

12 Verkehrswegebau

12.1 Übersicht über zementgebundene Bauweisen

Zementgebundene Bauweisen werden in allen Bereichen des Verkehrswegebaus – insbesondere als Trag- und Deckschichten in einer Vielzahl von Anwendungen – eingesetzt. Hierzu zählen z. B. die Befestigung von Verkehrs- und Abstellflächen aller Art mit zementgebundenen Tragschichten und Deckschichten aus Beton bzw. Betonsteinpflaster und die Verwendung als Fahrweg im Eisenbahnoberbau – die Feste Fahrbahn. Darüber hinaus wird Beton zunehmend auch zum Bau von Schutzwänden verwendet.

12.2 Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln

Tragschichten sind der untere Teil des Oberbaus. Sie liegen zwischen der Decke (Asphalt, Beton, Beton- oder Natursteinpflaster) und dem Unterbau bzw. Untergrund. Die Bezeichnung „Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln“ ist als übergeordneter Begriff zu verstehen und beinhaltet hydraulisch gebundene Tragschichten (HGT), Verfestigungen und Betontragschichten nach ZTVT-StB [Ri52] sowie Walzbetontragschichten nach dem „Merkblatt für den Bau von Tragschichten und Tragdeckschichten mit Walzbeton für Verkehrsflächen“ [Me100]. In Abgrenzung zu der Verfestigung als Tragschicht im Oberbau nach ZTVT-StB muss die Bodenverfestigung nach ZTVE-StB [Ri55] gesehen werden, die sich auf die obere Zone des Unterbaus bzw. Untergrunds bezieht und nicht dem Oberbau zugerechnet wird.

Hydraulisch gebundene Tragschichten (HGT) bestehen aus güteüberwachten Mineralstoffgemischen mit definierter Kornzusammensetzung. Das Baustoffgemisch wird ausschließlich in Mischanlagen gemischt und in der Regel mit einem Fertiger eingebaut. Im Gegensatz hierzu ist für eine Verfestigung keine bestimmte Kornzusammensetzung des zu verfestigenden Bodens bzw. Korngemischs erforderlich, und das Baustoffgemisch kann im Baumischverfahren mit einer Fräse oder in einer Mischanlage hergestellt werden. Die für die geforderte Druckfestigkeit und Frostsicherheit maßgebende Zusammensetzung wird bei der Eignungsprüfung nach TP-HGT [Ri50] festgelegt. Die Druckfestigkeit der Tragschicht muss unter einer Betondecke mindestens 15 N/mm^2 und bei einer Tragschicht unter einer Asphaltdecke mindestens 7 N/mm^2 betragen. Die höhere Druckfestigkeit einer Tragschicht unter Betondecken soll einer Erosion der Tragschicht vorbeugen, die bei einigen alten Strecken, insbesondere unter den Fugen der Betondecken, festgestellt worden war.

Betontragschichten sind Tragschichten aus Beton nach DIN 1045 (7.88) und werden mit einem Fertiger eingebaut. Der Beton muss den Festigkeitsklassen B 15 oder B 25 nach DIN 1045 (7.88) entsprechen.

Deckendicke und Anordnung der drei Tragschichtvarianten sind in den „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“ (RStO) [Ri58] festgelegt. In der Regel beträgt die Dicke der Tragschicht 15 cm.

Walzbetontragschichten haben sich bisher noch nicht als RStO-Standardbauweise durchgesetzt. Die Tragschicht muss eine Druckfestigkeit von mindestens 30 N/mm^2 aufweisen. Die Ausführungstechnik ist vergleichbar mit einer HGT. Das erdfeuchte Baustoffgemisch der Tragschichten wird mit einem Fertiger eingebracht und durch Walzen verdichtet. Ausführungsbeispiele

zeigen, dass die Festigkeit auch wesentlich höher sein kann und der eines Fahrbahndeckenbetons entspricht.

Als Bindemittel können Zemente nach DIN EN 197-1 und DIN 1164 sowie mit Ausnahme der Betontragschichten Tragschichtbinder nach DIN 18506 verwendet werden. Um eine ausreichend lange Verarbeitbarkeitszeit des frischen Baustoffgemischs zur Verfügung zu haben, sollen schnell erstarrende Bindemittel nicht verwendet werden. Hydrophobierte Zemente verhindern eine ungewollte, vorzeitige Hydratation und ermöglichen – insbesondere bei Anwendung des Baumischverfahrens – längere Verarbeitbarkeitszeiten. Für Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen nach ZTVE-StB kann über die genannten Bindemittel hinaus auch Baukalk nach DIN 1060 eingesetzt werden.

Die Gesteinskörnungen (Böden und Korngemische) für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln müssen die Anforderungen der DIN 4226 (4/1983) oder der TL Min-StB [Ri45] und zusätzlich die Anforderungen der DIN 4226 an schädliche Bestandteile und gegebenenfalls an gebrochene Hochofenschlacken erfüllen. Wenn industrielle Nebenprodukte oder Recyclingbaustoffe verwendet werden, muss über den Nachweis der bautechnischen Eignung hinaus, unter Beachtung der Bauweise, der Einbauart und des Einbauorts, der Nachweis der wasserwirtschaftlichen Unbedenklichkeit erbracht werden [Me90, Ri72, Ri45]. Industrielle Nebenprodukte wie z. B. Stahlwerksschlacke, Schmelzkammergranulat, Steinkohlenflugasche, Hausmüllverbrennungsasche und Recyclingbaustoffe, wie z. B. Betonbruch, gelten als wasserwirtschaftlich unbedenklich, wenn festgelegte Schadstoffkonzentrationen – ermittelt am Feststoff bzw. Eluat – nicht überschritten werden [Ri45]. Die Verwendung von Ausbauasphalt und pechhaltigen Straßenbaustoffen wird in [Ri73 und Me97] geregelt. Durch die Aufbereitung mit hydraulischen Bindemitteln werden Schadstoffe in ein dichtes Trag-

