GBB Gütegemeinschaft Bodenverfestigung Bodenverbesserung

Beton

Fachtagung

Bodenbehandlung mit Bindemitteln

Schweinfurt, 22. Januar 2020

Thema:

Sach- und Schwachverstand in der Bodenbehandlung sowie deren Nachnutzung

Dipl.-Ing. Konstantin Keplin

Kontakt:

Dipl.-Ing. Konstantin Keplin
Geschäftsführer und Prüfstellenleiter
Heiden Labor für Baustoff- und Umweltprüfung GmbH
Kösterbeckerstraße 7
18184 Roggentin
Fon: +49 (38204) 747-0
Fax: +49 (38204) 747-79
E-Mail: keplin@heidenlabor.de
www.heidenlabor.de

Dipl.-Ing. Konstantin Keplin

- Geboren: 16.03.1976 in Karpinsk, Russland
- 1993 - 1997 Studium der Naturwissenschaft an der Bergbauakademie in Dnepropetrowsk/Ukraine
- 1998 - 2002 Studium an der Hochschule für angewandte Wissenschaften in Hamburg
  Fachbereich Bauingenieurwesen Schwerpunkt:
  konstruktiver Ingenieurbau, Grund-und Straßenbau
- Seit 2002 Prüfingenieur bei RAP Stra- Prüfstelle Heiden Labor für Baustoff-und Umweltprüfung GmbH,
  Schwerpunkt: Mineralstoffe, Erd-und Grundbau
- Seit 2010 geschäftsführender Gesellschafter und Prüfstellenleiter RAP Stra- Prüfstelle für alle Bereiche der Baustoffprüfung, Heiden Labor für Baustoff-und Umweltprüfung GmbH, Roggentin

- Mitgliedschaft und Mitarbeit:
  FGSV, VSVI- MV, VDB, Bundesverband der unabhängige Prüfinstitute bup, GBB

Sach- und Schwachverstand bei der Bodenbehandlung mit Bindemitteln

Betrachtung vermeidbarer Risiken

Dipl.-Ing Konstantin Keplin
Heiden Labor für Baustoff- und Umweltprüfung GmbH

Gütegemeinschaft Bodenverbesserung Bodenverfestigung e.V. Potsdam

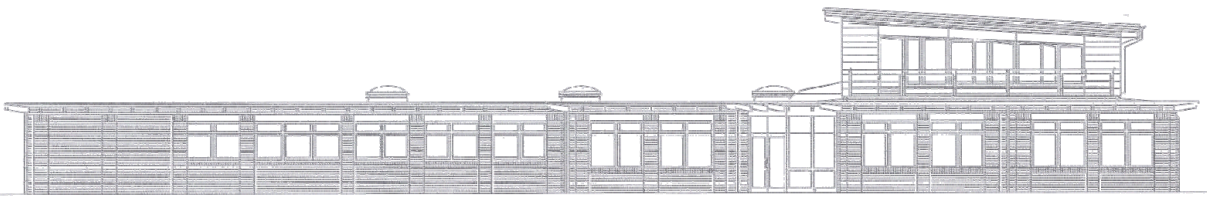
Bodenbehandlung mit Bindemitteln
Fachtagung in Schweinfurt, 22.01.2020

www.heidenlabor.de

Standort: Rostock

ROLAB
PRÜF- UND INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR VERKEHRSFLÄCHEN MBH

Tochtergesellschaft:
Standort: Bremen



Themenauswahl

Betrachtung vermeidbarer Risiken

- Vorbereitung
- Baudurchführung
- Nachbehandlung
- Exkurs Kerben
- Nachhaltigkeit

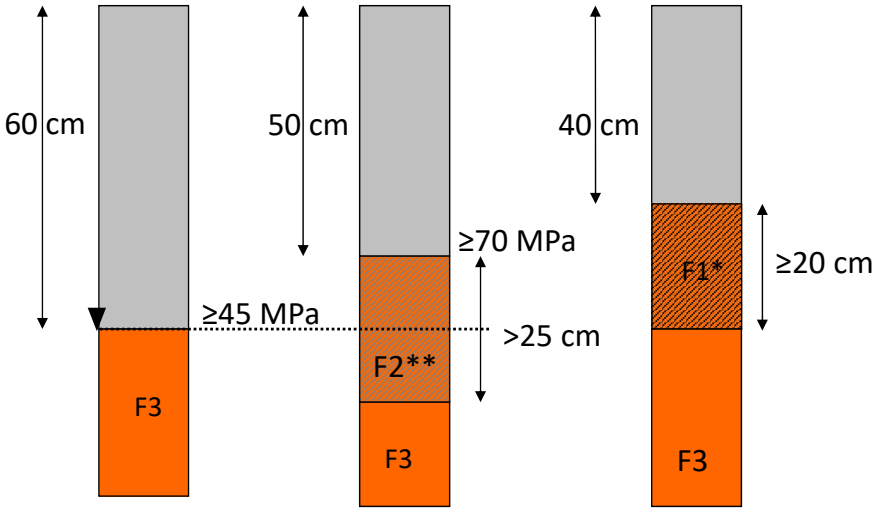
Vorbereitung einer Bodenbehandlung:

- Notwendigkeit erkennen, Homogenbereiche für die Durchführung der Bodenbehandlung festlegen
- Aufgabenstellung – Einordnung der Bodenbehandlung in den geplanten Schichtenaufbau
- Wahl des Verfahrens, Bindemittel und Schichtdicke
- Mengenabschätzung für das einzusetzende Bindemittel

Wird in der Regel vom Baugrundgutachter erbracht.

Unterbau - Planum: Bodenbehandlung gem. ZTV E StB

Bsp. Optimierung des frostsicheren Oberbaus mit qualifizierter Bodenverbesserung/Bodenverfestigung

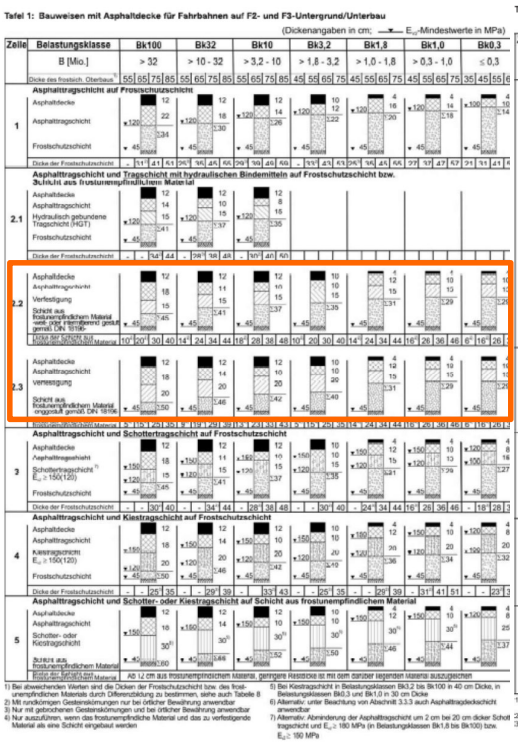


* Bodenverfestigung gem. ZTV E-StB aus F3-Boden

** qualifizierte Bodenverbesserung

Verfestigung im Oberbau

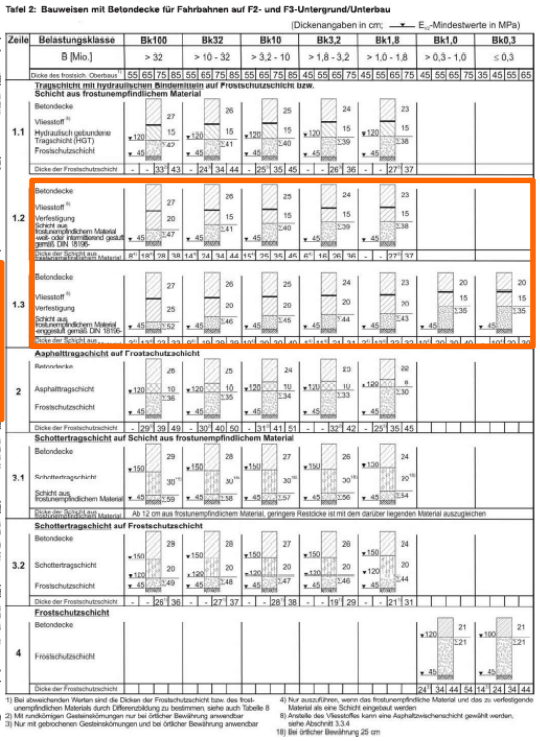
RStO 12, Tafel 1 Asphaltbauweisen: Zeile 2.2 und 2.3 und Tafel 2 Betonbauweise: Zeile 1.2 und 1.3


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

(Dickenangaben in cm; —x— E_{v2}-Mindestwerte in MPa)

