

Bodenbehandlung Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln

Eine Publikation der Holcim (Süddeutschland) GmbH



Inhaltsverzeichnis – Teil 1

1. Bodenbehandlung

| | |
|---|----|
| 1.1 Begriffsbestimmungen | 8 |
| 1.1.1 Definitionen nach RStO 01 | 8 |
| 1.1.2 Begriffe und Regelwerke bei Bodenbehandlungen | 9 |
| 1.1.3 Zuordnung der Regelwerke zu den Schichten | 9 |
| 1.2 Begriffsdefinitionen bei Bodenbehandlungen | 10 |
| 1.2.1 Bodenverfestigung | 10 |
| 1.2.2 Bodenverbesserung | 10 |
| 1.2.3 Qualifizierte Bodenverbesserung | 10 |
| 1.2.4 Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln | 10 |
| 1.3 Geotechnische Untersuchungen | 10 |
| 1.3.1 Allgemein | 10 |
| 1.3.2 Beschreibung der Bodenarten nach EN 14688-1 (alt DIN 4022, Teil 1) | 11 |
| 1.3.3 Bodenklassifikation nach DIN 18196 | 12 |
| 1.3.3.1 Bodengruppen | 12 |
| 1.3.3.2 Grundlagen der Bodenklassifikation | 12 |
| 1.3.3.3 Grobkörnige Böden | 12 |
| 1.3.3.4 Gemischtkörnige Böden | 12 |
| 1.3.3.5 Feinkörnige Böden | 12 |
| 1.3.3.6 Organogene und organische Böden | 12 |
| 1.3.3.7 Schaubild | 13 |
| 1.3.3.8 Bodenklassifikation über plastische Eigenschaften | 14 |
| 1.3.3.8.1 Konsistenzbestimmung | 14 |
| 1.3.3.8.2 Plastizitätsdiagramm zur Einteilung der feinkörnigen Bodenarten | 14 |
| 1.3.3.9 Klassifikation von Böden nach DIN 18196 | 15 |
| 1.4 Frostempfindlichkeit von Böden und veränderlich festen Gesteinen | 16 |
| 1.4.1 Klassifikation von Bodengruppen nach der Frostempfindlichkeit | 16 |
| 1.4.2 Frostempfindlichkeit nach Bodenverbesserung mit Bindemitteln | 16 |
| 1.5 Anwendung | 17 |
| 1.5.1 Bodenverbesserung | 17 |
| 1.5.2 Qualifizierte Bodenverbesserung | 17 |
| 1.5.2.1 Reduzierung der Oberbaudicke auf Grund einer qualifizierten Bodenverbesserung | 18 |
| 1.5.2.2 Anforderungen im Planumbereich bei einer qualifizierten Bodenverbesserung | 18 |
| 1.5.3 Bodenverfestigung | 19 |
| 1.5.3.1 Bodenverfestigung ohne Anrechnung auf den Oberbau | 19 |
| 1.5.3.2 Bodenverfestigung mit Anrechnung auf den Oberbau | 19 |
| 1.5.3.3 Auszug aus RStO 01, Tafel 1 | 20 |
| 1.5.3.4 Auszug aus RStO 01, Tafel 2 | 21 |
| 1.6 Grundsätze für den Erdbau | 22 |
| 1.6.1 Verdichtung | 22 |
| 1.6.2 Verdichtungsanforderungen an den Untergrund und Unterbau | 22 |
| 1.6.3 Anforderungen an das Planum | 23 |
| 1.6.4 Verformungsmodul auf dem Erdplanum | 24 |
| 1.6.5 Anforderungen an die Verdichtungskennwerte (Skizze) | 25 |
| 1.7 Qualitätssicherung | 26 |
| 1.7.1 Prüfungen vor der Bauausführung | 26 |
| 1.7.1.1 Prüfungen durch den Auftraggeber | 26 |
| 1.7.1.2 Prüfungen durch den Auftragnehmer | 26 |
| 1.7.1.3 Prüfvorschriften bei Eignungsprüfungen | 27 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 1.7.2 | Prüfungen während der Bauausführung | 28 |
| 1.7.2.1 | Art und Umfang der Prüfungen bei Bodenbehandlungen | 28 |
| 1.7.2.2 | Prüfmethoden und Prüfverfahren | 29 |
| 1.7.2.2.1 | Prüfmethoden für die Prüfung der Verdichtungskennwerte | 29 |
| 1.7.2.2.2 | Prüfverfahren zur Ermittlung von Verdichtungskenngrößen | 30 |
| 1.7.2.2.3 | Prüfen des Verformungsmoduls, der profilgerechten Lage und der Ebenheit auf dem Planum | 31 |
| 1.8 | Böden und mineralische Baustoffe für eine Bodenbehandlung | 32 |
| 1.8.1 | Geeignete Böden (nach DIN 18196) | 32 |
| 1.8.2 | Bedingt geeignete Böden (nach DIN 18196) und Baustoffe | 32 |
| 1.8.3 | Ungeeignete Böden | 32 |
| 1.8.4 | Natürliche und künstliche Gesteinskörnungen und RC-Baustoffe | 32 |
| 1.8.5 | Sulfateinfluß | 32 |
| 1.9 | Bindemittel | 33 |
| 1.9.1 | Allgemein | 33 |
| 1.9.2 | Bindemittelarten | 33 |
| 1.9.3 | Wirkungsweise der Bindemittel | 33 |
| 1.9.3.1 | Baukalke | 33 |
| 1.9.3.2 | Zemente | 34 |
| 1.9.3.3 | Mischbindemittel | 34 |
| 1.9.4 | Bindemittel mit besonderen Eigenschaften | 34 |
| 1.9.4.1 | Staubarme Bindemittel | 34 |
| 1.9.4.2 | Hydrophobierte Bindemittel | 34 |
| 1.9.5 | Einsatzbereiche der Bindemittel | 35 |
| 1.9.6 | Verarbeitungszeiten der Bindemittel | 36 |
| 1.9.7 | Reaktionszeiten der Bindemittel | 36 |
| 1.10 | Wasser | 37 |
| 1.11 | Witterungseinflüsse | 38 |
| 1.11.1 | Niederschläge | 38 |
| 1.11.2 | Wind | 38 |
| 1.11.3 | Temperatur | 38 |
| 1.12 | Bodenbehandlung – Bauausführung | 39 |
| 1.12.1 | Mischverfahren | 39 |
| 1.12.2 | Mixed-in-Plant (Zentralmischverfahren) | 39 |
| 1.12.3 | Mixed-in-Place (Baumischverfahren) | 40 |
| 1.12.3.1 | Baugrundsätze beim Mixed-in-Place Verfahren | 40 |
| 1.12.4 | Anforderungen bei Bodenbehandlungen an: | 44 |
| 1.12.4.1 | Bindemittelmenge | 44 |
| 1.12.4.2 | Verdichtungskennwerte | 44 |
| 1.12.4.3 | Nachweis der Bindemittelmenge | 44 |
| 1.12.4.4 | Oberfläche | 44 |
| 1.12.4.5 | Ebenheit | 44 |
| 1.12.4.6 | Einbaudicke | 44 |
| 1.13 | Bauwerkshinterfüllungen | 46 |
| 1.13.1 | Begriffe | 46 |
| 1.13.2 | Baustoffe | 46 |
| 1.13.2.1 | Entwässerungsbereich | 46 |
| 1.13.2.2 | Hinterfüll- und Überschüttbereich | 46 |
| 1.13.3 | Verdichtung | 46 |
| 1.14 | Leitungsgrabenverfüllungen | 47 |
| 1.14.1 | Allgemein | 47 |
| 1.14.2 | Einarbeiten des Bindemittels | 47 |
| 1.14.3 | Verdichtung | 47 |

Inhaltsverzeichnis – Teil 2

2. Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln

| | |
|---|----|
| 2.1 Allgemeines | 49 |
| 2.2 Terminologie | 50 |
| 2.3 Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln nach ZTV Beton-StB und Bodenverfestigungen nach ZTV E-StB | 51 |
| 2.4 Herstellungsgrundsätze | 51 |
| 2.4.1 Allgemein | 51 |
| 2.5 Prüfungen – Definitionen | 52 |
| 2.5.1 Erstprüfung | 52 |
| 2.5.2 Werkseigene Produktionskontrolle | 52 |
| 2.5.3 Eigenüberwachungsprüfung | 53 |
| 2.5.4 Kontrollprüfung | 53 |
| 2.6 Baustoffe | 53 |
| 2.6.1 Böden und Gesteinskörnungen für Verfestigungen | 53 |
| 2.6.2 Gesteinskörnungen und Baustoffgemische für HGT | 54 |
| 2.6.3 Gesteinskörnungen und Baustoffgemische für Betontragschichten | 55 |
| 2.6.4 Hydraulische Bindemittel | 56 |
| 2.6.5 Wasser | 56 |
| 2.6.6 Betonzusatzmittel/Betonzusatzstoffe | 56 |
| 2.7 Anforderungen an Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln | 57 |
| 2.7.1 Bemessung | 57 |
| 2.7.2 Oberbauschichten mit Bindemittel | 57 |
| 2.7.3 Mindesteinbaudicken | 57 |
| 2.7.3.1 Verfestigungen | 57 |
| 2.7.3.2 Hydraulisch gebundene Tragschichten | 57 |
| 2.7.3.3 Betontragschichten | 57 |
| 2.7.4 Randausbildung der Tragschichten | 57 |
| 2.7.4.1 Detail der Randausbildung | 58 |
| 2.7.5 Entwässerung von Tragschichten | 59 |
| 2.7.6 Ausführung bei niedrigen/hohen Temperaturen und Frost | 59 |
| 2.7.7 Profilhochrechte Lage | 59 |
| 2.7.8 Ebenheit | 59 |
| 2.7.9 Toleranzen der Einbaudicke | 59 |
| 2.7.10 Kerben oder Fugen | 60 |
| 2.7.11 Nachbehandlung | 60 |
| 2.7.11.1 Tabellarische Zusammenstellung der Anforderungen | 61 |
| 2.8 Ausführung von Verfestigungen | 62 |
| 2.8.1 Anforderungen an Einbaugemische für Verfestigungen | 62 |
| 2.8.2 Herstellung | 62 |
| 2.8.3 Baumischverfahren | 62 |
| 2.8.4 Zentralmischverfahren | 63 |
| 2.8.5 Einbau und Verdichtung | 63 |
| 2.8.6 Anforderungen an den Verdichtungsgrad | 63 |

| | |
|---|----|
| 2.9 Ausführung von hydraulisch gebundenen Tragschichten | 64 |
| 2.8.1 Anforderungen an das Einbaugemisch | 64 |
| 2.8.2 Herstellung, Transport und Einbau | 64 |
| 2.8.3 Anforderungen an die fertige Schicht | 64 |
| 2.10 Ausführung von Betontragschichten | 65 |
| 2.11 Art und Umfang von Prüfungen | 65 |
| 2.11.1 Erstprüfung für Verfestigungen | 65 |
| 2.11.2 Erstprüfung für hydraulisch gebundenen Tragschichten | 66 |
| 2.11.3 Erstprüfung für Betontragschichten | 68 |
| 2.11.4 Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfung für Verfestigungen | 68 |
| 2.11.5 Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfung für hydraulisch gebundene Tragschichten | 69 |
| 2.11.6 Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfung für Betontragschichten | 69 |
| 2.12 Verwertung von Asphaltgranulat und pechhaltigen Straßenbaustoffen in Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln | 70 |
| 2.12.1 Allgemeines | 70 |
| 2.12.2 Ausgangsstoffe – Gesteinskörnungen | 70 |
| 2.12.3 Zusatzstoffe | 70 |
| 2.12.4 Lagerung pechhaltiger Stoffe | 70 |
| 2.12.5 Baustoffgemische | 70 |
| 2.12.6 Anforderungen | 70 |
| 2.12.7 Erstprüfung | 70 |
| Literaturverzeichnis | 71 |
| Technische Regelwerke | 72 |

Einleitung

Das »Handbuch für Bodenbehandlung und Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln« soll dem Planenden, Ausführenden und Überwachenden eine Hilfe bei der täglichen Arbeit sein.

Das Handbuch will die verschiedenen Normen, Vorschriften, Richtlinien, Merkblätter und das eigene Wissen so darstellen, dass der Inhalt in einem gesammelten Praxiswerk in leicht verständlicher Form zur Verfügung steht.

Unser besonderer Dank gilt Herrn Dr. Hans-Werner Schade vom Institut IFM Dr. Schellenberg, der sich spontan bereit erklärt hat, uns bei der Erstellung des Handbuches zu unterstützen.

Das Handbuch erhebt weder Anspruch auf Vollständigkeit noch auf absolute Richtigkeit. Bitte teilen Sie uns Fehler oder Anregungen zur besseren Verständlichkeit mit, damit wir die nächste Auflage mit Ihrer Hilfe noch nützlicher und umfassender gestalten können.

Die inhaltliche und redaktionelle Bearbeitung des „Handbuches für Bodenbehandlung und Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln“ erfolgte durch das Produktmanagement der Holcim (Süddeutschland) GmbH. Gerne beraten wir Sie auch individuell.



1. Bodenbehandlung

Allgemeines

Die Bodenbehandlung (Bodenverbesserung und Bodenverfestigung) mit Bindemitteln sind bewährte Bauweisen, die ab der Mitte der 50er Jahre im Erdbau eine zunehmende wirtschaftliche Bedeutung erlangten.

Die in dieser Zeit angestellten Untersuchungen waren die Grundlage für die Entwicklung der Regelwerke und bilden bis heute die Basis der Bauausführung.

Die Weiterentwicklung im Erdbau mit sehr kurzen Bauzeiten, erhöhten Lasteintragungen (Schwerlastverkehr, Schnellbahntrassen usw.), Schonung von Rohstoffen unter Einhaltung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) führen zu veränderten Randbedingungen im Erdbau.

Die umweltpolitische Aufgabe, die CO₂-Emissionen zu reduzieren, induziert ebenfalls eine Änderung der Rahmenbedingungen im Baubetrieb.

Die o.g. Entwicklungen erfordern das Bauen bei schlechten Witterungen unter Verwendung der anstehenden Böden bzw. die umweltverträgliche Verwertung von Böden, Gesteinskörnungen und Recyclingbaustoffen.

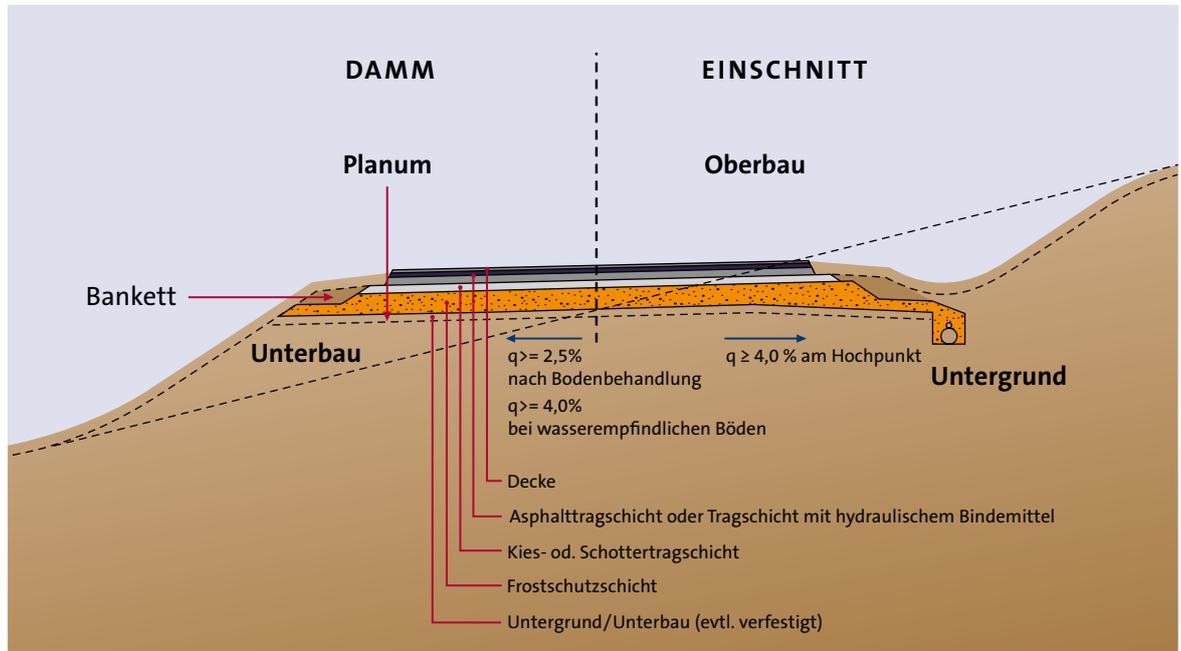
Bodenbehandlungen bieten hier zu wirtschaftlich besten Voraussetzungen optimale Lösungsmöglichkeiten.

Die Boden-Bindemittel-Gemische erzielen eine dauerhafte Erhöhung der Tragfähigkeit (auch bei Wasserzutritt), eine deutlich verbesserte Scherfestigkeit und ein erheblich vermindertes Setzungsverhalten. Dies ermöglicht eine breite Anwendung in vielen Bereichen des Erd- und Straßenbaus.



1.1 Begriffsbestimmungen

1.1.1 Definitionen nach RStO 01



Oberbau:

Decke und eine oder mehrere Tragschichten.

Vollgebundener Oberbau

Bei Asphaltoberbau: Asphaltdecke und -tragschicht auf Planum.

Bei Betonoberbau: Betondecke, Vliesstoff und Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel unmittelbar auf Planum.

Asphaltdecke

Asphaltbinderschicht und darüber liegende Asphaltdeckschicht oder nur Asphaltdeckschicht.

Betondecke

Ein- oder zweischichtige Decke aus Beton.

Pflasterdecke

Pflasterstein, Pflasterbettung und Fugenfüllung.

Plattenbelag

Platten, Plattenbettung und Fugenfüllung.

Tragdeckschicht

Einschichtige Asphalttschicht, die gleichzeitig die Funktion von Tragschicht und Decke erfüllt.

Tragschicht

Unterlage der Decke, je nach Zusammensetzung unterschieden in:

• Tragschicht ohne Bindemittel

- Frostschuttschicht
- Schottertragschicht
- Kiestragschicht

• Tragschicht mit Bindemittel

- Verfestigung mit hydraulischen Bindemitteln
- Hydraulisch gebundene Tragschicht
- Betontragschicht
- Asphalttragschicht

• Tragschicht mit besonderen Eigenschaften

- Walzbetontragschicht
- Dränbetontragschicht

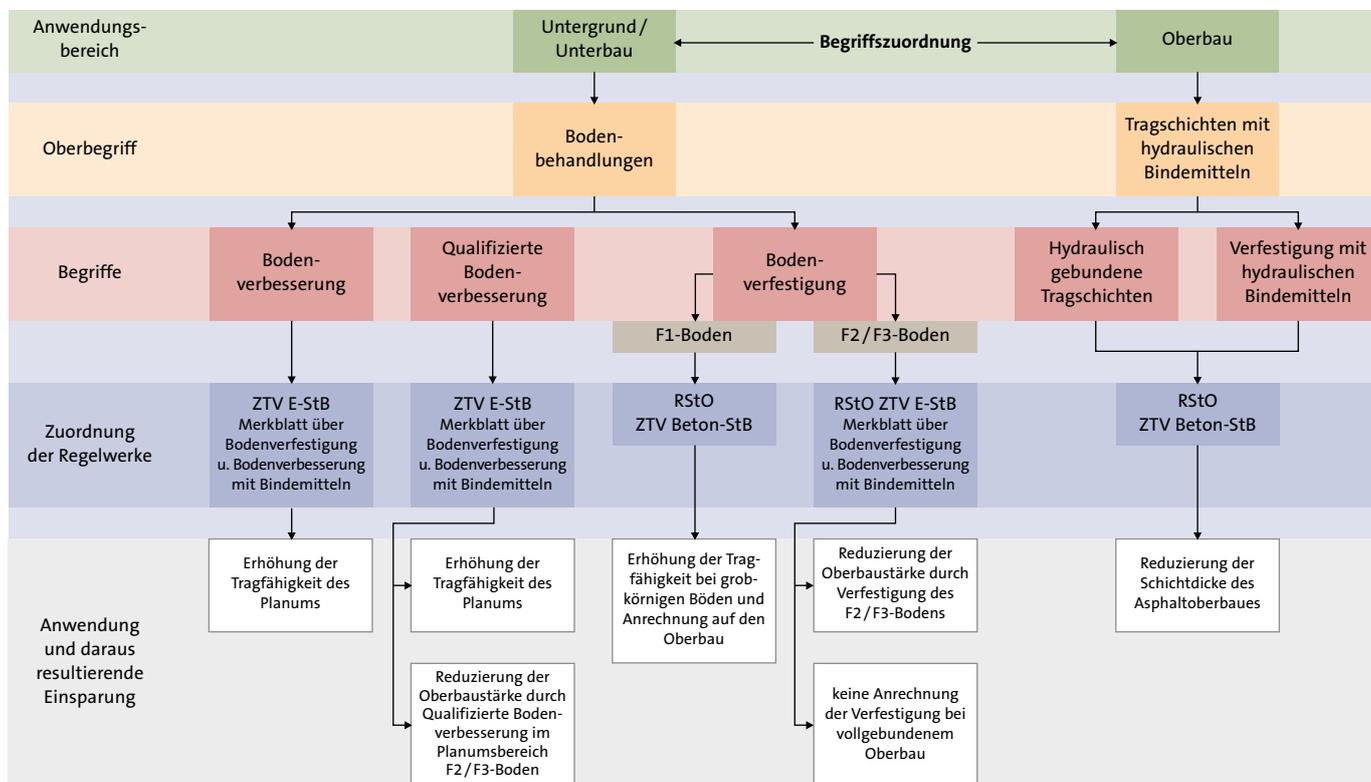
Untergrund:

Unmittelbar unter dem Ober- oder Unterbau angrenzender Boden bzw. Fels.

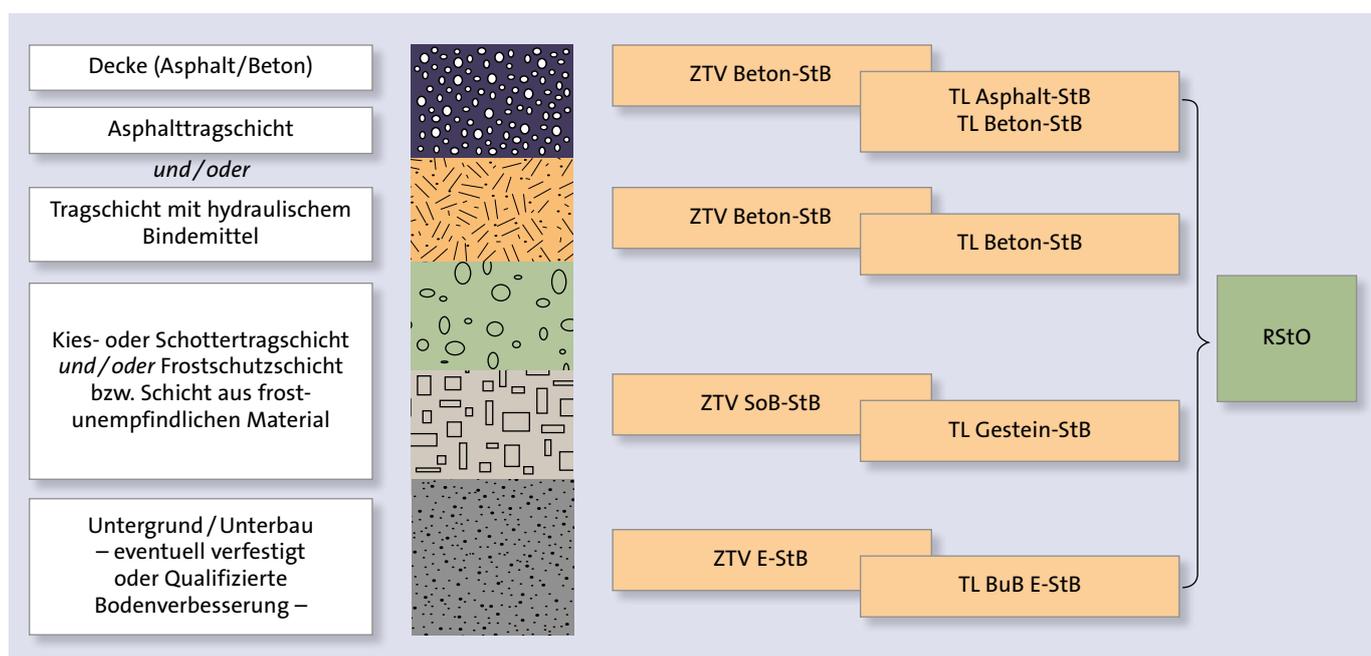
Unterbau:

Künstlich hergestellter Erdkörper zwischen Untergrund und Oberbau.

1.1.2 Begriffe und Regelwerke bei Bodenbehandlungen



1.1.3 Zuordnung der Regelwerke zu den Schichten



1.2 Begriffsdefinition bei Bodenbehandlungen

Bodenbehandlungen sind Verfahren, bei denen Böden so verändert werden, dass die geforderten Eigenschaften erreicht werden. Sie umfassen Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen.

1.2.1 Bodenverfestigungen

sind Verfahren, bei denen die Widerstandsfähigkeit des Bodens gegen Beanspruchung durch Verkehr und Klima durch die Zugabe von Bindemitteln so erhöht wird, dass der Boden dauerhaft tragfähig und frostbeständig wird.

1.2.2 Bodenverbesserungen

sind Verfahren zur Verbesserung der Einbaufähigkeit und Verdichtbarkeit von Böden und zur Erleichterung der Ausführung von Bauarbeiten.

1.2.3 Qualifizierte Bodenverbesserungen

sind Bodenverbesserungen mit erhöhten Anforderungen, z. B. hinsichtlich des Frost- und Tragfähigkeitsverhaltens.

1.2.4 Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln

sind Betontragschichten nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 und Hydraulisch gebundene Tragschichten (HGT) im Zentralmischverfahren im Oberbau sowie Verfestigungen (HVT) im Baumisch- oder Zentralmischverfahren im Oberbau oder auf dem Planum im Erdbau.

Hydraulische Tragschichten leiten die statischen und dynamischen Einwirkungen die auf die Decke wirken, in den Untergrund bzw. Unterbau ab.

Sie werden auf den Straßenoberbau angerechnet.

Für die Tragschicht ist die Dicke die wesentliche Bemessungsgröße. Sie bestimmt sich aus

- der Verkehrsbelastung
- der Tragfähigkeit des Unterbaus
- den Anforderungen an die Frostsicherheit

1.3. Geotechnische Untersuchungen

1.3.1 Allgemein

Der Boden ist rechtzeitig auf

- seine Eigenschaften
- seine Eignung als Baugrund oder Baustoff
- etwaige Auffüllungen
- eventuelle Schadstoffbelastungen

zu erkunden und zu untersuchen, damit die Erkenntnisse

- bei der Planung
- bei konstruktiven Folgerungen
- beim Konzept des Bauablaufes und der Bauausführung berücksichtigt werden können.

Gewinnbare Böden aus Einschnitten, Anschnitten und Seitenentnahmen müssen auf ihre mögliche Verwendung beurteilt werden können.

Weitere baubegleitende Untersuchungen können somit frühzeitig festgelegt werden.

Geotechnische Untersuchungen für die Ausschreibung sind durch den Auftraggeber auszuführen.

Wird das Bauvorhaben auf Grundlage eines Nebenangebotes ausgeführt, ist die Durchführbarkeit und Gebrauchstauglichkeit durch ergänzende Untersuchungen vom Auftragnehmer nachzuweisen.

1.3.2 Beschreibung der Bodenarten nach DIN EN ISO 14688-1 (alt: 4022, Teil 1)

Die anorganischen Bodenarten werden einheitlich gem. folgender Tabelle eingeteilt und benannt.

Setzen sich die Bodenarten aus mehreren Korngrößenbereichen zusammen, werden sie ebenfalls nach der Tabelle benannt.

Zusammengesetzte Bodenarten werden mit

- einem Substantiv für den Hauptanteil und
- einem oder mehreren Adjektiven für die Nebenanteile benannt.

Es gelten folgende Grundregeln:

Hauptanteil ist

- der größte Massenanteil
- oder der für die Eigenschaften des Boden bestimmende Anteil

Nebenanteile sind die Anteile, welche die Eigenschaften des Bodens nicht prägen, aber beeinflussen können.

Bei den grob- und gemischtkörnigen Böden werden Nebenanteile mit

- geringem Einfluß mit dem Beiwort „schwach“
- besonderem Einfluß mit dem Beiwort „stark“ gekennzeichnet.

