

Seit etwa einem Jahrhundert werden im Straßenbau unter Fahrbahndecken Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln angeordnet. Das zementgebundene Gemisch geringer Festigkeit wird vorwiegend nach bodenmechanischen Gesichtspunkten hergestellt. Auf Grund der vorhandenen Langzeiterfahrungen zählen Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln zu den ausgereiften Bauweisen des Erd- und Straßenbaus.

■ 1 Begriffe

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

Einbaugemische sind Baustoffgemische mit Bindemittel und Wasser. Werden Baustoffgemische mit Recyclingmaterial verwendet, ist das Eluationsverhalten von Schadstoffen festzustellen.

Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln können Verfestigungen, hydraulisch gebundene Tragschichten oder Betontragschichten sein.

Verfestigungen sind Bauverfahren zur Erhöhung der Widerstandsfestigkeit von ungebundenen Tragschichten gegen Beanspruchungen durch Verkehr und Klima. Dabei werden den Böden und/oder Baustoffgemischen im Baumisch-

oder Zentralmischverfahren hydraulische Bindemittel und Wasser zugemischt.

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

Betontragschichten sind Tragschichten aus Beton einer bestimmten Festigkeitsklasse.

■ 2 Herstellungsgrundsätze

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 Gesteinskörnungs-Bindemittel-Gemisch durch den Proctorversuch bestimmt,
- der erforderliche Bindemittelgehalt wird in der Druck- und Frostprüfung am Proctorkörper ermittelt.

Beton für Betontragschichten wird auf der Grundlage von DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 hergestellt.



Bild 1: Verfestigung im Baumischverfahren – leistungsfähige Geräte garantieren eine rasche und zuverlässige Ausführung des Bindemittel-Aufstreuens, -Mischens und -Verdichtens

■ 3 Baustoffe

3.1 Böden

Als Böden für Verfestigungen sind grobkörnige Böden nach DIN 18196 und/oder gemischtkörnige Böden der Gruppen GU, SU, GT und ST, sofern sie gemäß den ZTV E-StB der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 zugeordnet werden können, zu verwenden.

Ausschlaggebend ist bei gemischtkörnigen Böden der Kornanteil unter 0,063 mm. Liegt er bei 5,0 M.-%, muss der Boden einen Ungleichförmigkeitsgrad $U \geq 15,0$ aufweisen. Beim (höchstzulässigen) Kornanteil von 15,0 M.-% ist der Ungleichförmigkeitsgrad $U \leq 6,0$. Liegt der Kornanteil zwischen 5,0 M.-% und 15 M.-%, muss bei der Erstprüfung der ausreichende Frostwiderstand des erhärteten Einbaugemischs durch eine Frostprüfung nachgewiesen werden.

Tafel 1: Anforderungen an Gesteinskörnungen für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln nach TL Gestein-StB

Eigenschaft	Verfestigung	Hydraulisch gebundene Tragschicht	Betontragschicht
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		
Zusammengefasste Korngruppen	G _C 85/20; G _C 90/15; G _T 20/15; G _T 20/17,5; G _T NR		
0/2 und 0/4	-		Toleranzen nach Tab. 4, Zeile 1 + 2 der TL Gestein
Gehalt an Feinanteilen			
Korngruppen 0/2 bis 0/5	ist anzugeben ¹⁾		f ₃
Korngruppen 2/4 bis 32/63	ist anzugeben ¹⁾		f ₁
Kornform von groben Gesteinskörnungen	SI ₅₀ (FI ₅₀)		
Widerstand gegen Frost	F ₄		
Dicalciumsilikat-Zerfall HOS oder GKOS	kein Zerfall		
Eisenerfall bei HOS oder GKOS	kein Zerfall		
Raumbeständigkeit SWS	V ₅	SWS nicht zugelassen	
Alkali-Kieselsäure-Reaktion	-		Angabe Alkaliempfindlichkeitsklasse
erstarrungs- und erhärtungsstörende Bestandteile	gegebenenfalls zu überprüfen		
Umweltrelevante Merkmale	Bei industriell hergestellten Gesteinskörnungen und RC-Baustoffen sind die Anforderungen an die umweltrelevanten Merkmale einzuhalten.		

¹⁾ Die Anforderungen an den Feinanteil im Gesamtgemisch dürfen nicht überschritten werden.

Tafel 2: 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 = Hausmüllverbrennungsasche

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 Hausmüllverbrennungsasche im Straßenbau - M HMV-A

³⁾ nicht anzuwenden

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

3.2 Baustoffgemische

Gesteinskörnungen und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln müssen den Anforderungen der TL Gestein-StB (Tafel 1) entsprechen. Sie werden nach TL G SoB-StB güteüberwacht.

Werden industriell hergestellte oder rezyklierte Gesteinskörnungen und Lavaschlacken eingesetzt, sind die Anwendungsbereiche gemäß Tafel 2 zu beachten.

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

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 Ausbauspalt im Straßenbau“ (RuV A-StB) zu beachten.

