

Artikel 3

BODENVERBESSERUNG MIT KALK UND HYDRAULISCHEM BINDEMITTEL

Die Technik besteht in der Stabilisierung mittels Vermischung mit geeigneten Mischmaschinen (Pulvimixer), von Kalk und Zement mit dem alten Straßenkörper.

Der Eingriff kann direkt auf die oder den bestehenden Schichten, d.h. auf die gefrästen und aufgelockerten Materialien, durchgeführt werden. Die oberen Schichten werden zunächst abgetragen, um die Stabilisierung des Untergrundes mit Kalk zu ermöglichen und anschließend wieder aufgetragen, um den neuen Straßenunterbau herzustellen.

Der gleiche Eingriff kann bei der Realisierung von Straßenunterbauten angewendet werden, bei Anwesenheit von Materialien, dessen Eigenschaften den Anforderungen nicht entsprechen (plastisches Verhalten, geringe Kohäsion).

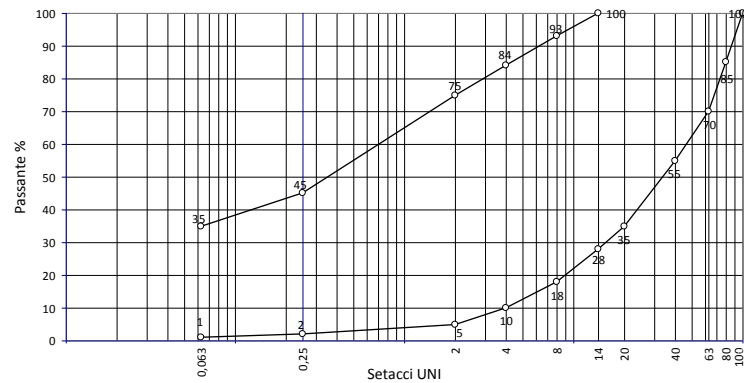
Die Anwendung von Kalk, zusätzlich zum Zement, ist dann erforderlich, wenn das zu stabilisierende Material einen Plastizitätsindex $I_p > 6$ (bestehende plastische Tragschicht, Vermischung mit dem bestehenden Straßenunterbau, plastische Zugabematerialien) aufweist.

A) MISCHGUTANSATZ

1) Zu stabilisierendes Material

Das zu behandelnde Material stammt generell von den alten Tragschichten und beinhaltet eventuell auch Teile der darüberliegenden Asphaltsschichten (Fräsgut) und Material des Unterbaues. Weiters können Aushubmaterial, natürliche Gesteinskörnungen und/oder rezykliertes Material verwendet werden. Die Korngrößenverteilung des zu behandelnden Mischgutes muss innerhalb des Sieblinienbereiches nach Tabelle A.1 liegen.

Tabelle A.1		
KÖRNUNGSVERTEILUNG		
Serie ISO	Mm	% Durchgang
Sieb	100	100
Sieb	80	85 – 100
Sieb	63	63 – 100
Sieb	40	55 – 100
Sieb	20	35 – 100
Sieb	16	31 – 100
Sieb	14	28 – 100
Sieb	12,5	24 – 97
Sieb	10	22 – 96
Sieb	8	18 – 93
Sieb	6,3	15 – 90
Sieb	4	10 – 84
Sieb	2	5 – 75
Sieb	1	4 – 65
Sieb	0,25	2 – 45
Sieb	0,063	1 – 35



Der vorhandene Boden kann mit Kalk und/oder hydraulischem Bindemittel behandelt werden, wenn der Anteil an organischem Material nicht höher als 3% ist und der Sulfatanteil (SO_3), gemessen nach UNI EN 1744-1, die 0,3% nicht überschreitet.

2) Zement

Der verwendete Zement ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe mit Leistungserklärung (DoP) zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) und UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders) angebracht sein. Es sind vorzugsweise sulfatbeständige hydraulische Bindemittel (SR 0) mit einer niedrigen Hydratationswärme zu verwenden und das Mischverhältnis ist anhand spezifischer Laborprüfungen zu ermitteln.

