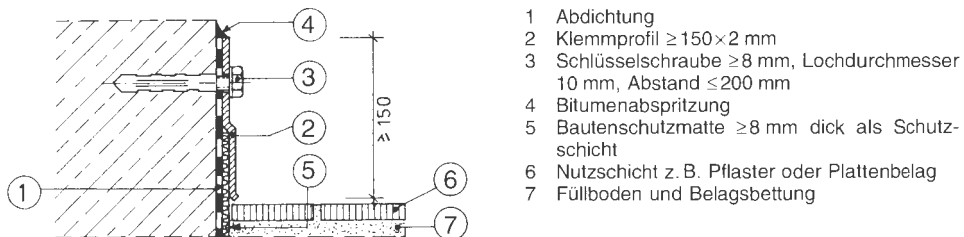


Klemmprofile

Klemmprofile bestehen aus stranggepresstem Aluminium oder mehrfach gekanteten nichtrostenden Metallprofilen. Sie sind in Abhängigkeit von ihrer geplanten Funktion zu dimensionieren und zu befestigen. Ihre Einzellänge sollte 3 m nicht überschreiten. Sollen sie außer der Randfixierung gleichzeitig auch die Hinterläufigkeit unterbinden, müssen sie für eine durchgehende Anpressung ausreichend biegesteif sein; das Widerstandsmoment des Profils muss dann im Klemmbereich mindestens dem einer Klemmschiene entsprechen.

Im Bereich von Terrassen und begehbaren oder befahrbaren Flächen werden die Abdichtungsverwahrungen an aufgehenden Gebäudeteilen häufig mittels Klemmprofilen gesichert. Derartige Profile übernehmen nicht nur die Funktion des eigentlichen Abdichtungsabschlusses, d.h. Ausschluss von Hinterläufigkeit, sondern schützen darüber hinaus auch die Abdichtung gegen mechanische Beschädigungen oder negative Witterungseinflüsse. Zu diesem Zweck ist die Profilbreite über den vorgeschriebenen Mindestwert von 45 mm für die nötige Klemmwirkung (Klemmschiene) auf 150 mm vergrößert (Bilder B75 und B76). Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn der untere Profilteil um ca. 10 mm aus der Klemmebene herausgekröpft ist. Dann kann eine Bautenschutzmatte, ohne die Klemmwirkung im oberen Profilteil einzuschränken, mit gehalten werden. Weitere Beispiele enthalten Bild B115 sowie [B220].



- 1 Abdichtung
- 2 Klemmprofil $\geq 150 \times 2$ mm
- 3 Schlüsselschraube ≥ 8 mm, Lochdurchmesser 10 mm, Abstand ≤ 200 mm
- 4 Bitumenabspritzung
- 5 Bautenschutzmatte ≥ 8 mm dick als Schutzschicht
- 6 Nutzschicht z. B. Pflaster oder Plattenbelag
- 7 Füllboden und Belagsbettung

Bild B75

Klemmprofil nach DIN 18195-9 [B16] als Abdichtungsabschluss

Wird der obere Rand des Klemmprofils nicht durch einen Überhangstreifen oder die Wandbekleidungen vor der Bewitterung geschützt, ist er durch Abkanten so zu gestalten, dass eine Dichtstofffase von mindestens 10 mm Breite und 6 mm Dicke eingebracht werden kann (Bild B27) oder durch vorkomprimierte Bänder für eine zusätzliche Abdichtung gesorgt wird. Abdichtungsabschlüsse müssen bezüglich der oberen Abspritzung der Klemmschiene bzw. des Klemmprofils und auf die Vollzähligkeit der Bolzen hin überprüft werden. Derartige Abspritzungen sind vom Material her gesehen in keinem Fall ohne regelmäßige Pflege und Nachbearbeitung über Jahre funktionsfähig. Wird in diesem Bereich die Hinter- oder Unterläufigkeit nicht sicher ausgeschlossen, ist das Auftreten eines Schadens nur eine Frage der Zeit.



Bild B76
Klemmprofil; Bauausführung

Los- und Festflanschkonstruktionen

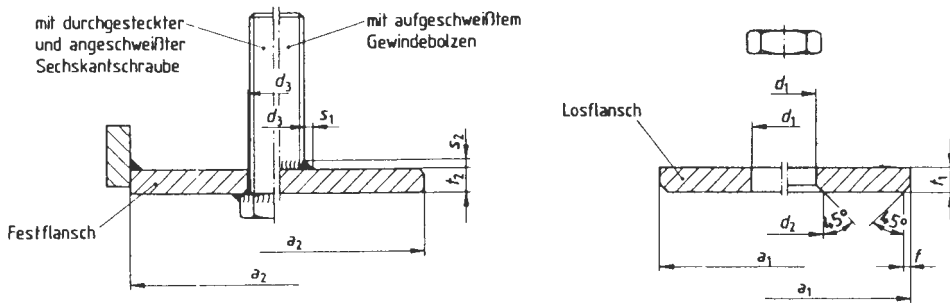
Die Anschlüsse von Abdichtungen an Durchdringungen bzw. deren Einbauteile werden in DIN 18195-9 in Abhängigkeit von der Beanspruchung durch das Wasser geregelt [B16, B214, B221, B226].

Bei mit Bitumen verklebten Abdichtungen werden für die Flansche Mindestabmessungen gefordert, wie sie in Bild B77 sowie den Tabellen B6a und B6b für die Los- und Festflanschkonstruktionen sowohl in Einzel- als auch Doppelausführung angegeben sind.

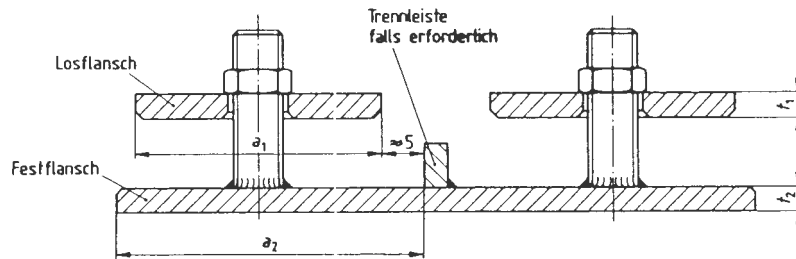
Darüber hinaus sind die folgenden Richtwerte zu beachten:

Flanschkonstruktion

- Stahlgüte:** YRG 2 und DIN EN 10027 T 1
Wenn möglich feuerverzinkt, sofern nicht durch Abdichtungen oder Beton gegen Korrosion geschützt. Unzugängliche und korrosionsgefährdete Konstruktionen sind aus Edelstahl WSt-Nr. 1.4301 bzw. WSt-Nr. 1.471 herzustellen, gemäß DIN 17440
- Schweißnähte:** Zulassung gem. DIN 18800, T. 7, Zif. 6.2.
Es ist immer einen 2-lagige Ausführung durch zugelassene Schweißer erforderlich, eine Prüfung auf Wasserdichtigkeit in der Werkstatt mit Protokoll kann vereinbart werden. Ein großer Eignungsnachweis wird bei dynamischer Belastung z.B. aus Schienen oder Schwerlastverkehr und nicht einbetonierten Stahlteilen im Regelfall erforderlich. Festflanschstöße sind voll durchzuschweißen und auf der Abdichtungsseite planzuschleifen.



Los- und Festflanschkonstruktion aus Flacheisen



Los- und Festflanschkonstruktion in Doppelausführung für Übergänge

Bild B77

Los- und Festflanschkonstruktion nach DIN 18195-9 [B16]

Hinweise zu Fest- Konstruktive Einzelheiten hierzu sind in den nachstehenden Grund- und Losflanschen: sätzen detailliert aufgeführt.

Schweißbolzen und Schraubenmütern

Stahlgüte: Entsprechend der Flanschkonstruktion jedoch immer Festigkeitsklasse 4.8, gemäß DIN 267 Bl. 3.

Bolzen: im Regelfall M20×60 mit durchgehendem Gewinde; Einzelheiten für Edelstahlbolzen regelt die Zulassung Z-30.3-6 vom DIBt Berlin vom August 1999.

Einbau: Bolzenschweißung mit Pistole; Durchbohren und nachträgliches Verschweißen nur in Ausnahmefällen. Anziehungsmomente siehe Tabelle B6b.

Prüfung: Drehmomentenschlüssel. Regelanziehungsmomente nach Tabelle B6b zuzüglich mindestens 30 Nm.

Gewindeschutz: Wachsfilm und PVC-Schutzhülse, in der Werkstatt aufgebracht.

Tabelle B6a
 Regelmaße in Millimeter (mm) für Los- und Festflanschkonstruktionen¹⁾

Art des Maßes		Bitumenverklebte Abdichtung		Elastomere Klemmfugenbänder	Kunststoff-Dach- und -Dichtungsbahnen lose verlegt	
		nicht-drückendes Wasser	drückendes Wasser		nicht-drückendes Wasser	drückendes Wasser
0	1	2	3	4	5	6
	Losflansch					
1	Breite a_1	≥ 60	≥ 150	≥ 100	≥ 60	≥ 150
2	Dicke t_1	≥ 6	≥ 10	≥ 10	≥ 6	≥ 10
3	Kantenabfassung	etwa 2	etwa 2	etwa 2	etwa 2	etwa 2
	Festflansch					
4	Breite a_2	≥ 70	≥ 160	≥ 110	≥ 70	≥ 160
5	Dicke t_2	$6, \geq t_1$	$10, \geq t_1$	$10, \geq t_1$	$6, \geq t_1$	$10, \geq t_1$
	Schrauben bzw. Bolzen					
6	Durchmesser d_3	≥ 12	≥ 20	≥ 20	≥ 12	≥ 20
	Schweißnaht bei Gewindebolzen					
7	Breite s_1	etwa 2	etwa 2	etwa 2	etwa 2	etwa 2
8	Höhe s_2	etwa 3,2	etwa 5	etwa 2	etwa 3,2	etwa 5
	Schrauben-/ Bolzenloch					
9	Durchmesser d_1	14	22	22	14	22
	Erweiterung bei Gewindebolzen					
10	Durchmesser d_2	$d_1 + 2 \times s_1$	$d_1 + 2 \times s_1$	$d_1 + 2 \times s_1$	$d_1 + 2 \times s_1$	$d_1 + 2 \times s_1$
11	Schrauben- bzw. Bolzenabstand untereinander	75 bis 150	75 bis 150	75 bis 150	75 bis 150	75 bis 150
12	Schrauben- bzw. Bolzenabstand vom Ende des Losflansches	≤ 75	≤ 75	≤ 75	≤ 75	≤ 75

¹⁾ Hinweis: Bei Abweichungen von Regelmaßen ist darauf zu achten, dass die spezifischen Klemmpressungen erhalten bleiben (Losflanschbreite, Bolzendurchmesser). Die Abreißfestigkeit des Bolzens ist mit der erforderlichen Sicherheit zu berücksichtigen.

