asphaltaußendichtungen**

Asphaltdichtungen verursachen nur geringe und auf einen längeren Zeitraum überschaubare Instandsetzungsmaßnahmen, wenn sie einerseits nach dem Stand der Technik entworfen und hergestellt wurden und zum anderen eine sorgfältige Instandhaltung erfahren. Zu der letzteren gehören eine regelmäßige Inspektion aller sichtbaren und messbaren Eigenschaften und Verhaltensweisen der Dichtung und frühzeitiges Beseitigen erkannter Mängel unter Berücksichtigung der betrieblichen Gegebenheiten.

Qualitative Veränderungen einer Asphaltaußendichtung treten i.a. nicht gleichmäßig über ihre gesamte Fläche auf. Unterhalb des unteren Betriebswasserspiegels bleibt die Dichtungsoberfläche im allgemeinen vollständig geschlossen und unverändert.

Im Bereich der Wasserwechselzone und darüber unterliegt insbesondere die Oberflächenversiegelung aus Asphaltmastix einer besonders starken Beanspruchung und neigt zum Verspröden. Sie ist entspre-



chend in Stand zu halten. Dieses kann durch Aufbringen von Heiß- oder Kaltmastix erfolgen. Sollten Schäden in der Dichtungsschicht festgestellt werden, sind diese möglichst zeitnah zu reparieren.

Nahtrisse und Risse innerhalb der Einbaubahnen (wilde Risse und Scherrisse), sind, sofern die Schadstellen tiefer in den Asphaltbeton hineinreichen, entsprechend tief auszufräsen und die Flächen und Anschlusskanten nach gründlicher Reinigung mit einem Haftanstrich zu versehen. Anschließend werden die ausgefrästen Flächen mit Asphaltbeton aufgefüllt und sorgfältig verdichtet. Anschlussnähte zur alten Dichtungsfläche sind zu verschweißen. Die so ausgebesserten Teilflächen erhalten dann wieder eine Oberflächenversiegelung.

Sowohl während der Herstellung als auch nach mehreren Betriebsjahren können sich infolge von Feuchtigkeit zwischen zwei dichten Schichten oder innerhalb einer dichten Schicht Blasen bilden.

Blasen sind zu beseitigen durch

- Ausbau und Entfernen des Blasendeckels
- ggf. Trocknen der Feuchtigkeit
- Behandlung der Unterlage und der abgeschrägten Flanken zur Sicherung eines zukünftigen Haftverbundes
- Einbau einer geeigneten Asphaltmasse und deren sorgfältige Verdichtung.

Die Anschlussnaht zur alten Dichtungsfläche ist zu verschweißen. Abschließend erhält der Reparaturbereich eine Oberflächenversiegelung.

Haben sich Anschlüsse an Kunstbauwerke geöffnet, so sind sie umgehend zu schließen. Die zu ergreifenden Maßnahmen hängen vom Schadensumfang ab. Sie bestehen entweder darin, Fugenvergussmasse nachzugießen oder die Anschlusskonstruktion völlig zu erneuern.

Bei großflächigen Schäden ist eine Instandsetzung durch Abfräsen der Dichtungsschicht und Neueinbau erforderlich.

Bei Unsicherheiten hinsichtlich der Qualität der Dichtungsschicht sind vor Beginn der Arbeiten Materialproben aus der Dichtung zu entnehmen. Ergebnisse aus Laboruntersuchungen bringen Aufschlüsse über die Materialzusammensetzung und die Beschaffenheit des Asphaltbetons.

Sie sind die Grundlage für die Entscheidung der für die Erneuerung zu treffenden Maßnahmen.

#### **E.4.2 Asphaltinnendichtungen**

Da eine Asphaltinnendichtung nach ihrer Fertigstellung, bedingt durch ihre Lage im Damminneren, geschützt und keinen mechanischen, chemischen, biologischen oder witterungsbedingten Einflüssen ausgesetzt ist, sind Instandhaltungsmaßnahmen nicht erforderlich. Diese Feststellung wird durch die Erfahrung an mehr als 70 Talsperren mit Asphaltinnendichtung, deren älteste seit 1962 in Betrieb ist, untermauert.

#### **E.5 Küstenschutzbauwerke**

##### **E.5.1 Deckwerke aus Asphaltbeton**

Instandhaltungsmaßnahmen werden im wesentlichen beim Aufgehen von Nähten zwischen den Einbaubahnen, an Fugen zu Einbauten innerhalb von Schutzbelägen und an durch Sandschliff in der Wellenüberschlagszone erodierten Asphaltbetonoberflächen erforderlich (siehe B.1.3.6 Oberflächenversiegelung).

##### Aufgegangene Bahnennähte:

Möglichkeiten zur Instandhaltung sind Bitumenschweißbahnen, die über Schadstellen geklebt werden oder die Reinigung der Nähte (z.B. mit Heißluftlanze) und anschließendes Vergießen mit Heißbitumen. Das Aufweiten feinerer Risse mit Schneidscheiben und die Verfüllung mit einer Fugenvergussmasse haben sich nicht bewährt.

##### Abrieb durch Sand:

Die oberflächige Feinmörtelschicht des Asphaltbetons kann durch Sandabrieb geschädigt werden. In der Folge sind ggf. die groben Mineralstoffe nicht mehr in den Asphaltmörtel ausreichend eingebunden und können sich lösen. Bei geringerem Verlust genügt der Auftrag einer Versiegelung mit Heiß- oder Kaltmastix. Ist der Sandabrieb bereits weit fortgeschritten, so ist eine Instandsetzung so vorzusehen, dass die ursprüngliche Gesamtdicke wieder erreicht wird.