3) Kalk

In den Fällen, wo das zu stabilisierende Material einen Plastizitätsindex $\text{IP} > 6$ zeigt muss eine Vorbehandlung mit Kalk erfolgen. Zur Bodenverbesserung kann vorwiegend aus Kalkoxyd und Kalkhydrat bestehender Luftkalk sowie ungelöschter¹ oder gelöschter Branntkalk verwendet werden. Die zu verwendende Kalkart hängt vom Wassergehalt des zu verbessernden Bodens ab: für Böden mit hohem Wassergehalt ist ungelöschter Kalk zu verwenden. Der Kalk muss durch Kalzinierung aus Kalkstein hergestellt werden; die Verwendung von durch Verwertung von Baurückständen gewonnenem Kalk ist unzulässig. Der verwendete Kalk ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR über Baustoffe mit Leistungserklärung (DoP) zu klassifizieren. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 459-1 angebracht sein. Es darf ausschließlich Kalk der Klassen CL 90 oder CL 80 verwendet werden.

4) Wasser

Das zum Vermischen und zum Abbinden beigegebene Wasser darf die Eigenschaften des Gemischs nicht beeinträchtigen und darf keine schädlichen Verunreinigungen, Öle, Säuren, Laugen, organisches Material, Ton oder Schluff sowie sonstige schädliche Substanzen enthalten. Auf Anweisung des Bauleiters ist die Eignung des Wassers zu überprüfen; die Anforderungen für das Anmachwasser sind in der Norm UNI EN 1008 festgelegt.

5) Gemisch

Die Zusammensetzung des Bindemittels (Hydraulisches Bindemittel und eventuell Kalk) und der für das Auswalzen optimale Feuchtegehalt, werden aufgrund von, an amtlich anerkannten Prüfanstalten nach DPR Nr. 380/2001, Artikel 59 durchgeführten Versuchen zur Festlegung des Mischgutansatzes ermittelt.

¹ Ungelöschter Kalk wird gemahlen als Pulver oder als Wassersuspension verwendet. In letzterem Fall muss die Suspension zumindest 70% in Gewichtsanteilen Kalkoxyd enthalten.

B) GENEHMIGUNG DES MISCHGUTANSATZES

Der Auftragnehmer hat dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn des Einbaus die Ergebnisse der genannten Prüfungen mitzuteilen und den hydraulischen Bindemittel- und Kalkanteil, den er dem Gemisch beizugeben gedenkt, vorzuschlagen. Nach Genehmigung des Mischgutansatzes durch den Bauleiter, kann das Gemisch verwendet werden.

Sofern die Mischungen die Anforderungen erfüllen, welche in Tabelle B.1 dargestellt sind, werden sie als geeignet zur Anfertigung einer Tragschicht angesehen.

Tabelle B.1					
Zementgebundenes Korngemisch (weitgestuftes Kies-Sand-Gemisch)					
Anforderung	Prüfmethode	Symbol	Maßeinheit	Sollwert	Widerstands klassen
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	UNI EN 13286-41	R _c	MPa	2,5 ≥ R _c ≤ 5	C _{3/4} - C _{5/6}
Indirekte Zugfestigkeit nach 28 Tagen	UNI EN 13286-42	R _t	MPa	≥ 0,25	
Steifigkeitsmodul nach 28 Tagen – 124ms (*)	UNI EN 12697 – 26 Anhang C	S	GPa	3,0 – 8,0	Kategorie T2 – T4
(*) Prüfkörper mit 100 Umdrehungen der Gyratorpresse hergestellt					

Unter keinen Umständen darf der Gewichtsanteil des Kalks bzw. hydraulische Bindemittel am Gemisch geringer als 2,0% sein, ist dies der Fall, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Bodenschicht abzutragen und zu beseitigen.

C) EINBAU

Vor dem Mischvorgang muss der Aufbruch der bestehenden Schichten durch eine Fräse oder mittels der Stabilisierungsmaschine selbst erfolgen.

Wenn das gefräste Material wieder eingebracht wird, oder im Falle einer Materialergänzung muss beim Ausgleichen dafür gesorgt werden, dass die vorgeschriebene Schichtstärke konstant eingehalten werden kann. Nach der Auflockerung ist der Wassergehalt des anstehenden Bodens festzustellen; die Messungen sind mit zeitsparenden Verfahren an verschiedenen Standorten und in verschiedenen Tiefen durchzuführen.