Sind bei den grobkörnigen Böden zwei Hauptanteile mit ca. gleichen Anteilen bestimmend vertreten, werden beide mit dem Bindewort „und“ benannt.

| Bereich / Benennung | | Kurzzeichen DIN EN 14688 | Kurzzeichen DIN 4022 | Korngrößenbereich [mm] |
|----------------------------------|--|----------------------------------|-------------------------|--|
| Grobkornbereich (Siebkorn) | Blöcke | Bo | Y | > 200 mm |
| | Steine | Co | X | von > 63 mm bis ≤ 200 mm |
| | Kieskorn Grobkies Mittelkies Feinkies | Gr (Gravel) CGr MGr FGr | G gG mG fG | von > 2 mm bis ≤ 63 mm von > 20 mm bis ≤ 63 mm von > 6,3 mm bis ≤ 20 mm von > 2,0 mm bis ≤ 6,3 mm |
| | Sandkorn Grobsand Mittelsand Feinsand | Sa (Sand) CSa MSa FSa | S gS mS fS | von > 0,06 mm bis ≤ 2 mm von > 0,6 mm bis ≤ 2,0 mm von > 0,2 mm bis ≤ 0,6 mm von > 0,06 mm bis ≤ 0,2 mm |
| Feinkornbereich (Schlammkorn) | Schluffkorn Grobschluff Mittelschluff Feinschluff | Si (Silt) CSi MSi FSi | U gU mU fU | von > 0,002 mm bis ≤ 0,06 mm von > 0,02 mm bis ≤ 0,06 mm von > 0,006 mm bis ≤ 0,02 mm von > 0,002 mm bis ≤ 0,006 mm |
| | Tonkorn (Feinstes) | Cl (Clay) | T | < 0,002 mm |

1.3 Geotechnische Untersuchungen

1.3.3 Bodenklassifikation nach DIN 18196

1.3.3.1 Bodengruppen

Die Bodenarten werden für die Beschreibung der bautechnischen Eigenschaften und der Eignung gemäß DIN 18196 in Hauptgruppen und in Gruppen mit annähernd gleichem stofflichen Aufbau und ähnlichen Eigenschaften eingeteilt.

1.3.3.2 Grundlage der Bodenklassifikation

Grundlage der Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke ist die stoffliche Zusammensetzung nach

- Korngrößenbereich
- Plastischen Eigenschaften
- Organischen Bestandteilen

Für die Bezeichnung der Bodenarten werden Kürzel benutzt, wobei der erste Buchstabe den Hauptbestandteil wiedergibt, der zweite den Nebenbestandteil. Dabei sind

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| G = Kies | O = organische Beimengungen |
| S = Sand | H = Torf, Humus |
| U = Schluff | F = Faulschlamm |
| T = Ton | K = Kalk |
| Z = zersetzter Torf | |
| N = kaum zersetzter Torf | |

Nach der Kornverteilung werden benannt

| |
|-------------------------------------|
| W = weitgestufte Kornverteilung |
| E = engestufte Kornverteilung |
| I = intermittierende Kornverteilung |

Nach den plastischen Eigenschaften

| |
|--------------------------|
| L = leicht plastisch |
| M = mittel plastisch |
| A = ausgeprägt plastisch |

1.3.3.3 Grobkörnige Böden

Grobkörnige Böden sind Kiese und Sande mit max. 5 M.-% Feinkornanteil < 0,06mm

1.3.3.4 Gemischtkörnige Böden

Gemischtkörnige Böden sind Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemische mit einem Feinkornanteil <0,06mm zwischen 5 M.-% und 40 M.-%

1.3.3.5 Feinkörnige Böden

Die Klassifizierung feinkörniger Böden erfolgt nach den plastischen Eigenschaften.

Das maßgebende Kriterium ist die Plastizität.

Sie wird bewertet nach dem Wassergehalt bei der Fließgrenze w_L und der Plastizitätszahl I_p

1.3.3.6 Organogene und organische Böden

Schluffe und Tone: Die organogenen Böden und Böden mit organischen Beimengungen werden nach dem Plastizitätsdiagramm eingeordnet. Sie liegen unterhalb der A-Linie

Grob- und gemischtkörnige Böden: Sie werden nach der Art der Beimengung (humos, kalkig, kieselig) unterschieden.



1.3.3.7 Schaubild

| Grobkörnige Böden Bodenklassifikation nach der Korngrößenverteilung | | Grobkörnige Böden Bodenklassifikation nach der Korngrößenverteilung und plastischen Eigenschaften | | Feinkörnige Böden Bodenklassifikation ausschließlich über plastische Eigenschaften (Konsistenzgrenzen nach DIN 18122) | | Organische Böden | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|-----------|---|----|----|----|----|----|----|--|--|-------------------------------|--|-----------|-----------|-----------------------------|--|-----------|-----------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|---|--|--------------------------------|--|---|--|----|----|----|----|----|----|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| nichtbindig | schwachbindig | bindig | starkbindig | | | bindig-locker | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Korn-zu-Korn-Kontakt Feinkorn < 0,063 mm: < 5 M.-% „frostsicherer Boden“ geringe Zusammen-drückbarkeit | Korn-zu-Korn-Kontakt Feinkorn < 0,063 mm: 5 - 15 M.-% „gering frostempfindliche Böden“ geringe Zusammen-drückbarkeit | kein Korn-zu-Korn-Kontakt Grobkorn „schwimmt“ in feinkörniger Matrix Feinkorn < 0,063 mm: 15 - 40 M.-% „sehr frostempfindlich“ Eigenschaften des Feinkorns sind bestimmend | Parallelstruktur Wabenstruktur Klumpenstruktur Mikropore Makropore | | | fasrige Struktur „sehr frostempfindlich“ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Große Porenräume hohe bzw. relativ hohe Wasserdurchlässigkeit, geringes Wasserbindevermögen | Große Porenräume hohe Wasserdurchlässigkeit, geringes Wasserbindevermögen | Kleine Porenräume geringe Wasserdurchlässigkeit, mittleres Wasserbindevermögen | Kleine Porenräume sehr geringe Wasserdurchlässigkeit, hohes bis sehr hohes Wasserbindevermögen | | | Kleine Porenräume sehr geringe Wasserdurchlässigkeit und sehr hohes Wasserbindevermögen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kiese und Sande | tonig-schluffige Kiese und Sande | | Schluffe und Tone | | | Torf, Humus, Faulschlamm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr><td colspan="2">Feinkorn < 0,063 mm: < 5 M.-%</td></tr> <tr><td colspan="2">Anteil der Korngröße < 2 mm</td></tr> <tr><td>> 40 M.-%</td><td>< 40 M.-%</td></tr> <tr><td>GE</td><td>SE</td></tr> <tr><td>GW</td><td>SW</td></tr> <tr><td>GI</td><td>SI</td></tr> </table> | Feinkorn < 0,063 mm: < 5 M.-% | | Anteil der Korngröße < 2 mm | | > 40 M.-% | < 40 M.-% | GE | SE | GW | SW | GI | SI | <table border="1"> <tr><td colspan="2">Feinkorn < 0,063 mm: < 5 M.-%</td></tr> <tr><td>< 15 M.-%</td><td>> 15 M.-%</td></tr> <tr><td colspan="2">Anteil der Korngröße < 2 mm</td></tr> <tr><td>> 40 M.-%</td><td>< 40 M.-%</td></tr> <tr><td>GU</td><td>SU</td></tr> <tr><td>GT</td><td>ST</td></tr> <tr><td>GU*</td><td>SU*</td></tr> <tr><td>GT*</td><td>ST*</td></tr> </table> | | Feinkorn < 0,063 mm: < 5 M.-% | | < 15 M.-% | > 15 M.-% | Anteil der Korngröße < 2 mm | | > 40 M.-% | < 40 M.-% | GU | SU | GT | ST | GU* | SU* | GT* | ST* | <table border="1"> <tr><td colspan="2">Feinkorn < 0,063 mm: > 40 M.-%</td></tr> <tr><td>$I_p \leq 4\%$ oder unterhalb der A-Linie</td><td>$I_p \geq 7\%$ oder oberhalb der A-Linie</td></tr> <tr><td>UL</td><td>TL</td></tr> <tr><td>UM</td><td>TM</td></tr> <tr><td>UA</td><td>TA</td></tr> </table> | | Feinkorn < 0,063 mm: > 40 M.-% | | $I_p \leq 4\%$ oder unterhalb der A-Linie | $I_p \geq 7\%$ oder oberhalb der A-Linie | UL | TL | UM | TM | UA | TA | | |
| Feinkorn < 0,063 mm: < 5 M.-% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anteil der Korngröße < 2 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| > 40 M.-% | < 40 M.-% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GE | SE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GW | SW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GI | SI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Feinkorn < 0,063 mm: < 5 M.-% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| < 15 M.-% | > 15 M.-% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anteil der Korngröße < 2 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| > 40 M.-% | < 40 M.-% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GU | SU | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GT | ST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GU* | SU* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GT* | ST* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Feinkorn < 0,063 mm: > 40 M.-% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $I_p \leq 4\%$ oder unterhalb der A-Linie | $I_p \geq 7\%$ oder oberhalb der A-Linie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UL | TL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UM | TM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UA | TA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1.3.3.9 Klassifikation von Böden nach DIN 18196

Die Klassifikation von Böden nach DIN 18196 dient der Einteilung nach der bautechnischen Eignung

| Zeile | Hauptgruppen | Definition und Benennung | | | | Kurzzeichen Gruppensymbol | Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB | Erkennungsmerkmale unter anderem für Zeilen 16 bis 21 | | | Beispiele | | | |
|-------|---|----------------------------|--------|---|---|------------------------------|---|--|-----------------------|--|--|---|---|---------------------------------------|
| | | Korngrößenanteil in M. - % | | Plastizitätszahl und Lage zur A-Linie (s. Bild) | | | | | Trockenfestigkeit | Reaktion b. Schüttelversuch | | Plaszizität b. Knetversuch | | |
| | | ≤ 0,06 mm | ≤ 2 mm | | | | | | | | | | | |
| 1 | Grobkörnige Böden | < 5% | ≤ 60% | - | engestufte Kiese | GE | F1 | steile Körnungslinie infolge Vorherrschens eines Korngrößenbereiches | | | Fluß- und Strandkies Terrassenschotter vulkanische Schlacke | | | |
| 2 | | | | | weitgestufte Kies-Sand-Gemische | GW | | | | | | | | |
| 3 | | | | | intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische | GI | | | | | | | | |
| 4 | | | | | engestufte Sande | SE | | | | | | | | |
| 5 | | | | | weitgestufte Sand-Kies-Gemische | SW | | | | | | | | |
| 6 | | | | | intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische | SI | | | | | | | | |
| 7 | Gemischtkörnige Böden | 5 - 15 % | ≤ 60% | - | Kies-Schluff- Gemische | GU | F2 *) | weit- oder intermittierend gestufte Körnungslinie | Feinkornanteil ist | schluffig | Moränekies | | | |
| 8 | | | | | Kies-Ton- Gemische | GT | | | | tonig | Verwitterungskies | | | |
| 9 | | | | | Sand-Schluff- Gemische | SU | | | | schluffig | Hangschutt | | | |
| 10 | | | | | Sand-Ton- Gemische | ST | | | | tonig | Geschiebelehm | | | |
| 11 | | 15 - 40 % | ≤ 60% | - | Kies-Schluff- Gemische | GU* | F3 | Körnungslinie | | schluffig | Tertiärsand | | | |
| 12 | | | | | Kies-Ton- Gemische | GT* | | | | tonig | Auelehm, Sandlöß | | | |
| 13 | | | | | Sand-Schluff- Gemische | SU* | | | | schluffig | Tertiärsand, Schleichsand | | | |
| 14 | | | | | Sand-Ton- Gemische | ST* | | | | tonig | Geschiebelehm/-mergel | | | |
| 15 | Feinkörnige Böden | > 40% | - | IP ≤ 4% oder unterhalb der A-Linie | leicht plastische Schluffe | w _L < 35% | UL | F3 | niedrige | schnelle | keine bis leichte | Löß Hochflutlehm | | |
| 16 | | | | | mittelplastische Schluffe | 35% ≤ w _L ≤ 50% | UM | | niedrige bis mittlere | langsame | leichte bis mittlere | Seeton Beckenschluff | | |
| 17 | | | | | ausgeprägt plastischer Schluff | w _L > 50% | UA | | hohe | keine bis langsame | mittlere bis ausgeprägte | vulkanische Böden Bimsböden | | |
| 18 | | | | IP ≥ 7% und oberhalb der A-Linie | leicht plastische Tone | w _L < 35% | TL | | mittlere bis hohe | keine bis langsame | keine bis leichte | Geschiebemergel Bänderton | | |
| 19 | | | | | mittelplastische Tone | 35% ≤ w _L ≤ 50% | TM | | hohe | keine | keine bis leichte | Lößlehm, Beckenton Keuperton, Seeton | | |
| 20 | | | | | ausgeprägt plastische Tone | w _L > 50% | TA | | F2 | sehr hohe | keine | keine bis leichte | Terras, Lauenburger Ton Beckenton | |
| 21 | organogene ¹⁾ Böden und Böden mit organischen Beimengungen | > 40% | - | IP ≥ 7% und unterhalb der A-Linie | Schluffe mit organischen Beimengungen und organogene Schluffe | nicht brenn- oder schwelbar | 35% ≤ w _L ≤ 50% | OU | F3 | mittlere | langsame bis sehr schnell | mittlere | Seekreide Kieselgur Mutterboden | |
| 22 | | | | | Tone mit organischen Beimengungen und organogene Tone | | | w _L > 50% | | OT | hohe | keine | ausgeprägte | Schlick Klei tertiäre Kohletone |
| 23 | | < 40% | - | - | grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art | brenn- oder schwelbar | | OH | | F2 | Beimengungen pflanzlicher Art, meist dunkle Färbung, Modergeruch, Glühverlust bis etwa 20 % Massenanteil | | | Mutterboden Paläoboden |
| 24 | | | | | grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen | | | OK | | | Beimengungen nicht pflanzlicher Art, meist helle Färbung, leichtes Gewicht, große Porosität | | | Kalksand Tuffsand Wiesenkalk |
| 25 | organische Böden | - | - | - | nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus) | brenn- oder schwelbar | | HN | | An Ort und Stelle aufgewachsene Humusbildungen | Zersetzungsgrad 1 bis 5, faserig, holzreich, hellbraun bis braun | | Niedermoortorf Hochmoortorf Bruchwaldtorf | |
| 26 | | | | | zersetzte Torfe | | | HZ | | Zersetzungsgrad 6 bis 10, schwarzbraun bis schwarz | | | | |
| 27 | | | | | Schlamm als Sammelbegriff für Faulschlamm, Muddy, Gytija, Dy und Sapropel | | | F | | unter Wasser abgesetzte (sedimentäre) Schlamm aus Pflanzenresten, Kot und Mikroorganismen, oft von Sand, Ton und Kalk durchsetzt, blauschwarz oder grünlich bis gelbbraun, gelegentlich dunkelgraubraun bis blauschwarz, federnd, weichschwammig | | | Muddy Faulschlamm | |

1) unter Mitwirkung von Organismen gebildete Böden

*) zu F 1 gehörig, wenn bei

U ≥ 15,0 der Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen (d < 0,063mm) ≤ 5,0 M.-% ist oder bei

U ≤ 6,0 der Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen (d < 0,063mm) ≤ 15,0 M.-% ist
Im Bereich 6,0 < U < 15,0 kann der für die Zuordnung zu F 1 zulässige Anteil an Korn unter 0,063 mm linear interpoliert werden (s. Bild)

1.4 Frostempfindlichkeit von Böden und veränderlich festen Gesteinen

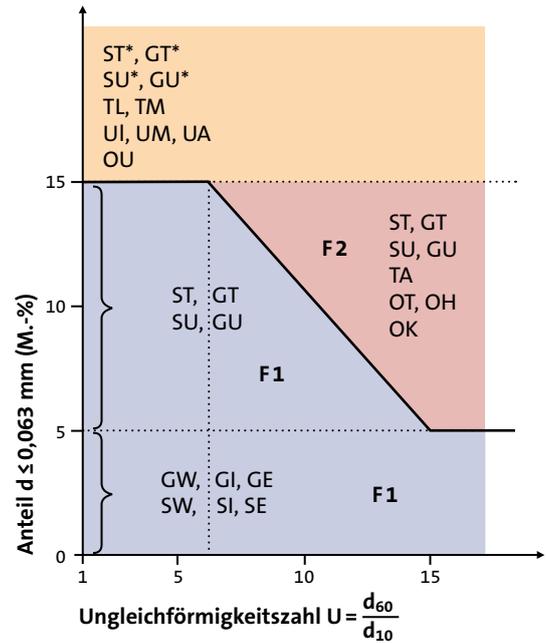
Die Bodengruppen werden bezüglich der Frostempfindlichkeit nach der in der Tabelle enthaltenen Klassifikation unterschieden.

Bei veränderlich festen Gesteinen ist die Frostempfindlichkeit des Verwitterungsproduktes maßgebend.

1.4.1 Klassifikation von Bodengruppen nach der Frostempfindlichkeit

| | Frostempfindlichkeit | Bodengruppen (DIN 18196) |
|-----------|------------------------------------|--|
| F1 | nicht frostempfindlich | GW, GI, GE SW, SI, SE |
| F2 | gering bis mittel frostempfindlich | TA OT, OH, OK ST, GT } ¹⁾ SU, GU } |
| F3 | sehr frostempfindlich | TL, TM UL, UM, UA OU ST*, GT* SU*, GU* |

¹⁾ zu F1 gehörig, wenn bei $U \geq 15,0$ der Anteil der abschlämmbaren Bestandteile ($d < 0,063$ mm) $\leq 5,0$ M.-% ist oder bei $U \leq 6,0$ der Anteil der abschlämmbaren Bestandteile ($d < 0,063$ mm) $\leq 15,0$ M.-% ist. Im Bereich $6,0 < U < 15,0$ kann der für die Zuordnung zu F1 zulässige Anteil an Korn unter 0,063 mm linear interpoliert werden (s. Bild)



1.4.2 Frostempfindlichkeit nach Bodenverbesserung mit Bindemittel

Böden der Gruppen TL, TM, UL, UM, UA, ST*, SU*, GU* werden nach der Frostempfindlichkeit F2 eingestuft, wenn die Anforderungen an eine qualifizierte Bodenverbesserung eingehalten werden. (siehe unter Anwendung → Qualifizierte Bodenverbesserung)

Durch die geänderte Einstufung ergeben sich gem. RStO 01 Einsparungen in der Konstruktionsstärke.

Dies bedeutet eine erhebliche Kosteneinsparung im Straßenoberbau.

1.5 Anwendung

1.5.1 Bodenverbesserungen

Bodenverbesserungen werden bei Erdarbeiten für Straßen- und Verkehrsflächen im Unterbau oder Untergrund angewendet.

Beispiele: Herstellung von Dämmen, Böschungen, Hinterfüllungen, Verfüllungen, Baustellentransportwege usw.

Nasse, nicht ausreichend verdichtbare Böden können durch die Bodenverbesserung mit Bindemitteln

- einbau- und verdichtungsfähig werden
- eine höhere Tragfähigkeit erhalten
- witterungsunempfindlicher werden

Im Bereich von Planien, Böschungen und anderen Flächen bieten Bodenverbesserungen mit Bindemitteln einen erhöhten Erosions- und Witterungsschutz.

1.5.2 Qualifizierte Bodenverbesserungen

Qualifizierte Bodenverbesserungen können bei Erdarbeiten für Straßen- und Verkehrsflächen im Unterbau oder Untergrund angewendet werden.

Beispiele: Herstellung von Dämmen, Böschungen, Hinterfüllungen, Planumsbereich

Dabei werden die

- Tragfähigkeit erhöht
- Setzungen und Verformungen minimiert
- Scherfestigkeit erhöht
- Frostempfindlichkeit des Bodens positiv beeinflusst

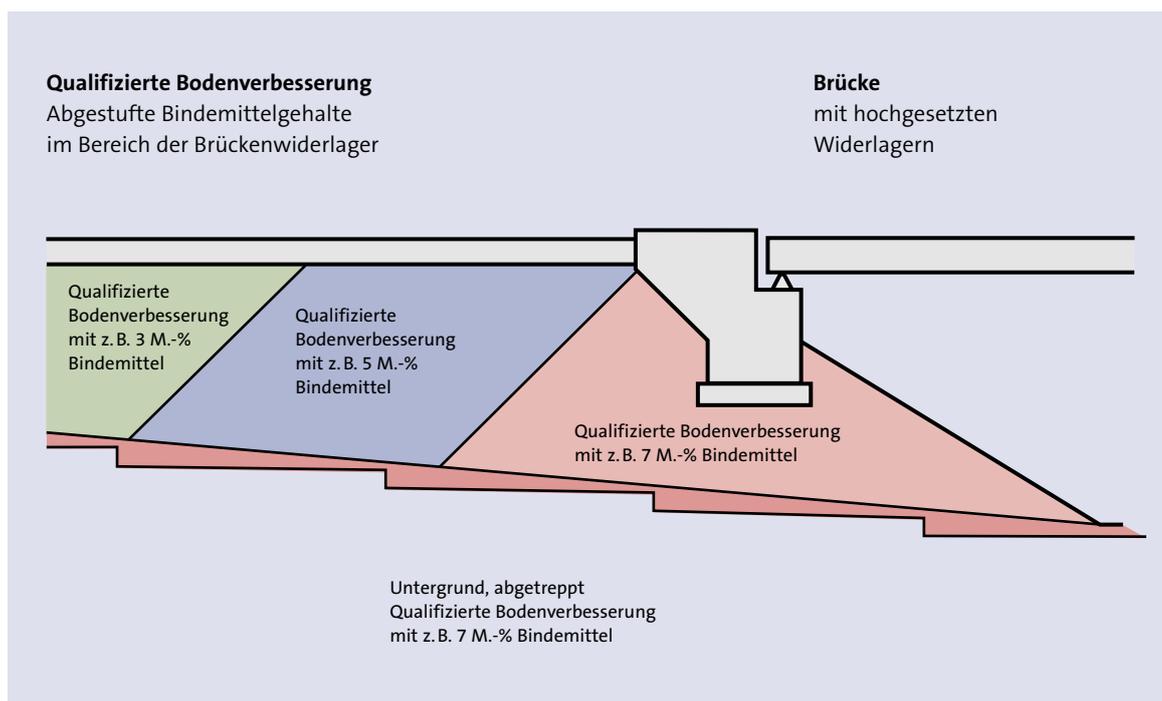
Geeignete Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 können durch eine qualifizierte Bodenverbesserung die Eigenschaften eines Bodens der Frostempfindlichkeitsklasse F2 erreichen.

Durch die geänderte Einstufung ergeben sich gem. RStO 01 Einsparungen in der Konstruktionsstärke.

Dies bedeutet eine erhebliche Kosteneinsparung im Straßenoberbau.

Anwendungsbeispiel einer qualifizierten Bodenverbesserung:

Straßendamm mit hochliegendem Brückenwiderlager, Hinterfüllung mit verbessertem Boden.



1.5 Anwendung

1.5.2.1 Reduzierung der Oberbaudicke auf Grund einer qualifizierten Bodenverbesserung

Bei der Herstellung einer qualifizierten Bodenverbesserung mit einer Schichtdicke von mindestens 25 cm, kann der Untergrund bzw. Unterbau in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 eingestuft werden. Als Ausgangswerte für die Bemessung der Mindest-

dicke des frostsicheren Straßenaufbaues können die Angaben für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 verwendet werden (s. RStO, Tabelle 6), wenn auf dem Planum ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen wird.

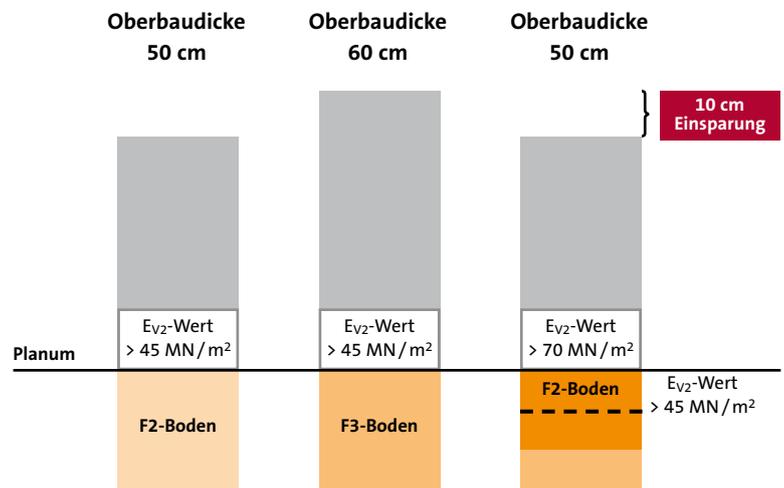
RStO 01, Tabelle 6

Ausgangswerte für die Bestimmung der Minstdicke des frostsicheren Straßenaufbaues

| Zeile | Frostempfindlichkeitsklasse | Dicke in cm bei Bauklasse | | |
|-------|-----------------------------|---------------------------|----------|--------|
| | | SV / I / II | III / IV | V / VI |
| 1 | F2 | 55 | 50 | 40 |
| 2 | F3 | 65 | 60 | 50 |

Beispiel für die Reduzierung des frostsicheren Oberbaues um 10 cm entspr. Tabelle 6, RStO 01, Bkl. III – IV durch eine qualifizierte Bodenverbesserung

Ausgangswerte für die Bestimmung der Dicke des frostsicheren Straßenaufbaus Bauklasse III bis IV, (Tabelle 6 RStO 01)



1.5.2.2 Anforderungen an eine qualifizierte Bodenverbesserung im Planumsbereich

Bindemittelmenge $\geq 3 \text{ M.-%}$
 Einaxiale Druckfestigkeit nach TP BF-StB Teil B 11.3 $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$, Proben 28 Tage gelagert
 Nach 24h Wasserlagerung darf der Festigkeitsabfall nicht größer als 50% sein

Alternativ: CBR-Wert nach TP BF-StB Teil B 7.1 $\geq 40\%$, Proben 28 Tage gelagert
 Nach 24h Wasserlagerung darf der Festigkeitsabfall nicht größer als 50% sein
 Die Prüfung kann auch nach 7 Tagen und/oder zu anderen Prüfzeitpunkten erfolgen

1.5.3 Bodenverfestigungen

Bodenverfestigungen werden in der oberen Zone des Unterbaues bzw. Untergrundes von Straßen und Verkehrsflächen ausgeführt. Sie erhöhen die Tragfähigkeit und damit die Befahrbarkeit und tragen zur Frostsicherheit des Straßenaufbaues bei.

Beispiele für Verkehrsflächen: ländliche Wege, Rad- und Gehwege, Flugplätze, Container-Abstellplätze, Industrie-flächen



1.5.3.1 Bodenverfestigungen ohne Anrechnung auf den Oberbau

F2- und F3-Böden:

Bei Bauweisen mit **vollgebundenem Oberbau** kann bei geringer Tragfähigkeit und ungünstigen Wasserverhältnissen eine Bodenverfestigung des Untergrundes bzw. des Unterbaues mit einer Mindestdicke von 15 cm durchgeführt werden.

Die Bodenverfestigung ist auf die Gesamtdicke nicht anrechenbar.

1.5.3.2 Bodenverfestigungen mit Anrechnung auf den Oberbau

F2- und F3-Böden:

Die Dicke des frostsicheren Oberbaues kann um 20 cm reduziert werden,

- wenn die obere Zone des Untergrundes bzw. Unterbaues gemäß ZTV E-StB verfestigt wird.

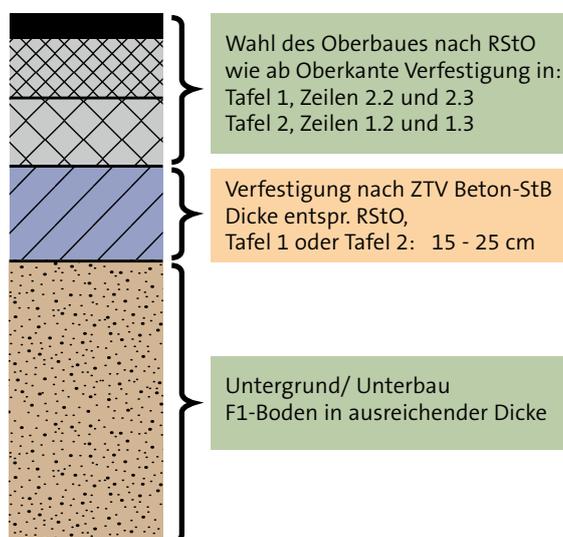
F1-Böden:

Besteht der Untergrund bzw. Unterbau unmittelbar unter dem Oberbau aus eingeschränkt tragfähigem bzw. befahrbarem Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F1 (z. B. enggestufte Sande),

- dann kann die Frostschuttschicht entfallen, wenn gemäß ZTV Beton-StB verfestigt wird.

Der F1 Boden muss dabei mindestens die Dicke der Frostschuttschicht auf einem F2 bzw. F3 Boden aufweisen.

Bild 5 der RStO: Bauweisen auf F1-Böden mit Verfestigung gemäß ZTV Beton-StB:



Diese Verfestigung ist Bestandteil des Oberbaus von Verkehrsflächen und wird in der ZTV Beton-StB behandelt.