Tabelle B6bNetto-Pressfläche in Quadratmillimeter (mm²) und Anziehungsmomente in Nm¹⁾

Für Bolzenabstand (mm)		150	150	150
Losflanschbreite (mm)		60	100	150
Resultierende Netto-Pressfläche (mm ²) ²⁾		etwa 8250	etwa 14000	etwa 21500
0	1	2	3	4
1	Abdichtungen im Flanschbereich aus:	Erforderliche Anziehungsmomente ³⁾ (Baustellenwerte) für dreimaliges Anziehen in Nm		
2	R 500 N	12	–	50
3	PIB mit Bitumen verklebt	12	–	50
4	Bitumenbahnen und Polymer-Bitumenbahnen nach Tabelle 4 aus DIN 18195-2:2000-08, mit Trägereinlage aus Glasgewebe	15	–	65
5	Bitumenbahnen und Polymer-Bitumenbahnen nach Tabelle 4 aus DIN 18195-2:2000-08, mit Trägereinlage aus Polyestervlies oder Kupferband	20	–	80
6	R 500 N + 1 Cu	20	–	100/80/80
7	ECB-Bahnen, PCV-P-Bahnen, Elastomerbahnen und EVA-Bahnen nach Tabellen 5 und 7 aus DIN 18195-2:2000-08, mit Bitumen verklebt	20	–	80
8	R 500 N + 2 × Cu	30	–	120/100/80
9	Kunststoff-Dichtungsbahnen nach Tabellen 5 und 7 aus DIN 18195-2:2000-08, lose verlegt	30	–	100
10	Elastomer-Klemmfugenbänder	40	105	165

¹⁾ Hinweise:

- Bei Abweichungen von Regelmaßen ist darauf zu achten, dass die spezifischen Klemmpressungen erhalten bleiben (Losflanschbreite, Bolzendurchmesser). Die Abreißfestigkeit des Bolzens ist mit der erforderlichen Sicherheit zu berücksichtigen.
- Bolzenabstände < 150 mm, Randabstände < 75 mm, erfordern geringere, rechnerisch nachzuweisende Anziehungsmomente.
- Die Flanschdicken sind bei Pressungen über 1,0 MN/m² rechnerisch zu ermitteln und konstruktiv zu prüfen.

²⁾ Fläche abzüglich 2 mm Fase an Längs- und Querbreiten sowie Lochdurchmesser bei 150 mm Bolzenabstand.³⁾ Errechnet nach DIN 18800-7:1983-05, Abschnitt 3.3.3.2, Tabelle 1.

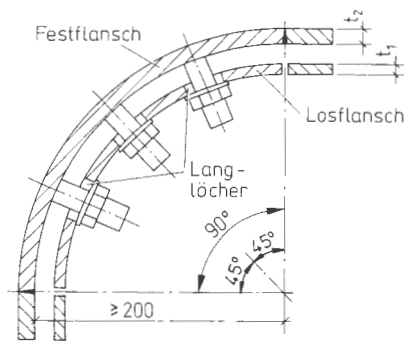
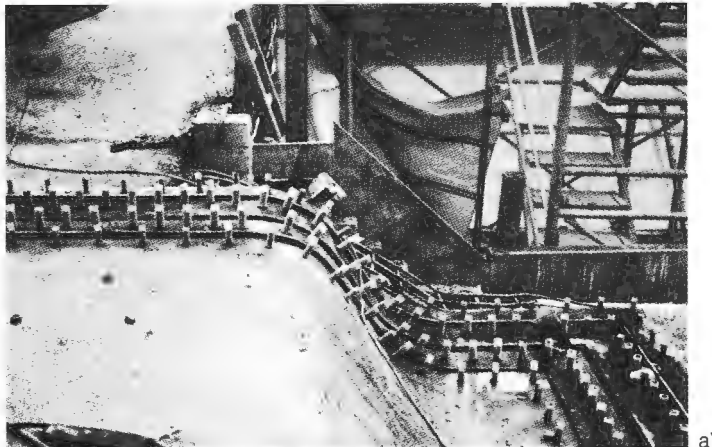


Bild B78
Eckausbildung einer Los-Festflanschkonstruktion
[B16]

Grundsätze

Solche Los- und Festflansch-Klemmkonstruktionen werden immer dann voll funktionsfähig, d. h. wasserdicht sein, wenn die nachfolgenden stichwortartigen Grundsätze beachtet werden:

1. Einhaltung der genormten Abmessung für alle Flanschteile.
2. Planebener Einbau der Festflansche in der Abdichtungsebene.
3. Abstand der Flansche von Kehlen, Kanten und Fugen ≥ 30 cm, besser 50 cm zum Einbau der Abdichtung.
4. Ausrundung von Kehlen und Kanten bei Richtungsänderung der Abdichtungsebene über 45° durch Formteile der Flanschkonstruktionen mit Mindestradien von 200 mm in Abhängigkeit vom Abdichtungsmaterial (Bild B78).
5. Keine scharfen Kanten und Grate an den der Abdichtung zugekehrten Stahlflächen.
6. Losflanschlänge ≤ 1500 mm, besser 900 mm.
7. Kein Blattrost auf den Flanschkonstruktionen.
8. Einbrennen des Voranstrichs bei Bitumenabdichtungen durch Erwärmen der Stahlflächen vor dem Auftragen.
9. Abdichtungslagen im Flanscbereich stumpf stoßen und durch eine zusätzliche Lage, wenn möglich Metallband aus Kupfer, verstärken.
10. Bolzenlöcher mit Locheisen nach Schablone stanzen.
11. Keine Falten und Beulen in der Abdichtung im Flanscbereich einbauen; sie lassen sich auch durch Anpressung der Losflansche nicht sicher verdrücken.
12. Losflansche sollten über den Schweißnähten der Festflansche gestoßen werden.
13. Blechstreifen, 0,2 mm dick und 20 mm breit, unter Losflanschstoß anordnen, um ein Abfließen des Bitumens zu verhindern, sofern Losflanschabstand ≥ 4 mm.
14. Gewindebolzen mit Schweißpistole aufschweißen und prüfen. Das Durchbohren von Festflanschen und nachträgliche Einschweißen von Stahlbolzen ist im Regelfall zu vermeiden. Wird es in Ausnahmefällen doch erforderlich, so muss jeder Bolzen einzeln auf der Baustelle auf Dichtigkeit geprüft werden.



a)



b)

Bild B79

Ausführungsbeispiele von Los-Festflanschkonstruktionen

a) Mehrfach abgewinkelte Flanschkonstruktion

b) Eckausbildung

15. Gewindegänge müssen in der Werkstatt leicht eingewacht und sofort durch Plastikhülsen auf ganzer Schaftlänge geschützt werden, bis der Einbau der Abdichtung erfolgt.
16. Das Anziehen der Bolzenmutter muss mehrfach (dreimal) mit einem Drehmomentschlüssel erfolgen, letztmalig kurz vor dem Einbetonieren.
17. Das Anziehmoment ist abhängig vom Abdichtungsmaterial, Bolzendurchmesser und der Flanschbreite. Die maximal zulässige Pressung des Abdichtungsaufbaus im Flanschbereich richtet sich nach den Angaben in der Norm (siehe Tabelle B6b).

18. Bei Kunststoff-Abdichtungen oder bei Klemmfugenbändern ist die Notwendigkeit von Zulagen zu prüfen. Die Bolzenmuttern müssen mehrfach nachgezogen werden. Das erforderliche Anziehmoment ist mit einem Drehmomentenschlüssel aufzubringen und richtet sich nach den Angaben des Herstellers der Dichtungsmaterialien.
19. Der Festflansch ist auf ganzer Länge stets auf ein und derselben Seite der Abdichtung anzuordnen, d. h., ein Festflanschwechsel ist nicht zulässig.

Aber auch für die bei Richtungsänderungen der Flanschkonstruktionen notwendigen Mindestradien von 200 mm und für die konstruktiven Bolzenanordnungen sind die Grundlagen in DIN 18195-9 [B16] vorgegeben. Wie in Bild B78 dargestellt, sind im Losflanschbogen Langlöcher mit Unterlegscheiben anzuordnen, weil sonst die Losflanschstücke nicht zu montieren sind.

Wesentlich ist die Anordnung eines Bolzens in der Winkelhalbierenden und mindestens eines weiteren Bolzens je Seite im Losflanschbogen (Bild B79b). Durch diese klaren Vorgaben werden zweifelsfrei alle sonstigen davon abweichenden Ausführungen – auch bei der Anwendung von fabrikgefertigten Abdichtungsformteilen – von vornherein infrage gestellt. Sie müssen zumindest für den Bereich des drückenden Wassers als nicht fachgerecht verworfen werden.

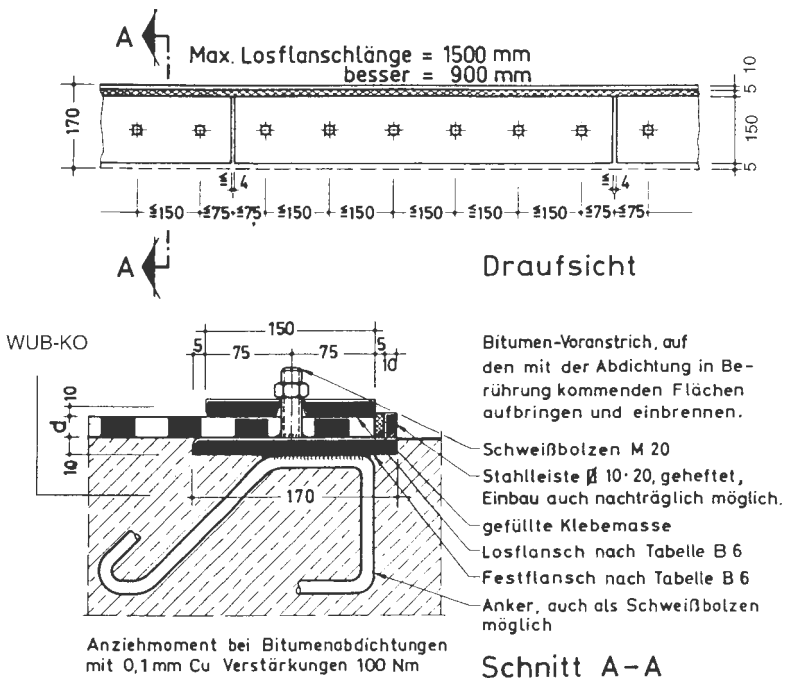
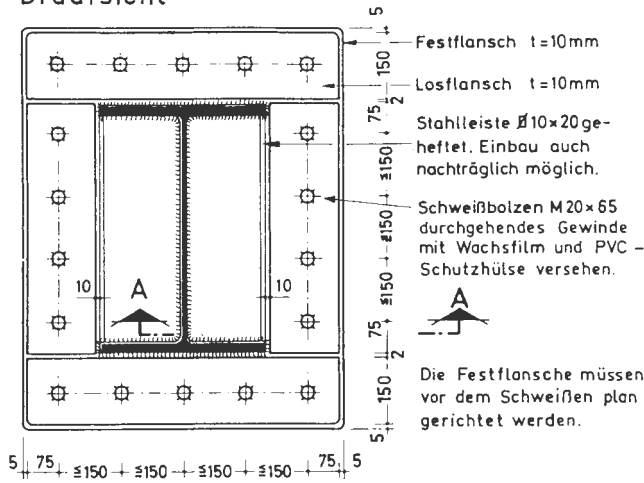


Bild B80

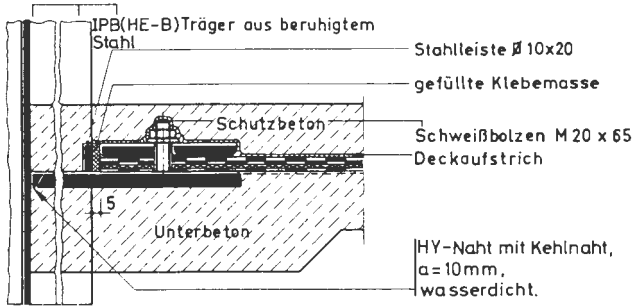
Abdichtungsabschluss durch eine Klemmkonstruktion aus Los- und Festflansch im Bereich des drückenden Wassers [B113, B226] an eine Konstruktion aus wasserundurchlässigem Beton gemäß DIN 1045 mit Rißbreitenbeschränkung und konstruktiver Sicherung gegen Unterläufigkeit des Festflansches [B1, B113, B226]

Draufsicht



Die einzelnen Abdich- tungslagen müssen im Flanschbereich stumpf gestoßen werden.