Bei leichteren Schäden kann das vorhandene Deckwerk gegebenenfalls durch eine neue Schicht (Mindestdicke 5 cm) überbaut werden, nachdem entweder nur schadhafte Bereiche oder aber die Gesamtfläche vor einem maschinellen Einbau durch leichtes Abfräsen in der erforderlichen Tiefe

vorbereitet werden. Von besonderer Bedeutung ist dabei auch die Herstellung eines ausreichenden Verbundes zur vorhandenen Oberfläche.

Größere Schadensbereiche können nur durch den Ausbau der geschädigten Flächen und Einbau eines neuen Deckwerks dauerhaft beseitigt werden. Dann ist bei der Reparatur wie beim Neubau vorzugehen. Zuvor ist die Ursache der Schäden zu erkunden.

#### Fugen zu Einbauten:

Sind Fugen zu Einbauten mit einer bitumenhaltigen Fugenvergussmasse gefüllt, so löst sich diese im Laufe der Zeit durch Erwärmung und Kontraktion infolge der Witterung von senkrechten Fugenwandungen. Die alte Fugenvergussmasse ist zu entfernen und die Fuge ist neu zu vergießen.

#### Fugenausbildungen:

Bei Fußausbildungen von Asphaltbetondeckwerken, die den Beanspruchungen nicht standgehalten haben, kann eine Instandsetzung in Asphaltbauweise erfolgen. So wurde 1978 vor einer abgängigen Spundwand in der Fahrrinne der Ems (EAK 1993, E, Bsp. 4) eine 20 m breite schwere Vorlage aus Schüttsteinen, auf einem Rost aus Faschinenwürsten, einer Weidenbuschlage und einem geotextilen Filter eingebaut und mit 560 kg/m<sup>2</sup> Vergussmastix voll vergossen.

### **E.5.2 Deckwerke in Vergussbauweise**

Eine Instandhaltung von Deckwerken in Vergussbauweise ist i.A. nicht erforderlich, da diese Bauweise als geschlossenes Deckwerk sehr dauerhaft und kaum anfällig für Materialverluste ist.

Für Instandsetzungsmaßnahmen ist von entscheidender Bedeutung, ob es sich um dichte oder durchlässige Deckwerke handelt.

Treten Materialverluste bei offenen Deckwerken (teilvergossene Wasserbausteine) auf, so sind sie durch örtliche Zugabe von Gestein und gezielten Verguss, gegebenenfalls unter Zugabe von Splitt beim Eingießen zu schließen.

Bei dichtem Verguss ist die Oberfläche so vorzubereiten, dass ein guter Verbund zur vorhandenen Eingussmasse erzielt wird (gründliches mechanisches Reinigen von Ablagerungen und Bewuchs und vorsichtiges Anwärmen der vorhandenen Eingussmasse).

Durchlässige Deckwerke, deren Durchlässigkeit erhalten bleiben muss, sind mit größter Sorgfalt zu behandeln. Das gilt zum Einen für die Kornzusammensetzung der Steinschüttung und zum Anderen für die Vergussmenge und deren Viskosität. Gegebenenfalls ist bei zu offenem Steingefüge eine Verwicklung durch Schotter oder Splitt bzw. Kies vorzunehmen.

### **E.5.3 Deckwerke aus Mastixschotter**

Geringe Substanzverluste können durch einen gezielten Verguss mit Asphaltmastix oder Verplomben mit Asphaltmischgut geschlossen werden, da bei der Bemessung der Dicke stark durchlässiger Deckwerke i. A. bereits ein Zuschlag für mögliche Materialverluste gemacht wird. So erübrigt sich die Instandsetzung über längere Zeiträume. Sollte sich durch besondere Beanspruchungen jedoch die Notwendigkeit einer Instandsetzung ergeben, so sind kleinere, lokal begrenzte Materialverluste durch Plomben aus Asphaltbeton oder -verguss so zu schließen, dass die Durchlässigkeit des Deckwerks erhalten bleibt.

Bei größeren Substanzverlusten ist eine komplette Erneuerung vorzusehen.

### **E.6 Schrifttum**

BAW Bundesanstalt für Wasserbau (2005): Merkblatt, Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), Karlsruhe.

Bobbe, A., Gröger, M., Balzereit, U. (1994): Instandsetzung der Asphaltaußendichtung an der Talsperre Schömbach. TEERBAU- Veröffentlichungen Nr. 40, S. 75-84.

DIN 1055-100 2001-03: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung - Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln. Beuth Verlag, Berlin.

DVWK Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (1992): Asphalt dichtungen für Talsperren und Speicherbecken. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 223/1992. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

EAK Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.) (1993): Die Küste. Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee. EAK 1993 Empfehlungen für Küstenschutzwerke. Ausschuss für Küstenschutzwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik DGGT/ Hafenbau-technischen Gesellschaft HTG. Heft 55, Verlag Boyens & Co, Heide i. Holstein.

EAK Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.) (2002): Die Küste. Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee. EAK 2002 Empfehlungen für Küstenschutzwerke. Ausschuss für Küstenschutzwerke der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik DGGT / Hafentechnischen Gesellschaft HTG. Heft 65, Verlag Boyens & Co, Heide i. Holstein.