1.5 Anwendung

1.5.3.3 Auszug aus der Tafel 1 der RStO 01

Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln unter Asphaltdecke

Tafel 1: Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau

(Dickenangaben in cm; ▼ E_{v2} - Mindestwerte in MN/m²)

| Zeile | Bauklasse | | SV | | | | I | | | | II | | | | III | | | | IV | | | | V | | | | VI | | | |
|---|---|------------------|------------------|------------------|----|------------------|------------------|----|----|------------------|------------------|----|----|------------------|------------------|------------------|----|------------------|------------------|----|----|-----------------|------------------|----|----|-----------------|------------------|----|----|----|
| | Äquivalente 10-t-Achs- übergänge in Mio | B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Dicke des frostsich. Oberbaues ¹⁾ | | 55 | 65 | 75 | 85 | 55 | 65 | 75 | 85 | 55 | 65 | 75 | 85 | 45 | 55 | 65 | 75 | 45 | 55 | 65 | 75 | 35 | 45 | 55 | 65 | 35 | 45 | 55 | 65 |
| Asphalttragschicht und Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel auf Frostschuttschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.1 | Asphaltdeckschicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Asphaltbinderschicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Asphalttragschicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Frostschuttschicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dicke der Frostschuttschicht | | - | - | 34 ²⁾ | 44 | - | 28 ³⁾ | 38 | 48 | - | 30 ²⁾ | 40 | 50 | - | - | 34 ²⁾ | 44 | - | 26 ³⁾ | 36 | 46 | - | 16 ³⁾ | 26 | 36 | - | 16 ³⁾ | 26 | 36 | |
| 2.2 | Asphaltdeckschicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Asphaltbinderschicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Asphalttragschicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Verfestigung Schicht aus frostunempfindlichem Material (F 1) – weit- oder intermittierend gestuft gemäß DIN 18196 – | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material | | 10 ⁴⁾ | 20 ⁴⁾ | 30 | 40 | 14 ⁴⁾ | 24 | 34 | 44 | 18 ⁴⁾ | 28 | 38 | 48 | 12 ⁴⁾ | 22 | 32 | 42 | 16 ⁴⁾ | 26 | 36 | 46 | 6 ⁴⁾ | 16 ⁴⁾ | 26 | 36 | 6 ⁴⁾ | 16 ⁴⁾ | 26 | 36 | |
| 2.3 | Asphaltdeckschicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Asphaltbinderschicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Asphalttragschicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Verfestigung Schicht aus frostunempfindlichem Material (F 1) – enggestuft gemäß DIN 18196 – | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material | | 5 ⁴⁾ | 15 ⁴⁾ | 25 | 35 | 9 ⁴⁾ | 19 ⁴⁾ | 29 | 39 | 13 ⁴⁾ | 23 | 33 | 43 | 7 ⁴⁾ | 17 ⁴⁾ | 27 | 37 | 16 ⁴⁾ | 26 | 36 | 46 | 6 ⁴⁾ | 16 ⁴⁾ | 26 | 36 | 6 ⁴⁾ | 16 ⁴⁾ | 26 | 36 | |

1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschuttschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen

2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewehrung anwendbar

3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar

4) Nur ausführen, wenn das frostunempfindliche Material und das zu verfestigende Material als eine Schicht eingebaut werden kann

1.5.3.4 Auszug aus der Tafel 2 der RStO 01

Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln unter Betondecke

Tafel 2: Bauweisen mit Betondecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau

(Dickenangaben in cm; ▼ E_{v2} - Mindestwerte in MN/m²)

| Zeile | Bauklasse | | SV | | | | I | | | | II | | | | III | | | | IV | | | | V | | | | VI | | | |
|--|---|-----------------|------------------|------------------|----|------------------|------------------|----|----|------------------|------------------|----|----|-----------------|------------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | Äquivalente 10-t-Achs-übergänge in Mio | B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Dicke des frostsich. Oberbaues ¹⁾ | | 55 | 65 | 75 | 85 | 55 | 65 | 75 | 85 | 55 | 65 | 75 | 85 | 45 | 55 | 65 | 75 | 45 | 55 | 65 | 75 | 35 | 45 | 55 | 65 | 35 | 45 | 55 | 65 |
| Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel auf Frostschuttschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | Betondecke | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Frostschuttschicht | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dicke der Frostschuttschicht | | - | - | 33 ²⁾ | 43 | - | 25 ³⁾ | 35 | 48 | - | 26 ³⁾ | 36 | 46 | - | - | 27 ³⁾ | 37 | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | Betondecke | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Verfestigung Schicht aus frostunempfindlichem Material (F 1) – weit- oder intermittierend gestuft gemäß DIN 18196 – | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material | 8 ⁴⁾ | 18 ⁴⁾ | 28 | 38 | 15 ⁴⁾ | 25 | 35 | 45 | 16 ⁴⁾ | 26 | 36 | 46 | 7 ⁴⁾ | 17 ⁴⁾ | 27 | 37 | | | | | | | | | | | | | |
| 1.3 | Betondecke | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Verfestigung Schicht aus frostunempfindlichem Material (F 1) – enggestuft gemäß DIN 18196 – | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material | 3 ⁴⁾ | 13 ⁴⁾ | 23 | 33 | 10 ⁴⁾ | 20 | 30 | 40 | 11 | 21 | 31 | 41 | 2 ⁴⁾ | 12 ⁴⁾ | 22 | 32 | | | | | | | | | | | | | |

¹⁾ Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschuttschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen
²⁾ Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewehrung anwendbar

³⁾ Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewehrung anwendbar
⁴⁾ Nur ausführen, wenn das frostunempfindliche Material und das zu verfestigende Material als eine Schicht eingebaut werden kann

Für die einzelnen Bundesländer sind die jeweiligen ergänzenden Vertragsbedingungen zu beachten.

Bodenbehandlungen können als Sicherungsmaßnahmen für Böden der Einbauklasse 2 angewendet werden.
 Auf das "Merkblatt über die Behandlung von Böden und Baustoffen mit Bindemitteln zur Reduzierung der Eluierbarkeit umweltrelevanter Inhaltsstoffe" wird hingewiesen.

1.6 Grundsätze für den Erdbau

1.6.1 Verdichtung

Bei Beginn der Verdichtungsarbeiten hat der Auftragnehmer im Rahmen eines Probefeldes nachzuweisen, dass die Verdichtungsanforderungen erreicht werden.

Die Schüttdicke (bzw. die max. Dicke der verbesserten Schicht) darf höchstens so groß sein, dass der vorgeschriebene Verdichtungsgrad über die gesamte Schichtdicke erreicht wird.

Für den Böschungsbereich gelten besondere Bedingungen hinsichtlich der Verdichtung bzw. der Bauausführung. Dies kann sich bei einer Bodenverfestigung bzw. bei einer Verfestigung des Oberbaus auf die Schüttbreite eines Dammes auswirken.

Beim Einbau von witterungsempfindlichen Baustoffen sind die Schüttflächen mit einem Quergefälle von mind. 6% anzulegen.

1.6.2 Verdichtungsanforderungen an den Untergrund und Unterbau

Der Untergrund bzw. der Unterbau von Straßen und Wegen sind so zu verdichten, dass folgende Anforderungen an das 10%-Mindestquantil für den Verdichtungsgrad D_{Pr} bzw. an das 10%-Höchstquantil für den Luftporenanteil n_a erreicht werden.

| Bereich | Bodengruppen | D_{Pr} in % | n_a in Vol.-% |
|---|---|---------------|------------------|
| Planum bis 1,00 m Tiefe bei Dämmen, Planum bis 0,50 m Tiefe bei Einschnitten | GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST | 100 | – |
| 1,00 m unter Planum bis Dammsohle | GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST | 98 | – |
| Planum bis Dammsohle, Planum bis 0,50 m Tiefe bei Einschnitten | GU*, GT*, SU*, ST* U, T, OU ¹⁾ , OT ¹⁾ | 97 | 12 ²⁾ |

1) Für Böden der Gruppen OU und OT gelten die Anforderungen nur dann, wenn ihre Eignung und Einbaubedingungen gesondert untersucht und im Einvernehmen mit dem Auftraggeber festgelegt wurden.

2) Wenn die Böden nicht verfestigt oder qualifiziert verbessert werden, empfiehlt sich eine Anforderung an das 10 % -Höchstquantil für den Luftporenanteil

- bei Einbau von wasserempfindlichen gemischt- und feinkörnigen Böden von 8 Vol.-%,
- bei Einbau von veränderlich festen Gesteinen von 6 Vol.-%.

Dies ist in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

1.6.3 Anforderungen an das Planum

Das Planum muss profilgerecht, eben und tragfähig hergestellt werden.

Anforderungen an die Profilgerechtigkeit:

- Abweichung ± 3 cm von der Sollhöhe
- ± 2 cm, wenn eine gebundene Tragschicht darüber vorgesehen ist

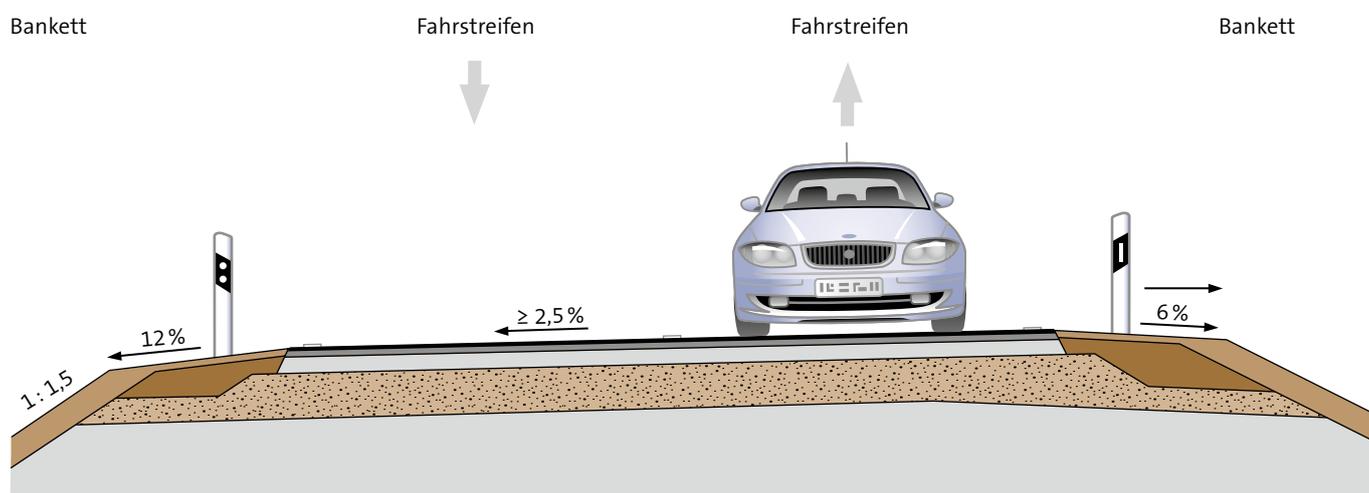
Die Querneigung des Planums soll betragen:

- bei wasserempfindlichen Böden und Baustoffen $\geq 4,0\%$
- nach einer Bodenbehandlung mit Bindemitteln $\geq 2,5\%$

Durch die Reduzierung der Querneigung nach einer Bodenbehandlung, ergibt sich ein enormes Einsparpotenzial beim Oberbaumaterial.

Beispiel: $q_{\text{Fahrbahn}} = 2,5\%$
 $q_{\text{Planum}} = 4,0\%$
 Breite Planum = 6,00 m
 → **Einsparung: ca. 0,30m³/m**

Am hochliegenden Fahrbahnrand ist das Planum mit Gegengefälle auszubilden.



Die Randausbildung bei einer Bodenbehandlung im Planumbereich erfordert – bedingt durch die Herstellungs- bzw. Gerätetechnik – gegebenenfalls eine Überprofilierung bei Dammbauwerken.



1.6 Grundsätze für den Erdbau

1.6.4 Verformungsmodul auf dem Erdplanum (10 %-Mindestquantil)

Das Planum muss als Unterlage für den Straßenoberbau ein ausreichendes Trag- und Verformungsverhalten aufweisen.

Die statischen bzw. dynamischen Verformungsmodule sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

| | | |
|--|--|--|
| frostsicherer Untergrund bzw. Unterbau (F1 Boden) | Bauklasse SV, I bis IV $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 65 \text{ MN/m}^2$ | Bauklasse V bis VI $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 50 \text{ MN/m}^2$ |
| frostempfindlicher Untergrund bzw. Unterbau (F2 und F3 Boden) | Bauklasse SV, I bis VI $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ | |
| frostempfindlicher Untergrund bzw. Unterbau (F2 und F3 Boden) nach Durchführung einer qualifizierten Bodenverbesserung | $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$ | |

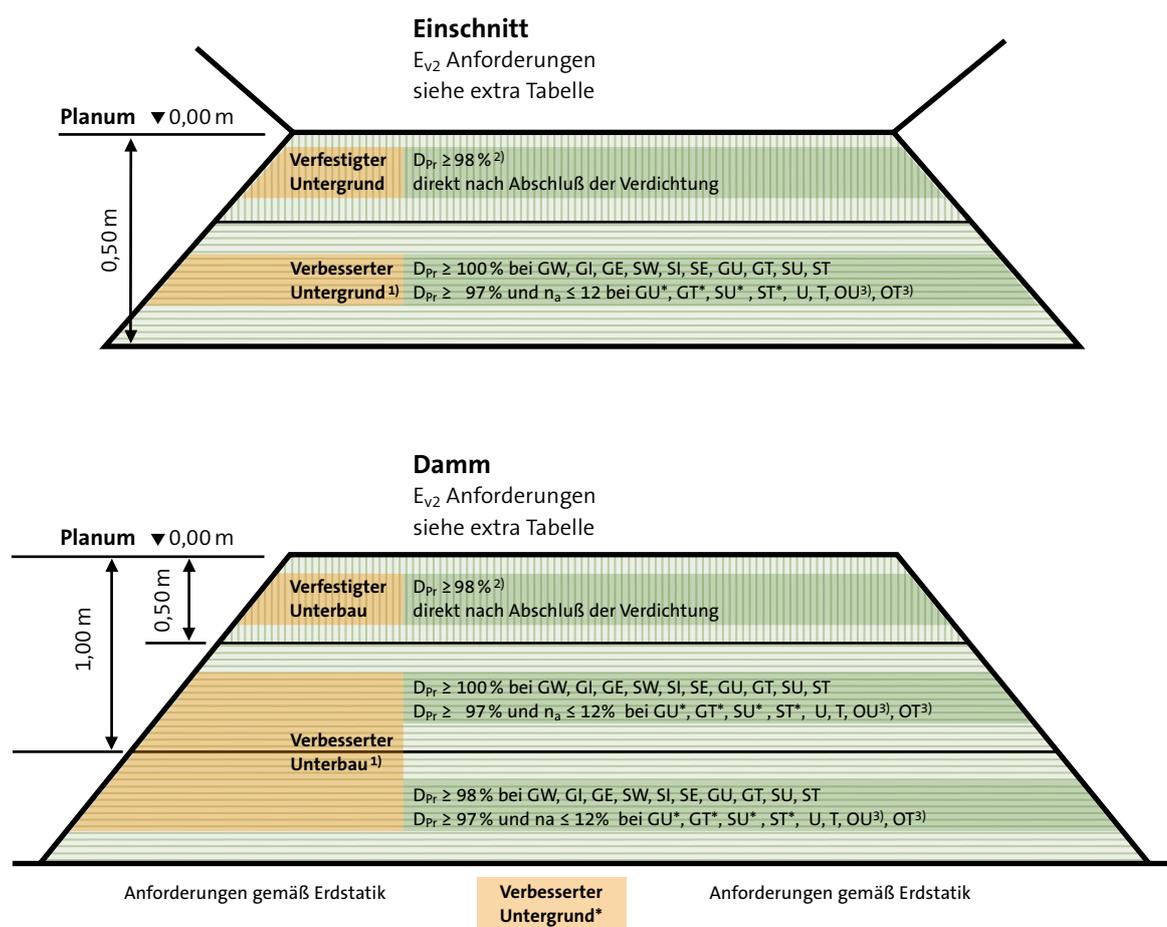
Ist der erforderliche Verformungsmodul auf dem Planum durch Verdichten nicht zu erreichen, ist entweder

- der Untergrund bzw. Unterbau zu verbessern oder zu verfestigen oder
- die Dicke der ungebundenen Tragschicht zu vergrößern



1.6.5 Anforderungen an die Verdichtungskennwerte

Anforderungen an das 10%-Mindestquantil für den Verdichtungsgrad D_{Pr} bzw. an das 10%-Höchstquantil für den Luftporenanteil n_a bei Verbesserung oder Verfestigung des Untergrundes



- 1) Auch qualifizierte Bodenverbesserung
- 2) Anforderung an das 10%-Mindestquantil des Verdichtungsgrades des Boden-Bindemittel-Gemisches unmittelbar nach Abschluß der Verdichtung
- 3) Für Böden der Gruppen OU und OT gelten die Anforderungen nur dann, wenn ihre Eignung und Einbaubedingungen gesondert untersucht und im Einvernehmen mit dem Auftraggeber festgelegt wurden.

n_a Luftporenanteil

Für besonders beanspruchte Erdbauwerke, (auch Teilbereiche, z. B. Hinterfüllung von Bauwerken), können in der Leistungsbeschreibung höhere Verdichtungsanforderungen festgelegt werden.

Die Randausbildung bei einer Bodenbehandlung im Planumbereich erfordert gegebenenfalls eine Überprofilierung bei Dämmen.

1.7 Qualitätssicherung

1.7.1 Prüfungen vor der Bauausführung

Bei Bodenbehandlung sind Eignungsprüfungen erforderlich.

Die Durchführung von Eignungs-, Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen erfolgt nach den einschlägigen, gültigen Technischen Regelungen.

1.7.1.1 Prüfungen durch den Auftraggeber

Für die sichere Beurteilung der auszuschreibenden Bauleistungen sind Prüfungen des Bodens oder Baustoffes zur Ermittlung der Tragfähigkeit und der Wiederverwertung als Dammschüttmaterial sowie der Eignung für Bodenbehandlungen mit Bindemitteln durchzuführen. Diese Prüfungen sind im Rahmen der Bodenerkundung und Bauvorbereitung durch den Auftraggeber zu veranlassen.

1.7.1.2 Prüfungen durch den Auftragnehmer

Eignungsprüfungen sind im Rahmen der Bauausführung durchzuführen.

Das ausführende Unternehmen hat eine für Bodenbehandlungen erfahrene und anerkannte Prüfstelle, z. B. nach RAP Stra zugelassene Prüfstelle, mit der Durchführung der Eignungsprüfung zu beauftragen.

Die bei der Eignungsprüfung ermittelte Bindemittelmenge wird durch den Auftragnehmer angegeben, um eine in seiner Verantwortung liegende, mangelfreie Erstellung der Bauleistung zu gewährleisten.

Als erforderlicher Zeitraum für die Eignungsprüfung sind etwa folgende Zeiträume erforderlich:

- bei Bodenverfestigungen ca. 5 Wochen
 - bei qualifizierten Bodenverbesserungen ca. 2-5 Wochen
- Der Zeitraum kann sich verkürzen, wenn eine Beurteilung an Hand von 7-Tage-Festigkeitswerten möglich ist.
- bei Bodenverbesserungen ca. 1-2 Wochen

Der Zeitraum kann sich erhöhen, wenn zusätzliche Prüfungen erforderlich werden. Dies sind z. B.:

- Frostwiderstandsprüfungen (Frost-Tau-Wechselversuch/Frosthebungsversuch)
- Nachweis der wasserwirtschaftlichen Verträglichkeit.

Die Eignungsprüfungen geben Aufschluss über die Art und Menge des Bindemittels, des Wassers und Menge eventuell einzusetzender Zusatzstoffe sowie die Brauchbarkeit der für die Verwendung vorgesehenen Böden und Boden-Bindemittel-Gemische.

Für die Wahl der Bindemittelmenge bei der Eignungsprüfung können die Werte der Tabelle herangezogen werden.



Tabelle: Bodenspezifische Erfahrungswerte für die Bindemittelmenge bei Bodenverfestigungen, Bodenverbesserungen und qualifizierten Bodenverbesserungen

| | | Bindemittelmenge in M.-% | | | | |
|----------------------------|--|----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|------------------|
| Bodengruppe | | Feinkalk nach DIN EN 459-1 | Kalkhydrat nach DIN EN 459-1 | Zement nach DIN EN 197-1 DIN-1164-10 | Hydraulischer Boden- u. Tragschichtbinder nach DIN 18506 | Mischbindemittel |
| Bodenverfestigung | Grobkörnige Böden (GE, GW, GI, SE, SW, SI) | – | – | 3-7 | 3-7 | 3-7 |
| | Gemischtkörnige Böden (GU, GT, SU, ST, GU*, GT*, SU*, ST*) | 4-6+* | 4-8* | 4-12 | 4-12 | 4-12 |
| | Feinkörnige Böden (UL, TL, UM, UA, TM, TA) | 4-6 | 4-8 | 7-16 | 7-16 | 4-16 |
| | Künstliche Gesteinskörnungen | – | – | 5-12 | 5-12 | 5-12 |
| | RC-Baustoffe | – | – | 4-10 | 4-10 | 4-10 |
| Bodenverbesserung** | Grobkörnige Böden (GE, GW, GI, SE, SW, SI) | – | – | 3-6 | 3-6 | 3-6 |
| | Gemischtkörnige Böden (GU, GT, SU, ST, GU*, GT*, SU*, ST*) | 2 (3)-4 | 2 (3)-5 | 3-6 | 3-6 | 2 (3)-6 |
| | Feinkörnige Böden (UL, TL, UM, UA, TM, TA) | 2 (3)-4 | 2 (3)-5 | 3-6 | 3-6 | 2 (3)-6 |

* Nur bei genügend großen Anteilen reaktionsfähiger Stoffe im Boden

** Die eingeklammerten Werte beziehen sich auf die qualifizierte Bodenverbesserung

1.7.1.3 Prüfvorschriften bei Eignungsprüfungen

Bei Verwendung von hydraulischen Bindemitteln

- zur Bodenverfestigung ist die Eignungsprüfung gemäß TP BF-StB, Teil B 11.1 durchzuführen.
- zur Bodenverbesserung und für qualifizierte Bodenverbesserungen ist die Eignungsprüfung nach TP BF-StB, Teil B 11.3 durchzuführen.

Bei Verwendung von Baukalken

- zur Bodenverfestigung, Bodenverbesserung oder qualifizierten Bodenverbesserung ist die Eignungsprüfung gemäß TP BF-StB, Teil B 11.3 durchzuführen.

Bei Verwendung von Mischbindemitteln

- zur Bodenverfestigung ist die Eignungsprüfung in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Einzelkomponenten gemäß TP BF-StB, Teil B 11.1 oder Teil B 11.3 durchzuführen.
- zur Bodenverbesserung und qualifizierten Bodenverbesserung ist die Eignungsprüfung gemäß TP BF-StB, Teil B 11.3 durchzuführen

Reaktionszeiten

Die Reaktionszeiten zwischen Einmischen und Verdichten werden in Abhängigkeit vom Bindemittel in den TP BF-StB festgelegt und betragen im Regelfall bei hydraulischen Bindemitteln: 1 - 2 Stunden
bei Mischbindemitteln: 4 Stunden
bei Baukalken: ≥ 6 Stunden

1.7 Qualitätssicherung

1.7.2 Prüfungen während der Bauausführung

Die Prüfungen dienen der Qualitätssicherung unter Berücksichtigung der Prüfverfahren und Prüfmethode nach den ZTV E-StB und den einschlägigen TP BF-StB.

1.7.2.1 Art und Umfang der Prüfungen bei Bodenbehandlungen

Art, Umfang und Häufigkeit der Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen bei Bodenbehandlungen:

| Parameter | Bodenverfestigung | | Qualifizierte Bodenverbesserung | | Bodenverbesserung | |
|---|---|--|---|--|-------------------------------------|------------------|
| | Eigenüberwachungsprüfung | Kontrollprüfung | Eigenüberwachungsprüfung | Kontrollprüfung | Eigenüberwachungsprüfung | Kontrollprüfung |
| Bindemittel Übereinstimmung zwischen Lieferung und vereinbarter Bindemittelart und -sorte | jede Lieferung (Lieferschein) | stichprobenweise | jede Lieferung (Lieferschein) | stichprobenweise | jede Lieferung (Lieferschein) | stichprobenweise |
| Boden Korngrößenverteilung Zustandsgrößen organische Bestandteile Wassergehalt Proctordichte und zugehöriger Wassergehalt | je 250 m bzw. 3000 m ² je nach Erfordernis je 250 m bzw. 3000 m ² je nach Erfordernis – | stichprobenweise | je 250 m bzw. 3000 m ² je nach Erfordernis je 250 m bzw. 3000 m ² je nach Erfordernis – | stichprobenweise | | |
| Zur Verfestigung vorgesehene Böden Verdichtungsgrad profilgerechte Lage | * | stichprobenweise | | | | |
| Verfestigte Schicht Verdichtungsgrad | je 250 m bzw. 3000 m ² | je 250 m bzw. 3000 m ² mind. einmal am Tag | je 250 m bzw. 3000 m ² | je 250 m bzw. 3000 m ² mind. einmal am Tag | | |
| Bindemittelmenge profilgerechte Lage Ebenheit | je nach Erfordernis je 20 m dreimal je nach Erfordernis | je 1000 m ² je 50 m je nach Erfordernis | je nach Erfordernis je 20 m dreimal je nach Erfordernis | je 1000 m ² je 50 m je nach Erfordernis | | |
| Schichtdicke Schichtdicke | je nach Erfordernis | je 1000 m ² | | | | |
| Verformungsmodul auf dem Erdplanum Verformungsmodul E _{v2} Verformungsmodul E _{vd} | entsprechend Prüfmethode M1 bzw. M2 | | entsprechend Prüfmethode M1 bzw. M2 | | entsprechend Prüfmethode M1 bzw. M2 | |

* Der Prüfumfang ist abhängig von der gewählten Prüfmethode (Methode M1, M2 oder M3)

Die Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen an der verfestigten Schicht sind durch den Auftragnehmer und den Auftraggeber unmittelbar nach der Verdichtung gemeinsam durchzuführen.

Eine eventuell erforderliche Anpassung des Arbeitsablaufes, eine Korrektur der Schichtdicke, der Ebenheit oder der profilgerechten Lage kann bei einer späteren Prüfung nur noch in begrenztem Umfang erfolgen.

Eigenüberwachungsprüfungen im Beisein eines Beauftragten des Auftraggebers können als Kontrollprüfungen anerkannt werden.

Die Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit an Bohrkernen oder Ausbaustücken aus der fertigen Schicht lässt keinen Rückschluss auf die Einhaltung der Anforderungen der ZTV E-StB zu.

Auf Grund der kurzen Verarbeitungszeit der hydraulischen Bindemittel sollten Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen unmittelbar nach der Herstellung einer Bodenbehandlung von Auftraggeber und Auftragnehmer gemeinsam durchgeführt werden.

Daher ist die Prüfung der Druckfestigkeit der fertigen Bodenverfestigung nicht vorgesehen. Bei den relativ niedrigen Festigkeiten lassen sich mit Kernbohrgeräten nur selten einwandfreie Kerne ausbohren. Zudem werden durch die beginnende Haarrissbildung und durch eingelagerte größere Einzelkörner die sich bei der Druckfestigkeitsprüfung bildenden Scherflächen beeinflusst.

Eine Prüfung des Bindemittelgehaltes, des Verdichtungsgrades und der Tragfähigkeit sind zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr möglich.

Druckfestigkeitsprüfungen dienen ausschließlich der Ermittlung der geeigneten Bindemittelmenge im Rahmen der Eignungsprüfung.

1.7.2.2 Prüfmethode und Prüfverfahren

Bei der Durchführung der Prüfungen ist zwischen Prüfmethode und Prüfverfahren zu unterscheiden.

Prüfmethode: bezeichnet die systematische Vorgehensweise, mit der die geplante Qualität gemäß den vorgeschriebenen Anforderungen an die Verdichtungskennwerte überprüft wird.

Prüfverfahren: dadurch werden die Prüfmerkmale definiert und bestimmt. Die Prüfverfahren enthalten konkrete Arbeitsanweisungen zur Bestimmung der Verdichtungskennwerte.

1.7.2.2.1 Prüfmethode für die Prüfung der Verdichtungskennwerte

Methode M 1: Vorgehensweise gemäß statistischem Prüfplan

Die Vorgehensweise richtet sich nach dem Teil E 1 der TP BF-StB.

Bei der Methode M1 wird die statistische Verteilung des betrachteten Prüfmerkmals innerhalb eines Prüfloses auf Stichprobenbasis ermittelt. Auf Grundlage des Stichprobenergebnisses wird die Entscheidung getroffen, ob das Prüflos anzunehmen oder zurückzuweisen ist (siehe auch „Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und des Unterbaues im Straßenbau“). Die Methode M1 ist bei allen Bodenarten anwendbar.

Die Anwendung der Methode M1 empfiehlt sich insbesondere in folgenden Fällen:

- bei großen Prüflosen,
- bei Prüflosen, bei denen die Gleichmäßigkeit der Verdichtung beurteilt werden soll,
- bei Prüflosen, auf denen Prüfverfahren mit geringem Zeitbedarf angewendet werden und deren Ergebnisse unmittelbar zur Verfügung stehen.

Methode M 2: Vorgehensweise bei Anwendung flächendeckender dynamischer Messverfahren

Die Vorgehensweise richtet sich nach dem Teil E 2 der TP BF-StB.