Schnitt A-A



1. Die Schweißnaht des Festflansches muss von unten prüfbar sein. Anschließend muss der Hohlraum satt mit Beton unterstopft werden.
2. Lagenzahl siehe Leistungsverzeichnis. Verstärkungen mit geriffeltem Kupferband 0,1 mm dick, je ≥ 50 cm breit. Die Lagen im Flanschbereich sind stumpf zu stoßen. Die Muttern müssen dreimal angezogen werden, letztmalig vor dem Einbau des Schutzbetons.

Bild B81

Abdichtungsanschluss durch eine Los- und Festflanschkonstruktion an einem im Bauwerk integrierten Stahlträger (Mittelrammträger) [B113, B226]

Die in diesem Zusammenhang zu beachtenden weiteren Einzelheiten sowohl zur Materialauswahl als auch zur konstruktiven Ausführung dieser für die Funktion einer Abdichtung entscheidenden Einbauteile sind im Heft 61 der ARBIT-Schriftenreihe und in diversen anderen Veröffentlichungen ausführlich beschrieben worden [B201, B206, B215, B218, B221, B226].

Beispielhaft zeigt Bild B80 Schnitt und Draufsicht für einen linienförmigen Abschluss einer Bitumenabdichtung auf einer weiterführenden WU-Betonfläche ohne gesonderte Trennfugenausbildung im Grundwasser. Derartige Wechsel von Abdichtungssystemen sind bei einer fugenlosen durchgehenden Bauwerksfläche keine Regelausführung. Sie erfordern im Bereich der Betonbauteile bauwerksspezifische Sicherungen gegen Unterläufigkeit der Flanschkonstruktion, z.B. durch Verlängerung des Festflansches und Einbinden in den WU-Beton, Beachtung der erforderlichen Rissbreitenbegrenzung, der Wasserdampfdiffusion und Maßnahmen zur Einhaltung des geforderten Raumklimas.

Bild B81 zeigt den Anschluss an einen Mittelrammträger [B226]. In Bild B81 müssen die Festflansche vor dem Anschweißen an das Stahlprofil plan gerichtet werden. Die Schweißnaht muss von unten prüfbar sein. Abschließend muss der Hohlraum satt mit Beton unterstopft werden. Die Lagenzahl der Abdichtung ist abhängig von der Eintauchtiefe mit Verstärkungen aus geriffeltem Kupferband 0,1 mm dick, je ≥ 50 cm breit. Die Lagen im Flanschbereich sind stumpf zu stoßen. Die Muttern müssen dreimal angezogen werden, letztmalig vor dem Einbau des Schutzbetons.

1.7.3 Durchdringungskörper

In der Abdichtungstechnik werden für bestimmte, immer wiederkehrende konstruktive Bauaufgaben spezielle Durchdringungskörper erforderlich und von der Industrie auch angeboten [B301 bis B304, B310, B311]. Hierzu zählen z.B. die weiter unten näher beschriebenen Rohr- und Kabeldurchführungen entsprechend den Bildern B83 bis B89 sowie Brunnentöpfe nach den Bildern B90 bis B92. Die Abdichtungsanschlüsse erfolgen dabei mithilfe von Einbauteilen nach Abschnitt B1.7.2, Tabelle B4. Als kleinste Durchdringung ist konstruktiv der Telleranker nach den Bildern B93 und B94 behandelt. Er dient zur gegenseitigen Verankerung der die Abdichtung begrenzenden Schichten aus Mauerwerk oder Beton.

Die stahlbautechnischen Anforderungen in Abschnitt B1.7.2 gelten für die Herstellung der Anschlüsse am Durchdringungskörper vollinhaltlich.

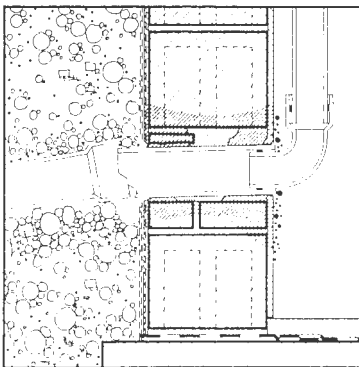
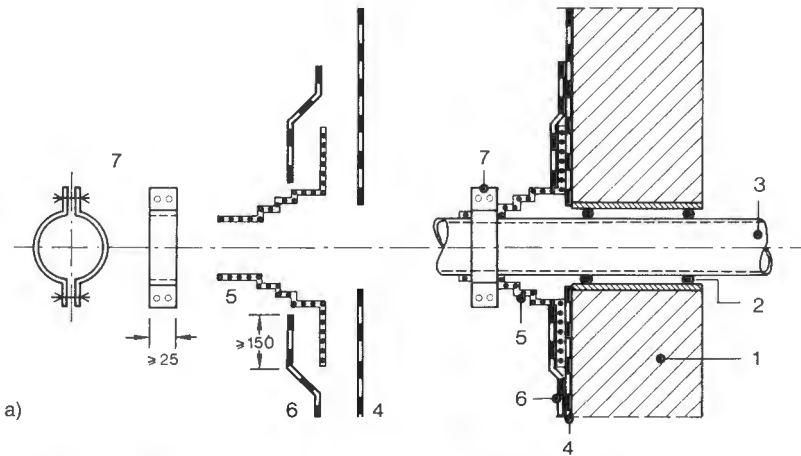
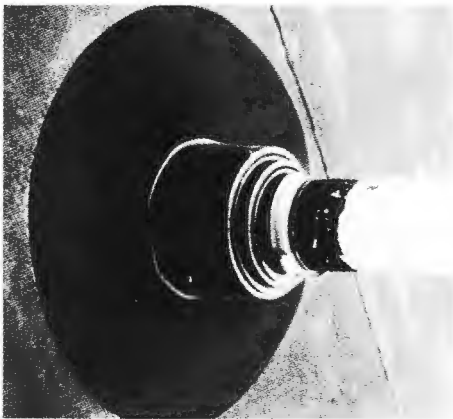


Bild B82
Fehlerhafte Rohrdurchführung [B203]



a)

- | | |
|--------------------|--|
| 1 Außenwand | 5 Manschette, Kunststoff |
| 2 Rollringdichtung | 6 Verstärkung im Anschlussbereich |
| 3 Medienrohr | 7 Schelle, mehrteilig oder Bandschelle |
| 4 Wandabdichtung | |



b)

Bild B83

Abdichtungsanschluss eines Medienrohres mit Manschette und Schelle

- a) Prinzip [B223]
b) Bauausführung

Rohr- und Kabeldurchführungen

Rohr- oder Kabeldurchführungen sind für jedes Bauvorhaben vom Einfamilienhaus bis zum industriellen Großbauvorhaben eine zwingende Notwendigkeit. Derartige Durchführungen stellen für die Abdichtung besondere Anforderungen [B16, B221, B225, B226] und bilden eine häufige Schadensursache. Man sollte aus grundsätzlichen Erwägungen daher im Planungsstadium bemüht sein, solche Durchführungen oberhalb des Grundwassers anzuordnen.

Bei Rohr- und Kabeldurchführungen im Bereich von nichtdrückendem Wasser, d.h. der Bodenfeuchte oder des Sicker- und Oberflächenwassers, z. B. bei Wohnhäusern oder Gebäuden mit Kellern, können Manschetten mit Schellen oder auch Klebeflansche sowie Anschweißflansche zum Einsatz kommen (vgl. hierzu Tabelle B4). Die Abdichtung kann unmittelbar an

das durchzuführende Rohr oder Kabel erfolgen, sofern keine Bewegungen die Dichtigkeit des Anschlusses gefährden. Man sollte aber bedenken, dass schon beim Verfüllen der Baugrube Bewegungen am Bauwerk und damit Undichtigkeiten u.U. nicht auszuschließen sind. So zeigt Bild B82 die Folgen einer ungenügenden Verdichtung oder Verfüllung des Arbeitsraumes mit Bauschutt auf. Daher muss sich jeder Planer überlegen, wie er Kabel und Rohre durch eine Abdichtung hindurch so sicher ins Bauwerk führt, dass sich auch bei nachfolgenden Erdarbeiten keine Schäden bei an sich fachlich einwandfreier Ausführung der Abdichtung einstellen können. Dieses ist immer dann gegeben, wenn ein Mantelrohr fachgerecht an die Abdichtung angeschlossen wird und schädliche Setzungen unmittelbar auf das Medienrohr ausgeschlossen sind. In Bild B83 ist eine Rohr- oder Kabeldurchführung skizziert, bei der mithilfe einer Kunststoffmanschette und Schelle das Medienrohr fachgerecht eingeklebt ist.

Sicherheitsbewusste Konstrukteure sehen jedoch bei hoch beanspruchten Flächenabdichtungen im Sickerwasserbereich in der Regel Rohr- oder Kabeldurchführungen vor, wie sie für den Bereich des drückenden Wassers zwingend vorgeschrieben sind.

Bei tiefer liegenden Kellern vor allem in städtischen Bereichen sowie im Industriebau werden solche Rohr- und Kabeldurchführungen auch in Grundwasserbereichen nie zu vermeiden sein. In diesen Fällen müssen dann zwei Bedingungen erfüllt werden. Erstens muss die Flä-

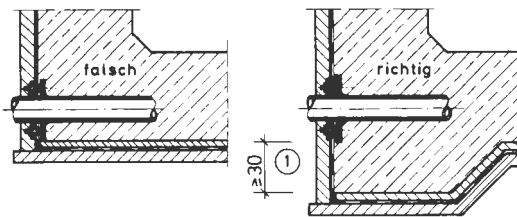
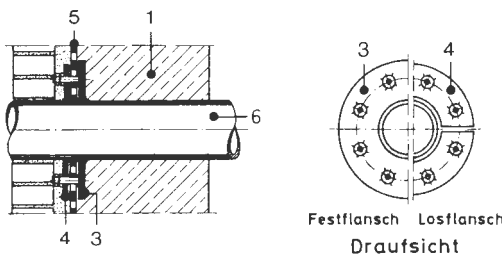


Bild B84
Anordnung einer Rohr- oder Kabel-
durchführung [B113]



- 1 Außenwand
- 2 Medienrohr
- 3 Festflansch
- 4 Losflansch, mehrteilig
- 5 Bahnenabdichtung
- 6 Mantelrohr
- 7 Stopfbuchse, luftseitig, nachspannbar

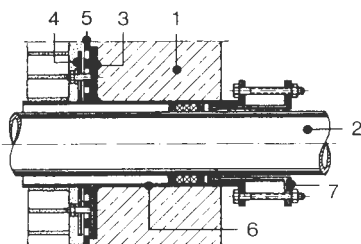
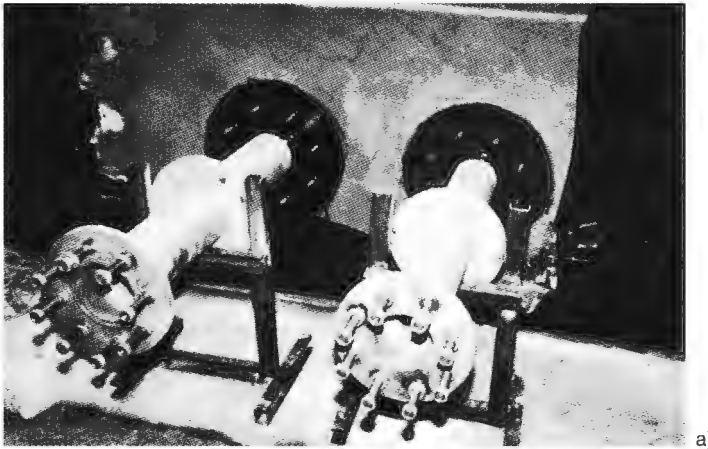


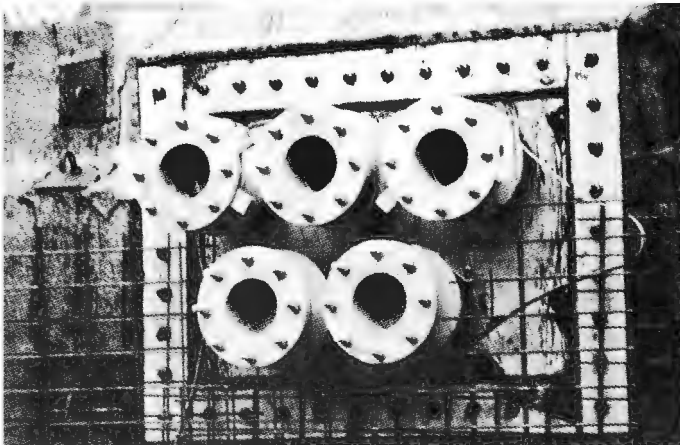
Bild B85
Rohrdurchführung mit Los- und Fest-
flanschkonstruktion [B113, B226]

chenabdichtung fachgerecht angeschlossen werden können, und zweitens muss zwischen Mantel- und Medienrohr ein Nachdichten oder ein Auswechseln der durchzuführenden Rohre oder Kabel, unabhängig von der Bauwerksabdichtung, jederzeit möglich sein. Damit kommt nur eine vorgefertigte Konstruktion mit einem Mantelrohr für den Einsatz infrage.