3.3 Hydraulische Bindemittel

Für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln werden Zemente nach DIN EN 197-1 oder DIN 1164-10 oder Hydraulische Boden- und Tragschichtbinder (HRB 12,5 E oder HRB 32,5 E) nach DIN 18506 verwendet. Hydrophobierte Bindemittel können von Vorteil sein.

3.4 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.

3.5 Zusatzstoffe

Die Kornverteilung von Böden kann durch Zugabe von Steinkohlenflugasche, die den Anforderungen von DIN EN 450-1 genügt, verbessert werden.

3.6 Einbaugemische

Einbaugemische für Verfestigungen

Die zweckmäßige Zusammensetzung des Einbaugemisches ist in einer Erstprüfung zu ermitteln. Geeignet sind Böden oder Baustoffgemische bis 63 mm Größtkorn, dabei darf der Kornanteil $\leq 0,063$ mm 15 M.-% nicht überschreiten. Die Bindemittelmenge darf 3,0 M.-% bezogen auf den trockenen Boden oder auf das trockene Baustoffgemisch nicht unterschreiten.

Bei der Erstprüfung sind folgende Anforderungen (siehe auch Tafel 4) einzuhalten:

- Bei Verfestigungen unter Asphalt-schichten 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.

Tafel 3: Zemente für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln

Hauptzementarten	Bezeichnung der Zementart	Hauptbestandteile		
CEM I	Portlandzement			
CEM II	Portlandhüttenzement	A/B	S	Hütten sand
	Portlandsilicastaubzement	A	D	Silicastaub
	Portlandpuzzolanzement	A/B	P/Q	Puzzolane
	Portlandflugaschezement	A	V	Flugasche
	Portlandschieferzement	A/B	T	Schiefer
	Portlandkalksteinzement	A	LL	Kalkstein
CEM II-M	Portlandkompositzement	A	S-D, S-T	
			S-LL	
			D-T	
			D-LL	
			T-LL	
			S-P, S-V	
			D-P, D-V	
			P-V, P-T	
			P-LL	
			V-T	
		V-LL		
		B	S-D, S-T	
			D-T	
			S-P, D-P	
P-T				
CEM III	Hochofenzement	A		
		B		
CEM IV	Puzzolanzement	B	P ¹⁾	
CEM V	Kompositzement	A	S - P ²⁾	
		B		

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

²⁾ Gilt nur für Trass nach DIN 51043 als Hauptbestandteil.

Tafel 4: Kriterien für die Bestimmung der Bindemittelmenge bei der Erstprüfung von Einbaugemischen für Verfestigungen

Art der Böden und/oder der Baustoffgemische	Frostwiderstand Längenänderung [%]	Druckfestigkeit im Alter von 28 Tagen	
		unter Asphalt-schichten [N/mm ²]	unter Fahrbahn-decken aus Beton [N/mm ²]
Feinteile in Böden und/oder Baustoffgemischen ≤ 5 M.-%	–	7,0	$\geq 15,0$
Feinteile in Böden und/oder Baustoffgemischen > 5 und ≤ 15 M.-%	$\Delta l \leq 1,0$		

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



Bild 2: Einbau des Baustoffgemisches für eine hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT)

- 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.

Einbaugemische für hydraulisch gebundene Tragschichten

Die zweckmäßige Zusammensetzung des Einbaugemischs ist ebenfalls in einer Erstprüfung zu ermitteln. Geeignet sind Baustoffgemische bis 31,5 oder 45 mm Größtkorn. 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.

Bei der Erstprüfung sind folgende Anforderungen einzuhalten:

- 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.

Einbaugemische 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.

■ 4 Herstellung der Einbaugemische

Die Einbaugemische für Verfestigungen können im Baumischverfahren oder im Zentralmischverfahren hergestellt werden.

Die Einbaugemische für hydraulisch gebundene Tragschichten und Betontragschichten müssen in Mischanlagen, vorzugsweise Chargen- oder Durchlaufmischern hergestellt werden.

Im Baumischverfahren wird dem zur Verfestigung vorgesehenen und verdichteten Boden oder Baustoffgemisch an Ort und Stelle die erforderliche Bindemittelmenge mit einer Fräse zugemischt. Das Bindemittel wird mittels eines Zementstreugerätes mit guter Dosiereinrichtung ausgestreut und nachfolgend untergemischt. Noch fehlendes Wasser wird mittels Wassersprengwagen oder durch einen Sprühbalken in der Frästrommel erst nach dem ersten Mischgang zugegeben. Feinkörnige Böden sollten vor der Verfestigung angefeuchtet werden, um eine gleichmäßige Durchfeuchtung einzustellen.

Liegt der Wassergehalt insbesondere gemischt- und feinkörniger Böden deutlich über dem günstigen Wassergehalt, muss der Wassergehalt vor der Verfestigung durch Belüftung mittels Fräsen, Aufreißen oder durch Behandlung mit Feinkalk vermindert werden. Das Mischen erfolgt vorteilhaft mit leistungsfähigen Fräsen. Die meisten Fräsen haben eine ausreichende Mischwirkung bis in eine Tiefe von 25 cm im verdichteten Zustand. Es gibt aber auch Fräsen, die bis zu 50 cm tief arbeiten können. Scheibeneggen oder Motorgrader haben eine unzureichende Mischwirkung.