Bei der Methode M 2 wird mit Hilfe eines an der Walze installierten Messgerätes aus der Wechselwirkung zwischen Walze und Boden flächendeckend ein dynamischer Messwert ermittelt, der mit der Steifigkeit und der Verdichtung des Bodens korreliert ist. Bei dieser Methode wird also mittels einer „Vollprüfung“ einer verdichteten Schicht (=Prüffläche) mit einem indirekten Prüfverfahren (= dynamischer Messwert) die Entscheidung getroffen, ob die Prüffläche (=Prüflos) angenommen oder zurückgewiesen wird.

Weitere Hinweise sind im „Merkblatt über flächendeckende dynamische Verfahren zur Prüfung der Verdichtung im Erdbau“ und im „Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und des Unterbaues im Straßenbau“ enthalten.

Die Anwendung der Methode M 2 empfiehlt sich insbesondere in folgenden Fällen:

- bei Baumaßnahmen mit großen Tagesleistungen und weitgehend gleichmäßig zusammengesetzten Bodenarten,
- bei Prüfflächen, bei denen die Gleichmäßigkeit der Verdichtung beurteilt werden soll
- wenn die Beurteilung der Verdichtung arbeitsintegriert erfolgen soll.

Methode M 3: Vorgehensweise zur Überwachung des Arbeitsverfahrens

Die Vorgehensweise richtet sich nach Teil E 3 der TP BF-StB.

Bei der Methode M3 wird im Regelfall mittels einer Probeverdichtung der Nachweis für die Eignung des eingesetzten Verdichtungsverfahrens erbracht. Auf Grundlage der Ergebnisse der Probeverdichtung wird eine Arbeitsanweisung für die Verdichtung aufgestellt. Die Verdichtungsarbeiten am ausgeschriebenen Erdbauwerk werden gemäß der Arbeitsanweisung durchgeführt. Die Einhaltung der Arbeitsanweisung muss dokumentiert werden.

Weitere Hinweise sind im „Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und des Unterbaues im Straßenbau“ enthalten.

Die Methode M 3 empfiehlt sich z. B. bei kleinen Baumaßnahmen und beengten Arbeitsräumen.

1.7 Qualitätssicherung

1.7.2.2.2 Prüfverfahren zur Ermittlung von Verdichtungskenngrößen

Für die Probenahme und die Durchführung der Prüfungen gelten die technischen Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau (TP BF-StB).

1. Verdichtungsgrad D_{Pr}

Der Verdichtungsgrad besagt, welchen prozentualen Anteil die Trockendichte ρ_d der zu prüfenden Bodenprobe an der Proctordichte ρ_{Pr} (=100%) hat.

$$D_{Pr} = \frac{\rho_d}{\rho_{Pr}} \times 100 \text{ [%]}$$

Die Proctordichte ist an der jeweiligen Bodenprobe aus dem Feld zu ermitteln.

Bei gleichmäßig zusammengesetzten Böden und Baustoffen kann auch die Proctordichte zu Grunde gelegt werden, die bei der Eignungsprüfung oder bei einer Probeverdichtung ermittelt wurde.

2. Trockendichte ρ_d und Porenanteil n

Ist die Proctordichte nicht zuverlässig zu ermitteln (z. B. bei veränderlich festem Gestein, steinig Böden, RC-Baustoffen, einigen industriellen Nebenprodukten usw.) können als Ersatz die Trockendichte ρ_d und der Porenanteil n als Kenngröße festgelegt werden.

Die Anforderungswerte sind

- aufgrund vorliegender örtlicher Erfahrung
- aufgrund vorheriger Untersuchung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer zu vereinbaren.



$$\text{Porenanteil } n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \text{ [-]}$$

ρ_d = Korndichte des anstehenden Bodens

3. Luftporenanteil n_a

Der Luftporenanteil wird rechnerisch aus den Ergebnissen der Dichtemessung und der Wassergehaltsbestimmung bestimmt.

Der Luftporenanteil kann als zusätzliche Kenngröße für die Verdichtung festgelegt werden

$$\text{Luftporenanteil } n = 1 - w \times \rho_d - \frac{\rho_d}{\rho_s} \text{ [-]}$$

4. Indirekte Prüfverfahren für den Verdichtungsgrad

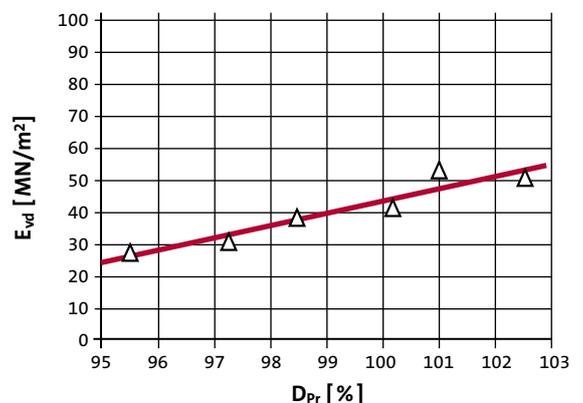
Bei grobkörnigen Böden (GE, GW, GI, SE, SW, SI) und bei gemischtkörnigen Böden mit einem Feinkornanteil kleiner 15 M.-% (GU, GT, SU, ST) können für die Bestimmung des Verdichtungsgrades der

- Statische Plattendruckversuch nach DIN 18 134
- Dynamische Plattendruckversuch nach TP BF-StB Teil B 8.3

als Ersatzverfahren angewandt werden.

Durch Kalibrierversuche ist der Zusammenhang zwischen dem gewählten indirekten Prüfverfahren und dem Verdichtungsgrad zu ermitteln.

Beziehung zwischen D_{Pr} und E_{vd}



Für grobkörnige Böden gilt entsprechend ZTV E-StB folgende Zuordnung:

Richtwerte für die Zuordnung vom statischen Verformungsmodul E_{v2} und dem Verhältnis E_{v2}/E_{v1} zum Verdichtungsgrad D_{Pr} bei grobkörnigen Böden:

| Bodengruppe | Statischer Verformungsmodul E_{v2} in MN/m ² | Verhältniswert E_{v2}/E_{v1} | Verdichtungsgrad D_{Pr} in % |
|----------------|---|--------------------------------|--------------------------------|
| GW, GI | ≥ 100 | ≤ 2,3 | ≥ 100 |
| | ≥ 80 | ≤ 2,5 | ≥ 98 |
| GE, SE, SW, SI | ≥ 80 | ≤ 2,3 | ≥ 100 |
| | ≥ 70 | ≤ 2,5 | ≥ 98 |

Wenn der E_{v1} -Wert bereits 60% des angegebenen E_{v2} -wertes erreicht, sind auch höhere Verhältnisse E_{v2}/E_{v1} zulässig.

Richtwerte für die Zuordnung vom dynamischen Verformungsmodul E_{vd} zum Verdichtungsgrad D_{Pr} bei grobkörnigen Böden:

| Bodengruppe | Dynamischer Verformungsmodul E_{vd} in MN/m ² | Verdichtungsgrad D_{Pr} in % |
|-------------|--|--------------------------------|
| GW, GI, GE | ≥ 50 | ≥ 100 |
| SW, SI, SE | ≥ 40 | ≥ 98 |

1.7.2.2.3 Prüfen des Verformungsmoduls, der profilgerechten Lage und der Ebenheit auf dem Planum

Auf dem Planum ist das Trag- und Verformungsverhalten durch den Verformungsmodul E_{v2} bzw. durch den dynamischen Verformungsmodul E_{vd} nachzuweisen.

Für die Durchführung ist

- die Prüfmethode M 1 (Statistischer Prüfplan)
Die Prüfung erfolgt mittels
 - statischem Plattendruckversuch nach DIN 18134
 - dynamischen Plattendruckversuch nach TP BF-StB Teil B 8.3
- die Prüfmethode M 2 (Flächendeckender dynamisches Messverfahren), sofern es aus bodenmechanischer Sicht anwendbar ist.
Die Prüfergebnisse sind am Verformungsmodul E_{v2} bzw. E_{vd} zu kalibrieren (TP BF-StB Teil E 4)
- die Prüfmethode M 3 (Vorgehensweise zur Überwachung des Arbeitsverfahrens mit Einzelversuchen) nach DIN 18134 oder TP BF-StB Teil B 8.3

anzuwenden.



1.8 Böden und mineralische Baustoffe für eine Bodenbehandlung

An den Böden muss im Rahmen einer Eignungsprüfung die Eignung für die Bodenbehandlung (in Abhängigkeit des Bindemittels) nachgewiesen werden.

Die behandelten Böden sollten weitgehend homogen zur Verfügung stehen.

1.8.1 Geeignete Böden (nach DIN 18196)

- grobkörnige Böden mit einer maximalen Korngröße von 63 mm
→ GE, GW, GI, SE, SW, SI
- fein- und gemischtkörnige Böden:
→ SU, ST, GU, GT, SU*, ST*, GU*, GT*, UL, UM, UA, TL, TM

1.8.2 Bedingt geeignete Böden (nach DIN 18196) und Baustoffe

- ausgeprägt plastische Tone, soweit sie weiche bis steife Konsistenz haben und ausreichend zerkleinert werden können
→ TA
- gemischtkörnige Böden mit Steinen über 63 mm, sofern diese aussortiert oder bei angewittertem Zustand zerkleinert werden können
- Böden mit organischen Beimengungen und organogene Böden
- Böden mit wechselhafter Zusammensetzung oder Beschaffenheit
- Rezyklierte und industriell hergestellte Gesteinskörnungen
- veränderlich feste Gesteine (Schluff- und Tonsteine), wenn sie sich ausreichend zerkleinern lassen und einen für die Verdichtung ausreichenden Wassergehalt (Reduzierung des Luftporenanteils) aufweisen.

1.8.3 Ungeeignete Böden

Ungeeignet sind Böden, die mit hohen Bindemittelgehalten und den üblichen Geräten nicht wesentlich verbessert (Einbaubarkeit, Verdichtbarkeit) oder ausreichend verfestigt (Tragfähigkeit, Frostbeständigkeit) werden können.

- ausgeprägt plastische Tone mit halbfester bis fester Konsistenz
→ TA
- veränderlich feste Gesteine (Schluff- und Tonsteine), wenn sie sich nicht ausreichend zerkleinern lassen
- organische Böden

1.8.4 Natürliche und künstliche Gesteinskörnungen und RC-Baustoffe

Natürliche Gesteinskörnungen werden nach DIN 18196 anhand der Korngrößenverteilung klassifiziert.

Bei künstliche Gesteinskörnungen und RC-Baustoffen müssen die umweltrelevanten Anforderungen und wasserwirtschaftlichen Auflagen beachtet werden.

Diese sind u. a. geregelt in: RuA-StB, RuVA-StB, TL Gestein

1.8.5 Sulfateinfluß

Bedingt durch chemische Reaktionen der Sulfate und Sulfite (Pyrit) mit dem freien Calcium aus dem Kalk oder Zement (oder von beiden Bestandteilen im Mischbindemittel) kann durch Quellhebungen das Bauwerk zerstört werden.

Dabei entstehen Volumendehnungen von 10 – 30% bei Quelldrücken von bis zu 5 MPa durch Ettringit- oder Thaumasitaufwuchs.

Kritisch sind prinzipiell alle sulfathaltigen Böden oder Wasser, Pyrit, Gips und Anhydrit in der Verbindung mit freiem Calcium bei einem pH-Wert >10,5.

Bewertungskriterien für anstehende Böden

- keine Gefährdung: elektrische Leitfähigkeit des Bodensättigungsextraktes < 200µS/cm
- geringe Gefährdung: Sulfatgehalt 3.000 - 5.000 ppm
- Mittlere bis hohe Gefährdung: Sulfatgehalt 5.000 - 8.000 ppm
- Boden für Bodenbehandlung ungeeignet: Sulfatgehalt > 8.000 ppm

Bei kritischen Bodenarten sollte immer eine mineralogische Untersuchung des Bodens erfolgen, um eine Gefährdung des Bauwerks auszuschließen.

Ferner sind weitere Einflußfaktoren für eine Ettringit- oder Thaumasitreaktion verantwortlich.

Diese sind u.a.:

- Temperatur (für Reaktion > 15°C notwendig)
- Trocken-Naß-Zyklen
- Porengröße des Bodengemisches (Verdichtung)
- Typ und Löslichkeit der Sulfate
- Tongehalt des Bodens (< 10% Tonanteil unproblematisch)

Recycelte Baustoffe für Bodenbehandlungen sind immer auf Sulfate zu prüfen!

1.9 Bindemittel

1.9.1 Allgemein

Für die Auswahl des Bindemittels sollte zuerst die Bauaufgabe und das Ziel der Bodenbehandlung definiert werden. Hierzu sind der anstehende Boden mit seinen Eigenschaften und die erdstatischen Anforderungen an das Bauwerk zu betrachten.

Danach ist zu prüfen, mit welchen Mitteln (Bodenverbesserung, qualifizierte Bodenverbesserung) und auf welches Maß die jeweiligen Eigenschaften und Bodenkennwerte verbessert werden können.

Für die Auswahl des Bindemittels und des Mischverfahrens sollten die mechanischen Eigenschaften des behandelten Bodens definiert und festgelegt werden. Dazu sollten unter anderem die Scherfestigkeit, die Steifigkeit, die Quell- oder Schrumpfeigenschaften und die Beständigkeit ermittelt werden, um ein nachhaltiges Bauwerk zu erhalten.

Mit einer mineralogischen und bodenmechanischen Untersuchung kann Art, Mittel und Rezeptur der Bodenbehandlung festgelegt werden.

1.9.2 Bindemittelarten

Zur Bodenbehandlung können folgende Bindemittel ohne weitere Vereinbarung eingesetzt werden, wenn sie der jeweiligen Norm entsprechen:

Zemente nach DIN 197-1 und DIN 197-4

Zemente nach DIN 1164-10

Baukalke nach DIN EN 459-1

sowie ergänzende Anforderungen bezüglich Reaktionsfähigkeit und Korngrößenverteilung gemäß ZTV-E

Hydraulische Boden- und Tragschichtbinder nach DIN 18506

Mischbindemittel aus genormten hydraulischen Bindemitteln oder deren hydraulischen Hauptbestandteilen

Andere Bindemittel können eingesetzt werden, wenn ihre Eignung nachgewiesen und die Verwendung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbart ist.

1.9.3 Wirkungsweise der Bindemittel

1.9.3.1 Baukalke

Bei der Wirkungsweise der Feinkalke wird zwischen der Sofortreaktion und der Langzeitreaktion unterschieden. Die Sofortreaktion setzt innerhalb von Minuten nach dem Einmischen ein und ist nach wenigen Tagen abgeschlossen. Die Langzeitreaktion beginnt nach einigen Tagen und dauert bis zu mehreren Jahren.

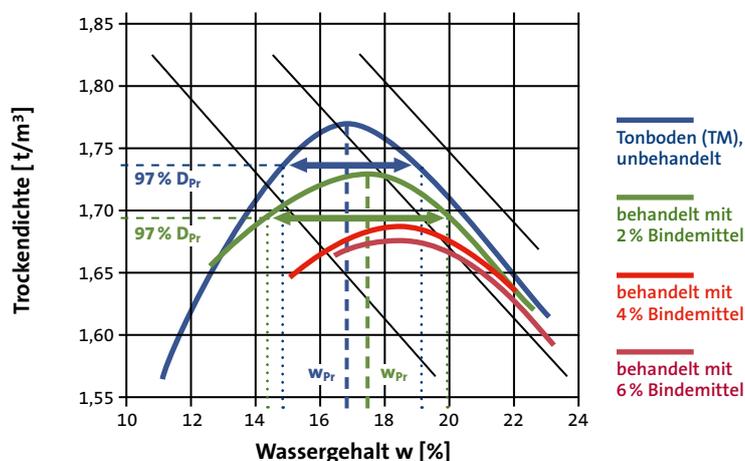
Es findet insgesamt nur eine moderate Festigkeitsentwicklung statt.

Sofortreaktion:

- schnelle Reduzierung des Wassergehalts im Boden-Bindemittel-Gemischs resultierend aus der
 - Belüftung beim Mischvorgang
 - aus der chemischen Bindung von Wasser
 - aus dem Verdampfen als Folge der beim Löschen von Branntkalk freigesetzten Wärme.
- Krümelbildung durch einsetzende chemische Reaktionen in den Tonmineralen und an deren Grenzflächen
- Aggregatbildung feinkörniger Böden
- Erhöhung der Ausrollgrenze
- Dadurch erhöht sich die Konsistenzzahl I_c bzw. reduziert sich die Plastizitätszahl I_p

Ergebnis:

- Verbesserung der Verdichtbarkeit
- die Verbesserung der Plastizitätseigenschaften und damit eine abnehmende Empfindlichkeit gegenüber Wasser
- die Proktorkurve verschiebt sich zur nassen Seite, damit nimmt die Trockendichte ab und gleichzeitig steigt der optimale Wassergehalt an.
- dadurch erfolgt eine Erhöhung der Tragfähigkeit



Langzeitreaktion:

- puzzolanische Verfestigung (chemische Umwandlung der Tonminerale)
- Kationenaustausch
- Brückenbildung
- Karbonatisierung (mit CO₂)

Ergebnis:

- führt im Verlauf von einigen Monaten bis zu mehreren Jahren zu Raumbeständigkeit, langfristiger Zunahme der Festigkeit, dauerhafter Tragfähigkeit und Frostbeständigkeit.

Bodenarten, die mit Kalk optimal behandelt werden können: Mittelplastisch bis hochplastische Tone

1.9 Bindemittel

1.9.3.2 Zemente

Die Wirkung von Zement beruht auf Bindeeffekten des Zementsteines.

Die Aggregate werden umhüllt und vernetzt und die Reaktion findet mit dem Porenwasser statt.

Durch die Zementsteinbildung findet eine starke Festigkeitsentwicklung statt.

Bodenarten, die mit Zement optimal behandelt werden können: Grobkörnige Böden mit sehr geringem Schluffanteil

1.9.3.3 Mischbindemittel

Die Wirkung von Mischbindemitteln (Kalk-Zement-Produkte) beruht auf den Synergieeffekten von Feinkalk und Zement und nutzt von beiden Produkten alle positiven Eigenschaften.

Somit können Mischbindemittel beim entsprechenden Mischungsverhältnis für nahezu alle Bodenarten eingesetzt werden

Bodenarten, die mit Mischbindemitteln optimal behandelt werden können:
Leicht- bis mittelplastische Tone
Gemischtkörnige Böden (leicht- bis mittelplastisch)
Vernäßte, grobkörnige Böden

1.9.4 Bindemittel mit besonderen Eigenschaften

1.9.4.1 Staubarme Bindemittel

Staubarme Bindemittel finden dort ihren Einsatz, wo die normale Staumentwicklung eingeschränkt werden muss. Dies ist unter anderem in der Nähe von Wohngebieten, Infrastrukturobjekten, Leichtmetallfassaden, Glasflächen, u.ä. sensiblen Bereichen der Fall.

Durch die besondere Behandlung des Bindemittels mittels eines patentierten Verfahrens reduziert sich die Staumentwicklung beim Ausstreuen und Einfräsen erheblich. Produkte: alle DOROSOL-Mischungen, DOROPORT TB N,

1.9.4.2 Hydrophobierte Bindemittel

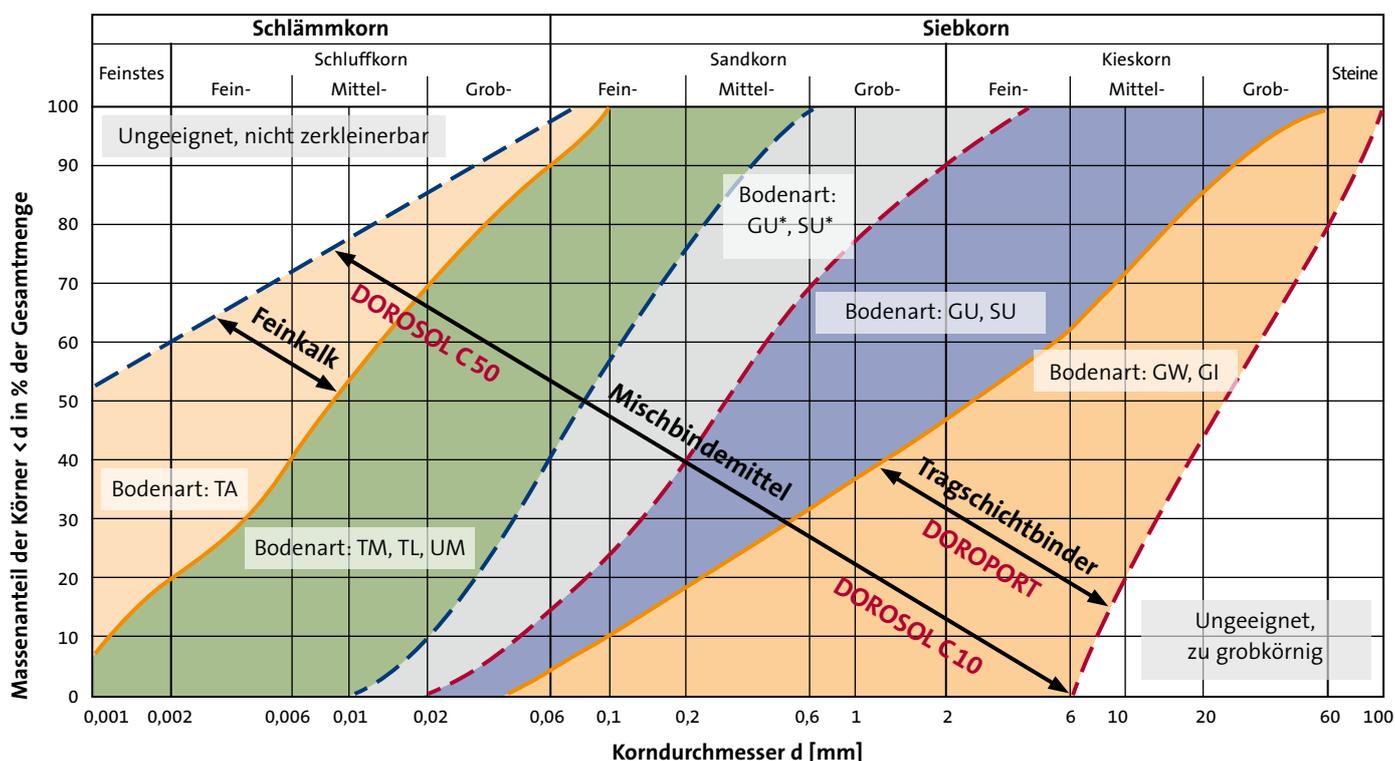
Hydrophobierte Bindemittel finden dort ihren Einsatz, wo die Bindemittel nach dem Ausstreuen nicht unmittelbar eingefräst werden können bzw. wenn die Bodenbehandlung in einer Jahreszeit stattfindet, in der mit höheren Niederschlägen gerechnet werden muss. Die Hydrophobierung wird erst mit dem Fräsvorgang aufgebrochen. Somit steht für die Verarbeitung ein längeres Zeitfenster zur Verfügung.



1.9.5 Einsatzbereiche der Bindemittel

Hauptkriterium bei der Bindemittelauswahl in der geotechnischen Prüfung sind meist die Korngrößenverteilung bzw. die Plastizität und der Wassergehalt des Bodens.

Die Anwendungsbereiche der Bindemittelarten sind in dem Kornverteilungsdiagramm dargestellt.



- a) Mischbindemittel haben bei Bodenverbesserungen ihren optimalen Wirkungsbereich bei gemischtkörnigen und leicht- bis mittelplastischen Böden. In einem Arbeitsgang werden bei geeigneten Böden gleichzeitig eine Reduzierung des natürlichen Wassergehaltes und eine Steigerung der Tragfähigkeit erreicht. In Abhängigkeit von der Körnungskurve kann das geeignete Bindemittel gemäß Bild ausgewählt werden.
- b) Bei gemischtkörnigen und leichtplastischen Böden (TL, GU*) wird die Festigkeit bei gleichem Bindemittelgehalt durch den hydraulischen Anteil des Bindemittels festgelegt. Die höchsten Festigkeiten werden mit Mischbindemittel mit hohem Zementanteil oder mit Tragschichtbinder (Zement) erreicht. Bei mittelplastischen Tonen (TM) liefern Mischbindemittel die größten Festigkeiten. Bei mittelplastischen Tonen im Übergangsbereich zu einem TA und bei hochplastischen Tonen werden die höchsten Festigkeiten bei der Verwendung von Mischbindemitteln mit hohem Kalkanteil bzw. mit Kalk erreicht.
- c) Bei grobkörnigen Böden finden Mischbindemitteln mit hohem Zementanteil oder Tragschichtbinder (Zement) ihren Einsatz
- d) Bei Böden mit einem hohen Wassergehalt wird der Kalkanteil im Mischbindemittel höher gewählt, um den Wassergehalt zu reduzieren und eine optimale Einbaukonsistenz des Boden-Bindemittelgemisches zu erhalten.

1.9 Bindemittel

1.9.6 Verarbeitungszeiten der Bindemittel

Die Verarbeitungszeit eines Bindemittels bezeichnet die Zeitdauer zwischen Aufstreuen des Bindemittels und der Verdichtung des Bodens (Ausnahme hydrophobierte Bindemittel).

Für die Verarbeitung des Boden-Bindemittel-Gemisches gelten folgende Zeitspannen:

- **Bei Verwendung von Zement oder Tragschichtbinder:**
gemessen vom Beginn des Aufstreuens oder der Zugabe des Bindemittels bis zum Abschluß der Verdichtungsarbeiten
 - maximal 2,0 Stunden bei Temperaturen bis 20 °C
 - maximal 1,5 Stunden bei Temperaturen über 20 °C,
- **Bei der Verwendung von hydrophobiertem Zement oder hydrophobiertem Tragschichtbinder:**
gemessen vom Einmischen des Bindemittels bis zum Abschluss der Verdichtungsarbeiten.
 - maximal 2,0 Stunden bei Temperaturen bis 20 °C
 - maximal 1,5 Stunden bei Temperaturen über 20 °C,
- **Bei Verwendung von Mischbindemittel:**
gemessen vom Beginn des Aufstreuens oder der Zugabe des Bindemittels bis zum Abschluß der Verdichtungsarbeiten
 - maximal 4,0 Stunden bei Temperaturen bis 20 °C
 - maximal 3,0 Stunden bei Temperaturen über 20 °C,

Diese Zeiten beruhen auf dem unterschiedlichen Reaktionsverhalten der Bindemittel:

- Zement und Tragschichtbinder reagieren beim Kontakt mit dem feuchten Boden und haben relativ kurze Verarbeitungszeiten.
- Hydrophobierter Zement und hydrophobierter Tragschichtbinder reagieren erst beim Einmischen in den Boden.
- Mischbinder reagieren beim Kontakt mit dem feuchten Boden und haben gegenüber Zement längere Verarbeitungszeiten.

1.9.7 Reaktionszeiten der Bindemittel

Die Reaktionszeit eines Bindemittels bezeichnet die Zeitdauer zwischen Einmischen des Bindemittels und der Verdichtung des Bodens.

Eine Veränderung der Reaktionszeit hat einen starken Einfluss auf die Proctordichten und die Festigkeiten. Bei einer Verlängerung der Reaktionszeit wird bei allen Bindemitteln

- der opt. Wassergehalt erhöht
- die Proctordichte verringert
- die Festigkeit des Boden-Bindemittel-Gemisches herabgesetzt

Deutliche Verringerungen der Festigkeiten bei verlängerten Reaktionszeiten treten bei Zement auf.

Hier sollte die Reaktionszeit für die Bodenverfestigung von einer Stunde gemäß TP BF-StB, Teil B 11.1 auch für die Bodenverbesserung eingehalten werden. In diesem Fall wird die höchste Tragfähigkeit erreicht und das Boden-Bindemittel-Gemisch weist die geringste Empfindlichkeit gegen Wasserlagerung auf.

Für Weißfeinkalk sind längere Reaktionszeiten erforderlich. Die Vorgaben gemäß TP BF-StB, Teil B 11.3 mit einer Reaktionszeit von 6 Stunden führen zur größten Verschiebung der Proctorkurve. Bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Festigkeitsentwicklung können – auch im Hinblick auf eine praxisgerechtere Arbeitsweise – kürzere Reaktionszeiten gewählt werden.

Folgende Zeiten zwischen Einarbeiten des Bindemittels und Verdichten sollten eingehalten werden:

| Bindemittel | - | Zement CEM I | Mischbinde- mittel | Feinkalk CL90Q |
|---------------|---|-----------------|-----------------------|-------------------|
| Reaktionszeit | h | 1 | 3 - 5 | >6 |

Die Reaktionszeiten von Mischbindemitteln sind in Abhängigkeit von dem hydraulischen Anteil zwischen 3 und 5 Stunden festzulegen.

Anpassungen der Reaktionszeit der Mischbindemittel können in Abhängigkeit von den Hauptbindemittelkomponenten gegebenenfalls vorgenommen werden

1.10 Wasser

Der Wassergehalt des Bodens sollte dem für den Einbau und Verdichtung optimalen Wassergehalt entsprechen.

Ist der Wassergehalt eines grob- oder gemischtkörnigen Bodens bei einer Bodenbehandlung zu gering, sollte bei

- feinkörnigen Böden der Boden rechtzeitig angefeuchtet werden, so dass bis zur Einmischung des Bindemittels eine gleichmäßige Durchfeuchtung des Bodens eingestellt hat
- gemischt- bzw. grobkörnigen Böden das Wasser kurz nach dem Verteilen des Bindemittels zugegeben werden

Alternativ kann das Wasser auch während des Fräsvorgangs in den Fräskasten eingedüst werden.