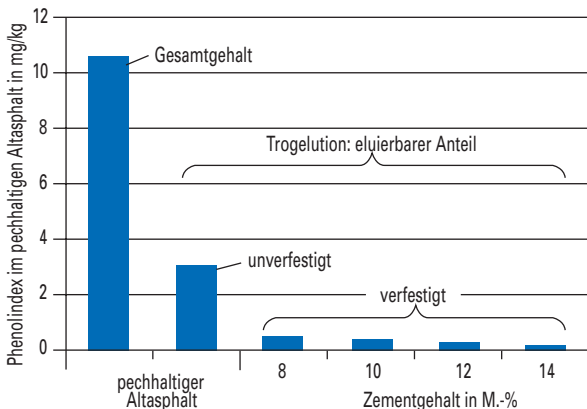


Bild II.12-1: Gesamtgehalt an Phenolen in pechhaltigem Altasphalt und eluierbarer Anteil ohne und mit Zementverfestigung

schichtgefüge sicher eingebunden, wobei der Durchlässigkeitsbeiwert k der Tragschicht kleiner als $1 \cdot 10^{-9}$ m/s sein sollte [Sch16]. Zusätzlich wird durch eine dichte Überbauung und eine kapillARBrechende Unterlage der Auslaugung von Schadstoffen vorgebeugt. Im Fall von pechhaltigem Altasphalt gelingt es z. B., die Auslaugbarkeit durch eine Zementverfestigung im Vergleich zu den ungebundenen Materialien, im Bild II.12-1 [Eic3] dargestellt am Beispiel der Phenolkonzentration, um rd. 97 % zu verringern. In Sonderfällen werden auch spezielle Recyclingbinder eingesetzt, die die Schadstoffe wirksamer als herkömmliche Bindemittel immobilisieren [Eic3, Vog1].

Neben den o. g. dichten Tragschichten werden auch wasser-durchlässige Tragschichten (*Dränbetontragschichten*) [Me101],

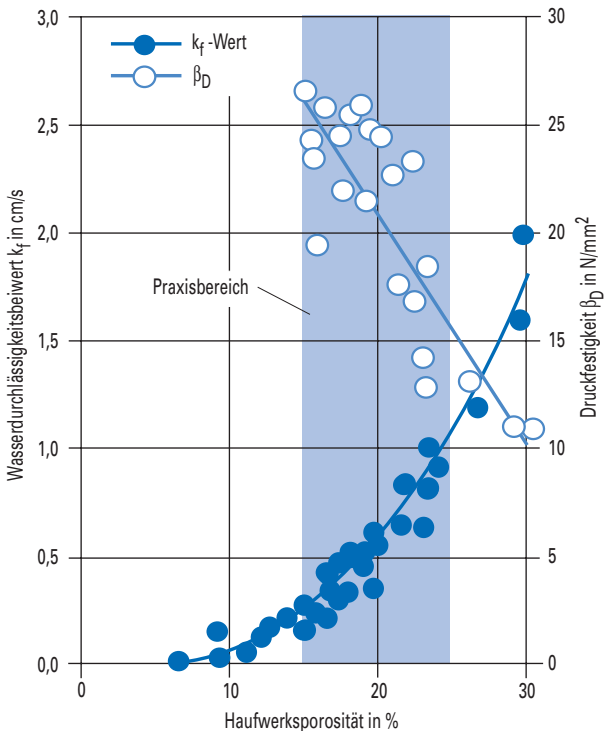


Bild II.12-2: Wasserdurchlässige Tragschicht unter Verwendung von Splittsand. Druckfestigkeit β_D und Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k_f in Abhängigkeit von der Haufwerksporosität

z. B. unter wasserdurchlässigen Deckschichten zur „Entsiegelung“ von Verkehrsflächen [Me98] oder bei entwässerungstechnisch schwierigen Randbedingungen, eingebaut. Bei einem Porenraum zwischen rd. 15 bis 25 % liegt der Durchlässigkeitsbeiwert k über $0,1 \cdot 10^{-2}$ m/s und die Druckfestigkeit über 12 N/mm^2 bei einem ausreichenden Frostwiderstand (**Bild II.12-2**) [Eic4].

12.3 Betondecken

12.3.1 Beanspruchungen und Konstruktionsmerkmale

Betondecken werden für die Befestigung von Verkehrsflächen, wie z. B. hochbelasteten Autobahnen und geringer belasteten Straßen und Wegen, für Flugbetriebsflächen (Start- und Landebahnen, Abstellflächen [Me99]), für Flächenbefestigungen für die Industrie (Abstellflächen, Industrieböden) und seit einigen Jahren auch für die Feste Fahrbahn aus Beton für die Neu- und Ausbaustrecken der Deutschen Bahn AG verwendet.

Der Beton unterliegt dabei im Laufe seiner Lebensdauer – je nach Verwendung – einer Vielzahl von Einwirkungen aus dem Verkehr und den Klimabedingungen infolge Temperatur- und Feuchteänderungen sowie infolge von Frost und Tausalz. Damit die Betondecke diese Beanspruchungen während einer langen Nutzungsdauer aufnehmen kann, muss die Gesamtkonstruktion aus Decke, Tragschicht, Unterlage und dem Entwässerungssystem auf die jeweils vorliegenden Verhältnisse abgestimmt werden. Gesicherte Erkenntnisse über den Aufbau und die Querschnittsgestaltung von Betonfahrbahnen liegen vor. In der Regel erfolgt eine standardisierte Bemessung gemäß den RStO [Ri58] und nur in Sonderfällen (z. B. Flugplatzdecken oder Feste Fahrbahn) eine Einzelbemessung. Die RStO unterscheiden für Fahrbahnen und Verkehrsflächen entsprechend der Verkehrsbelastung die Bauklassen SV (hochbelastete Autobahnen) und I bis VI

(Parkplätze). Baugrundsätze, Baustoffe und Ausführung von Fahrbahndecken aus Beton sind in den ZTV Beton-StB [Ri49] geregelt.