Zeile	Belastungsklasse	Bk100	Bk32	Bk10	Bk3,2	Bk1,8	Bk1,0	Bk0,3
	B [Mio.]	> 32	> 10 - 32	> 3,2 - 10	> 1,8 - 3,2	> 1,0 - 1,8	> 0,3 - 1,0	≤ 0,3
	Dicke des frostsich. Oberbaus [1]	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85
1	Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht: Asphaltdecke, Asphalttragschicht, Frostschutzschicht	12 / 22 / 34	12 / 18 / 30	12 / 14 / 26	4 / 16 / 20	4 / 14 / 18	4 / 10 / 14	4 / 10 / 14
	Dicke der Frostschutzschicht	41	41	41	41	41	41	41
2.1	Asphalttragschicht und Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln auf Frostschutzschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material: Asphaltdecke, Asphalttragschicht, Hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT), Frostschutzschicht	12 / 14 / 41	12 / 10 / 41	12 / 10 / 35				
	Dicke der Frostschutzschicht	44	38	46				
2.2	Asphaltdecke, Asphalttragschicht, Verfestigung, Schicht aus frostunempfindlichem Material, Frostschutzschicht	12 / 18 / 15 / 45	12 / 11 / 15 / 41	12 / 10 / 15 / 37	4 / 12 / 15 / 31	4 / 10 / 15 / 29	4 / 10 / 15 / 29	4 / 10 / 15 / 29
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	10 20 30	14 24 34	14 24 34	16 28 38	10 20 30	14 24 34	16 26 36
2.3	Asphaltdecke, Asphalttragschicht, Verfestigung, Schicht aus frostunempfindlichem Material, Frostschutzschicht	12 / 18 / 20 / 50	12 / 14 / 20 / 46	10 / 10 / 20 / 42	4 / 12 / 20 / 40	4 / 10 / 20 / 40	4 / 10 / 20 / 40	4 / 10 / 20 / 40
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	10 20 30	14 24 34	14 24 34	16 26 36	6 16 26		
3	Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht: Asphaltdecke, Asphalttragschicht, Schottertragschicht [2], Frostschutzschicht	12 / 18 / 15 / 45	12 / 11 / 15 / 41	12 / 10 / 15 / 37	4 / 12 / 15 / 31	4 / 10 / 15 / 29	4 / 10 / 15 / 29	4 / 8 / 16 / 28
	Dicke der Frostschutzschicht	30 40	34 44	28 38	30 40	24 34	24 34	18 28
4	Asphalttragschicht und Kiestragschicht auf Frostschutzschicht: Asphaltdecke, Asphalttragschicht, Kiestragschicht, Frostschutzschicht	12 / 18 / 20 / 45	12 / 14 / 20 / 42	10 / 10 / 20 / 42	4 / 12 / 20 / 36	4 / 10 / 20 / 34	4 / 10 / 20 / 32	4 / 8 / 20 / 32
	Dicke der Frostschutzschicht	25 35	29 39	25 35	29 39	31 41	31 41	23 33
5	Asphalttragschicht und Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material: Asphaltdecke, Asphalttragschicht, Schotter- oder Kiestragschicht, Schicht aus frostunempfindlichem Material	12 / 18 / 30 [3] / 60	12 / 14 / 30 [3] / 52	10 / 10 / 30 [3] / 52	4 / 12 / 30 [3] / 46	4 / 10 / 30 [3] / 44	4 / 10 / 25 / 37	4 / 8 / 25 / 37
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen						

1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschutzschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch Tabelle 8
2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewährung anwendbar
3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewährung anwendbar
4) Nur auszuführen, wenn das frostunempfindliche Material und das zu verfestigende Material als eine Schicht eingebaut werden
5) Bei Kiestragschicht in Belastungsklassen Bk3,2 bis Bk100 in 40 cm Dicke, in Belastungsklassen Bk0,3 und Bk1,0 in 30 cm Dicke
6) Alternativ: unter Beachtung von Abschnitt 3.3.3 auch Asphalttragdeckschicht anwendbar
7) Alternativ: Abminderung der Asphalttragschicht um 2 cm bei 20 cm dicker Schottertragschicht und $E_{v2} \geq 180$ MPa (in Belastungsklassen Bk1,8 bis Bk100) bzw. $E_{v2} \geq 160$ MPa


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

(Dickenangaben in cm; —x— E_{v2}-Mindestwerte in MPa)