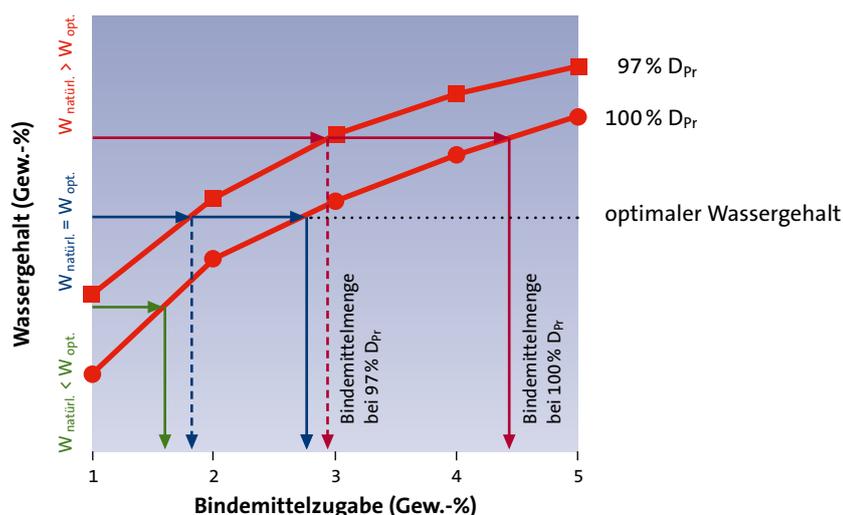
Das Wasser darf keine für die Bodenbehandlung schädlichen Bestandteile und/oder Beimengungen enthalten.

Ist der Wassergehalt eines gemischt- oder feinkörnigen Bodens bei einer Bodenbehandlung deutlich über dem optimalen Wassergehalt, muss er durch geeignete Maßnahmen verringert werden.

Geeignete Maßnahmen sind u.a. die Verwendung von Mischbindemitteln. Durch den Feinkalkanteil im Bindemittel wird der Wassergehalt reduziert und es ergeben sich optimale Einbau- und Verdichtungsbedingungen.

Der natürliche Wassergehalt des Bodens beeinflusst zusammen mit der zu erzielenden Proctordichte die Bindemittelmenge.

Beispiel:



Faustregel für die Reduzierung des Wassergehaltes:

| | |
|---------------------|------------------------------|
| Zement: | |
| Wasserreduktion ca. | 0,3% je 1% Bindemittel |
| DOROSOL C 30: | |
| Wasserreduktion ca. | 0,5 – 1,0% je 1% Bindemittel |
| DOROSOL C 50: | |
| Wasserreduktion ca. | 1,0 – 1,5% je 1% Bindemittel |
| Feinkalk: | |
| Wasserreduktion ca. | 2,0 – 2,5% je 1% Bindemittel |

1.11 Witterungseinflüsse

1.11.1. Niederschläge

Im Bauzustand muss eine wirksame Entwässerung vorhanden sein, so dass keine Schäden durch stehendes und fließendes Wasser entstehen.

Bei geringen Niederschlägen muss das Einfräsen eines streufähigen Bindemittels so schnell nach dem Verteilen erfolgen, dass eine Durchfeuchtung und damit eine Verklumpung des Bindemittels vermieden wird. Trotzdem entstandene Klumpen müssen beim Einfräsen ausreichend zerkleinert werden.

Bei hydrophobierten Zementen bzw. Tragschichtbindern tritt im Allgemeinen keine Klumpenbildung auf.

Wird durch die Niederschläge der für die ausreichende Verdichtung festgelegte Wassergehalt des Bodens überschritten und kann dadurch das Boden-Bindemittel-Gemisch nicht ausreichend verdichtet werden, müssen die Arbeiten so lange unterbrochen werden, bis der Boden ausreichend abgetrocknet ist.

1.11.2. Wind

Um Bindemittelverwehungen zu reduzieren, können spezielle Bindemittel (z. B. DOROSOL PRO C) eingesetzt werden. Durch den Einsatz dieser Bindemittel wird eine deutliche Staubreduktion erzielt.

Bei starkem Wind ist das Verteilen des streufähigen Bindemittels jedoch dann einzustellen, wenn so viel Bindemittel verweht wird, dass eine unzumutbare Belastung der Umwelt oder eine Gefährdung von Verkehrsteilnehmern auftritt.



1.11.3. Temperatur

Bei Boden- und Lufttemperaturen unter +5 °C sollten möglichst keine Verfestigungen und qualifizierte Bodenverbesserungen ausgeführt werden.

Sofern Bodenbehandlungen bei Temperaturen unter +5 °C angeordnet werden sollen, sind die erforderlichen Schutzmaßnahmen in die Leistungsbeschreibung aufzunehmen. In diesem Zusammenhang muss berücksichtigt werden, dass die Temperatur des Boden-Bindemittel-Gemisches möglichst lange – mindestens in den ersten drei Tagen – nicht unter +5 °C absinken sollte. Gegebenenfalls kann als Schutz die nächste Schicht eingebaut werden.

Eine Bodenbehandlung von gefrorenem Boden ist nicht zulässig.

Ist mit Frosteinwirkung zu rechnen, muss die Entwässerung so wirksam sein, dass ein Gefrieren der Verfestigung im wassergesättigten Zustand vermieden wird.

Bei Lufttemperaturen über 25 °C oder intensiver Sonneneinstrahlung ist der Wassergehalt so einzustellen, dass beim Verdichten des Baustoffgemisches der optimale Wassergehalt noch vorhanden ist.

1.12. Bodenbehandlung – Bauausführung

1.12.1. Mischverfahren

Es wird generell zwischen zwei Verfahren unterschieden mit denen ein Boden-Bindemittel-Gemisch hergestellt werden kann

- **Mixed-in-Plant (Zentralmischverfahren)**

Wenn die Ausführung des Baumischverfahrens technisch nicht möglich (z. B. Schächte, Straßenabläufe, Straßenverbreiterungen, Bauwerksbereiche, Gräben u. a.) oder unwirtschaftlich ist, können im Zentralmischverfahren hergestellte Boden-Bindemittel-Gemische eingebaut werden.

Die Herstellung eines Boden-Bindemittel-Gemisches bei Bodenbehandlungen im Zentralmischverfahren ist in der Regel nicht wirtschaftlich durchführbar.

- **Mixed-in-Place (Baumischverfahren)**

Das Mixed-in-Place Verfahren ist das gängige Bauverfahren in der Bodenbehandlung.

Das Mischgerät fährt auf der für die Bodenbehandlung vorbereiteten Schicht und arbeitet das zuvor eingebrachte Bindemittel und gegebenenfalls erforderliches Wasser ein.

Dabei sind in Abhängigkeit vom Ort der Entnahmestelle und der Einbaustelle Variationen in der Reihenfolge der einzelnen Arbeitsgänge möglich.

- **Sonderform**

Kann am Einbauort kein Mischgerät eingesetzt werden (bei Fahrbahnverbreiterungen, Leitungsgrabenverfüllungen, Bauwerkshinterfüllungen, in Bereichen von Ortslagen, in denen Bindemittelverwehungen vermieden werden müssen, usw.), so ist die Verteilung und Einmischung des Bindemittels an der Abtragsstelle möglich. Das Boden-Bindemittel-Gemisch wird anschließend zur Einbaustelle transportiert, eingebaut und verdichtet.

1.12.2. Mixed-in-Plant (Zentralmischverfahren)

Der Boden wird mit dem Bindemittel und dem noch erforderlichen Wasser in einer zentralen Mischanlage gemischt. Dabei können sowohl Chargen- als auch Durchlaufmischer verwendet werden. Mobile Mischanlagen sind vor allem bei größeren Baumaßnahmen geeignet.

Es muss so lange gemischt werden, bis das Bindemittel gleichmäßig mit dem Boden vermischt ist (erkennbar an einem einheitlichen Farbton des Boden-Bindemittel-Gemisches). Das fertige Gemisch ist zur Einbaustelle zu transportieren (möglichst abgedeckt, um den Wasserentzug zu vermeiden) und dort gleichmäßig einzubauen.

Die erforderliche Schichtdicke ist einzuhalten.

Die Unterlage (Untergrund oder Unterbau) ist so abzugleichen, dass die vorgesehene Dicke und Höhenlage nach Einbau der Bodenverfestigung erreicht werden kann.

Die Unterlage muss den vorgeschriebenen Verdichtungsgrad erfüllen.



1.12. Bodenbehandlung – Bauausführung

1.12.3. Mixed-in-Place (Baumischverfahren)

1.12.3.1 Baugrundsätze beim Mixed-in-Place Verfahren (für alle Bereiche der Bodenbehandlung)

| Bodenverfestigung | Qualifizierte Bodenverbesserung | Bodenverbesserung |
|--|---------------------------------|---|
| Vorbereitende Maßnahmen | | |
| <p>Oberboden und pflanzliche Bestandteile entfernen</p> <p>Dicht gelagerte bzw. halbfeste, fein- oder gemischtkörnige Böden eventuell aufreißen und zerkleinern.</p> <p>Steine mit einem Durchmesser > 63 mm entfernen. Profil und Dicke der Bodenverfestigung müssen dabei erhalten bleiben.</p> <p>Durch die Zugabe von Feinkalk kann eine Neutralisierung von zu sauren Böden erzielt werden. Eine ausreichende Reaktionszeit von mehreren Tagen ist über eine erweiterte Eignungsprüfung festzulegen.</p> <p>Bei gemischt- oder feinkörnigen Böden der Gruppe GU*, GT*, SU*, ST*, U, T, OU und OT muss der Wassergehalt so eingestellt sein, dass der Höchstwert (das 10 %-Höchstquantil) für den Luftporenanteil des verdichteten Boden-Bindemittel-Gemisches 12 Vol.-% nicht überschritten wird (s. ZTV E-StB).</p> <p>Der Boden ist vor dem Verteilen des Bindemittels abzugleichen und gemäß ZTV E-StB zu verdichten.</p> <p>Die Höhenlage des vorverdichteten Planums muss so eingestellt werden, dass unter Berücksichtigung des Verdichtungsmaßes in der verfestigten Schicht die Sollhöhen und Schichtdicke nicht über- bzw. unterschritten werden.</p> <p>Bei künstlichen Gesteinskörnungen und RC-Baustoffen sind die material-spezifischen Eigenarten zu berücksichtigen. Die jeweiligen Merkblätter sind zu beachten.</p> | | <p>Bodenverbesserungen sind so herzustellen, dass eine ausreichende Verdichtung und eine profilgerechte Lage der fertigen Schicht erreicht werden. Eine gleichmäßige Dicke der zu verbessernden Schicht ist sicherzustellen. Daher ist der Boden vor dem Verteilen des Bindemittels abzugleichen.</p> |

| Vorbereitende Maßnahmen | |
|---|---|
| <p>Eine gleichmäßige Verteilung des Bindemittels ist maschinell mit geeigneten Geräten auszuführen. Der Einsatz von Düngemittelstreuern gewährleistet ebenso wie das Ausblasen des Bindemittels aus einem Silozug keine gleichmäßige Verteilung. Letzteres ist wegen der mit dieser Methode verbundenen Unfallgefahr und Umweltbelästigung generell auszuschließen. Bei Arbeiten mit hydraulischem Bindemittel und Baukalk ist das EU-Sicherheitsdatenblatt zu beachten.</p> <p>Die aufgebrauchte Bindemittelmenge muss mit Hilfe von ausgelegten Prüfblechen überprüft werden (s. TP BF-StB, Teil B 11.2). Die Bindemittelmenge wird beim Baumischverfahren in kg/m² und beim Zentralmischverfahren in M.-% bezogen auf die Trockendichte des Bodens angegeben.</p> <p>In schwer zugänglichen Bereichen ist es sinnvoll, ein außerhalb der Einbaustelle hergestelltes Boden-Bindemittel-Gemisch einzubringen.</p> <p>Auf einen ausreichenden Schutz gegen Bindemittelverwehungen ist während der Bauausführung zu achten. Die Verteilergeräte sollten mit entsprechenden Schutzvorrichtungen (z. B. integrierte Absauganlagen oder nach unten gezogene Schürzen) ausgestattet sein.</p> | <p>Bei Verbesserungen kann die Staubentwicklung durch Wind eingeschränkt werden, wenn vor der Bindemittelverteilung die Oberfläche aufgerissen wird. Darüber hinaus gibt es Bindemittel, die beim Verarbeiten eine geringere Staubentwicklung hervorrufen. Das Verteilen und Einmischen des Bindemittels sollte grundsätzlich zügig hintereinander erfolgen. Bei hydrophobierten Zementen ist aufgrund der wasserabweisenden Eigenschaften eine längere Verarbeitungszeit gegeben, da die Reaktionszeit erst beim Einmischen beginnt.</p> |



| Bodenverfestigung | Qualifizierte Bodenverbesserung | Bodenverbesserung |
|--|--|-------------------|
| Mischen | | |
| <p>Bei Bodenverfestigungen dürfen nur leistungsfähige Geräte (z. B. Bodenfräsen) eingesetzt werden, die eine einwandfreie Homogenisierung des Boden-Bindemittel-Gemisches ermöglichen. Dabei ist so lange zu mischen, bis in der gesamten, vorgegebenen Schichtdicke eine gleichmäßige Färbung, ein gleichmäßiger Wassergehalt und eine feinkrümmelige Bodenstruktur erreicht ist.</p> | <p>Für Bodenverbesserungen sind auch andere Geräte einsetzbar, mit denen eine dem Verwendungszweck angepasste Durchmischung von Boden und Bindemittel erreicht wird. Bei steinfreien Böden erzielen Bodenfräsen mit Messerrotoren eine gute Durchmischung. Böden mit Steinanteilen können von Fräsen mit Meißelrotoren gemischt werden. Bei steinhaltigen Böden hat sich auch die Verwendung von Grubbern, Scheibeneggen und Planierraupen mit geeigneten Zusatzgeräten bewährt. Durch den Einsatz von Graden, Planierraupen mit Aufreißern und Baggern allein ist eine intensive Durchmischung nicht zu erreichen. Bei beengten Verhältnissen, wie Grabenverfüllungen, können Spezialgeräte (z. B. Bagger mit Mischschaufel) eingesetzt werden.</p> | |
|  | | |

Mischergebnis nach einem Fräsübergang



zwei Fräsübergängen



drei Fräsübergängen



1.12. Bodenbehandlung – Bauausführung

| Bodenverfestigung | Qualifizierte Bodenverbesserung | Bodenverbesserung |
|--|---|-------------------|
| Planieren und Verdichten | | |
| <p>Eine unterschiedliche Vorverdichtung zwischen den Radspuren und dem gefrästen Bodenmaterial, bedingt durch das Eigengewicht der Bodenfräse, ist vor dem Planieren durch Verdichten zu beseitigen. Bei Bodenverfestigungen sollte nur in Ausnahmen vor dem Verdichten planiert werden. Die sollte nur punktuell erfolgen, da anderenfalls keine kontinuierlichen Schichtdicken gewährleistet sind.</p> | <p>Hinweise zur Verdichtung sowie zu den einzusetzenden Geräten können dem „Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und des Unterbaues im Straßenbau“ entnommen werden. Der Geräteeinsatz ist auf die Bodenart, die Schichtdicke sowie die Anzahl der Übergänge abzustimmen. Der geforderte Verdichtungsgrad ist über die gesamte Schichtdicke und das gesamte Profil – auch in den Randbereichen – zu gewährleisten. Zu diesem Zweck hat der Auftragnehmer bei Beginn der Verdichtungsarbeiten durch Probeverdichtung zu prüfen, ob die vorgeschriebenen Anforderungen mit dem gewählten Arbeitsverfahren erreicht werden.</p> <p>In einer Arbeitsanweisung sind</p> <ul style="list-style-type: none"> - das gewählte Verdichtungsgerät - die Arbeitsweise beim Einbau - die Anzahl der erforderlichen Verdichtungsübergänge - die maximale Schütthöhe der einzelnen Einbaulagen für das Arbeitsverfahren festzulegen. | |
|  | | |



| Bodenverfestigung | Qualifizierte Bodenverbesserung | Bodenverbesserung |
|---|---------------------------------|---|
| Nachbehandlung | | |
| <p>Die Nachbehandlung soll das vorzeitige Austrocknen einer Bodenverfestigung mit hydraulischen Bindemitteln verhindern.</p> <p>Bodenverfestigungen sind mindestens 3 Tage lang ständig feucht zu halten, z. B. durch feines Versprühen von Wasser.</p> <p>Alternativ kann auf die fertig verdichtete, feuchte Schicht eine Bitumenemulsion (U 60 K) gleichmäßig so dick aufgesprüht werden, dass ein dünner, geschlossener Film entsteht. Die aufzusprühende Menge ist in jedem Einzelfall in Vorversuchen zu ermitteln.</p> | | <p>Soll der so behandelte, verfestigte Boden mit Baustellenfahrzeugen befahren werden, so ist die Emulsion zum Schutz unmittelbar nach dem Aufbringen mit Splitt (z. B. Körnung 1/3 mm oder 2/5 mm) abzustreuen. Als Anhaltswerte können ca. 0,7 kg/m² bei feinkörnigen Böden und ca. 1,1 kg/m² bei grobkörnigen Böden gelten.</p> <p>Eine Nachbehandlung kann entfallen, wenn auf die noch frische, verdichtete Schicht eine weitere Schicht aufgebracht wird. Die Unterlage darf jedoch nicht gestört oder verdrückt werden.</p> <p>Bei Bodenbehandlungen mit Baukalk und Bodenverbesserungen mit Mischbindemitteln ist in der Regel keine Nachbehandlung erforderlich.</p> |



1.12. Bodenbehandlung – Bauausführung

1.12.4. Anforderungen bei Bodenbehandlung

Anforderungen an:

Bodenverfestigung

1.12.4.1 Bindemittelmenge

Hydraulische Bindemittel und Mischbindemittel

- 1) Die Druckfestigkeit bezieht sich auf einen Probendurchmesser von 10 cm. In besonderen Fällen kann unter Berücksichtigung der Festigkeitsentwicklung des Bindemittels die 7-Tage-Festigkeit geprüft werden. Bei hydraulischen Bindemitteln, die eine langsame Festigkeitsentwicklung des Boden-Bindemittel-Gemisches ergeben, kann es erforderlich sein, den Nachweis der Druckfestigkeit später als 28 Tage durchzuführen.
- 2) Wird der Boden in die Frostempfindlichkeitsklasse 1 eingruppiert, erfolgt nur die Druckfestigkeitsprüfung
Wird der Boden in die Frostempfindlichkeitsklasse 2 eingruppiert, erfolgen beide Prüfungen

Bei grobkörnigen Boden:

Es gilt die ZTV Beton-StB

Bei fein- oder gemischt-körnigem Boden:

Die Bindemittelmenge ist so zu wählen, dass folgende Anforderungen erfüllt werden:

| Bodengruppen | Frostwiderstand (Hebung der Probe) | Druckfestigkeit ¹⁾ (nach 28 Tagen) |
|--|------------------------------------|---|
| GU, GT, SU, ST ²⁾ | $\frac{\Delta l}{l} \leq 1\%$ | 6,0 N/mm ² |
| GU*, SU*, UL, UM GT*, ST*, TL, TM, TA | $\frac{\Delta l}{l} \leq 1\%$ | – |
| Rezyklierte und industriell hergestellte Gesteinskörnungen | $\frac{\Delta l}{l} \leq 1\%$ | 6,0 N/mm ² |

Feinkalk und Kalkhydrat

gemäß TP BF-StB, Teil B 11.5
Zylinderdruckfestigkeit nach Frostbeanspruchung > 0,2 N/mm²,
Bindemittelmenge > 4 M.-%

1.12.4.2 Verdichtungskennwerte

- 1) Für Böden der Gruppen OU und OT gelten die Anforderungen nur dann, wenn ihre Eignung und Einbaubedingungen gesondert untersucht und im Einvernehmen mit dem Auftraggeber festgelegt wurden.

Anforderung an die zur Verfestigung vorgesehene Schicht (nur beim Baumischverfahren)

| Anforderungen an das 10%-Mindestquantil für den Verdichtungsgrad D_{Pr} bzw. an das 10%-Höchstquantil für den Luftporenanteil n_a | |
|---|-------------------------------------|
| GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST | $D_{Pr} > 100\%$ |
| GU*, GT*, SU*, ST* U, T, OU ¹⁾ , OT ¹⁾ | $D_{Pr} > 97\%$ und $n_a < 12\%$ |

Anforderung an den Verdichtungsgrad der verfestigten Schicht unmittelbar nach Abschluss der Verdichtung

$D_{Pr} > 98\%$ der Proctordichte des Boden-Bindemittel-Gemisches

1.12.4.3 Nachweis der Bindemittelmenge

Der Auftragnehmer gibt auf Grund der Ergebnisse der Eignungsprüfung die Bindemittelmenge
- beim Baumischverfahren in kg/m²
- beim Zentralmischverfahren in M.-% an

Die Liefermenge des Bindemittels für das Bauvolumen darf in der Eignungsprüfung festgelegten Wert um
nicht mehr als 5 % relativ unterschreiten
nicht mehr als 8 % relativ überschreiten.

Einzelne ermittelte Werte der Bindemittelmenge (gemäß TP BF-StB Teil 11.2) dürfen den Sollwert der Eignungsprüfung um
nicht mehr als 10 % relativ unterschreiten
nicht mehr als 15 % relativ überschreiten.

1.12.4.4 Oberfläche

max. Abweichung der Oberfläche von der Sollhöhe: ± 2 cm

1.12.4.5 Ebenheit

$\leq 2,0$ cm unter der 4 m langen Messstrecke, wenn die verfestigte Schicht die unmittelbare Unterlage unter dem Oberbau ist

1.12.4.6 Einbaudicke

max. Abweichung der Einbaudicke vom Sollwert: $\pm 10\%$

Qualifizierte Bodenverbesserung

Bindemittelmenge ≥ 3 M.-%

Qualifizierte Bodenverbesserung des Planums

Die Bindemittelmenge ist so zu wählen, dass folgende Anforderungen erfüllt werden:

Einaxiale Druckfestigkeit nach 28 Tagen und Prüfung gemäß

TP BF-StB Teil B 11.3 $\geq 0,5$ N/mm²

Nach 24h Wasserlagerung darf der Festigkeitsabfall nicht größer als 50% sein

Alternativ: CBR-Wert nach 28 Tagen und Prüfung gemäß

TP BF-StB Teil B 7.1 $\geq 40\%$

Nach 24h Wasserlagerung darf der Festigkeitsabfall nicht größer als 50% sein

Die Prüfung kann auch nach 7 Tagen und / oder zu anderen Prüfzeitpunkten erfolgen

Qualifiz. Bodenverbesserung bei anderen Anwendungen

Bestimmung der Bindemittelmenge entsprechend der erdstatischen Berechnung

Bodenverbesserung

Anforderung an die Verdichtung

| Anforderungen an das 10%-Mindestquantil für den Verdichtungsgrad D_{PR} bzw. an das 10%-Höchstquantil für den Luftporenanteil n_a | | | |
|---|---|---------------|------------|
| Bereich | Bodengruppen | D_{PR} in % | n_a in % |
| Planum bis 1,00 m Tiefe bei Dämmen | GW, GI, GE SW, SI, SE | > 100 | – |
| Planum bis 0,50 m Tiefe bei Einschnitten | GU, GT, SU, ST | | |
| 1,00 m unter Planum bis Dammsohle | GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST | > 98 | |
| Planum bis Dammsohle, Planum bis 0,50 m Tiefe bei Einschnitten | GU*, GT*, SU*, ST* U, T, OU ¹⁾ , OT ¹⁾ | > 97 | < 12 |

Anforderung an die Verdichtung

| Anforderungen an das 10%-Mindestquantil für den Verdichtungsgrad D_{PR} bzw. an das 10%-Höchstquantil für den Luftporenanteil n_a | | | |
|---|---|---------------|------------|
| Bereich | Bodengruppen | D_{PR} in % | n_a in % |
| Planum bis 1,00 m Tiefe bei Dämmen | GW, GI, GE SW, SI, SE | > 100 | – |
| Planum bis 0,50 m Tiefe bei Einschnitten | GU, GT, SU, ST | | |
| 1,00 m unter Planum bis Dammsohle | GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST | > 98 | |
| Planum bis Dammsohle, Planum bis 0,50 m Tiefe bei Einschnitten | GU*, GT*, SU*, ST* U, T, OU ¹⁾ , OT ¹⁾ | > 97 | < 12 |

Der Auftragnehmer gibt auf Grund der Ergebnisse der

Eignungsprüfung die Bindemittelmenge

- beim Baumischverfahren in kg/m²

- beim Zentralmischverfahren in M.-% an

Die Liefermenge des Bindemittels für das Baulos darf

den in der Eignungsprüfung festgelegten Wert um

nicht mehr als 5 % relativ unterschreiten

nicht mehr als 8 % relativ überschreiten.

Einzeln ermittelte Werte der Bindemittelmenge

(gemäß TP BF-StB Teil 11.2) dürfen den Sollwert

der Eignungsprüfung um

nicht mehr als 10 % relativ unterschreiten

nicht mehr als 15 % relativ überschreiten.

Anforderung durch die Anordnung im Bauwerk

1.13 Bauwerkshinterfüllungen

1.13.1 Begriffe

Hinterfüllbereich
Entwässerungsbereich
(der Entwässerungsbereich ist Teil des Hinterfüllbereiches)
Überschüttbereich

1.13.2 Baustoffe

Die verwendeten Stoffe müssen verwitterungsbeständig sein und dürfen keine quellfähigen, zerfallsempfindlichen oder bauwerksaggressiven Bestandteile enthalten. Durch die Zugabe von Bindemittel kann die Tragfähigkeit der Hinterfüllung gesteigert und die Eigensetzung reduziert werden.

1.13.2.1 Entwässerungsbereich

Der Entwässerungsbereich ist aus grobkörnigem Boden (DIN 18196) herzustellen

1.13.2.2 Hinterfüll- und Überschüttbereich

- Grobkörnige Böden (SW, SI, SE, GW, GI, GE)
- Gemischtkörnige Böden (SU, ST, GU, GT)
- Gemischtkörnige Böden (SU*, ST*, GU*, GT*) und feinkörnige Böden (TL, TM, UM, UL) in Verbindung mit einer qualifizierten Bodenverbesserung
- Industriell hergestellte Gesteinskörnungen und rezyklierte Baustoffe
- Steinkohleflugaschen, Nebengesteine der Steinkohle und rezyklierte Baustoffe mit Asphaltanteilen sind nur außerhalb des Entwässerungsbereiches vorzusehen.

Ferner kann ein Boden-Bindemittel-Gemisch

- bei schwer zugänglichen Hinterfüllbereichen
- unterhalb des Horizontes, unter dem die Hinterfüllung wegen fehlender Vorflut und einem schwer durchlässigen Untergrund nicht entwässert werden kann eingebaut werden, um eine ordnungsgemäße Verdichtung zu gewährleisten bzw. eine Wasseransammlung zu verhindern.

Werden Gemischtkörnige Böden verwendet, ist an den Bauwerken eine 1,0 m dicke Entwässerungsschicht einzubauen.

1.13.3 Verdichtung

Für den

- Hinterfüllbereich
 - Überschüttbereich
 - Böschungsbereich an den Bauwerksflügeln
- gilt die Anforderung an das 10 %-Mindestquantil des Verdichtungsgrades

$$D_{Pr} = 100 \%$$

Der Baustoff ist im Hinterfüll- und Überschüttbereich gleichmäßig in Lagen von max. 30 cm Dicke einzubauen und zu verdichten. Die Böschungskegel an den Bauwerksflügeln sind gleichzeitig mit dem Hinterfüllen bzw. Überschütten herzustellen.

Der Anschluss des Hinterfüllbereiches an einen Damm oder an eine Einschnittsböschung ist stufenförmig verzahnt ineinander greifend auszuführen.



1.14 Leitungsrabenverfüllung

1.14.1 Allgemein

Ausgehobener Boden ist nach Bedarf und Eignung zur Wiederverfüllung zu verwenden.

Der zwischengelagerte Boden ist durch geeignete Maßnahmen einbaufähig zu halten.

Ein ausgehobener, übersäster Boden kann durch die Behandlung mit Bindemitteln in einen einbaufähigen Zustand überführt werden.

1.14.2 Einarbeiten des Bindemittels

Das Bindemittel wird neben dem Kanalgraben mit einer Mischschaufel oder auf einem Materiallagerplatz mit einer Erdbaufräse eingearbeitet.

Bei unmittelbar angrenzender Bebauung muß eine Bindemittelverwehung verhindert werden.

Gegebenenfalls sind staubarme Bindemittel zu verwenden.