Betondecken werden in einschichtiger Bauweise oder in zweischichtiger Bauweise aus Unterbeton und in der Regel mindestens 7 cm dickem Oberbeton hergestellt. In Deutschland hat sich die raumfugenlose Bauweise mit unbewehrten Platten durchgesetzt. Die Plattenlänge und -breite sollen in der Regel das 25fache der Plattendicke nicht überschreiten. Der übliche Querfugenabstand beträgt im Straßenbau 5 m. Die Querkraftübertragung an den Querfugen wird durch eine Verdübelung erhöht. Zur Verhinderung des Auseinanderwanderns werden Platten in den Längsfugen miteinander verankert. Die Fugen werden zur Vermeidung des Eindringens von Wasser in die Konstruktion mit Fugenfüllstoffen (z. B. bitumöse Vergussmassen oder elastische Fugenprofile) verschlossen.

Betondecken werden überwiegend mit Gleitschalungsfertigern eingebaut. Dübel und Anker werden in den Beton eingerüttelt. Nach dem Verdichten des Betons wird die Betonoberfläche in Querrichtung durch die Glättbohle und anschließend in Längsrichtung durch den Längsglätter geglättet. Um eine griffige und lärmarme Betondecke zu erhalten, wird die frische Betonoberfläche durch Nachschleppen eines Jutetuchs texturiert. Die Betonoberfläche muss sofort nach der Herstellung gegen Austrocknen geschützt werden. In der Regel wird ein Nachbehandlungsmittel aufgesprüht. Zur Vermeidung einer unregelmäßigen Rissbildung werden frühzeitig Fugen geschnitten.

Betonfahrbahndecken zählen im Gebrauchszustand zu den am höchsten beanspruchten, unbewehrten Betonbauteilen. An den Beton müssen daher sehr hohe Anforderungen gestellt werden (**Tafel II.12-1**). Für Autobahnen wird ein B 35 (DIN 1045 (7.88)) gefordert, in Sonderfällen – z. B. bei Flugbetriebsflächen – wer-

Tafel II.12-1: Anforderungen an Fahrbahndeckenbeton nach ZTV Beton-StB [Ri49]

| | Bauklasse |
|--------------------------------------------------|-------------------------------|
| Zementgehalt | SV, I bis VI SV, I bis III |
| Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung | SV, I bis IV |
| | V und VI |
| Mehlkorn- und Feinstsandgehalt | SV, I bis VI |
| Mindestluftgehalt des Frischbetons ⁴⁾ | SV, I bis VI |
| Druckfestigkeit | SV, I bis IV |
| | V und VI |
| Biegezugfestigkeit ⁷⁾ | SV, I bis IV |
| | V und VI |

Anforderungen

Festlegung aufgrund einer Eignungsprüfung

$\geq 350 \text{ kg/m}^3$ verdichteten Frischbetons

- mind. 3 Korngruppen: 0/2, 2/8, $> 8 \text{ mm}$ oder 0/4, 4/8, $> 8 \text{ mm}^1)$
- Größtkorn: 8 mm, 16 mm, 22 mm oder 32 mm
- Siebdurchgang 1 mm $\leq 27 \text{ M.-%}$, 2 mm $\leq 30 \text{ M.-%}^2)$

- mind. 2 Korngruppen: 0/4 und $> 4 \text{ mm}$
- Größtkorn: 8 mm, 16 mm, 22 mm oder 32 mm

- allgemein $\leq 450 \text{ kg/m}^3$ verdichteten Frischbetons³⁾
- für Beton mit Fließmittel $\leq 500 \text{ kg/m}^3$ verdichteten Frischbetons

- | | | |
|------------------------------------------------|-----------------|------------------------|
| – für Beton ohne BV oder FM: | Einzelwert | $> 3,5 \text{ Vol.-%}$ |
| | Tagesmittelwert | $> 4,0 \text{ Vol.-%}$ |
| – für Beton mit BV und/oder FM ⁵⁾ : | Einzelwert | $> 4,5 \text{ Vol.-%}$ |
| | Tagesmittelwert | $> 5,0 \text{ Vol.-%}$ |

| | | |
|-----------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| nach 2 Tagen: ⁶⁾ | $\beta_{\text{WN}} \geq 25 \text{ N/mm}^2$; | $\beta_{\text{WS}} \geq 28 \text{ N/mm}^2$ |
| nach 28 Tagen: | $\beta_{\text{WN}} \geq 35 \text{ N/mm}^2$; | $\beta_{\text{WS}} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ |

| | | |
|-----------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| nach 2 Tagen: ⁶⁾ | $\beta_{\text{WN}} \geq 18 \text{ N/mm}^2$; | $\beta_{\text{WS}} \geq 21 \text{ N/mm}^2$ |
| nach 28 Tagen: | $\beta_{\text{WN}} \geq 25 \text{ N/mm}^2$; | $\beta_{\text{WS}} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ |

$\geq 5,5 \text{ N/mm}^2$

$\geq 4,0 \text{ N/mm}^2$

1) Größtkorn 8 mm: 0/2, $\leq 8 \text{ mm}$.

2) Größtkorn 8 mm: $\leq 35 \text{ M.-%}$.