Die Flächenabdichtung wird dabei mit Los- und Festflanschkonstruktionen entsprechend der Beanspruchung durch das Wasser angeschlossen. Damit für den Abdichter ein fehlerfreier Anschluss der Flächenabdichtung möglich ist, muss der Abstand der Festflanschaußenkante von Kehlen und Kanten mindestens 30 cm entsprechend Bild B84 betragen. Ferner müssen in der Ansicht kreisrunde Losflansche mindestens zweiteilig ausgebildet werden, damit ein vollflächiges Anpressen der Abdichtung überhaupt möglich wird.



a)

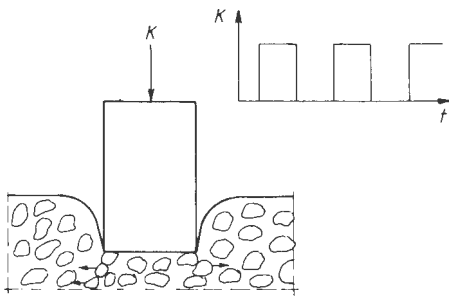


b)

Bild B86

Beispiel einer Rohrdurchführung mit Los- und Festflansch sowie mit Stopfbuchse, Einbauteil vor Betonieren der Wand

- a) Einzeldurchführung
- b) Gruppendurchführung



K – äußere Kraft
 t – Zeit

Bild H3

Quasiplastisches Verhalten eines Mineralstoffgemisches bei dynamischer Belastung. Die Pfeile deuten den Teilchentransport aus dem belasteten Stempelbereich in die unbelastete Umgebung an. Die Verformung nimmt mit der Anzahl der Lastwechsel zu

Bewegung. Dadurch findet eine Auflockerung des Mineralstoffgemisches in der belasteten Zone statt. Bei der nachfolgenden Belastung kann je nach vorangegangener Auflockerung nur eine erneute Nachverdichtung oder eine Nachverdichtung und eine Teilchenverschiebung aus der belasteten in die unbelastete Zone eintreten. Im letztgenannten Fall sinkt der Stempel mit der Anzahl der Lastwechsel immer tiefer in das Mineralstoffgemisch ein. Das Mineralstoffgemisch verhält sich quasiplastisch (Bild H3). Mineralstoffgemische sind wasserdurchlässig und verfügen über keinen inneren Zusammenhalt (Kohäsion).

Die Anforderungen an Mineralstoffe für den Straßenbau, die Güteüberwachung sowie die anzuwendenden Prüfverfahren sind in Regelwerken festgelegt [H104, H105, H106]. Für die Verwendung von Mineralstoffen in Brückenbelägen gelten [H107, H108].

1.3 Asphalte

1.3.1 Allgemeines

Die Eigenschaften der Asphalte werden durch die Eigenschaften der Komponenten – Bitumen und Mineralstoffgemisch – bestimmt. Je nach Zusammensetzung treten bei den Asphalten entweder die Eigenschaften des Bitumens oder des Mineralstoffgemisches stärker in Erscheinung.

Eine der wesentlichen Bitumeneigenschaften, die das Verhalten der Asphalte prägt, ist die Fähigkeit zur Relaxation (siehe Abschnitt H1.2.1). Diese Eigenschaft ermöglicht es, große Flächen aus Asphalt fugenlos zu bauen.

1.3.2 Einteilung der Asphalte

Asphalte lassen sich in zwei Gruppen einteilen. Die Gruppen werden entweder

- nach der Anzahl der stofflichen Phasen oder
- nach der Verarbeitung

benannt.

Solange die Hohlräume des Mineralstoffgemisches nicht vollständig mit Bitumen ausgefüllt sind, besteht der Asphalt aus drei Phasen, nämlich

- der festen Phase: dem Mineralstoffgemisch,
- der flüssigen Phase: dem Bitumen, und
- der gasförmigen Phase: der Luft in den Hohlräumen.

Gemische dieser Art werden als „dreiphasige Asphalte“ bezeichnet.

Bei dreiphasigen Asphaltmischungen dominieren im unverdichteten Zustand die Mineralstoffgemischeigenschaften. Ein dreiphasiges Asphaltmischgut (einbaufähiges Asphaltgemisch [H101]) ist wie ein Mineralstoffgemisch rieselfähig und auf Lkws transportierbar (Bild H4).

Zur Herstellung einer gebrauchsfähigen Schicht muss das dreiphasige Asphaltmischgut verdichtet werden. Dies erfolgt im Regelfall mithilfe von Walzen. Deshalb werden dreiphasige Asphalte auch als „Walzasphalte“ bezeichnet. Im verdichteten Zustand treten je nach Zusammensetzung und Verdichtungsgrad (Definition siehe [H101] und Abschnitt H1.3.3.3) entweder die Eigenschaften des Mineralstoffgemisches oder die des Bitumens in den Vordergrund.

Übersteigt das Bindemittelvolumen das Hohlraumvolumen im Mineralstoffgemisch, so entstehen praktisch hohlraumfreie, fließfähige zweiphasige Asphalte. Sie bestehen lediglich aus

- der festen Phase: dem Mineralstoffgemisch, und
- der flüssigen Phase: dem Bitumen.

Bei zweiphasigen Asphaltmischungen treten die Bitumeneigenschaften in den Vordergrund. Die Herstellung von gebrauchsfähigen Schichten aus zweiphasigen Asphaltmischungen erfolgt durch



Bild H4

Transport von rieselfähigem Walzasphalt-Mischgut auf einem Lastkraftwagen

„Gießen“. Deshalb werden zweiphasige Asphalte auch als „Gussasphalte“ bezeichnet. Ein weiterer Vertreter zweiphasiger Asphalte ist der Asphaltmastix.

1.3.3 Walzasphalte

Für Brückenbeläge und in Sonderfällen auch für Parkdecks kommen zwei Arten von Walzasphalten, nämlich Asphaltbeton und Splittmastixasphalt, in Betracht.

1.3.3.1 Asphaltbeton

Als Asphaltbeton wird ein mit Straßenbaubitumen gebundenes Mineralstoffgemisch abgestufter Körnung zur Herstellung von Deckschichten bezeichnet [H101].

a) Herstellung und Einbau

Asphaltbetone werden in Mischanlagen hergestellt, auf Lastkraftwagen zur Baustelle transportiert, mit Fertigern eingebaut und durch Walzen verdichtet (Bilder H4 bis H6). Die Verdichtung ist erforderlich, um das Mischgut in einen gebrauchsfähigen Zustand zu überführen. Durch den Verdichtungsprozess wird aus den im Mischgut locker gelagerten Mineralstoffteilchen und dem fließfähigen Bitumenmörtel (hier: Gemisch aus Bitumen und feinen Mineralstoffteilchen) ein tragfähiges Korngerüst mit fester Teilchenverklebung erzeugt.

Moderne Fertiger verfügen über Verdichtungswerkzeuge in Form von Stampfern, Pressleisten bzw. Vibrationsbohlen, mit denen ein hoher Grad an Vorverdichtung erreicht wird. Auf kleinen Flächen kann die Verteilung des Mischgutes von Hand erfolgen. Die Anforde-

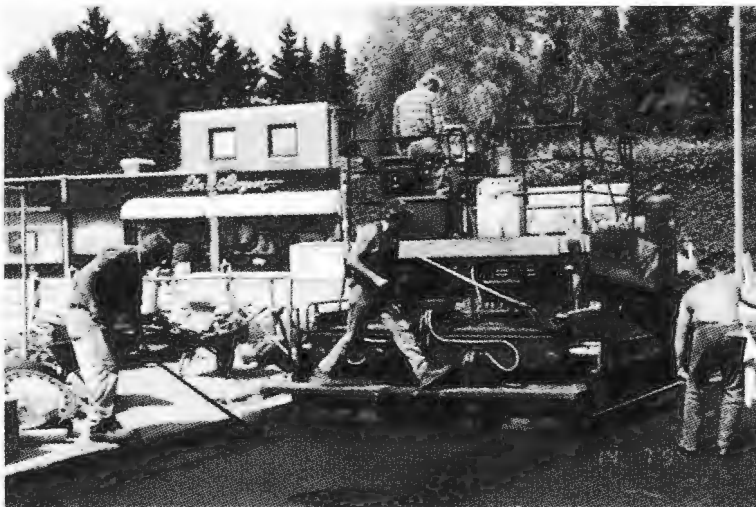


Bild H5
Walzasphalteinbau mit einem Fertiger



Bild H6
Verdichten von Walzasphalt

Tabelle H1

Niedrigste und höchste zulässige Temperaturen des Mischgutes in °C¹⁾ (entnommen aus [H109])

Art und Sorte des Bindemittels im Mischgut	Asphaltbinder	Asphaltbeton	Splittmastixasphalt	Gussasphalt	Asphaltmastix
20/30				200–250	
30/45	130–190			200–250	180–220
50/70	120–180	130–180	150–180	200–250	180–220
70/100	120–180	130–180	150–180		180–220
160/220		120–170	120–170		170–210

¹⁾ Die unteren Grenzwerte gelten für das abgeladene Mischgut beim Einbau; die oberen Grenzwerte gelten für das Mischgut beim Verlassen des Mixers bzw. des Silos. Bei polymermodifizierten Straßenbaubitumen (PmB) entsprechen die zulässigen Mischguttemperaturen den jeweiligen Grenzwerten, die für Straßenbaubitumen angegeben sind. Bei Splittmastixasphalt mit PmB 45 beträgt die niedrigste und höchste zulässige Temperatur des Mischguts 150 °C bzw. 180 °C.

rungen an den Verdichtungsgrad (Definition siehe [H101] und Abschnitt H1.3.3.3) und die Ebenflächigkeit [H109] sind dabei nicht immer zu erfüllen. Es besteht Entmischungsgefahr.

Fertiger und Walzen zeichnen sich je nach Einbauleistung und Verdichtungswirkung durch große Abmessungen und hohe Gewichte aus. Dadurch ist es häufig nicht möglich, diese Geräte auf Parkdecks, in Tiefgaragen oder in Innenräumen einzusetzen. Eine ordnungsgemäße Verlegung von Walzasphalten auf bzw. in den zuvor genannten Objekten scheidet deshalb im Regelfall aus.