Zeile	Belastungsklasse	Bk100	Bk32	Bk10	Bk3,2	Bk1,8	Bk1,0	Bk0,3
	B [Mio.]	> 32	> 10 - 32	> 3,2 - 10	> 1,8 - 3,2	> 1,0 - 1,8	> 0,3 - 1,0	≤ 0,3
	Dicke des frostsich. Oberbaus [1]	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85
1.1	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln auf Frostschutzschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material: Betondecke, Vliesstoff [4], Hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT), Frostschutzschicht	27 / 15 / 47	26 / 15 / 41	25 / 15 / 40	24 / 15 / 39	23 / 15 / 38		
	Dicke der Frostschutzschicht	33 43	24 34 44	25 35 45	26 36	27 37		
1.2	Betondecke, Vliesstoff [4], Verfestigung, Schicht aus frostunempfindlichem Material weit- oder intermittierend gestuft gemäß DIN 18196, Frostschutzschicht	27 / 20 / 47	26 / 15 / 41	25 / 15 / 40	24 / 15 / 39	23 / 15 / 38		
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	8 [5] 18 28	8 18 28	8 14 24	8 14 24	8 16 26	8 16 26	8 16 26
1.3	Betondecke, Vliesstoff [4], Verfestigung, Schicht aus frostunempfindlichem Material eingestuft gemäß DIN 18196, Frostschutzschicht	27 / 25 / 52	26 / 20 / 46	25 / 20 / 45	24 / 20 / 44	23 / 20 / 43	20 / 15 / 35	20 / 15 / 35
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	20 30 40	20 30 40	20 30 40	20 30 40	20 30 40	20 30 40	20 30 40
2	Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht: Betondecke, Asphalttragschicht, Frostschutzschicht	26 / 10 / 36	25 / 10 / 35	24 / 10 / 34	23 / 10 / 33	22 / 8 / 30		
	Dicke der Frostschutzschicht	29 39 49	30 40 50	31 41 51	32 42	25 35 45		
3.1	Schottertragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material: Betondecke, Schottertragschicht, Schicht aus frostunempfindlichem Material	29 / 30 [6] / 59	28 / 30 [6] / 58	27 / 30 [6] / 57	26 / 30 [6] / 56	24 / 30 [6] / 54		
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen						
3.2	Schottertragschicht auf Frostschutzschicht: Betondecke, Schottertragschicht, Frostschutzschicht	28 / 20 / 49	28 / 20 / 48	27 / 20 / 47	26 / 20 / 46	24 / 20 / 44		
	Dicke der Frostschutzschicht	26 36	27 37	28 38	19 29	21 31		
4	Frostschutzschicht: Betondecke, Frostschutzschicht					21 / 21	21 / 21	
	Dicke der Frostschutzschicht					24 34 44	24 34 44	

1) Bei abweichenden Werten sind die Dicken der Frostschutzschicht bzw. des frostunempfindlichen Materials durch Differenzbildung zu bestimmen, siehe auch Tabelle 8
2) Mit rundkörnigen Gesteinskörnungen nur bei örtlicher Bewährung anwendbar
3) Nur mit gebrochenen Gesteinskörnungen und bei örtlicher Bewährung anwendbar
4) Nur auszuführen, wenn das frostunempfindliche Material und das zu verfestigende Material als eine Schicht eingebaut werden
5) Anstelle des Vliesstoffes kann eine Asphaltzwischenschicht gewählt werden, siehe Abschnitt 3.3.4
18) Bei örtlicher Bewährung 25 cm

Begriffe aus der Praxis

- Bodenvermörtelung
- Bodenstabilisierung
- Kalken
- Zementstabilisierung
- Bodenbehandlung
- …
- Implementierung des Bodens mit…