3) Größtkorn 8 mm: $\leq 500 \text{ kg/m}^3$.

4) Bei Korngemischen von 16 mm Größtkorn ist der Mindestluftgehalt des Frischbetons um 0,5 Vol.-% und bei 8 mm Größtkorn um 1,5 Vol.-% zu erhöhen.

5) Werden bei der Eignungsprüfung die Luftporenkennwerte bestimmt und werden hierbei der Abstandsfaktor 0,20 mm nicht überschritten und der Gehalt an Mikroluftporen L 300 von 1,8 Vol.-% nicht unterschritten, ist ein Mindestluftgehalt wie für Beton ohne BV oder FM ausreichend.

6) Gilt nur für frühhochfesten Straßenbeton mit FM.

7) Nur bei der Eignungsprüfung nachzuweisen.

den z. T. auch höhere Festigkeiten (B 45) verlangt. Weitere Anforderungen sind insbesondere für öffentliche Verkehrsflächen notwendig, z. B. ein hoher Frost-Tausalz-Widerstand sowie ein hoher Abriebwiderstand für eine ausreichende Griffbarkeit und Dauerhaftigkeit der Oberflächentexturierung.

12.3.2 Betontechnologie

Für die Herstellung des Betons gelten DIN 1045 (7/88), DIN 1048 und ZTV Beton-StB. Die Anforderungen an den Beton, die Ausgangsstoffe und die Betonzusammensetzung sind in den **Tafeln II.12-1** und **II.12-2** zusammengestellt.

Zement: Die Zemente müssen DIN EN 197-1 oder DIN 1164 entsprechen. In der Regel wird ein Portlandzement CEM I 32,5 R verwendet, in Abstimmung mit dem Auftraggeber können auch die in Tafel II.12-2 aufgeführten CEM II- und CEM III-Zemente eingesetzt werden. Damit der Beton ohne Schwierigkeiten eingebaut werden kann, darf das Erstarren frühestens zwei Stunden nach dem Anmachen beginnen. Unabhängig von der Festigkeitsklasse gilt für alle Zemente, dass der Gesamtalkaligehalt 1,0 M.-% nicht überschreiten darf. Diese Festlegung erfolgte auf Grund von Rissbildungen einiger Decken, bei denen Zement mit hohem Alkaligehalt verwendet wurde. Als Ursache der Rissbildung wurde ein stärkeres Quellen und Schwinden des Betons und der damit verbundenen Ausbildung erhöhter Eigenspannungen bei Verwendung von Zement mit hohem Alkaligehalt genannt [Fle1]. Ein systematischer und baupraktisch relevanter Einfluss der Zementeigenschaften auf das Schwind- und Quellverhalten konnte aber nicht bestätigt werden (s. Abschnitt II.6.3.1) [Eic1]. Für Portlandzement CEM I 32,5 R gelten darüber hinaus zusätzliche Anforderungen (Tafel II.12-2).

Zur Erhärtungsbeschleunigung des Betons und bei kühlerer Witterung können Zemente der Festigkeitsklasse 42,5 R zweck-

mäßig sein. Bei zweischichtigen Decken müssen Ober- und Unterbeton mit Zement der gleichen Art und Festigkeitsklasse hergestellt werden.

Gesteinskörnung>: Die Gesteinskörnung für Deckenbeton muss den Anforderungen der DIN 4226 entsprechen und gem. DIN 4226 (4/83) bzw. den RG Min.-StB [Ri46] güteüberwacht sein. Für Oberbeton ist Gesteinskörnung mit erhöhten Anforderungen vorzusehen. Bei der Verwendung im Unterbeton werden geringere Anforderungen gestellt. Der vorgeschriebene Anteil an gebrochener Gesteinskörnung (s. Tafel II.12-2) muss die erhöhten Anforderungen an die Kornform für Edelsplitt erfüllen. Die Edelsplitt müssen einen hohen Widerstand gegen Polieren aufweisen. In Ausnahmefällen, z. B. für Decken auf Fahrbahnen mit langfristig besonders starker Polierbeanspruchung (z. B. Dränbeton oder Waschbeton), muss der PSV-Wert ≥ 53 (Polished Stone Value) betragen. Besteht der Verdacht, dass eine Gesteinskörnung alkaliempfindliche Bestandteile in schädlichen Mengen enthält, ist die Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen für schädigende Alkalireaktion im Beton“ des DAfStb [Ri13] zu berücksichtigen.

Zusatzmittel: Der Frost-Tausalz-Widerstand wird durch die Einführung von künstlichen Luftporen in den Beton mit Luftporenbildnern sichergestellt. Bei der Herstellung des LP-Betons ist auf eine ausreichende Mischzeit und somit vollständige Aktivierung des LP-Bildners zu achten [Me96]. Bei nicht vollständig aktivierten LP-Bildnern kann es bei einem späteren Nachmischen des Betons, z. B. während des Einbaus im Bereich der Verteilerschnecke, zu einer nachträglichen Erhöhung des Luftgehalts kommen, sodass der erhärtete Festbeton einen überhöhten Luftgehalt aufweist [Eic7]. Zur Zeit wird das Merkblatt für die Herstellung und Verarbeitung von Luftporenbeton [Me96] überarbeitet. Dabei werden Empfehlungen zur Eignungsprüfung

Tafel II.12-2: Anforderungen an die Ausgangsstoffe für Fahrbahndeckenbeton nach ZTV Beton-StB [Ri49]

| Ausgangsstoff | Vorschrift |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Zement | DIN EN 197-1 DIN 1164 |
| Gesteinskörnung | DIN 4226 ³⁾ oder TL Min-StB und DIN 4226 ³⁾ |
| Betonzusatzmittel | Prüfbescheid / Zulassung DIBt |
| Betonzusatzstoff | DIN 1045 ⁴⁾ oder TL Min-StB |