Die Durchmischung des Bindemittels mit der zur Verfestigung vorgesehenen Schicht muss so gewählt und aufeinander abgestimmt werden, dass die Verfestigung über den gesamten Querschnitt zügig in der Verarbeitungszeit des Einbaugemischs hergestellt wird.

Beim Baumischverfahren ist zu beachten, dass sich zwei benachbarte Mischspuren auf mindestens 20 cm Breite überlappen und keine unbehandelten Bodenstreifen verbleiben.

Im Zentralmischverfahren werden bei Verfestigungen der Boden und/oder das Baustoffgemisch mit dem Bindemittel und dem Wasser in einer Mischanlage gemischt. Die Dosierung der Ausgangsstoffe kann gewichtsmäßig oder volumetrisch erfolgen. Es muss so lange gemischt werden, bis Bindemittel und Wasser gleichmäßig im Boden und/oder Baustoffgemisch verteilt sind und das Einbaugemisch einen einheitlichen Farbton aufweist.

Das Einbaugemisch für eine HGT oder eine Betontragschicht darf nur im Zentralmischverfahren aufbereitet werden. Bei größeren Baulosen wird in Baustellenanlagen gemischt. Bei Herstellung und Lieferung durch stationäre Mischwerke ist darauf zu achten, dass die Mischer eine ausreichend hohe Stundenleistung aufweisen.

Bei Boden-, Baustoffgemisch- und Lufttemperaturen unter +5 °C sind die Arbeiten einzustellen oder besondere Maßnahmen zu ergreifen, die sichern, dass die Einbaugemischtemperatur mindestens in den ersten drei Tagen nicht unter +5 °C absinkt. Gefrorene Böden oder Baustoffgemische dürfen nicht verarbeitet werden.

■ 5 Prüfungen

5.1 Erstprüfung

Erstprüfungen sind Prüfungen des Auftragnehmers. Sie sind auf den Grundlagen der TL Beton-StB und der TP Beton-StB vor der ersten Verwendung durchzuführen (siehe auch Tafel 5).

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.

Bei Lieferung für gleichartige Baumaßnahmen mit ähnlichen klimatischen und örtlichen Verhältnissen darf auf vorhandene Erstprüfungen zurückgegriffen werden, sofern sich Art und Eigenschaften der Böden, Baustoff- und Einbaugemische, die bei der vorhergehenden Erstprüfung zugrunde lagen, nicht geändert haben und die Prüfzeugnisse nicht älter als zwei Jahre sind.

Von allen für die Bauausführung vorgesehenen Baustoffen sind dem Auftraggeber auf Verlangen Proben zu übergeben.

5.2 Werkseigene Produktionskontrolle

Es ist eine werkseigene Produktionskontrolle durchzuführen. Für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln ist der Umfang in Tafel 5 festgelegt.

Tafel 5: Prüfungen 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 des Einbaugemischs	HGT	–	nach Augenschein

■ 6 Technische Regelwerke

		DIN 18196	Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke, Ausgabe 2006
TL Beton-StB*)	Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2006	DIN EN 197-1	Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement, Ausgabe 2001
TL Gestein-StB	Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2004	DIN 18506	Hydraulische Boden- und Tragschichtbinde-; Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien, Ausgabe 2002
TP Beton-StB*)	Technische Prüfvorschriften für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2007	DIN EN 206-1	Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Ausgabe 2001
TP Gestein-StB*)	Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2007	DIN 1045-2	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Ausgabe 2001
TL SoB-StB	Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2004	DIN EN 12350	Prüfung von Frischbeton, Teilausgaben ab 2000
TL G SoB-StB	Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden für Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Teil: Güteüberwachung, Ausgabe 2004	DIN EN 12390	Prüfung von Festbeton, Teilausgaben ab 2000
		DIN EN 14227-1	Hydraulisch gebundene Gemische – Anforderungen – Teil 1: Zementgebundene Gemische, Ausgabe 2004

*) in Vorbereitung

Beratung und Information zu allen Fragen der Betonanwendung

Herausgeber

InformationsZentrum Beton GmbH, Steinhof 39, 40699 Erkrath

www.beton.org

Kontakt und Beratung vor Ort

Büro Berlin, Teltower Damm 155, 14167 Berlin, Tel.: 030 3087778-0, berlin@beton.org

Büro Hannover, Hannoversche Straße 21, 31319 Sehnde, Tel.: 05132 502099-0, hannover@beton.org

Büro Beckum, Neustraße 1, 59269 Beckum, Tel.: 02521 8730-0, beckum@beton.org

Büro Ostfildern, Gerhard-Koch-Straße 2+4, 73760 Ostfildern, Tel.: 0711 32732-200, ostfildern@beton.org

Verfasser

Dr.-Ing. Helmut Eifert