Achtung Risiken

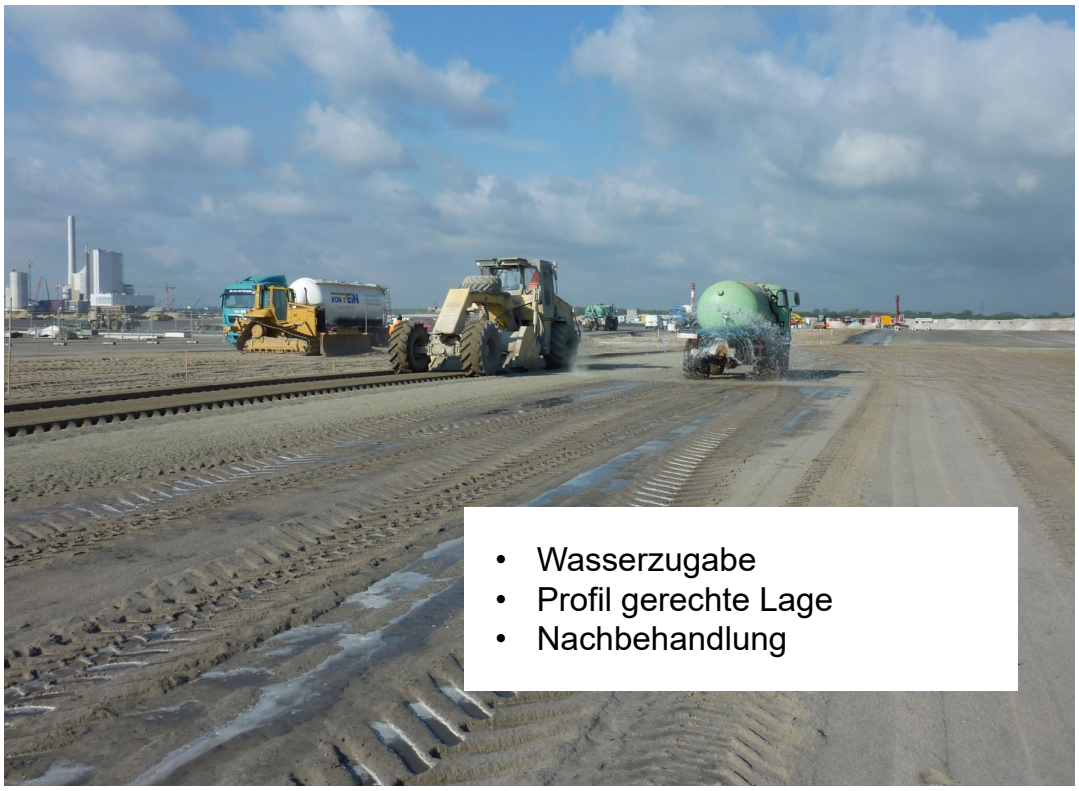
Vorbereitung:

- Leistungsbeschreibung soll eine erschöpfende Beschreibung mit Klärung aller Schnittstellen darstellen am Beispiel einer Verfestigung gem. ZTV Beton-StB:

Jeweils eine LV-Position für folgende Leistungen vorsehen:

- zu verfestigendes Material liefern
- Verfestigung durchführen (Streuen, Fräsen, Wasserzugabe, Kerben, Nachbehandlung
- Erstprüfung
- Bindemittel in [t] geschätzt unter Berücksichtigung regionaler Rohstoffverfügbarkeit, Abrechnung erfolgt gem. Erstprüfung

Baudurchführung:



- Wasserzugabe
- Profil gerechte Lage
- Nachbehandlung

Baudurchführung Wasserzugabe

- Wassergehalt des Ausgangsmaterial gem. Eignungs- oder Erstprüfung einstellen
- Maßnahmen zur Entwässerung des Planums vor Ausführung der Bodenbehandlung ergreifen
- Wasserentnahmestellen/Brunnen mit Zapfleistungen > 30m^3 /h Zufahrtsmöglichkeit und Fahrwege (mögliche Umläufe beachten)
- Eignung des Wassers prüfen – Huminsäure – kann den Abbindeprozess erheblich stören

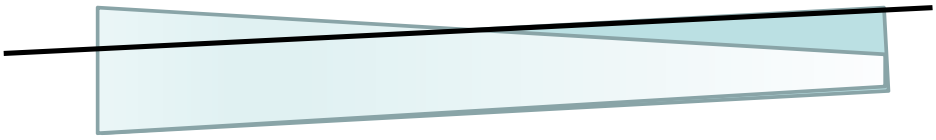
GBB
Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung
Bodenverbesserung

GBB
Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung
Bodenverbesserung

Baudurchführung Verfestigung gem. ZTV Beton-StB

- Profilgerechte Lage der zu verfestigende Schicht ist die Voraussetzung für den Erfolg!, Verdichtungsgrad: ≥100 % Dpr

wird das Höhenniveau nach dem Einfräsen wesentlich verändert, kommt es zu stark schwankenden Schichtdicken in Verfestigung sowie mangelnde Oberfläche



Baudurchführung Verfestigung gem. ZTV Beton-StB

- Randbereiche – genügend Überstand für einen abgetreppten Schichtenaufbau berücksichtigen – Eigengewicht der Technik (Fräse >20 t) beachten

Nachbechandlung:

- Verdunstungsschutz der **frisch** hergestellten Schicht in Abhängigkeit von der Witterung für 3 Tage feucht halten oder Anspritzen mit Emulsion – dabei Vorsicht , dass das frische Gefüge nicht zerstört wird