Zusätzliche Anforderungen

CEM I 32,5 R oder in Abstimmung mit dem Auftraggeber CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-LL bzw. CEM III/A (mindestens Festigkeitsklasse 42,5)

für Portlandzement CEM I 32,5 R

- Mahlfeinheit $\leq 3500 \text{ cm}^2/\text{g}$
- Wasseranspruch $\leq 28,0 \text{ M.-%}$
- 2-Tage-Druckfestigkeit $\leq 29,0 \text{ N/mm}^2$

für alle Zemente, unabhängig von der Festigkeitsklasse: Gesamtalkaligehalt (äquivalenter Natriumanteil) $\leq 1,0 \text{ M.-% Na}_2\text{O-Äquivalent}$

für alle Zemente, ausgenommen Zemente für frühhochfesten Straßenbeton: Erstarrungsbeginn bei $20 \text{ °C} \geq 2 \text{ Stunden}$

für frühhochfesten Straßenbeton mit FM: Zement der Festigkeitsklasse 42,5 R

für Oberbeton bei zweischichtiger und Beton bei einschichtiger Herstellung der Decke

- erhöhter Widerstand gegen Frost:
Durchgang bei Frostprüfung durch maßgebendes Prüfsieb $\leq 1,0 \text{ M.-%}^1)$
- erhöhte Anforderung an den Anteil quellfähiger Bestandteile (eQ):
Körnung $\leq 4 \text{ mm}$ max. $0,25 \text{ M.-%}$; Körnung $> 4 \text{ mm}$: max. $0,02 \text{ M.-%}$
- bei den Bauklassen SV, I bis III Körnung $> 8 \text{ mm}$ mind. 50 M.-% gebrochen; mind. 35 M.-% gebrochen an der Gesamtkörnung
- erhöhte Anforderungen an die Kornform (eK)
- bei den Bauklassen SV, I bis III gebrochene Gesteinskörnung $> 8 \text{ mm}$:²⁾ gedregenes Korn $\geq 80 \text{ M.-%}$, Polierwiderstand $\text{PSV} \geq 50$

bei gleichzeitiger Verwendung von LP und FM oder LP und BV Wirksamkeitsprüfung erforderlich, dabei Abstandsfaktor $\text{AF} \leq 0,20 \text{ mm}$ und Gehalt an Mikroluftporen $\text{L } 300 \geq 1,5 \text{ Vol.-%}$

eine Anrechnung auf den Zementgehalt ist nicht zulässig

¹⁾ Bei zweischichtiger Herstellung der Decke für den Unterbeton $\leq 2,0 \text{ M.-%}$

²⁾ Größtkorn 8 mm : gebrochene Körnung $> 2 \text{ mm}$

³⁾ Ausgabe April 1983

⁴⁾ Ausgabe Juli 1988

gegeben, um zukünftig einen erhöhten Luftgehalt zu vermeiden. Der Mindestluftgehalt des Frischbetons muss bei Verwendung von BV und/oder FM und LP um 1 Vol.-% erhöht werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass bei ungünstigen Zement/Zusatzmittelkombinationen der Luftgehalt insgesamt oder der Anteil an Mikroluftporen, z. B. durch eine entschäumende Wirkung verflüssigender Zusatzmittel, verringert werden kann [Sie7]. Auf die Erhöhung kann verzichtet werden, wenn bei der Eignungsprüfung die Luftporenkennwerte am Festbeton bestimmt und dabei bestimmte Grenzwerte eingehalten werden (Tafel II.12-1).

Betonzusammensetzung: Die Betonzusammensetzung ist aufgrund einer Eignungsprüfung festzulegen. Der Zementgehalt muss bei Decken der Bauklasse SV und I bis III mindestens 350 kg/m^3 verdichteten Frischbetons betragen. Der Wasserzementwert darf bei der Eignungsprüfung 0,45 nicht überschreiten und liegt in der Praxis zwischen 0,40 und 0,43. Die Zusammensetzung der Gesteinskörnungen muss den Sieblinien nach DIN 1045 entsprechen. Die Sanddosierung und der Gesamtanteil an Mehlkorn und Feinstsand werden begrenzt, um die Anreicherung von minderfestem, wasserreichem Feinmörtel an der Oberfläche zu vermeiden (Tafel II.12-1).

12.3.3 Gebrauchseigenschaften von Betonfahrbahn-decken

Hauptanforderungen an die Gebrauchseigenschaften sind u. a. eine hohe Tragfähigkeit und Verformungsstabilität und eine ausreichende Dauerhaftigkeit gegenüber den Beanspruchungen aus Klima und Verkehr. Darüber hinaus sind besonders Fragen der Verkehrssicherheit (Griffigkeit, Helligkeit) und des Umweltschutzes (Lärmemission, Recyclingfähigkeit) für die Wahl einer Bauweise wichtig.