1.14.3 Verdichtung

Der Verfüllboden ist bei Leitungsräben innerhalb des Straßenkörpers so zu verdichten, dass folgende Anforderungen an das 10%-Mindestquantil für den Verdichtungsgrad D_{Pr} bzw. an das 10%-Höchstquantil für den Luftporenanteil n_a erreicht werden.

| Bereich | Bodengruppen | D_{Pr} in % | n_a in Vol.-% |
|--|---|---------------|------------------|
| Planum bis 1,00 m Tiefe bei Dämmen, Planum bis 0,50 m Tiefe bei Einschnitten | GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST | 100 | – |
| 1,00 m unter Planum bis Dammsohle | GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST | 98 | – |
| Planum bis Dammsohle, Planum bis 0,50 m Tiefe bei Einschnitten | GU*, GT*, SU*, ST* U, T, OU ¹⁾ , OT ¹⁾ | 97 | 12 ²⁾ |

¹⁾ Für Böden der Gruppen OU und OT gelten die Anforderungen nur dann, wenn ihre Eignung und Einbaubedingungen gesondert untersucht und im Einvernehmen mit dem Auftraggeber festgelegt wurden.

²⁾ Wenn die Böden nicht verfestigt oder qualifiziert verbessert werden, empfiehlt sich eine Anforderung an das 10 %-Höchstquantil für den Luftporenanteil

- bei Einbau von wasserempfindlichen gemischt- und feinkörnigen Böden von 8 Vol.-%,
- bei Einbau von veränderlich festen Gesteinen von 6 Vol.-%.

Bei Leitungsräben innerhalb und außerhalb des Straßenkörpers gilt für die Leitungszone eine Anforderungen an das 10%-Mindestquantil des Verdichtungsgrades von 97%.



Einleitung

Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln werden heute als Verfestigung, als hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT) oder als Betontragschicht eingesetzt.

Tragschichten bilden den unteren Teil des Straßenoberbaus. Die statischen und dynamischen Einwirkungen auf die Straßendecke werden über sie in den Unterbau bzw. Untergrund abgeleitet.

Im Handbuch werden die Verfestigung mit hydraulischen Bindemitteln und die Hydraulisch gebundene Tragschicht behandelt.

Andere Tragschichten werden nur der Vollständigkeit halber aufgeführt.

Bereits die Römer haben die Bauweise der Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln erfolgreich praktiziert.

Unter einigen Münchener Stadtstraßen liegen heute noch Tragschichten aus „Magerbeton“, die um die Jahrhundertwende gebaut wurden.

Bereits vor dem 2. Weltkrieg wurden hydraulische Bindemittel im Autobahnbau und für den Bau von Start- und Landebahnen eingesetzt.

In den 60er Jahren setzte sich in Deutschland die Erkenntnis durch, zement- gebundene Baustoffgemische für Tragschichten nach bodenmechanischen Grundsätzen herzustellen.

Technische und wirtschaftliche Gründe führen immer mehr dazu, dass die Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln eine steigende Anwendung finden.

Neben den Vorzügen der Plattenwirkung und damit geringer Beanspruchung des Untergrundes bzw. Unterbaues sowie der Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen, ergeben sich beim Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln noch folgende Vorteile:

- geringe Empfindlichkeit gegen lang andauernde Lasteinwirkung, kein Kriechen,
- keine bleibenden Verformungen unter Lasten bei hohen Temperaturen,
- Verwendung von geeigneten Recyclingbaustoffen und industriellen Nebenprodukten möglich,
- lange Lebensdauer der Tragschicht

2. Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln

2.1 Allgemein

Gemäß RStO wird unterschieden in

- Tragschichten ohne Bindemittel
- Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln
- Tragschichten mit besonderen Eigenschaften

Baustoffgemische sind Gemische aus Gesteinskörnungen mit festgelegter Korngrößenverteilung ohne Bindemittel und Wasser.

Einbaugemische sind Baustoffgemische mit Bindemittel und Wasser.

Bei der Verwendung von Baustoffgemischen mit Recyclingmaterial, ist das Eluationsverhalten von Schadstoffen festzustellen.



2.2 Terminologie

Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln unterscheiden sich in der Technologie, dem Ausgangsmaterial und dem Mischenverfahren in

- **Verfestigung mit hydraulischen Bindemitteln**

Verfestigungen sind Bauverfahren zur Erhöhung der Widerstandsfestigkeit von ungebundenen Tragschichten gegen Beanspruchungen durch Verkehr und Klima. Das Baustoffgemisch wird nachträglich verdichtet. Dabei werden den Böden und/oder Baustoffgemischen im Baumisch- oder Zentralmischverfahren hydraulische Bindemittel und Wasser zugemischt.

- Baumischverfahren

Das Mischgerät fährt auf der für die Verfestigung vorbereiteten Schicht; es reißt diese auf und mischt das vorgesehene hydraulische Bindemittel und das noch erforderliche Wasser ein.

- Zentralmischverfahren

Der Boden oder das Gesteinskörnungsgemisch wird mit dem vorgesehenen Bindemittel und dem Wasser (Zugabewasser) in stationären Mischanlagen gemischt, zur Baustelle transportiert und dort eingebaut.

- **Hydraulisch gebundene Tragschichten**

(HGT, ausschließlich im Zentralmischverfahren hergestellt)

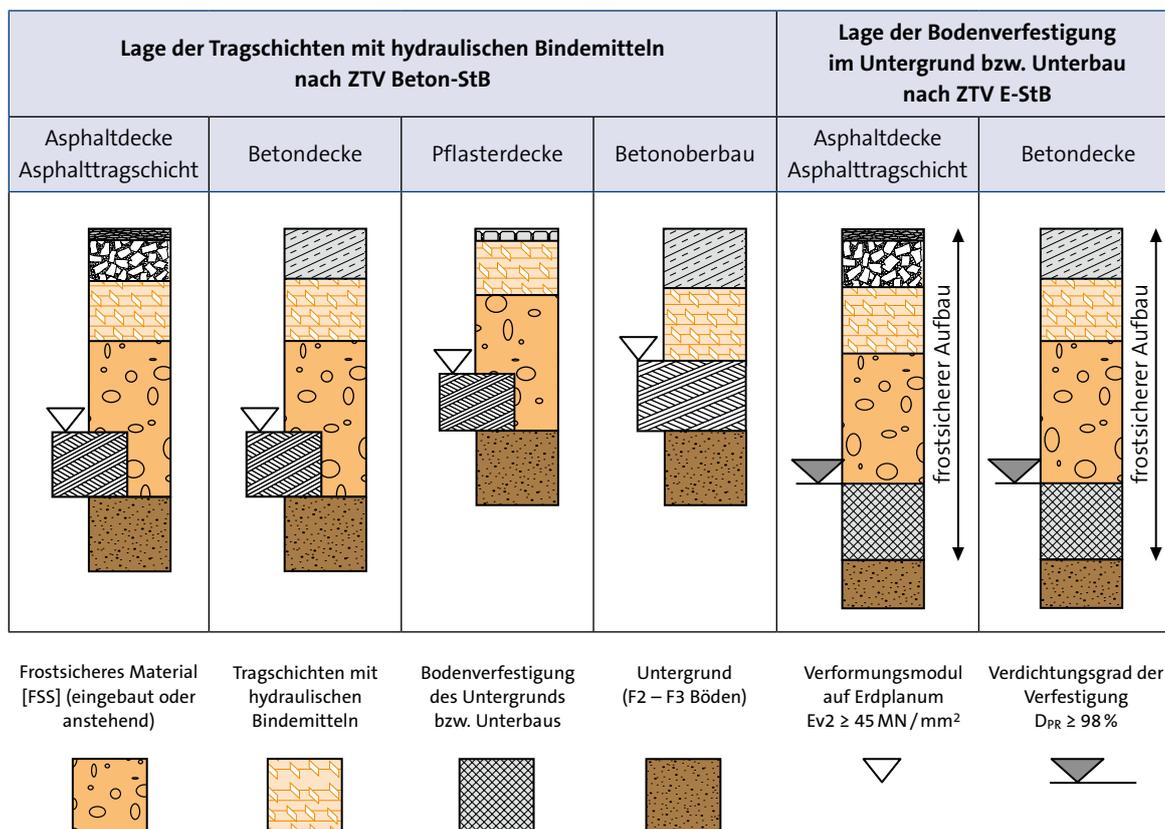
Hydraulisch gebundene Tragschichten (HGT) bestehen aus unebrochenen und/oder gebrochenen Baustoffgemischen und hydraulischen Bindemitteln. Die Korngrößenverteilung muss innerhalb vorgegebener Sieblinienbereiche liegen. Das Einbaugemisch muss in Mischanlagen hergestellt werden.

- **Betontragschichten**

Betontragschichten sind Tragschichten aus Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2.



2.3 Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln nach ZTV Beton-StB und Bodenverfestigung nach ZTV E-StB



2.4 Herstellungsgrundsätze

2.4.1 Allgemein

Verfestigungen und hydraulisch gebundene Tragschichten werden unter Berücksichtigung bodenmechanischer Grundsätze hergestellt, das heißt:

- die Proctordichte und der zugehörige optimale Wassergehalt werden am Boden-Bindemittel-Gemisch oder am Baustoff-Bindemittel-Gemisch durch den Proctorversuch bestimmt,
- der erforderliche Bindemittelgehalt wird durch Druck- und Frostprüfung am Proctorkörper ermittelt.
- der Verdichtungsgrad wird aus der Proctordichte und der Felddichte ermittelt

Beton für Betontragschichten wird auf der Grundlage von DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 hergestellt. Druckfestigkeit und Frostbeständigkeit werden am Probewürfel geprüft.



2.5 Prüfungen – Definitionen

2.5.1 Erstprüfung (Eignungsprüfung)

Erstprüfungen sind Prüfungen des Auftragnehmers. Sie sind auf den Grundlagen der TL Beton-StB und der TP Beton-StB vor der ersten Verwendung durchzuführen.

Sie dienen dem Nachweis der Eignung der Baustoffe, der Baustoff- und der Einbaugemische für die vorgesehenen Einbaubedingungen sowie den vorgesehenen Verwendungszweck entsprechend den Anforderungen des Bauvertrags.

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

2.5.2 Werkseigene Produktionskontrolle

Bei gelieferten

- Böden
- Baustoffgemischen
- Einbaugemischen

sind werkseigene Produktionskontrollen erforderlich.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrollen sind vorzulegen.

Werden die Böden oder die Baustoff- und Einbaugemische durch die einbauenden Unternehmen bereit- oder hergestellt, ist die werkseigene Produktionskontrolle Bestandteil der Eigenüberwachung.

Erstprüfungen und Werkseigene Produktionskontrollen an Verfestigungen und hydraulisch gebundenen Tragschichten:

| | Art der Tragschicht | Erstprüfung | Werkseigene Produktionskontrolle |
|--|----------------------|--|---|
| Bindemittel | | | |
| Bindemittelart und -sorte | Verfestigung und HGT | | Vergleich der Lieferscheine bei jeder Lieferung |
| Boden oder Baustoffgemisch | | | |
| Korngrößenverteilung | Verfestigung und HGT | in jedem Fall | je angefangene 2.500 t Liefermenge, mindestens einmal täglich |
| Feinanteile | Verfestigung | in jedem Fall | je nach Erfordernis |
| Wassergehalt | Verfestigung | in jedem Fall | je nach Erfordernis, mindestens einmal täglich |
| Proctordichte und optimaler Wassergehalt | Verfestigung | in jedem Fall | – |
| Beschaffenheit der Gesteinskörnungen | HGT | in jedem Fall | nach Augenschein |
| Einbaugemisch | | | |
| Bindemittelgehalt | Verfestigung und HGT | in jedem Fall | je nach Erfordernis, mindestens einmal täglich |
| Proctordichte | Verfestigung und HGT | in jedem Fall | – |
| Wassergehalt | Verfestigung und HGT | in jedem Fall | mindestens zweimal täglich |
| Druckfestigkeit am Probekörper | Verfestigung und HGT | in jedem Fall | je nach Erfordernis |
| Frostwiderstand | Verfestigung und HGT | bei Böden oder Baustoffgemischen mit Feinanteilen $\leq 0,063$ mm zwischen 5 und 15 M.-% | – |
| Beschaffenheit der Gesteinskörnungen | HGT | – | nach Augenschein |

2.6 Baustoffe

2.5.3 Eigenüberwachungsprüfung

Eigenüberwachungsprüfungen sind Prüfungen des Auftragnehmers.

Dabei wird überprüft ob die Eigenschaften

- der Baustoffe
- der Einbaugemische
- der fertigen Leistung

den vertraglichen Anforderungen entsprechen.

2.5.4 Kontrollprüfung

Kontrollprüfungen sind Prüfungen des Auftraggebers. Dabei wird überprüft ob die Eigenschaften

- der Baustoffe
- der Baustoff- und der Einbaugemische
- der fertigen Leistung

den vertraglichen Anforderungen entsprechen.

Die Ergebnisse werden der Abnahme zugrunde gelegt.

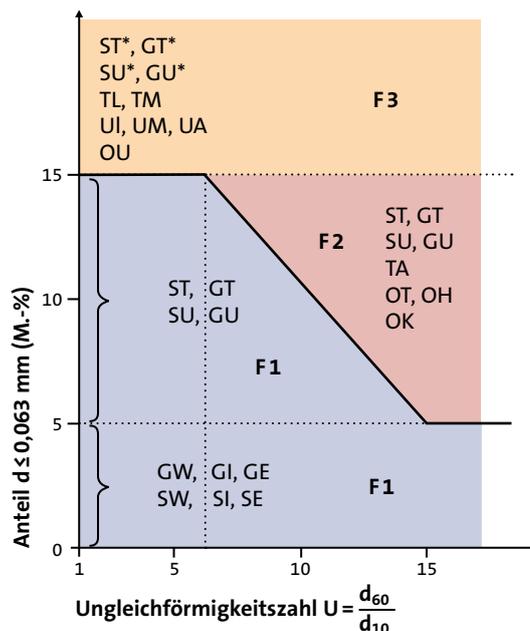
Eine Schiedsuntersuchung ist die Wiederholung einer Kontrollprüfung, an deren sachgerechter Durchführung begründete Zweifel des Auftraggebers oder Auftragnehmers bestehen. Sie ist auf Antrag eines Vertragspartners durch eine von AN und AG anerkannte Prüfstelle, die nicht die Kontrollprüfung durchgeführt hat, vorzunehmen. Das Ergebnis tritt an die Stelle des ursprünglichen Prüfungsergebnisses. Die Kosten trägt derjenige, zu dessen Ungunsten das Ergebnis ausfällt.



2.6.1 Böden und Gesteinskörnungen für Verfestigungen

Für Verfestigungen können verwendet werden:

- grobkörnige Böden nach DIN 18196
- gemischtkörnige Böden der Gruppen GU, SU, GT und ST, wenn sie der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 entsprechen



Liegt der Kornanteil zwischen 5 M.-% und 15 M.-%, muss bei der Eignungsprüfung (Erstprüfung) der ausreichende Frostwiderstand des erhärteten Einbaugemischs durch eine Frostprüfung nachgewiesen werden.

- Gesteinskörnungen, die die Anforderungen des Anhangs G der TL Gestein-StB erfüllen

Böden für Verfestigungen werden nach den TL G SoB-StB güteüberwacht.

Die Verwertung von Asphaltgranulat und pechhaltigen Straßenausbaustoffen ist in der TL Beton-StB, Anhang G geregelt.

Hierfür sind insbesondere auch die „Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit pechhaltigen Bestandteilen sowie die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“ (RuV A-StB) zu beachten.

2.6 Baustoffe

2.6.2 Gesteinskörnungen und Baustoffgemische für HGT

Für hydraulisch gebundene Tragschichten können verwendet werden:

- natürliche, gebrochene und ungebrochene Gesteinskörnungen; Gesteinskörnungen und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln müssen den Anforderungen der TL Gestein-StB entsprechen. Sie werden nach TL G SoB-StB güteüberwacht.
- künstliche Gesteinskörnungen (SFA, HOS, HS, SWS, CUG, GUS, GKOS, SKG und Lavaschlacke) und SFA als Zusatzstoff bzw. als Zusatz zum Baustoffgemisch, Werden industriell hergestellte oder rezyklierte Gesteinskörnungen und Lavaschlacken eingesetzt, sind die Anwendungsbereiche gemäß Tabelle Seite 53 zu beachten.
- Rezyklierte Gesteinskörnungen, die dem „Merkblatt zur Wiederverwendung von Beton aus Fahrbahndecken“ entsprechen – sofern Aus- und Einbau innerhalb der gleichen Baustelle erfolgen – ohne weitere Nachweise.

Die Verwertung von Asphaltgranulat und pechhaltigen Straßenausbaustoffen ist in der TL Beton-StB, Anhang G geregelt.

Hierfür sind insbesondere auch die „Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit pechhaltigen Bestandteilen sowie die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“ (RuV A-StB) zu beachten.

Anforderungen an Gesteinskörnungen für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln nach TL Gestein-StB:

| Eigenschaft | Verfestigung | Hydraulisch gebundene Tragschicht | Betontragschicht |
|--|---|-----------------------------------|--|
| Stoffliche Kennzeichnung | Bestimmung der gesteinskundlichen Merkmale nach DIN EN 932-3 | | |
| Feinanteil in Korngruppen 0/2 und 0/5 | ist anzugeben, zulässige Feinanteile im Baustoffgemisch dürfen nicht überschritten werden | | f ₃ |
| Feinanteil in Korngruppen 2/4 und 32/63 | | | f ₁ |
| Kornform von groben Gesteinskörnungen | SI ₅₀ (FI ₅₀) | | |
| Korngrößenverteilung | | | |
| Korngruppen / Lieferkörnungen | G _F 80 für 0/5 | | G _F 85 |
| | G _C 80/20 für 5/11, 11/22, 22/32, 32/45 und 45/56 | | |
| Korngruppen / Lieferkörnungen | G _C 85/20 für 2/4, 4/8, 8/16, 16/32 und 32/64 G _C 90/15 für 5/8, 8/11, 11/16 und 16/22 | | |
| Zusammengefasste Korngruppen | bei D/d < 4: G _T C20/15; bei D/d ≥ 4: G _T C20/17,5; für Körnungen nach DIN EN 13242: G _T NR | | |
| Toleranzen für Korngrößenverteilung | G _T NR | | Toleranzen nach Tab. 4, Zeile 1 + 2 der TL Gestein |
| Rohdichte | ist anzugeben | | |
| Wasseraufnahme | W _{cm} 0,5 | | |
| Widerstand gegen Frost | F ₄ | | |
| Sonnenbrand von Basalt | SB _{SZ} (SB _{LA}) | | |
| Organische Verunreinigungen | m _{LPC} NR | | |
| Dicalciumsilikatzerfall HOS oder GKOS | kein Zerfall | | |
| Eisenerfall bei HOS oder GKOS | kein Zerfall | | |
| Raubeständigkeit SWS | V ₅ | | SWS nicht einsetzbar |
| Alkali-Kieselsäure-Reaktion | Beachtung der Alkali-Richtlinie des DAfStb | | Alkalieempfindlichkeitsklassen angeben |
| Erstarrungs- und erhärtungsstörende Bestandteile | sind nachzuweisen | | |
| Umweltrelevante Merkmale | Bei industriell hergestellten Gesteinskörnungen und RC-Baustoffen sind die Anforderungen an die umweltrelevanten Merkmale einzuhalten | | |

Anwendungsbereiche für industriell hergestellte oder rezyklierte Gesteinskörnungen:

| Baustoffe | SFA | HOS, HS, CUG, CUS, GKOS, SKG, Lavaschlacke | SWS | RC ¹⁾ | HMVA |
|-------------------------------------|--------------------------------|--|---------------------|---------------------|-----------------------------|
| Bauklasse | SV, I bis VI | SV, I bis VI | SV, I bis VI | SV, I bis VI | IV bis VI |
| Verfestigungen | als Zusatz zur Gesteinskörnung | als Gesteinskörnung | als Gesteinskörnung | als Gesteinskörnung | eingeschränkt ²⁾ |
| Hydraulisch gebundene Tragschichten | als Zusatz zur Gesteinskörnung | als Gesteinskörnung | als Gesteinskörnung | als Gesteinskörnung | ³⁾ |
| Betontragschichten | als Zusatzstoff | als Gesteinskörnung | ³⁾ | als Gesteinskörnung | ³⁾ |

SFA: Steinkohlenflugasche
HOS: Hochofenstückschlacke
HS: Hüttensand
CUG/CUS: Schlacke aus der Kupfererzeugung
GKOS: Gießerei-Kupolofenstückschlacke
SKG: Schmelzkammergranulat
SWS: Stahlwerkschlacke
RC: Recyclingbaustoff
HMVA: Hausmüllverbrennungsgasche

¹⁾ Rezyklierte Gesteinskörnungen, die dem „Merkblatt zur Wiederverwendung von Beton aus Fahrbahndecken“ entsprechen, können – sofern Aus- und Einbau innerhalb der gleichen Baustelle erfolgen – ohne weitere Nachweise für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln verwendet werden.

²⁾ gemäß Merkblatt über die Verwertung von Hausmüllverbrennungsgasche im Straßenbau - M HMV-A

³⁾ nicht anzuwenden

2.6.3 Gesteinskörnungen und Baustoffgemische für Betontragschichten

Gesteinskörnungen wie in **Gesteinskörnungen und Baustoffgemische für HGT**, jedoch mit der Einschränkung, dass geeignete SFA nicht als Zusatz zu den Gesteinskörnungen sondern nur als Zusatzstoff eingesetzt werden kann. Die einzuhaltenden Sieblinien richten sich nach den Anforderungen von DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 (siehe auch Anlage 8).



2.6 Baustoffe

2.6.4 Hydraulische Bindemittel

Als Bindemittel werden Zemente nach DIN EN 197 oder DIN 1164-10 entsprechend Tabelle oder hydraulische

Boden- und Tragschichtbinder nach DIN 18506 (Festigkeitsklassen 12,5 und 32,5) verwendet.

| Hauptzementarten | Bezeichnung der Zementarten | Hauptbestandteile | |
|------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| CEM I | Portlandzement | | |
| CEM II | Portlandhüttenzement | A/B | S Hütten sand |
| | Portlandsilicastaubzement | A | D Silicastaub |
| | Portlandpuzzolan zement | A/B | P/Q Puzzolane |
| | Portlandflugasche zement | A | V Flugasche |
| | Portlandschiefer zement | A/B | T Schiefer |
| | Portlandkalkstein zement | A | LL Kalkstein |
| CEM II-M | Portlandkomposit zement | A | S-D, S-T, S-LL |
| | | | S-P, S-V |
| | | | D-T, D-LL, D-P |
| | | | D-V |
| | | | T-LL |
| | | | P-V, P-T, P-LL |
| | | | V-T, V-LL |
| | | B | S-D, S-T, S-P |
| | | | D-T, D-P |
| | | | P-T |
| CEM III | Hochofenzement | A | S |
| | | B | S |
| CEM IV | Puzzolan zement | B | p ¹⁾ |
| CEM V | Komposit zement | A | S-p ²⁾ |
| | | B | |

¹⁾ gilt nur für Trass nach DIN 51043 als Hauptbestandteil bis max 40M.-%

¹⁾ gilt nur für Trass nach DIN 51043 als Hauptbestandteil

2.6.5 Wasser

Als Zugabewasser eignet sich jedes in der Natur vorkommende Wasser, das den Anforderungen von DIN EN 1008 genügt. Für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln darf Restwasser entsprechend den Regelungen in DIN EN 206-1, DIN EN 1008 und DIN 1045-2 verwendet werden.

2.6.6 Betonzusatzmittel / Betonzusatzstoffe

Betonzusatzmittel müssen die Anforderungen der DIN EN 934-2 erfüllen oder eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung besitzen. Für die Anwendung von Betonzusatzmitteln nach DIN EN 934-2 ist DIN V 20000-100 zu beachten.

Betonzusatzstoffe müssen die Anforderungen der DIN EN 450, der DIN EN 12620 für Füller oder eine bauaufsichtliche Zulassung erfüllen. Die Festlegungen der DIN EN 206-1 und der DIN 1045-2 sind zu beachten. Die Kornverteilung von Böden kann durch Zugabe von Steinkohlenflugasche, die den Anforderungen von DIN EN 450-1 genügt, verbessert werden.

2.7 Anforderungen an Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln

2.7.1 Bemessung

Die Art und die Dicke der Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln unter Beton- und Asphaltdecken sowie im vollgebundenen Oberbau richtet sich nach der Bauklasse und der Art der Tragschicht.

Beim Bau einer Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln ist gem. RStO 01 im Bereich der Bauklassen SV, I bis IV die Asphalttragschicht um 8 bis 4 cm dünner gegenüber der Bauweise Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht

2.7.2 Oberbauschichten mit Bindemittel

Die Mindesteinbaudicken für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln sind in der ZTV Beton-StB geregelt.

2.7.3 Mindesteinbaudicken

2.7.3.1 Verfestigungen

Bei Verfestigungen sind die Mindesteinbaudicken abhängig vom Mischverfahren und vom Größtkorn des Einbaugemischs. Verfestigungen müssen mindestens

- im Zentralmischverfahren > 12 cm und
- im Baumischverfahren hergestellt > 15 cm

dick eingebaut werden. In Abhängigkeit vom Größtkorn beträgt die Mindesteinbaudicke bei

- Einbaugemischen 0/32 mm > 12 cm,
- Einbaugemischen 0/45 mm > 15 cm und
- Einbaugemischen > 0/45 mm > 20 cm

2.7.3.2 Hydraulisch gebundene Tragschichten

Die Mindesteinbaudicke jeder Lage einer hydraulisch gebundenen Tragschicht muss im verdichteten Zustand bei

- Einbaugemischen 0/32 mm > 12 cm und
- Einbaugemischen 0/45 mm > 15 cm betragen.

2.7.3.3 Betontragschichten

Die Mindesteinbaudicke jeder Lage einer Betontragschicht beträgt 12 cm, bei Verdichtung mit Innenrüttlern 15 cm.

2.7.4 Randausbildung der Tragschichten

Ohne Randeinfassung sind Tragschichten breiter (mindestens 50 cm) als die Decke auszuführen und am Rand abzuböschten.

Die Verbreiterung der Tragschichten verbessert das Tragverhalten des Oberbaus im Randbereich und ergibt eine standfeste Auflage für eine Schalung oder die Lauffläche von Gleitschalungsfertigern. Ist die Lauffläche der Gleitschalungsfertiger breiter als 40 cm, muss der Überstand mindestens die Breite der Lauffläche + 10 cm betragen.

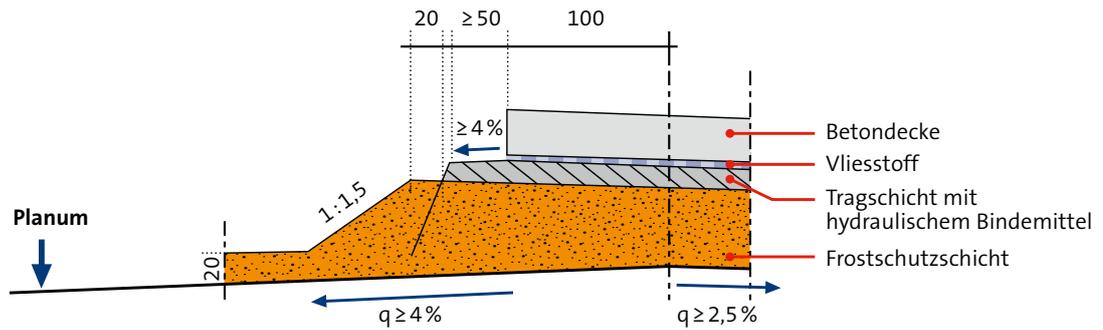
Bei Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln ist darauf zu achten, dass der seitliche Überstand am höher liegenden Fahrbahnrand mit einem Gegengefälle nach außen hergestellt wird, um zu vermeiden, dass Wasser von der Seite in die Straßenkonstruktion eindringt.



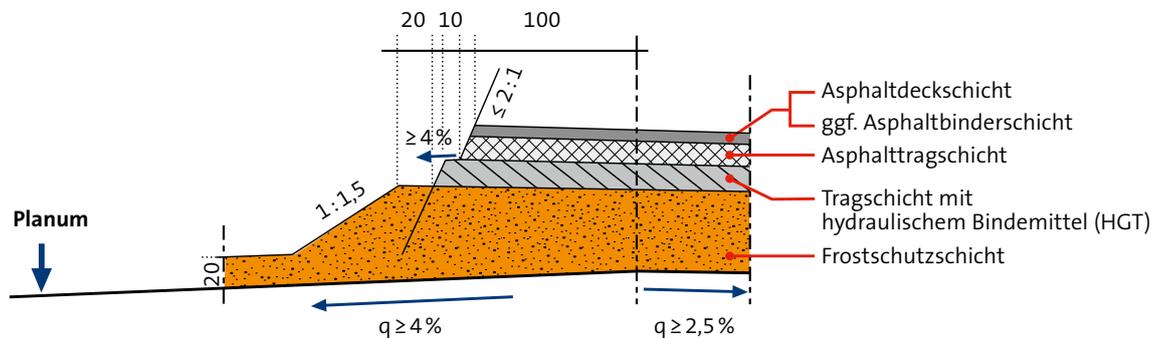
2.7 Anforderungen an Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln

2.7.4.1. Detail der Randausbildung

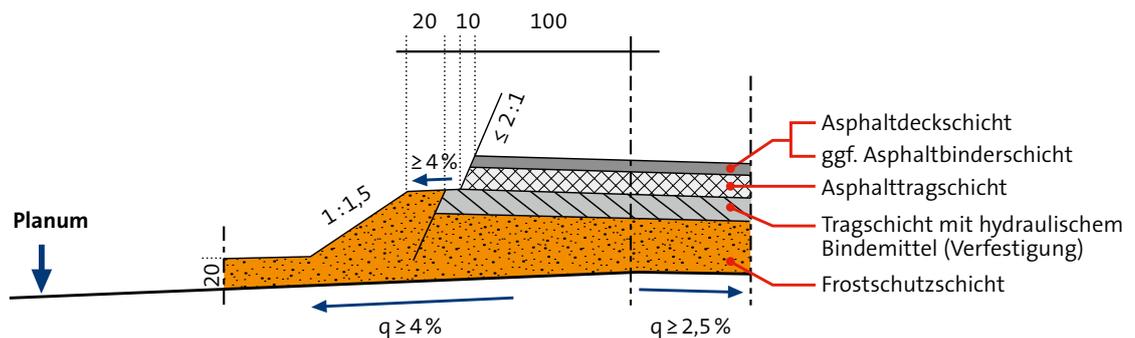
Randausbildung einer Betondecke auf einer Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln



Randausbildung einer Asphaltbefestigung auf einer Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln (HGT):



Randausbildung einer Asphaltbefestigung auf einer Verfestigung:



2.7.5 Entwässerung von Tragschichten

Das Gegengefälle muss vom Rand der Fahrbahndecke gemessen bis 1,0 m unter die Fahrbahn-decke ausgebildet werden. Andernfalls sind besondere Maßnahmen vorzusehen. Zudem müssen wirksame Entwässerungseinrichtungen vorhanden sein, die entsprechend dem Baufortschritt anzupassen, zu schützen und in ihrer Funktion aufrecht zu erhalten sind.