GBB
Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung
Bodenverbesserung

GBB
Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung
Bodenverbesserung

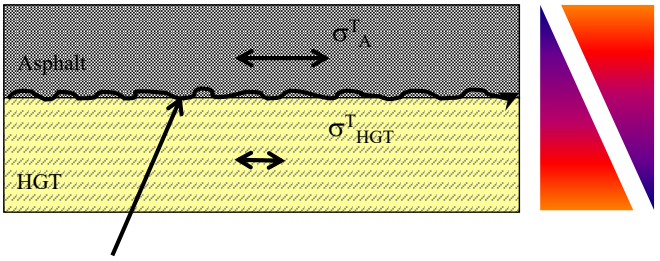
Exkurs Kerben

Verfestigung im Oberbau: Warum Kerben? Theoretischer Hintergrund

Spannungen an der UK Asphalt in Folge Temperatur- und Verkehrsbelastung

Temperaturzustände

Temperaturaus-dehnungskoeffizient α



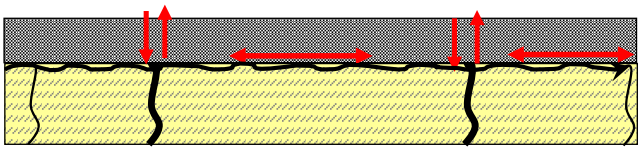
$\alpha_{Asphalt} \approx 2..5 \times \alpha_{HGT}$

α_{HGT}

Behinderte Ausdehnung an der Schichtgrenze

Schichtenverbund: Verzahnung, Reibung unter Vertikalkraft aus Eigengewicht und Verkehrslast

Verfestigung im Oberbau: Warum Kerben? theoretischer Hintergrund



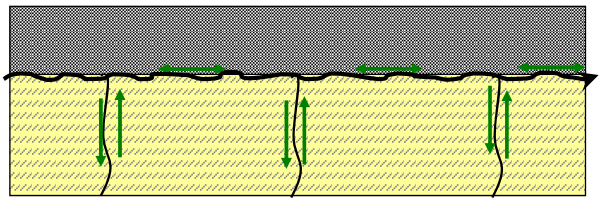
Ohne Kerben: Spannungsabbau durch unkontrollierte Rissbildung in der Verfestigung:

- Große Rissabstand:
  hohe Zwangsspannungen an der UK Asphalt
- Große Öffnungsweiten der Risse in der hydraulisch gebundenen Schicht:
  keine bzw. nur geringe Querkraftübertragung

Folge: Reflexionsrisse im Asphalt

vorzeitiges Versagen der Asphaltschichten (Rissentwicklung von unten)

Verfestigung im Oberbau: Warum Kerben? Theoretischer Hintergrund



Mit wirksamen Kerben: Kontrollierte Rissbildung in der hydr. geb. Schicht als Kompromiss

- LF Temperatur:
  Kerbabstand gering -> geringe Spannungen an der UK Asphalt
- LF Verkehrslast:
  Kerbabstand gering-> geringe Öffnungsweite der Risse („Haarriss) mit Querkraftübertragung

Beispiel: Reflexionsrissbildung

GBB
Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung
Bodenverbesserung

GBB
Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung
Bodenverbesserung

GBB
Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung
Bodenverbesserung

Erfolgreiches Kerben:

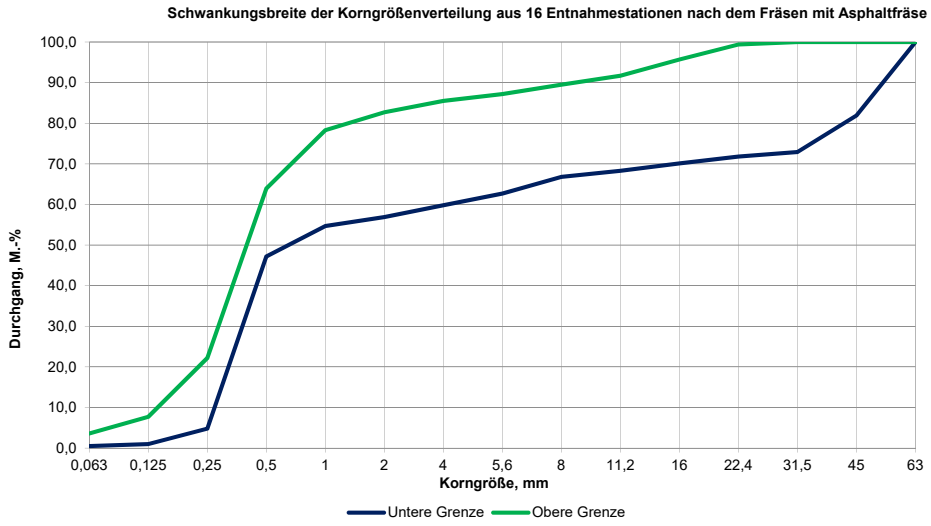
GBB
Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung
Bodenverbesserung