Griffigkeit: Die Griffigkeit einer Fahrbahndecke hat wesentlichen Einfluss auf die Verkehrssicherheit und wird von der Textur des Oberflächenmörtels bestimmt. Infolge der verdichtenden Wirkung der Einbaugeräte bildet sich an der Oberfläche der Betondecke eine rd. 1 mm dicke Mörtelschicht. Die früher übliche Texturierung des Oberflächenmörtels mit einem Querbesenstrich wurde zur Verringerung der Lärmemission durch die Längstexturierung mit einem nachgeschleppten Jutetuch oder einem Kunstrasenteppich [Me102] ersetzt. Eine dünne obere Zone des Mörtels (Zementhaut) besteht aus Feinststoffen (Mehlkorn, d. h. Zement und Feinstsand) sowie Wasser. Diese bestimmt die Anfangsgriffigkeit, wird aber in den ersten Monaten durch Verkehr und Witterung abgetragen. Dadurch wird die zweite Zone freigelegt, die aus dem Mörtel besteht. Die Dauerhaftigkeit der Textur hängt von der Festigkeit, vom Frost-Tausalz-Widerstand und dem Abnutzwiderstand (s. Abschnitt II.7.5) des Mörtels ab. Der Mörtel soll daher einen niedrigen Wasserzementwert und einen möglichst kleinen Mehlkorngehalt aufweisen, damit bei der Herstellung der Fahrbahn keine wasserreiche Oberflächenschlämme entsteht. Der Mörtel muss zur Erzielung eines hohen Frost-Tausalz-Widerstands einen ausreichenden Gehalt an feinen Luftporen aufweisen und für einen hohen Abnutzwiderstand sowie Griffigkeit einen möglichst hohen Anteil an hartem, scharfen Sand, z. B. Quarzsand, enthalten [Bon3]. In nordischen Ländern mit Spikes-Verwendung wird dem Beton zur Erhöhung des Verschleißwiderstands Silicastaub zugegeben [Ege1].

Bisher wurden für Betonfahrbahndecken häufig CEM I-Zemente verwendet. Bei einem über 20 Jahre alten Autobahnabschnitt mit hüttensandhaltigem Zement (EPZ bzw. CEM II B-S) zeigten sich die gleichen günstigen Gebrauchseigenschaften wie bei gleich alten benachbarten Abschnitten mit Portlandzementen. Hinsichtlich des Einflussparameters Zementart liegen in der

Literatur nur vereinzelte Ergebnisse vor, da dieser Einfluss im Vergleich zu anderen betontechnologischen Parametern bisher als untergeordnet eingeschätzt wurde [Kun1]. Nach [Saw1] liegen die Verschleißwerte von Betonen mit unterschiedlichen Zementarten innerhalb des Streubereichs des Prüfverfahrens, sodass keine signifikanten Einflüsse der Zementart auf den Abriebwiderstand festgestellt werden können. Es dauert rd. 10 bis 20 Jahre, bis der Oberflächenmörtel durch die Beanspruchungen abgetragen wird [Fle2]. Erst dann wird die eigentliche Zusammensetzung des Betons für die Griffigkeit maßgebend, wobei das Polierverhalten der groben Gesteinskörnung die Griffigkeit des Betons wesentlich beeinflusst. Die in den ZTV Beton-StB verlangten Mindestgehalte an gebrochener grober Gesteinskörnung und Edelsplitten mit gedrungener Kornform in Verbindung mit einem hohen Polierwiderstand der Gesteinskörnungen wirken sich günstig auf den Polierwiderstand aus. Zur Verbesserung der Griffigkeit von alten Betonfahrbahndecken stehen Methoden zur Verfügung, wie z. B. Beschichtungen oder Einschneiden von Rillen, die gleichzeitig günstig für die Verringerung der Geräuschenstehung sind.

Lärmemission: Die Lärmemission einer Straße resultiert hauptsächlich aus zwei Lärmquellen, aus dem Antriebsgeräusch der Fahrzeuge und dem Rollgeräusch, das bei Geschwindigkeiten von über 50 km/h dominiert [CUR3]. Das Rollgeräusch lässt sich durch die Entwicklung leiser Reifen und die Optimierung der Straßenoberflächen mindern. Vorteilhaft sind sehr ebene Fahrbahndecken ohne Querwellen, da hierdurch die Schwingungsanregung des Reifens und die damit verbundene Lärmabstrahlung verringert wird. Gleichzeitig muss die Oberfläche aber ausreichend texturiert sein, um zu verhindern, dass zwischen Reifen und Oberfläche Luft komprimiert wird, die beim Abrollen des Reifens mit einem hochfrequenten Zischen entweicht.

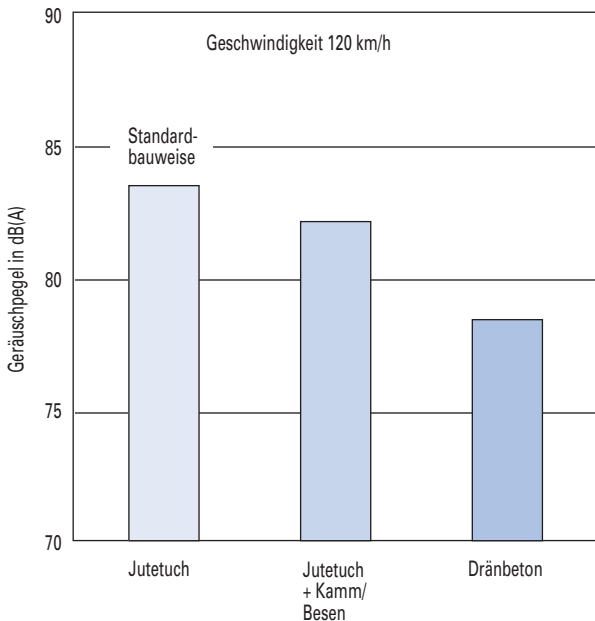


Bild II.12-3: Einfluss unterschiedlicher Betonbauweisen auf den Geräuschemissionspegel von Personenkraftfahrzeugen bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h

Durch offenporige, schallabsorbierende Beläge (*Dränbeton*) kann zusätzlich die Ausbreitung des Antriebs- sowie des Rollgeräusches reduziert werden.