In manchen Fällen ist es jedoch möglich oder, wie z.B. auf Rampen, sogar erforderlich, Walzasphalte einzubauen. Dies gilt besonders dann, wenn der Asphalt entweder im starken Gefälle (größer 6%) oder in großen Dicken zu verlegen ist.

Die Einbautemperaturen hängen von der verwendeten Bitumensorte ab. In Tabelle H1 sind die Einbautemperaturen in Abhängigkeit von der Bitumensorte enthalten.

b) Aufbau und Eigenschaften

Im Mineralstoffgemisch eines Asphaltbetons sind die einzelnen Korngruppen im ausgewogenen Verhältnis zueinander vertreten. Die Sieblinie verläuft stetig (Bild H7). Gemische dieser Art nennt man korngestuft [H101]. Korngestufte Gemische aus Splitt und Sand wurden früher als Mineralbeton [H101] bezeichnet. Es ist anzunehmen, dass daraus der Begriff Asphaltbeton entstanden ist. In Bild H8 ist ein korngestuftes Mineralstoffgemisch schematisch dargestellt. Die Teilchen des Mineralstoffgemisches bilden ein Korngerüst. Das Korngerüst besteht aus einer Vielzahl von Zellen – den kleinsten Einheiten sich gegenseitig abstützender Teilchen.

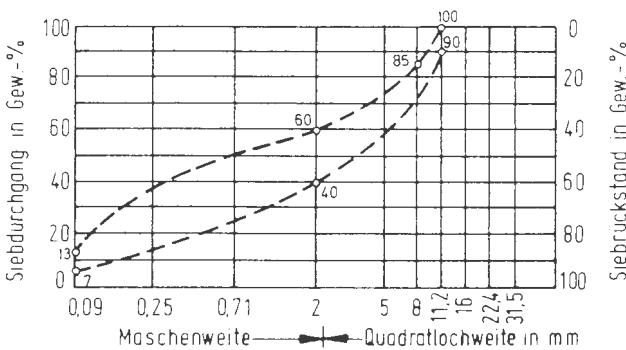
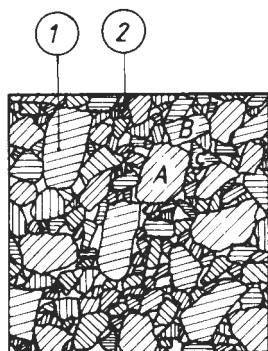


Bild H7
Sieblinienbereich für einen Asphaltbeton 0/11 S (aus [H109])

Im Mineralstoffgemisch ist die Anzahl der eine Zelle bildenden Teilchen gering. Im günstigsten Fall kann eine Zelle aus drei Teilchen bestehen. In Bild H8 ist eine Zellenstruktur aus den Teilchen A, B und C schematisch dargestellt. Die Größe der eine Zelle bildenden Teilchen kann verschieden sein. Ein Teilchen ist im Regelfall an mehreren Zellen beteiligt. Die aus kleinen und kleinsten Teilchen gebildeten Zellen sind in Bild H8 nicht dargestellt.

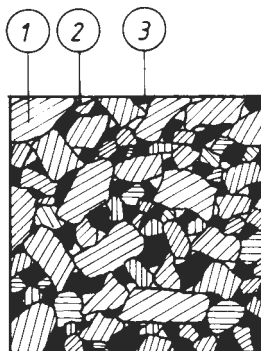
Beim Einwirken von äußeren Spannungen, beispielsweise durch Verkehrslasten, werden im Mineralstoffgemisch die Kräfte von Korn zu Korn auf die Unterlage übertragen. Dabei können instabile Zellen zusammenbrechen, was zur Erhöhung der Lagerungsdichte führt – das Mineralstoffgemisch konsolidiert.

Setzt man einem erhitzten, korngestuftem Mineralstoffgemisch durch Mischen geringe Mengen an heißflüssigem Bitumen zu, so kann vereinfacht angenommen werden, dass um

**Bild H8**

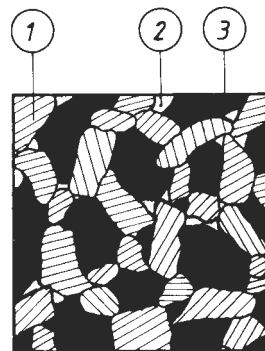
Mineralstoffgemisch eines Asphaltbetons (schematisch)

- 1 Mineralstoffteilchen des Korngerüsts
- 2 Hohlräume
- A, B, C – am Aufbau einer Zelle beteiligte Teilchen

**Bild H9**

Hohlräumreicher Asphaltbeton mit geringem Bindemittelgehalt (schematisch)

- 1 Mineralstoffteilchen des Korngerüsts
- 2 Hohlräume
- 3 Mörtel

**Bild H10**

Hohlräumarmer Asphaltbeton mit hohem Bindemittelgehalt (schematisch)

- 1 Mineralstoffteilchen des Korngerüsts
- 2 Hohlräume
- 3 Mörtel

die Teilchen annähernd gleichmäßig dicke Bindemittelfilme entstehen. Je kleiner das Teilchen, desto größer ist die Filmdicke im Verhältnis zu seiner Größe.

Spätestens nach beendetem Mischvorgang fließen die relativ dicken Bitumenfilme kleiner Teilchen (Sande und Füller) zu größeren Gebilden zusammen. Auf diese Art entstehen im Mischgut fließfähige Bereiche aus Bitumen und kleinen Feststoffteilchen. Diese Bereiche werden im Folgenden als „Mörtel“ bezeichnet.

Während der Verdichtung entsteht ein stabiles Korngerüst aus größeren Teilchen, wobei der Mörtel in die Hohlräume der Zellen des Korngerüsts verdrängt wird (Bild H9). Mit steigendem Bindemittelgehalt – steigender Dicke der Bindemittelfilme – werden sukzessiv immer größere Mineralstoffteilchen in den Mörtel eingebunden, wodurch das Mörtelvolumen deutlich stärker als das Bindemittelvolumen zunimmt. Die in den Mörtel eingebundenen Teilchen gehen zum größten Teil für den Aufbau des Korngerüsts verloren. Mit steigendem Bindemittelgehalt wird das Korngerüst aus immer weniger Teilchen gebildet, wobei die mittlere Korngröße dieser Teilchen steigt. Das bedeutet für die einzelne Zelle, dass mit steigendem Bindemittelgehalt die Anzahl der am Aufbau einer Zelle beteiligten Teilchen, ihre mittlere Korngröße sowie das Zellvolumen wachsen (Bilder H9 und H10).

In den Bildern H9 und H10 ist vereinfacht die Entwicklung der Zellenstrukturen in einem Asphaltbeton bei steigendem Bindemittelgehalt dargestellt. Die Stabilität der Zellen sinkt mit steigender Anzahl der am Aufbau einer Zelle beteiligten Teilchen. Je mehr Teilchen eine Zelle bilden, desto leichter kann diese bei äußeren Belastungen deformiert werden (zusammenbrechen). Dies führt zu einer steigenden Beanspruchung des Mörtels in den Zellen. Im belasteten fließfähigen Mörtel bilden sich je nach Belastungsdauer und Temperatur hydrostatische Zustände aus, die zu Fließvorgängen und somit zu Verformungen des Asphalt führen.

Die entwickelten Modellvorstellungen erlauben, die in der Praxis beobachteten Eigenschaften der Asphaltbetone zu erklären. Sie werden bei gleicher Zusammensetzung des Mineralstoffgemisches und gleicher Bindemittelsorte primär vom Bindemittelgehalt und von der Temperatur bestimmt.

● Die Verformbarkeit

Bei geringen Bindemittelgehalten liegt im Asphaltbeton ein Korngerüst aus vielen stabilen Zellen vor, die nur aus wenigen, vorwiegend kleineren Teilchen bestehen (Bild H9). Die Eigenschaften des Asphalts werden deutlich durch die Eigenschaften des Mineralstoffgemisches geprägt. Asphaltbetone mit geringem Bindemittelgehalt sind schwer verformbar, oder anders ausgedrückt standfest. Die Verformbarkeit wird durch die Temperatur relativ schwach beeinflusst.

Bei hohen Bindemittelgehalten (hohen Mörtelvolumen) besteht das Korngerüst aus einer geringen Anzahl von instabilen Zellen, die aus mehreren (vielen), vorwiegend großen Teilchen aufgebaut sind (Bild H10). Dadurch kommen die Bitumeneigenschaften stärker zur Geltung. Die Standfestigkeit von Asphaltbetonen mit hohen Bindemittelgehalten ist gering. Sie nimmt mit steigender Temperatur stark ab.

Die Mineralstoffzusammensetzung übt ebenfalls einen Einfluss auf die Standfestigkeit der Asphaltbetone aus. Sie nimmt mit steigendem Splittgehalt und Brechsandanteil zu. Bei höheren Splittgehalten stehen mehr grobe Teilchen für den Zellenaufbau zur Verfügung. Dadurch können im Korngerüst bei höheren Bindemittelgehalten mehr Zellen aus einer geringen Anzahl grober Teilchen entstehen. Die Substitution von kugelförmigem Natur sand durch scharfkantigen Brechsand führt zu stabileren Zellen im Korngerüst und erhöht die Viskosität des Mörtels.

Alle drei genannten Effekte – der Aufbau von stabileren Zellen aus einer geringeren Anzahl grober Teilchen, stabilere Zellenstrukturen durch scharfkantige Brechsandteilchen, Zunahme der Mörtelviskosität – führen zu einem Anstieg der Standfestigkeit. Die aufgeführten Modellvorstellungen sind ausführlich in [H207] beschrieben. Der Einfluss der Mineralstoffzusammensetzung auf die Verformbarkeit von Asphalten geht aus [H208, H209], der Einfluss der Bindemittelmenge und -härte aus [H210] hervor.

Die Verformbarkeit von Asphalten nimmt mit steigender Härte des Bitumens ab. Die Steigerung der Bindemittelhärte ist jedoch wegen der Rissbildungsgefahr [H211] begrenzt. Für die Herstellung von Walzasphalten kommen im Regelfall Bitumen der Sorten 70/100 und 50/70 zum Einsatz.

Der Hohlraumgehalt von Walzasphalten hängt ebenfalls vom Bindemittelgehalt ab. Er kann bei Asphaltbetonen als grobes Maß für die Standfestigkeit gelten. Asphaltbetone mit Hohlraumgehalten von mehr als 3 Vol.-% können im Regelfall als ausreichend standfest betrachtet werden [H209, H210].

Auf Parkdecks, besonders wenn diese überdacht sind, und in Tiefgaragen kann ein bindemittelreicheres, leichter verdichtbares Mischgut mit einem geringeren Hohlraumgehalt zum Einsatz gelangen. Der Hohlraumgehalt sollte nach Auffassung des Verfassers jedoch nicht weniger als 2,5 Vol.-% am Marshall-Probekörper betragen.

Verallgemeinert kann man sagen, dass mit der Abnahme des Bindemittelgehaltes und der Temperatur sowie mit dem Anstieg der Bitumenhärte, des Splitt- und Brechsandanteils der Verformungswiderstand der Asphalte zunimmt.

● Der Verschleißwiderstand

Als Verschleiß oder Abnutzung bezeichnet man den Substanzverlust der Deckschicht von Fahrbahnoberflächen infolge mechanischer und/oder witterungsbedingter Beanspruchung in Form von Ausbruch und Abrieb [H101].