Notwendigkeit eines Nachweises der Wirksamkeit der Maßnahme

Gütegemeinschaft Bodenverfestigung Bodenverbesserung

Nachhaltigkeit: aus alt mach neu

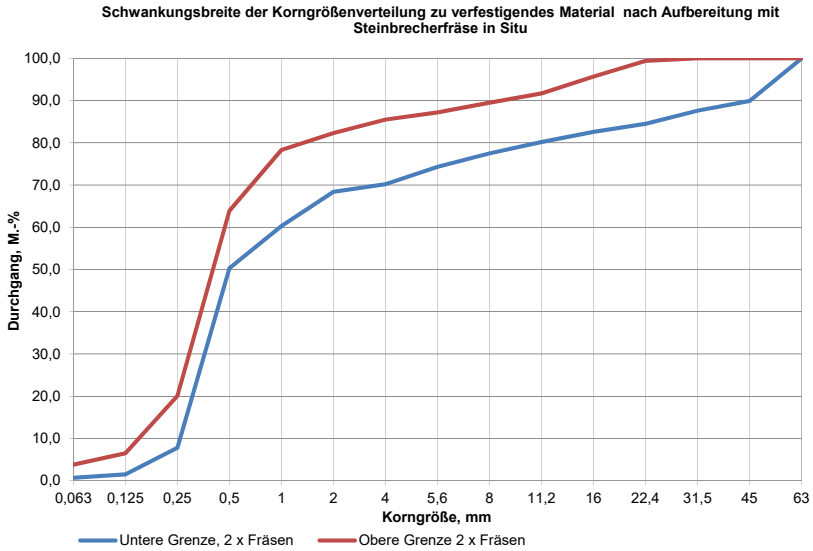
Korngrößenverteilung des zu verfestigenden Materials nach dem Fräsen mittels Asphaltfräse:



Gütegemeinschaft Bodenverfestigung Bodenverbesserung

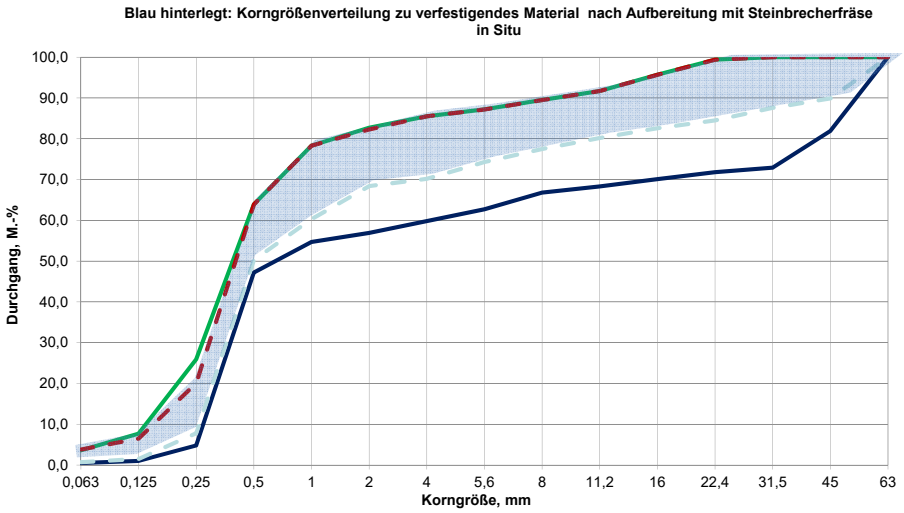
Nachhaltigkeit: aus alt mach neu

Korngrößenverteilung des zu verfestigenden Materials: Ausgangsmaterial: ehemalige Verfestigung gefräst:



Gütegemeinschaft Bodenverfestigung Bodenverbesserung

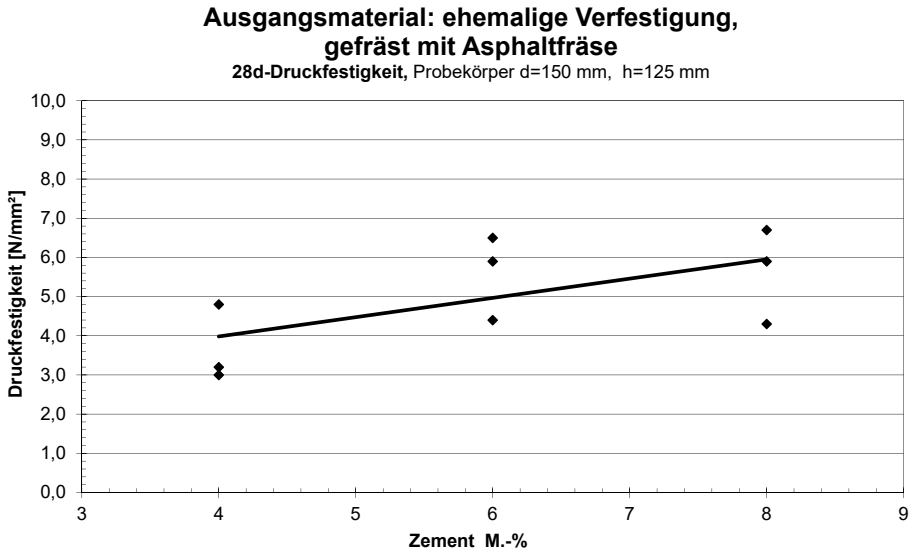
Nachhaltigkeit: aus alt mach neu



Gütegemeinschaft Bodenverfestigung Bodenverbesserung

Nachhaltigkeit: aus alt mach neu

Korngrößenverteilung des zu verfestigenden Materials nach dem Fräsen mittels Asphaltfräse:



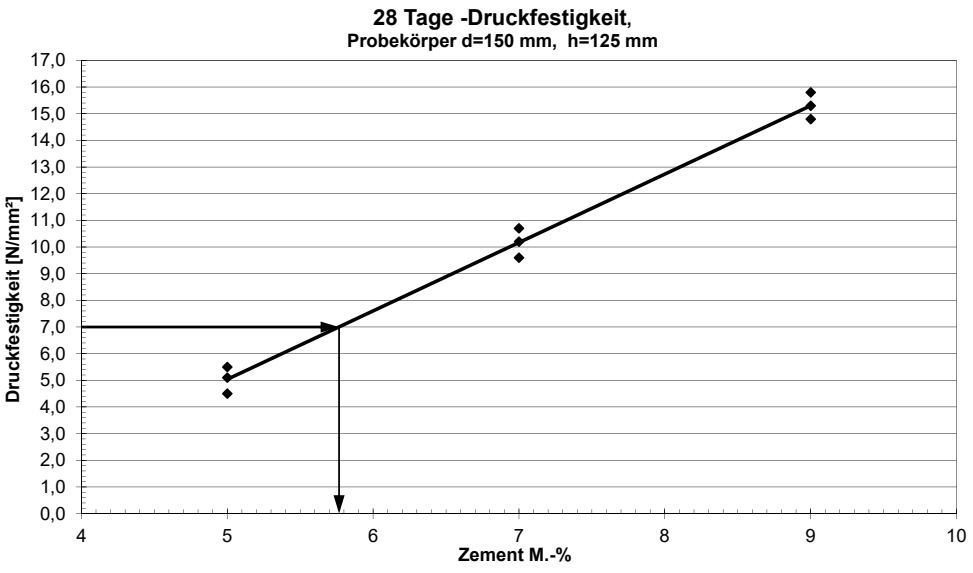
Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung
Bodenverbesserung

Bruchbild am Probekörper Verfestigung

Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung
Bodenverbesserung

Nachhaltigkeit: aus alt mach neu

Ergebnis der Erstprüfung nach der Aufbereitung im Situ mittels Steinbrecherfräse:



GBB
Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung
Bodenverbesserung

neue Verfestigung

GBB
Gütegemeinschaft
Bodenverfestigung
Bodenverbesserung

Zusammenfassung

- Sind die Randbedingungen erfüllt, ist das Verfahren wirtschaftlich und nachhaltig unschlagbar

- Verfahren der Bodenbehandlung sind in den Regelwerken (R1-Dokumente der FGSV, in DIN EN, sowie in VOB, Teil C) ausreichend und vollständig beschrieben.

- Nur bei Beachtung dieser im Rahmen der:
  - Vorbereitung (Baugrundgutachten, Planung, Ausschreibung)
  - Wertung der Angebote
  - Bauausführung

  lässt sie sich zielführend umsetzen

- Aus der ehem. Verfestigung lässt sich neue Verfestigung gem. ZTV Beton StB herstellen, Voraussetzung ist die ausreichende Aufbereitung