Lärminderungspotentiale liegen daher sowohl in der Optimierung herkömmlicher gefügedichteter Bauweisen als auch in der Entwicklung neuartiger offenporiger Beläge (**Bild II.12-3**)

[Sie8]. Vorteile der offenporigen Beläge sind die gegenüber den dichten Belägen geringere Lärmemission infolge der lärmabsorbierenden Wirkung und eine erhöhte Verkehrssicherheit bei Regen aufgrund geringerer Sprühhahnenbildung und Aquaplaninggefahr.

Dränbeton für lärmindernde Fahrbahndecken wird im Allgemeinen mit einer Ausfallkörnung hergestellt. Er enthält Splitt 5/8 und in einigen Fällen einen geringen Anteil an feinem Sand. Der Zementgehalt liegt zwischen 280 und 350 kg/m³ und der w/z-Wert bei ca. 0,25 bis 0,30. Dem Zementleim muss eine Polymerdispersion zugesetzt werden, um den Widerstand gegen Frost-Tausalz-Angriff zu verbessern (**Bild II.12-4**). Die Kombination von Silicastaub und Polymer bewirkt bei der Prüfung im Labor eine deutliche Anhebung des Frost-Tausalz-Widerstands [Eic5]. Die Übertragbarkeit dieser Versuchsergebnisse auf das Praxisverhalten ist noch nicht endgültig geklärt. Der Dränbeton weist einen Hohlraumgehalt von rd. 25 % auf und wird in einer Schichtdicke von 4 bis 8 cm auf den bereits erhärteten Unterbeton oder frisch in frisch auf den noch nicht erstarrten Beton aufgebracht.

Im Vergleich zu herkömmlichen, dichten Bauweisen ist die Dauerhaftigkeit von Dränbeton geringer. Versuchsstrecken im Bereich von Autobahnen mussten nach kurzer Liegedauer ausgebaut werden und erreichten in Deutschland bisher eine Lebensdauer von max. zwei bis drei Jahren. Auch im Ausland kam der Dränbeton bisher über das Stadium von Versuchsstrecken nicht hinaus [Hus1].

Die Verbesserungsmöglichkeiten bei gefügedichten Fahrbahnelägen liegen insbesondere in einer erhöhten Ebenheit und einer wirkungsvolleren Oberflächentexturierung. Untersuchungen zeigen, dass bereits bei der Fertigung akustisch ungünstige Querwellen in den Frischbeton eingepägt werden können.

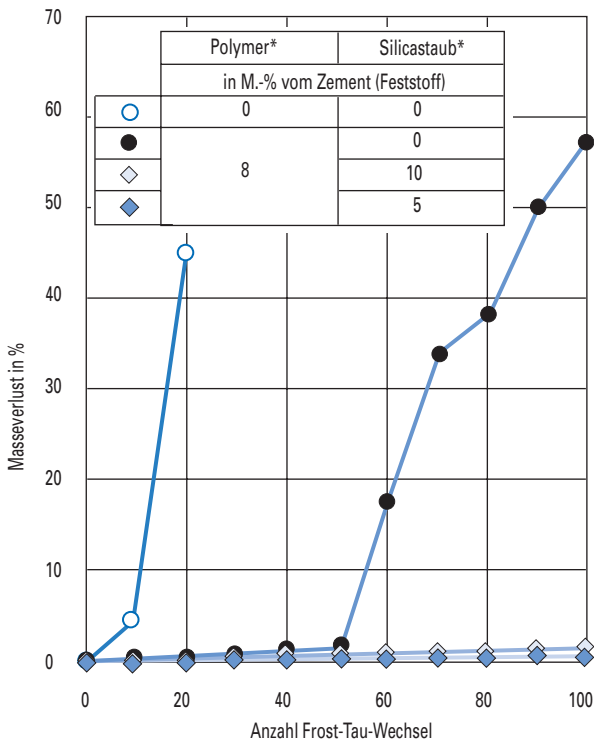


Bild II.12-4: Widerstand von Dränbetonbelägen gegen Frost/Tausalz-Beanspruchung (* Feststoffgehalt)

Neben verbesserten Glätteinrichtungen kann auch die Verwendung von nachgezogenen Kämmen oder Besen zur Texturierung des Frischbetons eine akustisch günstige Oberfläche erzeugen

[Kri1]. Auch Betonsteinpflasterdecken lassen sich akustisch optimieren [Ste2].

Recyclingfähigkeit: Baustoffe werden zunehmend auch nach ihren ökologischen Eigenschaften beurteilt. Die Wiederverwertung gewinnt zunehmend an Bedeutung, um die Ressourcen zu schützen und die Beseitigung auf Deponien zu vermeiden. Mit der möglichst hochwertigen Wiederverwertung von Recyclingbaustoffen leistet der Straßenbau einen wichtigen Beitrag für den Baustoffkreislauf. Insbesondere Fahrbahndeckenbeton ist im Gegensatz zu Bauschutt aus dem Abbruch von Gebäuden ein sehr hochwertiger und gleichmäßiger Baustoff. Nach rd. 30 Jahren Liegezeit kann Straßenbeton eine Druckfestigkeit von bis zu 100 N/mm^2 erreichen [Eic6]. Im Bereich des Straßenbaus werden rezyklierte Gesteinskörnungen aus diesem hochwertigen Altbeton bereits seit langem für den Bau neuer Betondecken eingesetzt. In der Regel werden die rezyklierten Gesteinskörnungen nur für den Unterbeton verwendet, während der Oberbeton fast ausschließlich mit herkömmlichen Gesteinskörnungen hergestellt wird. Der Anwendungsbereich beschränkt sich dabei auf Betonsplitt $> 2 \text{ mm}$ [Me93]. Der anfallende Betonbrechsand wird überwiegend in Frostschutzschichten und hydraulisch gebundenen Tragschichten eingesetzt. Untersuchungen zur möglichst hochwertigen Wiederverwertung des Brechsands in neuem Straßenbeton [Eic6] zeigen, dass mit steigendem Brechsandanteil die Fließmittel- und die Luftporenbildnerzugabe erhöht werden müssen, um eine ausreichende Verarbeitbarkeit und einen ausreichenden Luftporengehalt sicherzustellen. Die Festigkeitseigenschaften und der Frost-Tausalz-Widerstand werden durch eine Erhöhung des Brechsandgehalts nur unwesentlich beeinflusst, während das Schwinden und Quellen z. T. erheblich vergrößert und der Verschleißwiderstand verringert wird. Die mit der Verwendung des Brechsands verbundenen Probleme haben

das BMVBW veranlasst, Brechsand für die Herstellung von neuem Fahrbahndeckenbeton weiterhin auszuschliessen.