2.7.6 Ausführung bei niedrigen / hohen Temperaturen und Frost

Die Herstellung der Tragschichten auf gefrorener Unterlage und der Einbau gefrorener Baustoff- und Einbaugemische ist nicht zulässig.

Einbaugemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln dürfen nur mit einer Temperatur von $> 5\text{ °C}$ verarbeitet werden. Ist in den ersten 7 Tagen nach Herstellung der Tragschicht mit Frost zu rechnen, muss die Tragschicht so geschützt werden, dass keine Schäden auftreten können.

Einbaugemische für Betontragschichten dürfen nur eingebaut werden, wenn die Frischbetontemperatur 5 °C nicht unter- und 30 °C nicht überschreitet. Sind während der Betonierarbeiten Lufttemperaturen kleiner als 5 °C oder größer als 30 °C zu erwarten, sind besondere Maßnahmen gemäß ZTV Beton-StB zu ergreifen.

2.7.7 Profiligerechte Lage

Die Oberfläche der Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln darf nicht mehr als $\pm 1,5\text{ cm}$ von der Sollhöhe abweichen.

Unter Fahrbahndecken aus Beton darf die Abweichung der Höhe von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln von der Sollhöhe nicht mehr als $+ 0,5\text{ cm}$ oder $-1,5\text{ cm}$ betragen.

2.7.8 Ebenheit

Die Unebenheiten der Oberfläche von Verfestigungen und hydraulisch gebundenen Tragschichten innerhalb einer 4 m langen Messstrecke dürfen nicht größer als $1,5\text{ cm}$ sein. Die Unebenheiten der Oberfläche von Betontragschichten innerhalb einer 4 m langen Messstrecke dürfen nicht größer als $1,0\text{ cm}$ sein.

2.7.9 Toleranzen der Einbaudicke

Der vorgeschriebene Wert der Einbaumasse (in kg/m^2)

- einer Verfestigung
- einer hydraulisch gebundenen Tragschicht
- einer Betontragschicht

darf um max 10 % unterschritten werden.

Der Ermittlung der Einbaumasse ist in der Regel die Einbaumasse des gesamten Bauloses, mindestens jedoch einer Tagesleistung, für die jeweilige Schicht zugrunde zu legen.

Der vorgeschriebene Wert der Einbaudicke (in cm) darf bei

- einer Verfestigung oder einer hydraulischen Tragschicht um nicht mehr als $3,0\text{ cm}$
- einer Betontragschicht um nicht mehr als $2,5\text{ cm}$ unterschritten werden.

Als Einbaudicke gilt das arithmetische Mittel aller Einzelwerte für die jeweilige Schicht über das gesamte Baulos



Profiligerechte Lage und Ebenheit einer Verfestigung auf der BAB A 8

2.7 Anforderungen an Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln

2.7.10 Kerben oder Fugen

Alle Tragschichten mit Bindemittel müssen von festen Einbauten durch eine Raumfuge getrennt werden. Unter Asphaltdecken müssen Tragschichten mit hydraulischem Bindemittel gekerbt oder mit Scheinfugen unterteilt werden. Der Abstand der Kerben oder Scheinfugen beträgt im allgemeinen maximal 5 m.



Längs- und Querfugen unter einer späteren Asphaltdecke auf der BAB A 8

Zur Vermeidung von Reflexionsrissen in der Deckschicht sowie der Erosion der Tragschicht ist zwischen einer Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln und der Betondecke ein Vlies anzuordnen (Regelbauweise). Alternativ kann eine Asphalttragschicht eingebaut werden.

Wird in Sonderfällen ohne Vliesstoff gearbeitet und die Betondecke unmittelbar auf die Tragschicht aufgelegt, richten sich die Fugen und Kerben in der Tragschicht nach den Presslängs- und Querscheinfugen der Decke. Gemäß ZTV Beton-StB muss die Kerbtiefe mindestens 35 % der vorgesehenen Einbaudicke betragen. Unter Betondecken müssen die Kerben in der Tragschicht im Fugenraster der Betondecke angeordnet werden.

Arbeits- und Tagesabschnitte sind über die Einbaudicke senkrecht auszubilden. Arbeitsfugen sind als Pressfugen auszubilden. Im Anschluss an Bauwerke und um Einbauten sind Raumfugen anzuordnen.

Bei Flugbetriebsflächen kann die größere Dicke der Betondecke gesonderte Regelungen erfordern.

2.7.11 Nachbehandlung

Die verfestigte Schicht ist mindestens 3 Tage nachzubehandeln, sofern die Tragschicht nicht unmittelbar nach dem Einbau mit einer weiteren Lage oder Schicht überbaut wird.

Möglichkeiten der Nachbehandlung:

- eine Nassnachbehandlung
- das Ansprühen mit einer Bitumenemulsion
- das Aufbringen einer wasserhaltenden Abdeckung

Bei einer Nassnachbehandlung muss die verfestigte Schicht nach dem Einbau und der Verdichtung durch Aufsprühen von Wasser 3 Tage lang mattfeucht glänzend gehalten werden.

Bei der Verwendung einer Bitumenemulsion C60B1-S ist die lösemittelfreie Emulsion sofort nach Überschreiten des mattfeuchten Zustandes der verdichteten Tragschicht gleichmäßig aufzusprühen. Die Ansprühmenge beträgt ca. 0,5 kg/m². Es soll ein dünner geschlossener Film entstehen. Die angesprühte Schicht ist noch vor Beginn des Brechvorgangs der Bitumenemulsion mit Splitt 2/5 abzustreuen und mit Walzen anzudrücken.

Soll die Tragschicht frühzeitig befahren werden, besteht die Gefahr des Auf-/Abwickelns des geschlossenen Films.

Bei der Anwendung von wasserhaltenden Abdeckungen ist die verdichtete, mattfeucht glänzende, hydraulisch gebundene Tragschicht mit einem Jutetuch oder einer Folie abzudecken.

Die Nachbehandlung mit Betonnachbehandlungsmitteln ist ungeeignet.

Eine Nachbehandlung kann entfallen, wenn auf die noch frische, verdichtete Schicht Asphaltmischgut aufgebracht wird. Das Gefüge der Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln darf dabei allerdings nicht gestört werden.

Das Heißmischgut wirkt sich zudem positiv auf die Festigkeitsentwicklung der Tragschicht aus. Eine mit einer mindestens 8 cm dicken Asphalttragschicht versehene Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln kann sofort für den Verkehr freigegeben werden.



Nassnachbehandlung unter einer späteren Asphaltdecke auf der BAB A 8

2.7.11.1 Tabellarische Zusammenstellung der Anforderungen an Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln nach ZTV Beton-StB

| | Verfestigung | | Hydraulisch gebundene Tragschicht | Betontragschicht |
|--|--|---|---|--|
| | Baumischverfahren | Zentralmischverfahren | | |
| Verdichtungsgrad der zur Verfestigung vorgesehenen Schicht | $\geq 100\%$ ¹⁾ | – | – | – |
| Verdichtungsgrad der verfestigten Schicht | $\geq 98\%$ ¹⁾ | | | |
| Abweichung der Oberfläche von der Sollhöhe (profilgerechte Lage) | $\leq \pm 1,5\text{ cm}$ ²⁾ $\leq +0,5\text{ cm}$ bzw. $\leq -1,5\text{ cm}$ ³⁾ | | | |
| Ebenheit | $\leq 1,5\text{ cm} / 4\text{ m}$ | | | |
| Zul. Abweichung Einbaudicke ⁶⁾ / Einbaugewicht ⁷⁾ | Einzelwerte $\leq 3,0\text{ cm}$ i. M. $\leq 10\%$ | | | Einzelwerte $\leq 2,5\text{ cm}$ i. M. $\leq 10\%$ |
| Druckfestigkeit im Rahmen der Erstprüfung | $7,0\text{ N/mm}^2$ ^{4) 8) 9)} $\geq 15,0\text{ N/mm}^2$ ^{3) 8) 9)} | | | f_{ck} |
| Druckfestigkeit im Rahmen der Kontrollprüfung | $\geq 3,5\text{ N/mm}^2$ ^{4) 10)} $n = 1 \geq 6,0\text{ N/mm}^2$ ^{3) 8) 10)} $n \geq 8 \geq 8,0\text{ N/mm}^2$ ^{3) 8) 11)} $n \geq 9 \geq 10,0\text{ N/mm}^2$ ^{3) 8) 11)} | | | $f_{ci} \geq f_{ck} - 4\text{ N/mm}^2$ $f_{cm} \geq f_{ck} + 4\text{ N/mm}^2$ |
| Festigkeitsklasse | – | – | – | C 12/15 bis C 20/25 |
| Frostwiderstand bei Kornanteil < 0,063 mm zwischen 5 und 15 M.-% | Längenänderung $\leq 1\%$ | | | – |
| Mindestbindemittelmenge | $> 3,0\text{ M.-%}$ | | | – |
| Bindemittelmenge im Rahmen der Kontrollprüfung ¹³⁾ | i. M. -5 bis +8 % rel. Einzelwerte -10 bis +15 % rel. ^{4) 5)} | – | – | – |
| Mindestdicke jeder Schicht oder Lage | 15 cm ($\leq 0/45$) 20 cm ($> 0/45$) | 12 cm ($\leq 0/32$) 15 cm ($0/45$) 20 cm ($> 0/45$) | 12 cm ($0/32$) 15 cm ($0/45$) | 12 cm ¹⁴⁾ |
| Anforderungen an die Kornverteilung | – | – | $< 0,063\text{ mm}$ $\leq 15\text{ M.-%}$, $> 2\text{ mm}$ zwischen 55 und 84 M.-%, größte Kornklasse $\geq 10\text{ M.-%}$, Überkorn $\leq 10\text{ M.-%}$ | nach DIN 1045 bzw. DIN EN 206 |
| zulässige Abweichung von der in der Eignungsprüfung festgelegten Kornverteilung (M.-%) | – | – | bei 2 mm, 8 mm und 16 mm $\pm 8 < 0,063\text{ mm}$ ¹⁵⁾ | – |

- 1) Proctordichte;
- 2) allgemeine Forderung;
- 3) erhöhte Forderung unter Fahrbahndecken aus Beton;
- 4) unter Asphaltbefestigungen;
- 5) keine Anforderungen unter Fahrbahndecken aus Beton;
- 6) Als Einbaudicke gilt das arithmetische Mittel aller Einzelwerte der Einbaudicke für die jeweilige Schicht über das gesamte Baulos.
- 7) i. d. R. als Mittelwert über das gesamte Baulos, es können jedoch auch Mittelwerte für Teilabschnitte, die mindestens einer Tagesleistung entsprechen müssen gebildet werden;
- 8) geprüft am Proctorkörper $H / D = 125 / 150\text{ mm}$; werden Probekörper mit $H / D = 120 / 100\text{ mm}$ geprüft, sind die dabei ermittelten Druckfestigkeitswerte mit 1,25 zu multiplizieren um mit den Tabellenwerten vergleichbar zu sein;
- 9) Mittelwert aus drei zusammengehörenden Probekörpern deren Einzelwerte um nicht mehr als $\pm 2,0\text{ N/mm}^2$ vom Mittelwert abweichen;
- 10) Einzelwert;
- 11) Mittelwert;
- 13) Als Bindemittelmenge gilt das arithmetische Mittel aller Einzelwerte der Bindemittelmenge der Verfestigung über das gesamte Baulos, bei der Ermittlung des Mittelwertes dürfen Mehrmengen nur bis 15 % rel. über dem Sollwert berücksichtigt werden.;
- 14) bei Verdichtung mit Innenrüttlern $\geq 15\text{ cm}$;
- 15) Der Anteil $< 0,063\text{ mm}$ darf den bei der Erstprüfung festgelegten und um den Bindemittelgehalt erhöhten Wert um nicht mehr als 2,0 M.-% überschreiten.

2.8 Ausführen von Verfestigungen

2.8.1 Anforderungen an Einbaugemische für Verfestigungen

Die Zusammensetzung des Einbaugemisches ist in einer Erstprüfung zu ermitteln.

2.8.2 Herstellung

Jede Schicht oder Lage einer Verfestigung ist so herzustellen, dass ihre Güteeigenschaften gleichmäßig sind und die gestellten Anforderungen erfüllt werden. Arbeits- und Tagesabschnitte sind über die Einbaudicke senkrecht auszubilden. Vor dem Einbau einer Anschlussbahn an eine bereits erhärtete Verfestigung sind alle lockeren Bestandteile zu entfernen. Weitere Lagen und Schichten dürfen auf eine frisch eingebaute Verfestigung aufgebracht werden, wenn die Verfestigung nicht unzulässig verdrückt wird und der Verfestigung das zur Erhärtung notwendige Wasser nicht entzogen wird. Verfestigungen können im Baumisch- oder im Zentralmischverfahren hergestellt werden.

2.8.3 Baumischverfahren

Zuerst ist die für die Verfestigung vorgesehene Schicht auf das herzustellende Profil abzugleichen. Gleichzeitig ist die Schicht solange zu verdichten, bis der vorgesehene Verdichtungsgrad und die erforderliche Ebenheit erreicht sind. Dabei ist darauf zu achten, dass der optimale Wassergehalt für die Verfestigung nicht überschritten und der vorgesehene Verdichtungsgrad nicht unterschritten wird.

Im Baumischverfahren wird dem zur Verfestigung vorgesehenen und verdichteten Boden oder Baustoffgemisch an Ort und Stelle die erforderliche Bindemittelmenge mit einer Fräse zugemischt. Die in der Erstprüfung bestimmte Bindemittelmenge wird mittels eines Streuers mit Dosiereinrichtung ausgestreut. Nachfolgend wird das Bindemittel mit geeignete Hochleistungsfräsen untergemischt. Noch fehlendes Wasser ist erst nach dem ersten Mischgang oder bei Eingangsmischern während des Mischgangs zuzugeben.



Die Wasserzugabe erfolgt entweder durch Wassersprengwagen oder durch einen Sprühbalken in der Frästrommel. Die Durchmischung der vorgesehenen Schicht mit dem Bindemittel muss so gewählt und aufeinander abgestimmt werden, dass die Verfestigung über den gesamten Querschnitt zügig in der Verarbeitungszeit des Einbaugemischs (Verarbeitungszeit von der Zugabe des Normalzements bis zum Abschluss der Verdichtung beträgt bei Temperaturen bis 20 °C maximal 2 h, bei höheren Temperaturen maximal 1,5 h) hergestellt wird.

Werden Verfestigungen in einzelnen, nebeneinander liegenden Bahnen hergestellt, ist frisch in frisch zu arbeiten. Die jeweils fertig gestellte benachbarte Bahn ist auf mindestens 20 cm Breite überlappend mit durchzufräsen und gemeinsam mit der neuen Anschlussbahn zu verdichten.

2.8.4 Zentralmischverfahren

Beim Zentralmischverfahren wird der Boden oder das Baustoffgemisch in einem Zwangsmischer mit der erforderlichen Bindemittelmenge und dem Zugabewasser vermischt. Freifallmischer sind nicht zugelassen.

Die Dosierung der Ausgangsstoffe erfolgt gewichtsmäßig oder volumetrisch. Die Mischanlagen müssen eine ausreichend große Leistung haben, damit Einbau und Verdichtung zügig möglich sind. Es muss so lange gemischt werden, bis Bindemittel und Wasser gleichmäßig mit dem Boden- oder Baustoffgemisch vermischt sind und das Einbaugemisch einen einheitlichen Farbton aufweist. Das fertige Einbaugemisch ist gegen Witterungseinflüsse geschützt auf die Baustelle zu transportieren und in der Regel mit Fertigern einzubauen. Vor dem Einbau ist die Unterlage auf die erforderliche Höhe abzugleichen und i. allg. anzuweichen, um den Entzug von Wasser aus dem einzubauenden Einbaugemisch zu verhindern.

Das Einbaugemisch ist so gleichmäßig einzubauen, dass keine Entmischungen auftreten und die geforderte Schichtdicke, Ebenheit der Oberfläche und der vorgeschriebene Verdichtungsgrad erreicht werden.

2.8.5 Einbau und Verdichtung

Wird nach dem Baumischverfahren gearbeitet, befindet sich das frische, verdichtungsfähige Einbaugemisch an Ort und Stelle. Die im Zentralmischverfahren hergestellten Einbaugemische werden in Lastkraftwagen zur Einbaustelle gebracht. Das Gemisch muss bei größeren Transportentfernungen oder bei ungünstiger Witterung mit Planen abgedeckt werden. Das Einbaugemisch kann mit Straßentfertigern, Gradern oder Planiertrauben eingebaut werden. Die Mindesteinbaudicke jeder Schicht oder Lage muss im verdichteten Zustand abhängig vom Größtkorn und der Art der Einbaugemische

- bei Gemischen 0/32 mm 12 cm,
- bei Gemischen 0/45 mm 15 cm und
- bei Gemischen > 0/45 mm 20 cm betragen.
- Betontragschichten müssen mindestens 12 cm dick sein.

Soll eine einwandfreie Verbindung mehrerer Schichten oder Lagen erreicht werden, ist ein Einbau frisch in frisch zu wählen. Eine bereits verdichtete, aber noch frische Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln ist vor dem Aufbringen der nächsten Lage aufzurauen.

Ein Abtrag und insbesondere ein Auftrag von frischen Einbaugemischen zur Herstellung einer profilgerechten Oberfläche sollte vermieden werden.

Zur Verdichtung der Einbaugemische werden (wahlweise oder in Kombination) eingesetzt:

- Gummiradwalzen, Gewicht zwischen 12 und 32 t
- Walzenzüge, Gewicht zwischen 6 und 16 t
- Großflächenrüttler

2.8.6 Anforderungen an den Verdichtungsgrad

Der Verdichtungsgrad D_{pr} der beim Baumischverfahren zur Verfestigung vorgesehenen Schicht muss mindestens 100 % der Proctordichte des Bodens oder des Baustoffgemisches betragen.

Der Verdichtungsgrad D_{pr} der verdichteten, noch nicht erstarrten Schicht muss mindestens 98 % der Proctordichte des Einbaugemisches betragen.

2.9 Ausführung von hydraulisch gebundenen Tragschichten

2.9.1 Anforderungen an das Einbaugemisch

Die günstigste Zusammensetzung des Einbaugemischs ist durch Erstprüfungen zu ermitteln.

Beim Einbau des Einbaugemisches darf der optimale Wassergehalt nicht über- und der vorgeschriebene Verdichtungsgrad nicht unterschritten werden.

Die Gesteinskörnungsanteile über 2 mm, 8 mm und 16 mm des Einbaugemisches dürfen gegenüber der Erstprüfung bezogen auf das trockene Baustoffgemisch um nicht mehr als 8,0 M-% über- oder unterschritten werden. Der Kornanteil des trockenen Baustoffgemisches unter 0,063 mm darf um nicht mehr als 2,0 M.-% überschritten werden.

2.9.2 Herstellung, Transport und Einbau

Das Einbaugemisch für hydraulisch gebundene Tragschichten wird entsprechend der Erstprüfung im Zentralmischverfahren hergestellt.

Das Einbaugemisch wird in Lastkraftwagen zur Einbaustelle gebracht. Bei ungünstiger Witterung sowie bei größeren Transportentfernungen muss es mit Planen abgedeckt werden.

Das Einbaugemisch ist so zu fördern und einzubauen, dass keine Entmischung eintritt.

Das Einbaugemisch wird in der Regel mit Fertigern eingebaut. Wird an bereits vorhandenen Bahnen einer hydraulisch gebundenen Tragschicht angebaut, so sind senkrechte Fugen auszubilden und an den Kanten vorhandene, lockere Bestandteile der erhärteten Tragschicht zu beseitigen. Weitere Schichten oder Lagen dürfen auf die Tragschicht aufgebracht werden, wenn beim Einbau keine unzulässigen Verdrückungen der erhärtenden Tragschicht auftreten und das für die Erhärtung notwendige Wasser nicht entzogen wird.

Zur Verdichtung der Einbaugemische werden (wahlweise oder in Kombination) eingesetzt:

- Gummiradwalzen, Gewicht zwischen 12 und 32 t
- Walzenzüge, Gewicht zwischen 6 und 16 t
- Großflächenrüttler



Einbau einer hydraulisch gebundenen Tragschicht unter Verwendung von pechhaltigem Ausbaustoffen auf der BAB A 81. Der Einbau erfolgte mittels Grader.

2.9.3 Anforderungen an die fertige Schicht

Eine noch nicht erstarrte, verdichtete hydraulisch gebundene Tragschicht muss mindestens einen Verdichtungsgrad von 98 % aufweisen.

Unter Fahrbahndecken aus Beton darf die Druckfestigkeit der hydraulisch gebundenen Tragschicht nach 28 Tagen bei der Kontrollprüfung

- 6,0 N/mm² im Einzelwert und
- 8,0 N/mm² im Mittelwert aus weniger als 9 zusammengehörigen Einzelwerten bzw.
- 10,0 N/mm² im Mittelwert aus mehr als 8 zusammengehörigen Einzelwerten ermittelt am Probekörper mit H = 125 mm und D = 150 mm nicht unterschreiten.

Unter Asphaltdecken darf die Druckfestigkeit der hydraulisch gebundenen Tragschicht nach 28 Tagen bei der Kontrollprüfung

- 3,5 N/mm² im Einzelwert und
- 8,0 N/mm² im Mittelwert aus weniger als 9 zusammengehörigen Einzelwerten bzw.
- 10,0 N/mm² im Mittelwert aus mehr als 8 zusammengehörigen Einzelwerten ermittelt am Probekörper mit H = 125 mm und D = 150 mm nicht unterschreiten.

2.10 Ausführung von Betontragschichten

Der Beton muss den Festigkeitsklassen C12/15 bis C20/25 nach DIN EN 206-1 entsprechen.

Betontragschichten sind unter Berücksichtigung von DIN 1045-3 herzustellen und mindestens 3 Tage nachzubehandeln.

Der Beton ist in der Regel mit Fertigern gleichmäßig und vollständig verdichtet einzubauen. Papierlagen oder Folien unter der Betontragschicht sind nicht erforderlich.

Die Unterlage unter der Betontragschicht ist ggf. anzufeuchten, wenn mit einem Entzug der Feuchte aus der Betontragschicht gerechnet werden muss. Weitere Schichten oder Lagen dürfen auf die Tragschicht aufgebracht werden, wenn sie ausreichend erhärtet ist.

2.11 Art und Umfang von Prüfungen

2.11.1 Erstprüfung für Verfestigungen

Für Verfestigungen sind Böden und Baustoffgemische bis 63 mm Größtkorn geeignet. Dabei darf der Anteil < 0,063 mm 15 M.-% nicht übersteigen.

Liegt der Körnungsanteil < 0,063 mm zwischen 5 M.-% und 15 M.-%, muß bei der Erstprüfung der ausreichende Frost-Widerstand des erhärteten Einbaugemisches nachgewiesen werden. Ein ausreichender Frost-Widerstand ist erreicht, wenn die Längenänderung des erhärteten Einbaugemisches bei der Prüfung des Frost-Widerstandes 1 ‰ nicht überschreitet.

Die Bindemittelmenge ist so zu wählen, dass die Druckfestigkeiten von drei zusammengehörigen Probekörpern (Durchmesser = 150 mm, Höhe = 125 mm) bei der Erstprüfung im Mittel unter

- Asphaltdecken 7,0 N/mm² und
 - Betondecken ≥ 15,0 N/mm²
- betragen.

Bei der Erstprüfung sind folgende Anforderungen einzuhalten:

- Die Mindestbindemittelmenge beträgt 3,0 M.-% des trockenen Bodens bzw. Baustoffgemisches
- Bei Verfestigungen unter Asphalttschichten muss die mittlere Druckfestigkeit von drei zusammengehörigen Probekörpern 7 N/mm² betragen. Wird bei der Mindestbindemittelmenge von 3,0 M.-% die Druckfestigkeit von 7 N/mm² überschritten, ist die Mindestbindemittelmenge maßgebend.
- Bei Verfestigungen unter Fahrbahndecken aus Beton muss die mittlere Druckfestigkeit von drei zusammengehörigen Probekörpern mindestens 15 N/mm² betragen.
- Die Einzelwerte der Druckfestigkeit je gewählter Bindemittelmenge dürfen den zugehörigen Mittelwert um nicht mehr als 2,0 N/mm² über- oder unterschreiten.
- Die bei der Prüfung des Frostwiderstands ermittelte Längenänderung darf 1 ‰ nicht überschreiten. Ergibt sich auf Grund der Prüfung des Frostwiderstandes eine höhere Bindemittelmenge, ist diese maßgebend.

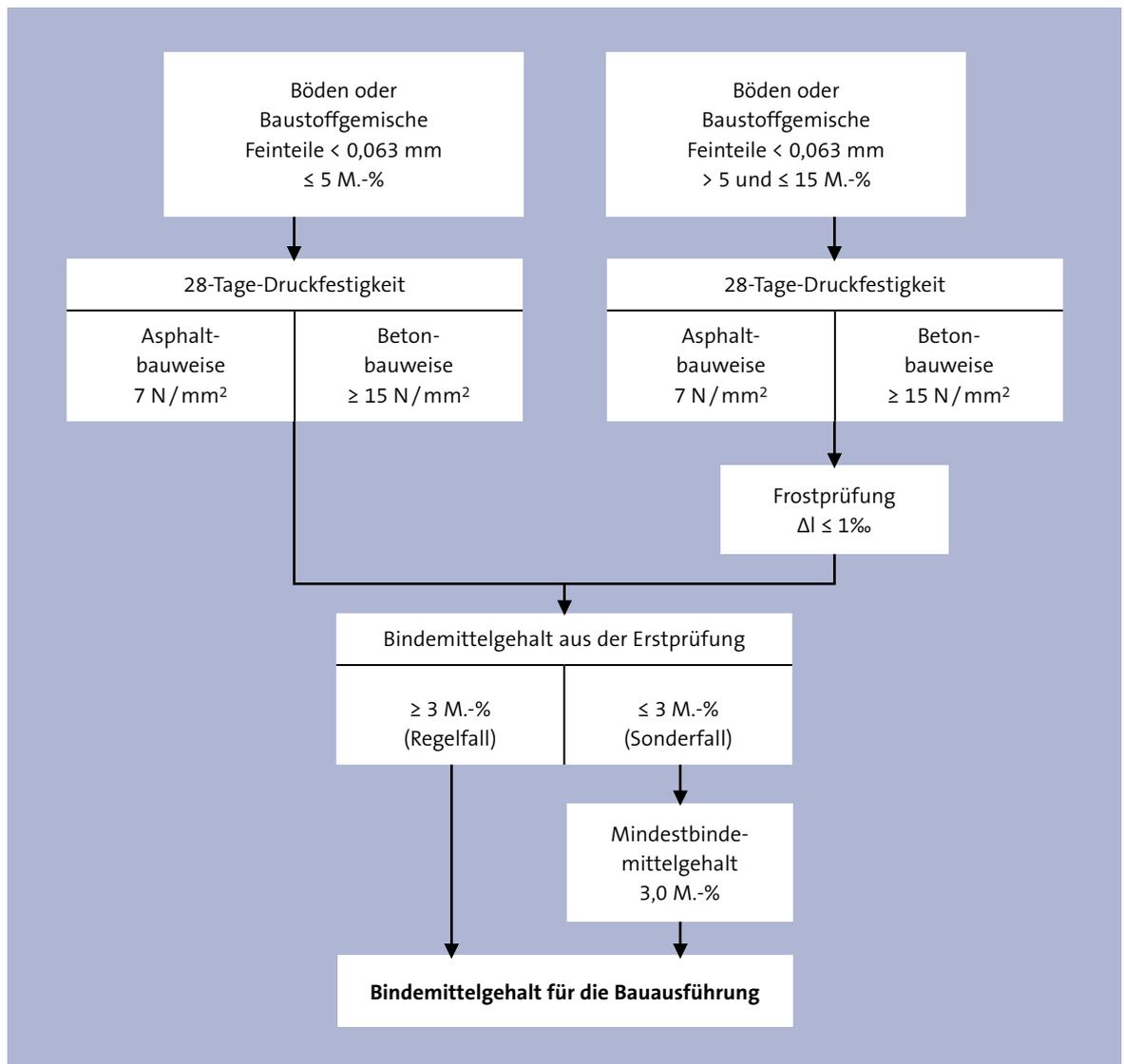
Kriterien für die Bestimmung der Bindemittelmenge bei der Erstprüfung von Einbaugemischen für Verfestigungen:

| Art der Böden und/oder der Baustoffgemische | Frostwiderstand Längenänderung [% _o] | Druckfestigkeit im Alter von 28 Tagen | |
|---|--|--|---|
| | | unter Asphalttschichten [N/mm ²] | unter Fahrbahndecken aus Beton [N/mm ²] |
| Feinteile in Böden und/oder Baustoffgemischen ≤ 5 M.-% | – | 7 | ≥ 15,0 |
| Feinteile in Böden und/oder Baustoffgemischen > 5 und ≤ 15 M.-% | Δl ≤ 1,0 | | |

Die Anforderungen an die Druckfestigkeit beziehen sich auf einen Probekörper mit einer Höhe A von 125 mm und einem Durchmesser D von 150 mm.