Bei geringen Bindemittelgehalten ist der Hohlraumgehalt der Asphalte groß; die Teilchen des Mineralstoffgerüsts sind nur schwach miteinander verklebt. Die Kohäsion solcher Asphaltbetone ist gering. Dementsprechend treten die Eigenschaften des Mineralstoffgemisches deutlicher in Erscheinung. Unter dynamischer Beanspruchung durch Verkehrslasten können durch Auflockerungsvorgänge (Abschnitt H1.2.2) die aus Bitumen bzw. Mörtel bestehenden Verklebungsstellen des Mineralstoffgerüsts (Bilder H9 und H10) brechen, was zu Substanzverlusten an der Oberfläche führt. Die gleiche Wirkung haben tangential zur Oberfläche wirkende Kräfte, die beispielsweise in Kurven sowie beim Bremsen und Beschleunigen auftreten.

Bei hohem Hohlraumgehalt können Atmosphärenteilchen, Wasser und Tausalze in den Asphalt eindringen und zur Verhärtung des Bindemittels sowie zum Ablösen des Bindemittels von den Mineralstoffoberflächen führen. Beide Effekte tragen zum beschleunigten Verschleiß des Asphalts bei. Mit steigendem Bindemittelgehalt rücken die Bitumeneigenschaften immer stärker in den Vordergrund. Die Stärke der Teilchenverklebung (Kohäsion) steigt, während der Hohlraumgehalt abnimmt. Beide Effekte führen zu einem Anstieg des Verschleißwiderstandes.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mit zunehmendem Bindemittelgehalt der Verschleißwiderstand eines Asphaltbetons wächst.

● Die Wasserdurchlässigkeit

Die Wasserdurchlässigkeit nimmt mit fallendem Hohlraumgehalt ab.

Gemäß den Anforderungen der ZTV BEL-B 2/87 [H107] darf in Schutzschichten aus Asphaltbeton der Hohlraumgehalt im eingebauten Zustand 4 Vol.-% nicht überschreiten. Solche Asphalte werden als „wasserundurchlässig“ bezeichnet. Bei wasserundurchlässigen Asphalten kann u.U. flüssiges Wasser in die Poren des Asphaltes eindringen. Die Fließgeschwindigkeit ist jedoch so gering, dass auf einer freiliegenden wasserabgewandten Oberfläche pro Zeiteinheit mehr Wasser verdunsten würde als in flüssiger Form durch die Poren nachfließen kann. Die Oberfläche bliebe trocken.

c) Anwendungsbereich

In Brückenbelägen auf Beton kommen Schutzschichten aus Asphaltbeton nur auf Dichtungsschichten aus zweilagig aufgetragenen Bitumendichtungsbahnen (ZTV BEL-B 2/87 [H107]) in Betracht.

In Brückenbelägen auf Stahl sind Schutzschichten aus Asphaltbeton nicht vorgesehen [H108].

Für die Herstellung von Deckschichten dürfen in Brückenbelägen auf Beton Asphaltbetone angewendet werden. Ihre Zusammensetzung entspricht den Regelwerken für den Asphaltstraßenbau [H109]. In Brückenbelägen auf Stahl kommen Deckschichten aus Asphaltbeton nur in Sonderfällen, beispielsweise bei großem Gefälle oder temperaturempfindlichen Bauwerken, in Betracht.

Beim Einsatz von Asphaltbetonen für die Herstellung von Parkdeckbelägen sind die Regelwerke für Brückenbeläge [H107] zu beachten.

1.3.3.2 Splittmastixasphalt

Splittmastixasphalt ist ein mit Straßenbaubitumen gebundenes Mineralstoffgemisch mit Ausfallkörnung und mit stabilisierenden Zusätzen [H101]. Unter dem Begriff Ausfallkörnung versteht man bei der Dosierung bewusst weggelassene Körnung bzw. Körnungen, um eine unstetige Kornverteilungssummenkurve zu erzielen [H101].

a) Herstellung und Einbau

Die Herstellung und der Einbau von Splittmastixasphalten erfolgt auf die gleiche Art wie bei Asphaltbetonen. Splittmastixasphalte müssen im Regelfall stabilisierende Zusätze, beispielsweise in Form von Faserstoffen, enthalten. Dies ist erforderlich, um ein Abfließen des Mörtels vom Splitt während des Transports zu verhindern. Bei falscher Auswahl der Zusätze bzw. einer Unterdosierung kann es zu Entmischungerscheinungen kommen, die stellenweise zu Mörtelanreicherungen und konsequenterweise an anderen Stellen zu übermäßigen Hohlräumen in der verlegten Schicht führen.

b) Aufbau und Eigenschaften

Bild H11 zeigt den Sieblinienbereich für einen Splittmastixasphalt 0/11 S (S: für besondere Beanspruchungen) nach ZTV-Asphalt-StB 01 [H109]. In Splittmastixasphalten liegen stabile Korngerüste vor, deren Zellen aus nur wenigen großen Teilchen bestehen (Bild H12). In den Zellen befinden sich Hohlräume und Mörtel, der hier fast ausschließlich aus Bitumen, Füller (Korngrößen $< 0,09$ mm) und Sand besteht. Solange das Mörtelvolumen das Hohlraumvolumen des Korngerüsts nicht übersteigt, werden die Verformungseigenschaften von Splittmastixasphalten vorwiegend durch die stabile Korngerüststruktur geprägt; die Verformbarkeit wird durch Änderungen des Bindemittelgehalts (des Mörtelvolumens) nur wenig beeinflusst; bei einem Temperaturanstieg fällt der Verformungswiderstand nicht wesentlich ab. Da die stabile Struktur des Korngerüsts auch bei höheren Bindemittelgehalten (geringeren Hohlraumgehalten) bestehen bleibt, ist es möglich, aus Splittmastixasphalten standfeste, wasserundurchlässige Deckschichten mit hohem Verschleißwiderstand zu erzeugen.

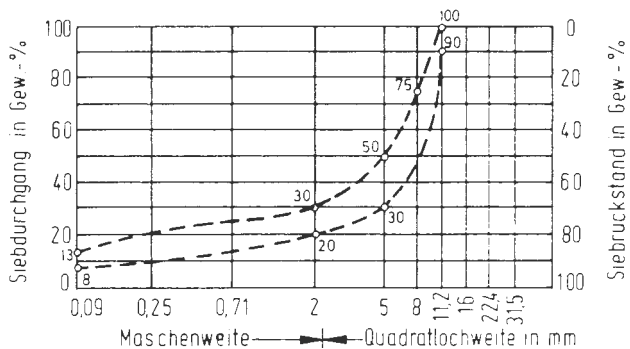


Bild H11
Sieblinienbereich für einen Splittmastixasphalt 0/11 S (aus [H109])

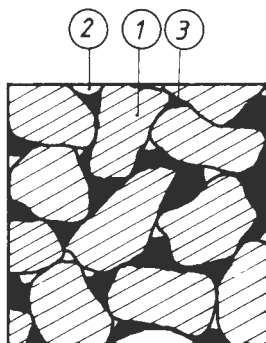


Bild H12
Schematische Darstellung des Aufbaus eines Splittmastixasphalts
1 Mineralstoffteilchen des Korngerüsts
2 Hohlräume
3 Mörtel

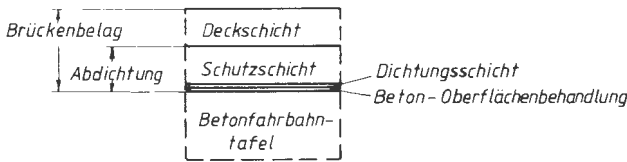
c) Anwendungsbereich

In Brückenbelägen auf Beton [H107] sind Schutzschichten aus Splittmastixasphalt nicht vorgesehen. In Brückenbelägen auf Stahl [H108] kann in besonderen Fällen, beispielsweise zur Vermeidung unverträglicher thermischer Beanspruchungen des Bauwerks, die Schutzschicht aus Splittmastixasphalt bestehen. In Brückenbelägen auf Beton [H107] dürfen Deckschichten aus Splittmastix eingesetzt werden. In Brückenbelägen auf Stahl kommen Deckschichten aus Splittmastixasphalt nur in Sonderfällen, beispielsweise bei Schutzschichten aus Splittmastixasphalt, zur Ausführung [H108].

1.3.3.3 Praktische Aspekte bei der Anwendung von Walzasphalten

Brückenbeläge nach der ZTV-BEL-B [H107] und frei bewitterte Parkdeckbeläge [H212] bestehen aus einer Abdichtung und einer Deckschicht. Die Abdichtung setzt sich aus der Dichtung- und der Schutzschicht zusammen (Bild H13). Es gilt der Grundsatz:

Die Abdichtung enthält immer zwei wasserdichte Schichten bzw. Lagen.

**Bild H13**

Schematische Darstellung eines Brückenbelages auf Beton nach ZTV-BEL-B [H107]

Schichten werden als „wasserdicht“ bezeichnet, wenn in diese kein Wasser in flüssiger Form eindringen kann. Walzasphalte gelten lediglich als wasserundurchlässig (siehe Abschnitt H1.3.3.1b). Gussasphalt, Bitumen-Schweißbahnen sowie Bitumendichtungsbahnen gelten als wasserdicht. Entsprechend dem zuvor genannten Grundsatz muss bei der Verwendung von Walzasphalten als Schutzschicht (ZTV-BEL-B 2/87 [H107]) im Regelfall die Dichtungsschicht aus zwei wasserdichten Bitumendichtungsbahnen bestehen.

Zum Verdichten sind auf Brücken und Parkdecks nur statisch wirkende Walzen einzusetzen. Die Verwendung schwerer Glattradmantelwalzen für die Hauptverdichtung ist zu empfehlen.

Befindet sich auf einer Dichtungsschicht eine Schutzschicht aus Walzasphalt, so sollte die darüber liegende Deckschicht ebenfalls aus Walzasphalt bestehen. Die ZTV BEL-B 2/87 [H107] sowie die ZTV-BEL-St [H108] erlauben, auf einer Walzasphaltschutzschicht auch eine Deckschicht aus Gussasphalt zu verlegen. Bei dieser Schichtenfolge ist die hohlraumhaltige Walzasphaltschutzschicht sowohl von der Unter- als auch von der Oberseite in praktisch gas- und wasserundurchlässige Schichten eingebunden. Es besteht die Gefahr der Blasenbildung zwischen Schutz- und Deckschicht, was zu Beulen in der Deckschichtoberfläche führen kann. Aus diesem Grund ist diese Anordnung der Schichten nicht zu empfehlen. Aus den gleichen Überlegungen heraus sollte in Brückenbelägen der Hohlraumgehalt einer Walzasphaltdeckschicht stets größer sein als derjenige der darunter liegenden Schutzschicht aus Walzasphalt.

Bei mehr als zweilagigem Einbau von Walzasphalten, der gelegentlich für einen Höhenausgleich herangezogen wird, ist der oben erwähnte Grundsatz beizubehalten. Für Brücken- und Parkdeckbeläge gilt: Die jeweils darüber liegende Walzasphaltschicht sollte stets einen größeren Hohlraum aufweisen als die darunter angeordnete.

Die Gebrauchseigenschaften von Walzasphaltschichten hängen wesentlich vom Verdichtungsgrad ab. Der Verdichtungsgrad ist der Quotient aus der Raumdichte eines Ausbaustückes und der Raumdichte von Probekörpern nach Marshall, die aus der zugehörigen Mischgutprobe normgerecht hergestellt wurden [H8]. Nach der ZTV BEL-B 2/87 [H107] soll der Verdichtungsgrad in Schutzschichten aus Asphaltbeton etwa 100% betragen. Die ZTV-BEL-St [H108] fordert für Schutzschichten aus Splittmastixasphalt keinen Mindestverdichtungsgrad; die Verdichtung ist so vorzunehmen, dass der Hohlraumgehalt der fertigen Schicht 4,0 Vol.-% nicht übersteigt. Für Deckschichten aus Walzasphalten gelten die Anforderungen der ZTV Asphalt-StB 01 [H109]. Danach ist ein Verdichtungsgrad von mindestens 97% gefordert.