12.4 Feste Fahrbahn

Die bisher fertig gestellten Neu- und Ausbaustrecken der Deutschen Bundesbahn wurden überwiegend als Querschwellengleis mit Schotteroberbau ausgeführt. Mit Zuggeschwindigkeiten über 200 km/h steigt aber die Beanspruchung des Fahrwegs, sodass sich die Gleislage des Schotteroberbaus nach kurzer Betriebszeit verschlechtert. Die für die Instandsetzungsarbeiten des Schotteroberbaus notwendigen Sperrungen führen zu einer Verringerung der Verfügbarkeit des Fahrwegs. Wegen der zunehmenden Beanspruchung des Oberbaus bei den hohen Geschwindigkeiten wird von der Deutschen Bahn AG für Neu- und Ausbaustrecken daher ein wartungsarmer schotterloser Oberbau, die *Feste Fahrbahn*, gefordert. Sie ist der konventionellen Schotterbauweise technisch und wirtschaftlich überlegen. Die Feste Fahrbahn zeichnet sich durch eine lange Lebensdauer (projektierte Nutzungsdauer: 60 Jahre), geringen Instandhaltungsaufwand, hohe Sicherheit und eine unveränderlich genaue Gleislage aus. Die Konstruktion kann in Beton oder Asphalt ausgeführt werden. Insgesamt wurden bisher rd. 350 km Feste Fahrbahn gebaut, wobei der Anteil der Betonbauweise bei rd. 90 % liegt. Die verschiedenen Oberbaukonstruktionen sind in einem Anforderungskatalog der DB AG [Deu1] festgelegt. Die Tragplatte aus Beton der Festigkeitsklasse B 35 (DIN 1045 (7.88)) liegt dabei i. d. R. auf einer Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel (ZTVT-StB) auf. Entsprechend dem Anforderungskatalog der DB AG muss der Beton die Anforderungen der ZTV Beton-StB erfüllen.

Neue Oberbaukonstruktionen müssen vor einer unbeschränkten Anwendung gutachterlich geprüft und vom Eisenbahnbundesamt (EBA) zugelassen werden. Die Zulassung als Regelbauart setzt

einen mehrjährigen Betriebsversuch im Gleisnetz der DB AG voraus. Alle bisherigen Bauarten für die Feste Fahrbahn verwenden noch einen konventionellen Gleisrost, der mit der Tragplatte entweder monolithisch oder mit Verankerungselementen verbunden wird. Andere Bauweisen befinden sich zz. auf verschiedenen Abschnitten der DB AG in der Erprobung [Dar1]. Bei der 180 km langen Neubaustrecke Köln–Frankfurt wird durchgängig eine Feste Fahrbahn in Betonbauweise eingebaut.

12.5 Betonschutzwände

Betonschutzwände kommen insbesondere dort zum Einsatz, wo eine hohe Sicherheit gegen ein Überfahren oder Durchbrechen der Schutzeinrichtung gefordert ist oder wo der nötige Platz für nachgiebige Konstruktionen, z. B. Stahlschutzplanken, nicht vorhanden ist. Bei schmalen Mittel- oder Trennstreifen hochbelasteter Straßen werden doppelseitige Betonschutzwände eingesetzt. Einseitige Betonschutzwände sichern Lärmschutzwände und schutzwürdige Anlagen, wie z. B. Hochspannungsmasten oder tragende Bauteile. Daneben werden sie zum Schutz und zur Abtrennung von parallel laufenden Verkehrswegen, wie z. B. Straßen- und Schienenbahnen, verwendet. Durch die bei Kollisionen auftretenden Anpralllasten werden die Betonschutzwände in der Regel nicht beschädigt, sodass aufwendige Unterhaltungs- und Erneuerungsarbeiten und damit verbundene Verkehrsbehinderungen nach einem Unfall vermieden werden.

Betonschutzwände werden entweder als Fertigteile oder in Ortbetonbauweise mit einem Gleitschalungsfertiger hergestellt. Betonschutzwände in Ortbetonbauweise müssen den ZTV-PS 98 [Ri61] und Betonschutzwandfertigteile den TL BSWF 96 [Ri62] entsprechen. Um ein Herausbrechen von größeren Betonteilen bei schweren Anprallvorgängen zu verhindern, werden die Ortbeton- bzw. Fertigteilsschutzwände mit vereinzelt Stabstahl-

einlagen gesichert. Eine konstruktive Bewehrung ist im Regelfall nicht erforderlich. Die Betonschutzwand ist mit einem Beton mit hohem Frost- und Tausalz-Widerstand der Betonfestigkeitsklasse B 35 herzustellen. Für Zusammensetzung, Herstellung und Verarbeitung gilt DIN 1045 (7.88). Der Zementgehalt muss mindestens 320 kg/m^3 betragen. Der Beton ist als LP-Beton mit einem Wasserzementwert $< 0,50$ herzustellen.