2.11 Art und Umfang von Prüfungen

Ablaufdiagramm für die Festlegung der Mindestbindemittelmenge:



2.11.2 Erstprüfung für hydraulisch gebundene Tragschichten

Für hydraulisch gebundene Tragschichten sind Baustoffgemische bis 31,5 oder 45 mm Größtkorn geeignet. Dabei darf der Kornanteil über dem Größtkorn nicht mehr als 10 M.-% betragen und der Kornanteil $\leq 0,063$ mm 15 M.-% nicht überschreiten.

Zudem muss der Kornanteil ≤ 2 mm zwischen 16 und 45 M.-% und bei der Siebgröße jeweils unter dem Größtkorn (22,4 mm bzw. 31,5 mm) unter 90 M.-% betragen. Die Bindemittelmenge darf 3,0 M.-% bezogen auf das trockene Baustoffgemisch nicht unterschreiten.

Die Bindemittelmenge ist durch Interpolation zu bestimmen. Liegt der Kornanteil $\leq 0,063$ mm zwischen 5 und 15 M.-%, muss in der Erstprüfung der ausreichende Frostwiderstand des erhärteten Einbaugemischs nachgewiesen werden.

Die Bindemittelmenge ist so zu wählen, dass die Druckfestigkeiten von drei zusammengehörigen Probekörpern (Durchmesser = 150 mm, Höhe = 125 mm) bei der Erstprüfung im Mittel unter

- Asphaltdecken 7,0 N/mm² und
- Betondecken $\geq 15,0$ N/mm² betragen.

Bei der Erstprüfung sind folgende Anforderungen einzuhalten:

- Die Mindestbindemittelmenge beträgt 3,0 M.-% des trockenen Baustoffgemisches
- Bei HGT unter Asphaltsschichten muss die mittlere Druckfestigkeit von drei zusammengehörigen Probekörpern 7 N/mm² betragen. Wird bei der Mindestbindemittelmenge von 3,0 M.-% die Druckfestigkeit von 7 N/mm² überschritten, ist die Mindestbindemittelmenge maßgebend.
- Bei HGT unter Fahrbahndecken aus Beton muss die mittlere Druckfestigkeit von drei zusammengehörigen Probekörpern mindestens 15 N/mm² betragen.
- Die Einzelwerte der Druckfestigkeit je gewählter Bindemittelmenge dürfen den zugehörigen Mittelwert um nicht mehr als 2,0 N/mm² über- oder unterschreiten.
- Die bei der Prüfung des Frostwiderstands ermittelte Längenänderung darf 1 ‰ nicht überschreiten. Ergibt sich auf Grund der Prüfung des Frostwiderstandes eine höhere Bindemittelmenge, ist diese maßgebend.

Kriterien für die Bestimmung der Bindemittelmenge bei der Erstprüfung von hydraulisch gebundenen Tragschichten:

| Art der Böden und/oder der Baustoffgemische | Frostwiderstand Längenänderung [‰] | Druckfestigkeit im Alter von 28 Tagen | |
|--|--|---|--|
| | | unter Asphaltsschichten [N/mm ²] | unter Fahrbahndecken aus Beton [N/mm ²] |
| Feinteile in Böden und/oder Baustoffgemischen ≤ 5 M.-% | – | 7 | ≥ 15,0 |
| Feinteile in Böden und/oder Baustoffgemischen > 5 und ≤ 15 M.-% | Δl ≤ 1,0 | | |

Die Anforderungen an die Druckfestigkeit beziehen sich auf einen Probekörper mit einer Höhe A von 125 mm und einem Durchmesser D von 150 mm.

2.11 Art und Umfang von Prüfungen

2.11.3 Erstprüfung für Betontragschichten

Der Beton muss den Druckfestigkeitsklassen C 12/15 bis C 20/25 entsprechen. In der Erstprüfung sind die Nachweise gemäß DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 zu führen.

2.11.4 Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfung für Verfestigungen

Der ordnungsgemäße Einbau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln ist durch Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen zu überwachen. Art und Umfang der Prüfungen ergeben sich gemäß Tabelle:

| 1. Verfestigung | | |
|--|---|---|
| | Eigenüberwachungsprüfung | Kontrollprüfung |
| Einbaugemisch | | |
| a) Übereinstimmung mit der Erstprüfung | Vergleich der Lieferscheine bzw. nach Augenschein bei jeder Lieferung | |
| b) Druckfestigkeit oder Bindemittelgehalt | | Mindestens je angefangene 500 m bzw. je 6.000 m ² Tragschicht |
| Unter Asphaltsschichten kann anstelle der Druckfestigkeit der Bindemittelgehalt geprüft werden. | | Mindestens je angefangene 100 m bzw. je 1.000 m ² , jedoch mindestens einmal täglich |
| Beim Baumischverfahren an der zur Verfestigung vorbereiteten Schicht | | |
| a) Verdichtungsgrad | je angefangene 250 m bzw. je angefangene 3.000 m ² | |
| b) Profllgerechte Lage | je nach Erfordernis | |
| c) Bindemittelmenge | je nach Erfordernis | |
| An der verfestigten Schicht (unmittelbar nach der Verdichtung unabhängig von Herstellungsverfahren und Art der darüber liegenden Schicht) | | |
| a) Schichtdicke | je nach Erfordernis | mindestens je angefangene 100 m bzw. je 1.000 m ² |
| b) Profllgerechte Lage und Ebenheit | je nach Erfordernis | in Abständen, die nicht größer als 50 m sind |
| c) Verdichtungsgrad | mindestens je angefangene 250 m bzw. je 3.000 m ² | mindestens je angefangene 500 m bzw. je 6.000 m ² , jedoch mindestens einmal täglich |

2.11.5 Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfung für hydraulisch gebundene Tragschichten

Der ordnungsgemäße Einbau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln ist durch Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen zu überwachen. Art und Umfang der Prüfungen ergeben sich gemäß Tabelle.

| 2. Hydraulisch gebundene Tragschicht | | |
|--|---|--|
| | Eigenüberwachungsprüfung | Kontrollprüfung |
| Am Einbaugemisch bzw. an der fertigen Leistung | | |
| a) Übereinstimmung mit der Erstprüfung | Vergleich der Lieferscheine bzw. nach Augenschein bei jeder Lieferung | |
| b) Korngrößenverteilung | | nach Erfordernis, mindestens je angefangene 6.000 m ² Tragschicht |
| c) Proctordichte | Mindestens zweimal täglich | |
| d) Druckfestigkeit am Probekörper Durchmesser D = 150 mm, Höhe H = 125 mm | | nach Erfordernis, mindestens je angefangene 6.000 m ² Tragschicht |
| e) Beschaffenheit des Einbaugemischs | nach Augenschein | |
| f) Wassergehalt | je angefangene 3.000 m ² , jedoch mindestens zweimal täglich | |
| An der fertigen Leistung | | |
| a) Einbaudicke / Einbaugewicht | je angefangene 250 m bzw. je angefangene 3.000 m ² | mindestens je angefangene 100 m bzw. je 1.000 m ² |
| b) Profllgerechte Lage und Ebenheit | je nach Erfordernis | in Abständen, die nicht größer als 50 m sind |
| c) Verdichtungsgrad (der noch nicht erstarrten Schicht) | in Abständen von weniger als 500 m, jedoch mindestens je angefangene 6.000 m ² | nach Erfordernis, mindestens je angefangene 6.000 m ² Tragschicht |

2.11.6 Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfung für Betontragschichten

Der ordnungsgemäße Einbau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln ist durch Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen zu überwachen. Art und Umfang der Prüfungen ergeben sich gemäß Tabelle.

| 3. Betontragschicht | | |
|--|---|--|
| | Eigenüberwachungsprüfung | Kontrollprüfung |
| Am Einbaugemisch bzw. an der fertigen Leistung | | |
| a) Übereinstimmung mit der Erstprüfung | Vergleich der Lieferscheine bzw. nach Augenschein bei jeder Lieferung | |
| b) Konsistenz und Rohdichte des Frischbetons | mindestens je 3.000 m ² | nach Erfordernis |
| c) w/z-Wert des Frischbetons | mindestens je 3.000 m ² | |
| d) Druckfestigkeit und Rohdichte des erhärteten Betons | mindestens je 3.000 m ² | je angefangene 3.000 m ² |
| e) Einbaudicke | mindestens je 3.000 m ² | je angefangene 3.000 m ² |
| f) Profllgerechte Lage und Ebenheit | je nach Erfordernis | in Abständen, die nicht größer als 50 m sind |

2.12 Verwertung von Asphaltgranulat und pechhaltigen Straßenausbaustoffen in Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln

2.12.1 Allgemeines

Dieser Absatz enthält zusätzliche Angaben für die Verwendung von Baustoffgemischen mit mehr als 30 M.-% Asphaltgranulat sowie für pechhaltige Straßenausbaustoffe für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln. Pechhaltige Straßenausbaustoffe können für Verfestigungen oder hydraulisch gebundene Tragschichten verwendet werden, weil durch die Aufbereitung mit hydraulischen Bindemitteln bei sachgerechtem Einbau und einer anforderungsgerechten Verdichtung die Eluierbarkeit von Schadstoffen aus der fertigen Schicht wesentlich reduziert wird. Grundlage hierfür sind die „Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit pechhaltigen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“ (RuVA-StB). Sie sind zu beachten.

Die aufbereiteten Ausbaustoffe sind zusammen mit dem Bindemittel und Wasser im Zentralmischverfahren zu mischen.

2.12.2 Ausgangsstoffe – Gesteinskörnungen

Bei der Verwendung von pechhaltigen Straßenausbaustoffen ist ein Vermischen mit nicht pechhaltigem Material möglichst zu vermeiden.

Zur Erzielung einer möglichst dichten, wasserundurchlässigen Gefügestruktur dürfen den pechhaltigen Stoffen – bezogen auf das trockene Gesteinskörnungsgemisch – maximal 15 M.-% neue Gesteinskörnungen nach TL Gestein-StB und/oder Zusatzstoffe zugegeben werden. Dabei ist ggf. der ausreichende Frostwiderstand nachzuweisen.

Der Siebdurchgang bei 2 mm des verwendeten Gesteinskörnungsgemisches muss mindestens 25 M.-% betragen. Die maximale Stückgröße ist auf 45 mm begrenzt.

Ein Überkornanteil von 10 M.-% bis 56 mm ist zulässig. Asphaltgranulat muss den „Technischen Lieferbedingungen für Asphaltgranulat“ (TL AG-StB) entsprechen. Es ist nach dem „Merkblatt für die Verwertung von Asphaltgranulat“ (MVAG) zu gewinnen und zu lagern.

2.12.3 Zusatzstoffe

Als Zusatzstoffe (Füller) können Gesteinsmehle nach den TL Gestein-StB oder Steinkohlen-Flugasche nach DIN EN 450 verwendet werden.

2.12.4 Lagerung pechhaltiger Straßenausbaustoffe

Pechhaltige Straßenausbaustoffe sind bei der (Zwischen-) Lagerung vor Wasserzutritt zu schützen, um den Austritt von löslichen Schadstoffen zu verhindern. Erfolgt die Lagerung nicht unter Dach, dürfen die Stoffe nur auf einer wasserdichten Unterlage mit Sickerwassererfassung zwischengelagert werden. Sie müssen dabei durch eine wasserdichte Abdeckung gegen Durchfeuchten geschützt werden. Das Sickerwasser ist geordnet zu entsorgen.

2.12.5 Baustoffgemische

Bei der Verwertung von pechhaltigen Straßenausbaustoffen sind im Rahmen der Erstprüfung zusätzlich zu den bautechnischen Anforderungen die Menge des hydraulischen Bindemittels und/oder des Gehaltes an Zusatzstoffen so zu wählen, dass das Gefüge so ausreichend dicht ist, dass die Anforderungen der RuVA-StB an die Eluierbarkeit von Schadstoffen eingehalten werden.

2.12.6 Anforderungen

Bei Verwendung von pechhaltigen Straßenausbaustoffen darf der Anteil < 2 mm des Gesteinskörnungsgemisches den aufgrund der Eignungsprüfung angegebenen Wert in M.-% um nicht mehr als 8,0 M.-% über- oder unterschreiten.

2.12.7 Erstprüfung

Werden für die Erstprüfung Asphaltgranulat oder pechhaltiger Straßenausbaustoff aus einer probeweise durchgeführten Aufbereitung verwendet, so ist die Stückgrößenverteilung so zu variieren, dass die bei der technischen Aufbereitung mögliche Bandbreite der Stückgrößenverteilung erfasst wird.

Ergänzend zu den Prüfungen sind bei der Verwendung von pechhaltigen Stoffen zum Nachweis der Reduzierung der Schadstoffe Eluationsversuche gemäß TP Min-StB, Teil 7.1.2 durchzuführen.

Die Eluate werden an verfestigten Proctor-Probekörpern im Alter von 28 Tagen mit dem Trogverfahren gewonnen und bezüglich PAK nach EPA und Phenolindex gemäß TL Gestein-StB untersucht.

Literaturhinweise

Eifert, H.; Vollpracht, A.; Hersei, O.:
Straßenbau heute – Betondecken, 2004
Herausgeber: BetonMarketing Deutschland GmbH, Erkrath
Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf

Helmut Eifert,
Straßenbau heute – Tragschichten, Planung und
Ausführung, 2006
Herausgeber: BetonMarketing Deutschland GmbH, Erkrath
Verlag Bau+Technik GmbH

Otmar Hersei, Rudolf Dürrwang, Christian Hotz,
Zementstabilisierte Böden – Anwendung, Planung,
Ausführung, 2007
Herausgeber: BetonMarketing Deutschland GmbH, Erkrath
Verlag Bau+Technik GmbH

Gemische für Tragschichten mit hydraulischen
Bindemitteln
Zement – Merkblatt Straßenbau S 3, 6.2007
Helmut Eifert, Verein Deutscher Zementwerke e.V.,
Düsseldorf · www.vdz-online.de

Der Bau von Tragschichten mit hydraulischen
Bindemitteln
Zement – Merkblatt Straßenbau S 3, 6.2007
Helmut Eifert, Verein Deutscher Zementwerke e.V.,
Düsseldorf · www.vdz-online.de

Lohmeyer, G.; Ebeling, K.:
Betonböden für Produktions- und Lagerhallen, 2006,
Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf

Kalk Kompendium, Bodenverbesserung,
Bodenverfestigung mit Kalk
Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V.
www.kalk.de

Die Reaktionsfähigkeit von Mischbindemitteln im
Vergleich zu Kalk und Zement
Hans-Werner Schade, Institut für Materialprüfung
Dr. Schellenberg, Leipheim
Vortrag bei der 3. Fachtagung der GBB Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung Bodenverbesserung
in Stuttgart, 2008

Bodenbehandlung im Straßenbau
Oliver Kuhl, Hessisches Landesamt für Straßen- und
Verkehrswesen, Wiesbaden
Vortrag bei der 4. Fachtagung der GBB Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung Bodenverbesserung
in Walsrode, 2009

Erwünschte und unerwünschte Reaktionsmechanismen
bei der Bodenstabilisierung mit Bindemitteln
Karl-Josef Witt, Bauhaus-Universität, Weimar
Vortrag bei der 4. Fachtagung der GBB Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung Bodenverbesserung
in Walsrode, 2009

Technische Regelwerke

DIN ¹⁾

| | |
|---------------|--|
| Bezugsquelle: | ¹⁾ Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin Fon: 0 30 /26 01-22 60, Fax: 26 01-12 60 E-Mail: info@beuth.de, Internet: www.beuth.de |
| VOB/B | Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen – DIN 1961 |
| VOB/C | Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) |
| DIN 1045 | Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung |
| DIN 1048 | Prüfverfahren für Beton |
| DIN 1164 | Zement mit besonderen Eigenschaften – Zusammensetzung, Anforderungen, Übereinstimmungsnachweis |
| DIN 4020 | Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke |
| DIN 4030 | Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase |
| DIN 4123 | Aussachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude |
| DIN 4124 | Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten |
| DIN 4301 | Eisenhüttenschlacke und Metallschlacke im Bauwesen |
| DIN 18121 | Baugrund – Untersuchung von Bodenproben – Wassergehalt |
| DIN 18125 | Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte des Bodens |
| DIN 18127 | Baugrund – Untersuchung von Bodenproben – Proctorversuch |
| DIN 18134 | Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte – Plattendruckversuch |
| DIN 18196 | Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke |
| DIN 18299 | VOB - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art |
| DIN 18300 | VOB - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten |
| DIN 18311 | VOB - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Nassbaggerarbeiten |
| DIN 18315 | VOB - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Verkehrswegebauarbeiten – Oberschichten ohne Bindemittel |
| DIN 18316 | VOB Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln |
| DIN 18506 | Hydraulische Boden- und Tragschichtbinder – Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien |
| DIN 18915 | Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten |
| DIN 18916 | Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Pflanzen und Pflanzarbeiten |
| DIN 18920 | Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen |
| DIN 50929 | Korrosion der Metalle, Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung |
| Teile 1 und 3 | Teil 1: Korrosion der Metalle; Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung; Allgemeines Teil 3: Korrosion der Metalle; Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung; Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern |
| DIN EN 206-1 | Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität |
| DIN EN 197-1 | Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement |
| DIN EN 197-4 | Zement – Teil 4: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Hochofenzement mit niedriger Anfangsfestigkeit |
| DIN EN 459-1 | Baukalk – Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien |
| DIN EN 1097-6 | Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 6: Bestimmung der Rohdichte und der Wasseraufnahme |
| DIN EN 1367-1 | Prüfverfahren für thermische Eigenschaften und Verwitterungsbeständigkeit von Gesteinskörnungen – Teil 1: Bestimmung des Widerstandes gegen Frost-Tau-Wechsel |

Technische Regelwerke

DIN ¹⁾

| | |
|---------------------------------|---|
| DIN EN 12350 | Prüfung von Frischbeton, Teilausgaben ab 2000 |
| DIN EN 12390 | Prüfung von Festbeton, Teilausgaben ab 2000 |
| DIN EN 13055-2 | Leichte Gesteinskörnungen – Teil 2: Leichte Gesteinskörnungen für Asphalte und Oberflächenbehandlungen sowie für ungebundene und gebundene Verwendung |
| DIN EN 14227-1 | Hydraulisch gebundene Gemische – Anforderungen – Teil 1: Zementgebundene Gemische |
| DIN EN ISO 14688 | Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden |
| DIN EN ISO 14689 | Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels |
| DIN EN ISO 17025 | Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien |
| DIN EN ISO 20475 | Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen |
| DIN EN ISO 20476 | Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen |
| DIN-Fachbericht CEN/TR 15019 | Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Baustellenkontrolle |

FGSV ²⁾

Bezugsquelle: ²⁾ FGSV Verlag GmbH, Wesseling Str. 17, 50999 Köln,
Fon: 0 22 36/38 46 30, Fax: 38 46 40
E-Mail: info@fgsv-verlag.de, Internet: www.fgsv-verlag.de

| | |
|-----------|---|
| ATV | Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (FGSV 024) |
| DBT | Merkblatt für Dränbetontragschichten (FGSV 827) |
| FDVK | Flächendeckende Dynamische Verdichtungskontrolle (FGSV 547) |
| HBS | Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (FGSV 299) |
| H GeoMess | Hinweise zur Anwendung geotechnischer und geophysikalischer Messverfahren im Straßenbau (FGSV 558) |
| MAFS-H | Merkblatt für Asphaltfundationsschichten im Heißeinbau (FGSV 759) |
| MBEB | Merkblatt für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen aus Beton (FGSV 823) |
| MFP1 | Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflasterdecken und Plattenbelägen, Teil 1: Regelbauweise (Ungebundene Ausführung) (FGSV 618/1) |
| MGUB | Merkblatt über geotechnische Untersuchungen und Berechnungen im Straßenbau (FGSV 511) |
| MKRC | Merkblatt für Kaltrecycling in situ im Straßenoberbau (FGSV 636) |
| MLs | Merkblatt über die Verwendung von Lavaschlacke im Straßen- und Wegebau (FGSV 611) |
| MOB | Merkblatt für die Herstellung von Oberflächentexturen auf Fahrbahndecken aus Beton (FGSV 829) |
| MRC | Merkblatt über die Wiederverwertung von mineralischen Baustoffen als Recycling-Baustoffe im Straßenbau (FGSV 616/3) |
| MVB-K | Merkblatt für die Verwertung von pechhaltigen Straßenausbaustoffen und von Asphaltgranulat in bitumengebundenen Tragschichten durch Kaltaufbereitung in Mischanlagen (FGSV 755) |
| M Geok E | Merkblatt für die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues (FGSV 535) Merkblatt für den Entwurf und die Herstellung von Raumgitterwänden und -wällen (FGSV 540) Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau (FGSV 516) Merkblatt für die Verwendung von EPS-Hartschaumstoffen beim Bau von Straßendämmen (FGSV 550) Merkblatt für einfache landschaftsgerechte Sicherungsbauweisen (FGSV 229) |
| M GUB | Merkblatt für geotechnische Untersuchungen und Berechnungen im Straßenbau (FGSV 511) |

Technische Regelwerke

FGSV²⁾

Bezugsquelle: ²⁾ FGSV Verlag GmbH, Wesseling Str. 17, 50999 Köln,
Fon: 0 22 36/38 46 30, Fax: 38 46 40
E-Mail: info@fgsv-verlag.de, Internet: www.fgsv-verlag.de

| | |
|-----------------|---|
| M T S E | Merkblatt über Bauweisen für technische Sicherungsmaßnahmen beim Einsatz von Böden und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen im Erdbau (FGSV 559) Merkblatt über Bodenverbesserungen und Bodenverfestigungen mit Bindemitteln (FGSV 551) Merkblatt über den Einfluß der Hinterfüllung auf Bauwerke (FGSV 526) Merkblatt über die Behandlung von Böden und Baustoffen mit Bindemitteln zur Reduzierung der Eluierbarkeit umweltrelevanter Inhaltsstoffe (FGSV 560) Merkblatt über die gebirgsschonende Aus-führung von Spreng- und Abtragsarbeiten an Felsböschungen (FGSV 537) Merkblatt über die Verwendung von Blähton als Leichtbaustoff im Unterbau und Untergrund von Straßen (FGSV 556) Merkblatt über Felsgruppenbeschreibung für bautechnische Zwecke im Straßenbau (FGSV 532) Merkblatt über flächendeckende dynamische Verfahren zur Prüfung der Verdichtung im Erdbau (FGSV 547) Merkblatt über Straßenbau auf wenig trag-fähigem Untergrund (FGSV 542) Merkblatt für die Herstellung von Oberflächentexturen auf Fahrbahndecken aus Beton (M OB), Merkblatt zur Wiederverwendung von Beton aus Fahrbahndecken Merkblatt für den Bau von Tragschichten und Tragdeckschichten mit Walzbeton für Verkehrsflächen |
| RAA | Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (FGSV 202) |
| RAS-Ew | Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Entwässerung (FGSV 539) |
| RAS-LG | Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Landschaftsgestaltung (RAS-LG) Abschnitt: Lebendverbau (FGSV 293/3) |
| RAS-LP | Richtlinien für die Anlage von Straßen - Teil: Landschaftspflege (RAS-LP) Abschnitt 4: Schutz von Bäumen, Vegetationsbeständen und Tieren bei Baumaßnahmen (FGSV 293/4) |
| RAS-Q | Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Querschnitte (FGSV 295) |
| RAST | Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (FGSV 200) |
| RAP Stra | Richtlinien für die Anerkennung von Prüfstellen für Baustoffe und Baustoffgemische im Straßenbau (FGSV 916) |
| RiStWag | Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (FGSV 514) |
| RLW | Richtlinien für den ländlichen Wegebau (FGSV 675/1) |
| RStO | Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (FGSV 499) |
| RuA-StB | Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau (FGSV 642) |
| RuVA-StB | Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer- /pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (FGSV 795) |
| TL Asphalt-StB | Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächen-befestigungen (FGSV 797) |
| TL BE-StB | Technische Lieferbedingungen für Bitumenemulsionen (FGSV 793) |
| TL Beton-StB | Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton (FGSV 891) |
| TL G SoB-StB | Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Teil: Güteüberwachung (FGSV 696) |
| TL BuB E-StB | Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaues (FGSV 597) |
| TL Gestein-StB | Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau (FGSV 613) |
| TL Geok E-StB | Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaues (FGSV 549) |
| TL NBM-StB | Technische Lieferbedingungen für flüssige Beton-Nachbehandlungsmittel (FGSV 814) |
| TL Pflaster-StB | Technische Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (FGSV 643) |
| TL SoB-StB | Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden für Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau; Teil: Güteüberwachung (FGSV 697) |
| TP Asphalt-StB | Technische Prüfvorschriften für Asphalt (FGSV 756) |

Technische Regelwerke

FGSV ²⁾

| | |
|------------------------|---|
| TP Beton-StB | Technische Prüfvorschriften für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton (FGSV 892) |
| TP BF-StB | Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau (FGSV 591) |
| TP D-StB | Technische Prüfvorschriften zur Bestimmung der Dicken von Oberbauschichten im Straßenbau (FGSV 974) |
| TP Eben | Technische Prüfvorschriften für Ebenheitsmessungen auf Fahrbahnoberflächen in Längs- und Querrichtung, Teil: Berührende Messungen (TP Eben - Berührende Messungen) (FGSV 404/1) |
| TP Eben | Technische Prüfvorschriften für Ebenheitsmessungen auf Fahrbahnoberflächen in Längs- und Querrichtung, Teil: Berührungslose Messungen (TP Eben - Berührungslose Messungen) (FGSV 404/2) |
| TP Gestein-StB | Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau (FGSV 610) |
| TP HGT-StB | Technische Prüfvorschriften für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln (FGSV 822; AP 52) |
| VOB | Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (FGSV 024) |
| ZTV A-StB | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (FGSV 976) |
| ZTV Asphalt-StB | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt (FGSV 799) |
| ZTV BEA-StB | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen – Asphaltbauweisen (FGSV 798) |
| ZTV BEB-StB | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen – Betonbauweisen (FGSV 898/1) |
| ZTV Beton-StB | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton (FGSV 899) |
| ZTV E-StB | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (FGSV 599) |
| ZTV Ew-StB | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Entwässerungseinrichtungen im Straßenbau (FGSV 598) |
| ZTV-ING | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (FGSV 340; 782/1) |
| ZTV-Lsw | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen (FGSV 258) |
| ZTV-Lsw (Ergänzung) | Entwurfs- und Berechnungsgrundlagen für Bohrpfahlgründungen und Stahlpfosten von Lärmschutzwänden an Straßen Ergänzung zu den Zusätzlichen Technischen Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen (FGSV 552) |
| ZTVLW | Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege (FGSV 675) |
| ZTV Pflaster-StB | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (FGSV 699) |
| ZTV SoB-StB | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau (FGSV 698) |

Überall für Sie da.



Holcim (Süddeutschland) GmbH

Spezialbindemittel
D-72359 Dotternhausen
Telefon +49-7427 79-598
Telefax +49-7427 79-575
info-sueddeutschland@holcim.com
www.holcim.de/sued

Holcim (Deutschland) AG

Spezialbindemittel
Willy-Brandt-Straße 69
20457 Hamburg
Telefon +49-40-3 60 02 330
Telefax +49-40-3 60 02 333
kommunikation-DEU@holcim.com
www.holcim.de/de

Lizenzpartner für Holcim Spezialbindemittel:

GHT mbH & Co. KG

Königsheide 145a
D-44359 Dortmund
Telefon +49-231-18 88 00 30
Telefax +49-231-18 88 00 50

dornburger zement

GmbH & Co. KG
In der Oberaue
D-07778 Dorndorf-Steudnitz
Telefon +49-364 27-86 11 26
Telefax +49-364 27-22295



Holcim (Süddeutschland) GmbH
72359 Dotternhausen
Deutschland
info-sueddeutschland@holcim.com
www.holcim.de/sued
Telefon +49 (0) 7427 79-300
Telefax +49 (0) 7427 79-300