Es sei angemerkt, dass die Abnahme des Verdichtungsgrades um 1% einen Anstieg des Hohlraumgehalts von etwa 1 Vol.-% zur Folge hat, was bei einer Beurteilung der Wasserdurchlässigkeit (siehe Abschnitt H1.3.3.1b) von Bedeutung sein kann.

1.3.4 Gussasphalt

1.3.4.1 Herstellung, Einbau, Aufbau, Eigenschaften und Kenngrößen

Gussasphalt ist eine dichte, in heißem Zustand gieß- und streichbare Masse aus Splitt, Sand, Füller und Bitumen, deren Mineralstoffgemisch hohlraumarm zusammengesetzt ist [H101, H204]. Gussasphalt bedarf beim Einbau keiner Verdichtung.

a) Herstellung und Einbau

Gussasphalte werden im Regelfall in Mischanlagen hergestellt und in beheizbaren Rührwerkskochern zur Baustelle transportiert. Je nach Lage der Rührwerkswelle unterscheidet man zwei Kochertypen:

Kocher mit liegender Welle (Bild H14)

Kocher mit stehender Welle (Bild H15)

Die Kocher mit liegender Welle entsprechen der älteren Bauart. Bei jeder Umdrehung der Welle wird Material vom Boden des Kochers zur Oberfläche transportiert, sodass eine intensive Durchmischung und Homogenisierung des Materials stattfindet. Früher wurde



Bild H14
Gussasphalt-Kocher mit liegender Rührwerkswelle

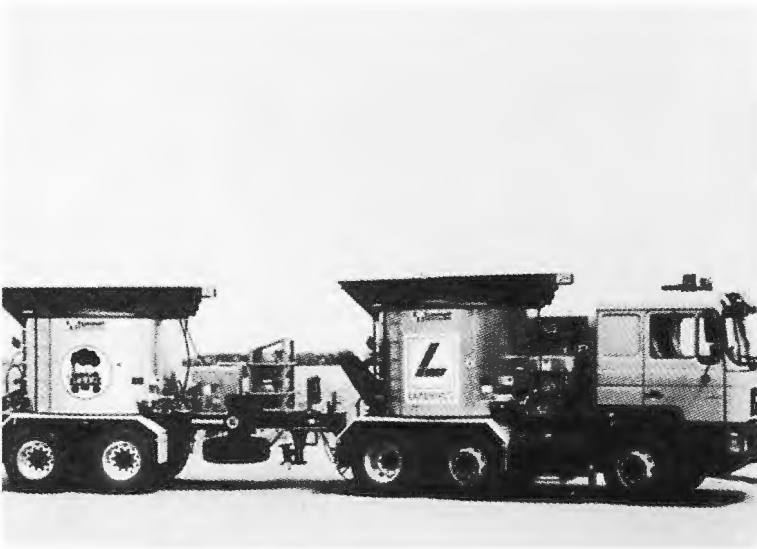


Bild H15
Gussasphalt-Kocher mit stehender Rührwerkswelle

Gussasphalt in solchen Kochern hergestellt. Diese Möglichkeit kann zur Aufbereitung kleiner Mengen von Gussasphalt genutzt werden, wenn eine Versorgung durch ein Mischwerk nicht gewährleistet oder unwirtschaftlich ist, wie etwa bei der Herstellung kleiner Gussasphaltmengen mit spezieller Zusammensetzung.

Als Nachteile dieser Bauart sind die relativ großen Kocherlängen und das Risiko einer thermischen Schädigung des Gussasphalts zu nennen. Bei einer unvollständigen Bedeckung der Schaufeln des Rührwerks wird in den Gussasphalt Luft eingemischt. Die eingeführte Luft kann eine oxidative Verhärtung des Bitumens verursachen. Bei geringer Kocherfüllung wird außerdem der Gussasphalt durch die Rührarme über die heißen Wandungen verteilt, was ebenfalls zu einer oxidativen Verhärtung des Bindemittels und zu Verbrennungsrückständen führen kann. Die Gefahr der Rissbildung im Gussasphalt nimmt mit steigender Bitumenverhärtung zu.

Kocher mit stehender Welle zeichnen sich durch eine kompakte Bauweise und eine geringere Rührintensität aus. Sie ist jedoch ausreichend, um im Regelfall den Gussasphalt ohne nennenswerte Absetzerscheinungen zur Baustelle zu transportieren. Bei der horizontalen Drehbewegung der Rührarme wird weder Luft im überschüssigen Maße in den Gussasphalt eingerührt, noch wird dieser bei geringer Kocherfüllung an den Wandungen hochgetragen. Kocher mit stehender Welle sind für die Herstellung von Gussasphalten ungeeignet. Sie sind jedoch bei längeren Standzeiten auf der Baustelle zu bevorzugen.

Die Mischguttemperatur von Gussasphalten mit Straßenbaubitumen (20/30, 30/45, 50/70) ist mit 200 bis 250 °C angegeben [H109]. Die obere Temperaturgrenze ist jedoch je nach Verweilzeit des Mischguts im Kocher eingeschränkt. So darf bei einer Verweilzeit von mehr als 2 Stunden die Temperatur des Gussasphalts maximal 240 °C und bei mehr als

6 Stunden höchstens 230°C betragen. Die Zeit vom Herstellen des Mischguts bis zum Entleeren des Kochers ist auf 12 Stunden begrenzt [H109].

Für polymermodifizierte Bitumen (PmB) gelten die für Straßenbaubitumen entsprechenden Werte. Durch Überhitzen können die dem Bitumen zugesetzten Polymere abgebaut (zerstört) werden, wodurch die geforderten Eigenschaften, beispielsweise die Elastizität bei elastomermodifizierten Bitumen, verloren gehen.

Der Einbau von Gussasphalten erfolgt entweder maschinell mithilfe von Bohlen oder von Hand (Bilder H16 und H17).

Die Oberflächen von Gussasphaltschichten sind durch die Mörtelanreicherung glatt. Zur Herstellung einer ausreichenden Griffigkeit wird die Gussasphaltoberfläche entweder mit hellem, leicht bitumierten (mit etwa 0,5 Masse-% Bitumen) Splitt der Körnung 2/5 oder 5/8 abgestreut oder mit Quarzsand von etwa 0,2 bis 0,5 mm Korngröße abgerieben. Der Abstreusplitt bzw. der zum Abreiben verwendete Sand dient außerdem als Schutz vor UV-Strahlung. Bei fehlendem UV-Schutz versprödet das Bitumen, was nachfolgend zu Rissen im Bereich der Oberfläche führt.

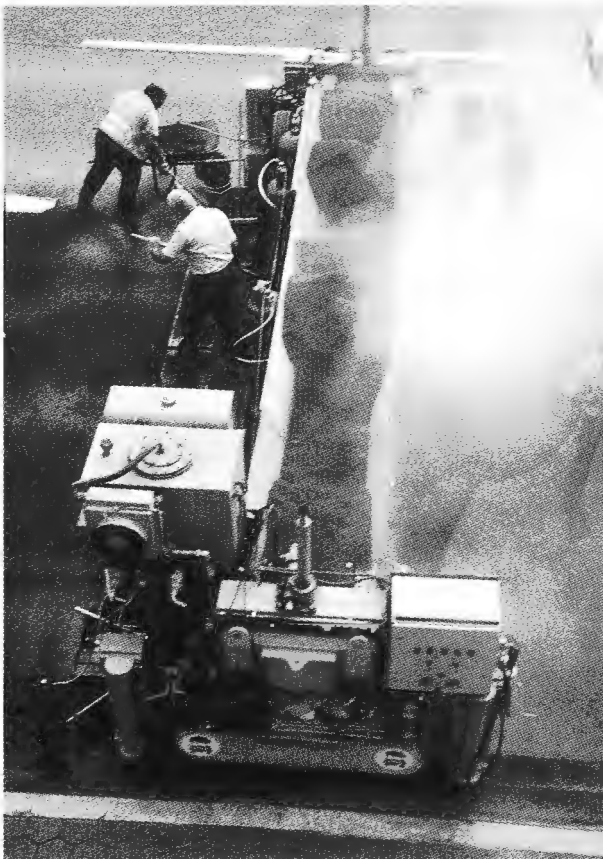


Bild H16
Maschineller Einbau von Gussasphalt



Bild H17
Einbau einer Schutzschicht aus Gussasphalt von Hand

Das Absplitten kommt auf frei bewitterten Flächen und Gefällestrecken in Betracht. Die Menge des Abstreusplitts beträgt 5 bis 8 kg/m². Der Splitt sollte in den Gussasphalt eingedrückt werden, was beispielsweise mit einer Gartenwalze erfolgen kann. Durch die Anwendung von hellem Splitt wird das Reflexionsvermögen der Gussasphaltoberfläche erhöht, was im Sommer zu niedrigeren Temperaturen (gegenüber nicht aufgehellten Deckschichten etwa 10 K [H219]) und somit zu geringeren Verformungen im Gussasphalt führt.

Das Abreiben mit Sand ist auf nicht frei bewitterten Flächen vorzuziehen. Sandabgeriebene Gussasphaltoberflächen sind im eisfreien Zustand ausreichend griffig. Sie sind bequem zu begehen, mit Kinder- und Einkaufswagen gut befahrbar und leicht zu reinigen.

Wasserläufe werden grundsätzlich mit Sand abgerieben. Durch das Abreiben mit Sand entsteht eine geschlossene, narbenfreie und vor UV-Strahlung geschützte Oberfläche.

Auf Flächen mit starkem Gefälle (>6%) kann das Abfließen des Gussasphalts während des Einbaus durch das Einmischen von Kunststoffen, wie beispielsweise Ethylen-Copolymer-Bitumen (ECB), reduziert bzw. vermindert werden.

Die Dicke einer Gussasphalt- bzw. Estrichlage sollte aus Verarbeitungsgründen ein gewisses Maß nicht unterschreiten und wegen der möglichen Ausbildung einer zu dicken Mörtelschicht an der Oberfläche auch nicht überschreiten. Die Grenzen der Einbaudicken sind in den Technischen Regelwerken [H107, H108, H109] sowie in Normen [H21] enthalten. Für Asphalte kann als Faustregel gelten, dass die Dicke einer Lage etwa das Dreifache der maximalen Korngröße betragen soll.

Eine kurze, praxisorientierte Zusammenfassung der wichtigsten Aspekte bei der Anwendung von Gussasphalt auf Parkdecks ist in [H212] enthalten.

Tabelle H2

Schichtdicken für Gussasphalte nach ZTV-BEL-B, Teil 1 und Teil 3 [H107] sowie für Gussasphaltestriche nach DIN 18560, Teil 7 [H21] in Abhängigkeit vom Größtkorn

Mischgutart	Größtkorn [mm]	Richtwerte (R) für Minstdicken ¹⁾ und Nenndicken (N) ²⁾ [mm]
Gussasphalt	11,2	≥35 (R)
	8,0	≥30 (R)
Gussasphaltestrich	16,0	≥35 (N)
	11,2	≥30 (N)
	8,0	≥25 (N)
	5,0	≥25 (N)

¹⁾ Bei Deckschichten einschl. Abstreumaterial

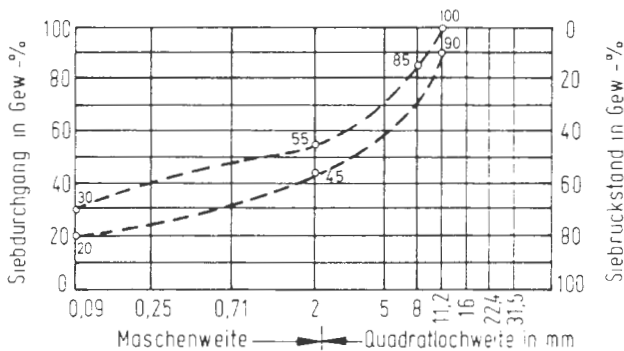
²⁾ Mindestwerte der mittleren Estrichdicken

b) Aufbau und Eigenschaften

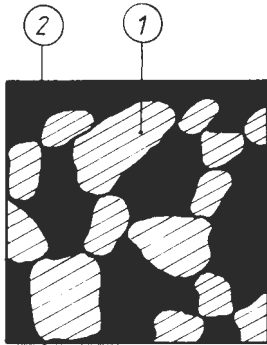
Im Gussasphalt übersteigt das Bindevolumen das Hohlraumvolumen der Mineralstoffmasse, sodass eine Feststoffverteilung in einer Flüssigkeitsmatrix (Bitumen) vorliegt.

Bild H18 enthält den Sieblinienbereich für einen Gussasphalt 0/11 S und 0/11. Bild H19 zeigt schematisch die Struktur einer verlegten Gussasphaltschicht. Die Messergebnisse aus Spurbildungsversuchen [H214] weisen darauf hin, dass im erkalteten Gussasphalt ein weitmaschiges Korngerüst aus groben Teilchen vorliegt, welches durch Sedimentation dieser Teilchen in der heiß verlegten Gussasphaltschicht entstanden ist. Durch das Absinken der groben Teilchen entsteht an der Gussasphaltoberfläche, wie in Bild H19 dargestellt, eine an groben Teilchen verarmte dünne Mörtelschicht.

Durch das Verdampfen von Restfeuchte der Mineralstoffe, beispielsweise der Restfeuchte aus kalt zugesetztem Füller während der Herstellung, können im Gussasphalt kleine, in sich abgeschlossene Hohlräume entstehen. Die während der Verarbeitung eingeschlossene

**Bild H18**

Sieblinienbereich für Gussasphalt 0/11 S und 0/11 (aus [H109])

**Bild H19**

Struktur einer Gussasphaltschicht in schematischer Darstellung
 1 Mineralstoffteilchen des Korngerüstes
 2 Mörtel

Luft kann ebenfalls zu kleinen abgeschlossenen Hohlräumen im Gussasphalt führen. Der auf diese Art entstandene Hohlraumgehalt bewegt sich in der Größenordnung von etwa 0,3 Vol.-% und hat keinen Einfluss auf die Gebrauchseigenschaften der Gussasphalte. Sie können deshalb als Zweiphasengemische aufgefasst werden.

Aus den dargestellten Modellvorstellungen lassen sich einige Eigenschaften der Gussasphalte ableiten.

● Die Verarbeitbarkeit

Ein Asphalt geht vom rieselfähigen in den fließfähigen Zustand über, wenn die Hohlräume des Mineralstoffgemisches mit Bindemittel ausgefüllt sind. Das über die Hohlräume des Mineralstoffgemisches hinausgehende Bindemittelvolumen wird als „Bindemittelüberschuss“ bezeichnet. Die experimentelle Bestimmung des Bindemittelüberschusses ist schwierig [H215].

Mit steigendem Bindemittelüberschuss nehmen die Bindemittelfilmstärken zwischen den Mineralstoffteilchen zu, was zu einer Abnahme der gegenseitigen Teilchenbehinderung bei Fließvorgängen führt. Mit steigendem Bindemittelüberschuss werden die Fließeigenschaften des Gussasphalts immer deutlicher ausgeprägt, wodurch dieser leichter zu verarbeiten ist. Letzteres ist besonders beim Handeinbau von Bedeutung.

Bei Fließvorgängen gleiten kleine Teilchen mit glatter und runder Oberfläche leichter aneinander vorbei als grobe mit rauer Oberfläche und scharfen Kanten. Hierdurch ergibt sich, dass die Verarbeitung von Gussasphalt mit steigendem Brechsand- und Splittanteil immer schwerer wird.

Die Mineralstoffgemische von Gussasphalten zeichnen sich gegenüber denen von Walzasphalten durch einen höheren Fülleranteil (Korngrößen $< 0,09$ mm) aus. Bei Walzasphalt liegt er in der Größenordnung um 10 Masse-%, bei Gussasphalt bei etwa 25 Masse-% (vgl. Bild H18 mit den Bildern H7 und H11).

Der hohe Fülleranteil ist primär erforderlich, um bei den hohen Transport- und Verarbeitungstemperaturen (etwa 240 °C) ein zähflüssiges (hochviskoses) Bitumen-Füller-Gemisch zu erzeugen. Durch dieses zähflüssige Gemisch wird ein Entmischen des Gussasphalts

während des Transports (Absetzen von Splitt im Kocher) und während der Verarbeitung vermieden.

Durch die Zugabe von Trinidad-Naturasphalt wird die Verarbeitbarkeit von Gussasphalten verbessert. Der aus dem Trinidad-Naturasphalt in geringen Mengen entweichende Wasserdampf bildet im heißen Gussasphalt kleine Bläschen. Die Wirkung des Bläschen Volumens entspricht der eines zusätzlichen Bindemittelvolumens [H216]. Beim Abkühlen schrumpfen die Bläschen zusammen, sodass die Gebrauchseigenschaften des Gussasphalts nicht beeinträchtigt werden.

Der Zusatz geringer Mengen von speziellen Wachsen [H302] oder Mikroparaffinen [H303] kann die Verarbeitung ebenfalls erleichtern bzw. die Verarbeitungstemperatur und die damit verbundenen Emissionen verringern. Diese Stoffe gehen innerhalb einer geringen Temperaturspanne vom festen in den flüssigen Zustand über und führen bei Verarbeitungstemperaturen zu einem Anstieg des Bindemittelvolumens und einem Abfall der Bindemittelviskosität.

● Die Verformbarkeit

Durch äußere Spannungen, beispielsweise Radlasten, finden im Gussasphalt Fließvorgänge statt, die zu Verformungen führen. Die Verformbarkeit eines Gussasphalts hängt von seinen Fließeigenschaften im Gebrauchstemperaturbereich ab. Diese werden primär durch den Bindemittelüberschuss und die Bindemittelviskosität (Bindemittelhärte) bestimmt. Die Verformbarkeit sinkt, die Standfestigkeit steigt, wenn der Bindemittelanteil fällt und die Bindemittelhärte zunimmt. Die Härte des Bindemittels ist wegen der Rissbildungsgefahr begrenzt.

Die Zusammensetzung des Mineralstoffgemisches übt einen sekundären, jedoch nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Verformbarkeit aus. Mit wachsenden Anteilen an Füller und Brechsand nehmen die Fließeigenschaften der Gussasphalte ab und dementsprechend ihre Verformungswiderstände zu.

Die Fließvorgänge im Gussasphalt werden im Gebrauchstemperaturbereich durch das aus groben Teilchen gebildete Korngerüst (Bild H19) ebenfalls behindert. Außerdem dürfte das Korngerüst in der Lage sein, einen Teil der Belastungen auf die Unterlage abzutragen. Mit diesen Vorstellungen kann der Anstieg des Verformungswiderstandes von Gussasphalt mit steigendem Splittgehalt gedeutet werden [H207].

Der Einfluss der Zusammensetzung auf den Verformungswiderstand von Gussasphalten wurde labormäßig im Spurbildungstest durch Kast [217] systematisch untersucht. Die Zunahme des Verformungswiderstandes muss im Regelfall mit einem erschwerten Einbau erkauft werden. So kann beispielsweise eine Verringerung des Bindemittelüberschusses nur soweit erfolgen, wie es der Einbau zulässt, was vor allem beim Verlegen von Hand zu berücksichtigen ist.

Der Zusatz der zuvor genannten speziellen Wachse [H302] und Mikroparaffine [H303] erleichtert nicht nur den Einbau, sondern erhöht auch die Standfestigkeit, was auf einen Anstieg der Bindemittelsteifigkeit im Gebrauchstemperaturbereich zurückzuführen ist. Das Tieftemperaturverhalten (Brechpunkt) wird dadurch nicht signifikant beeinflusst.

Entsprechend den ausgeprägten Bitumeneigenschaften ist Gussasphalt für eine lang anhaltende statische Beanspruchung durch schwere Verkehrslasten bei höheren Temperaturen ungeeignet. Es treten deutliche Verformungen durch Fließvorgänge auf. Die Belastung durch parkende Pkws kann von einem entsprechend zusammengesetzten Gussasphalt auch bei höheren Außentemperaturen im Regelfall schadlos aufgenommen werden.

Die Abnahme der Bitumenviskosität mit steigender Temperatur macht sich im deutlichen Anstieg der Verformbarkeit von Gussasphalten bemerkbar. Bis etwa 40 °C zeigen Gussasphalte gegenüber Walzasphalten eine höhere Verformungsbeständigkeit. Ab etwa 50 °C nimmt der Verformungswiderstand mit der Temperatur jedoch deutlich ab [H207, H214].

● Die Rissanfälligkeit

Bei Abkühlungsvorgängen ist die Kontraktion einer Gussasphaltschicht entweder durch die Verklebung oder durch die Reibung mit der Unterlage behindert, was zum Aufbau von Zugspannungen im Gussasphalt führt. Die Relaxationsfähigkeit harter Bitumen und damit auch die von Gussasphalten ist bei tiefen Temperaturen nur schwach ausgeprägt (siehe Abschnitt H1.2.1). Werden temperaturbedingte (kryogene) Zugspannungen nicht schnell genug durch Fließvorgänge abgebaut, so kann eine Überlagerung von verkehrsbedingten (mechanogenen) Zugspannungen zu einer Überschreitung der Zugfestigkeit und somit zur Rissbildung führen. Deshalb ist nach ZTV Asphalt-StB 01 [H109] (die auch für Brückenbeläge gilt) der Erweichungspunkt Ring und Kugel des rückgewonnenen Bindemittels auf 71 °C begrenzt (bei Straßenbaubitumen 20/30 auf 75 °C). Nach Schellenberg [H218] sollte bei Brücken- und Parkdeckbelägen der Erweichungspunkt Ring und Kugel des rückgewonnenen Bindemittels 62 °C nicht überschreiten.

Für Gussasphaltestriche in nicht beheizten Räumen und im Freien darf nach DIN 18560-7 [H21] der Brechpunkt des Bindemittels nach Fraaß [H26] maximal 0 °C betragen.

Der Bindemittelüberschuss/Bindemittelgehalt hat ebenfalls Einfluss auf die Rissbildung in Gussasphalten. Die Rissanfälligkeit nimmt mit steigendem Bindemittelüberschuss/Bindemittelgehalt zu [H215, H218]. Zur Vermeidung von Rissen sollten demnach Gussasphalte mit relativ weichem Bindemittel und geringem Bindemittelüberschuss verwendet werden.

Nach Schellenberg [H218] sind im Gegensatz zum Straßenbau auf Brücken und Parkdecks keine extrem harten Gussasphalte einzusetzen. Er empfiehlt weiterhin, die Deckschicht weicher als die Schutzschicht auszubilden, da die Deckschicht stärkeren Temperaturwechselbeanspruchungen als die Schutzschicht ausgesetzt ist. In der Praxis wird häufig umgekehrt verfahren. Um Verformungen zu vermeiden, wird die durch Verkehrslasten stärker beanspruchte Deckschicht härter ausgebildet als die Schutzschicht.

● Der Verschleißwiderstand

Der Verschleißwiderstand von Gussasphalten ist sehr groß. Infolge des Bindemittelüberschusses (ausgeprägter Bitumeneigenschaften) weisen Gussasphalte eine hohe Kohäsion auf und sind wasserdicht. Sie setzen somit den mechanischen Beanspruchungen durch den Verkehr sowie dem Angriff durch Wasser, Tausalze und Atmosphärrillen einen hohen Widerstand entgegen.