Als zufriedenstellend können die Werte für den Wassergehalt zwischen dem Optimalwert für das Gemisch W_{opt} und W_{opt}+2% betrachtet werden. Bei übermäßigem Wassergehalt wird, im Einvernehmen mit dem Bauleiter, der Boden erneut zur Belüftung durchgefräst, oder bei zu großer Trockenheit bewässert.

Wenn die optimale Feuchte erreicht ist, bzw. die Abweichung im zulässigen Bereich liegt, wird der Zement in der, im Mischgutansatz vorgegebenen Menge mit Einsatz von Verteilermaschinen, mit von der Fahrgeschwindigkeit abhängiger Dosiervorrichtung, ausgestreut.

Die Vermischung hat mittels Pulvimixer in einem oder zwei Durchgängen zu erfolgen.

Mit der gleichen Prozedur wie beim Zement wird der Kalk in der vorgeschriebenen Menge, bzw. mit den vom Bauleiter angeordneten Abänderungen, gestreut, sofern die Plastizität des Materials eine derartige Vorbehandlung erforderlich macht. Nach der Vermischung des Kalkes mittels Pulvimixer in einem oder zwei Durchgängen erfolgt das Ausbringen und Vermischen des Zementes. Nach der Vermischung des Zementes, muss mittels Graeder die Schicht ausgeglichen werden. Die anschließende Verdichtungsarbeiten müssen zuerst durch eine, mit Kompaktometer ausgestattete Vibrationswalze mit Gewicht über 120 kN und dann mit einer mind. 160 kN schwere Gummiradwalze erfolgen, bis 98% der im Labor ermittelten Standard AASHO Dichte erreicht wird. Das Bindemittel in Form von Zement und eventuell Kalken darf höchstens auf einer, innerhalb eines Tages zu verbessernder Fläche verteilt werden. Die Bindemittelverteilung ist bei Wind einzustellen, wenn, trotz Ausstattung mit Atemschutz, die Gesundheit des Personals und eine genaue Dosierung nicht mehr gewährleistet werden können.

Aufgrund der angewendeten Arbeitsverfahren entstehen Längs- und Quernähte an den Übergängen. Die bei der Verbesserung von nebeneinander liegenden Bahnen entstehenden Übergänge müssen um mindestens 15 cm überlappt sein. Entlang der senkrecht zur Straßenachse verlaufenden Quernähte, ist das verdichtete Gemisch in den Bereichen, wo der Kalk – und Zementgehalt, die Dicke oder die Verdichtung unzulänglich

oder ungleichmäßig sind, abzutragen. Die Übergänge sind zu Beginn des folgenden Arbeitstages am abge bundenen Boden auszubilden; die Stirnseiten sind senkrecht zu beschneiden, um die Rissbildung zu vermeiden.

Die Arbeiten dürfen in der Regel, bei Außentemperaturen unter 5°C und über 25°C, bzw. bei Regen nicht durchgeführt werden. Bei Temperaturen zwischen 25°C und 30°C kann man fortfahren, unter der Bedingung, dass unmittelbar nach Mischung und Verdichtung die bituminöse Schutzschicht aufgebracht wird.

Die Idealtemperatur liegt zwischen 15°C und 18°C und die ideale relative Luftfeuchtigkeit bei 50% ca. Die Durchführung der Arbeiten ist auch bei höheren Temperaturen zulässig, wenn auch die relative Luftfeuchtigkeit entsprechend höher ist. Bei Temperaturen unter dem Mittelwert soll darauf geachtet werden, dass die Relative Luftfeuchtigkeit nicht unter 15% liegt, da auch dies eine zu starke Verdunstung verursachen würde.

Durch ungünstige Witterungsverhältnisse oder aus anderen Gründen mangelhafte Schichten, müssen unverzüglich zu Lasten des Auftragnehmers abgetragen und neu eingebaut werden.

In fertigen Oberflächen sind Ebenheitsabweichungen, als Stichmasse unter einer 4 m langen in beliebiger Richtung aufgesetzten Richtlatte, von bis zu 10 mm zulässig, wenn der Fehler nur vereinzelt vorkommt.

Wird eine größere Abweichung von der Profilierung laut Projekt festgestellt, darf der Mangel nicht durch Auffüllen und anschließendes Walzen kleiner Materialmengen "korrigiert" werden, sondern die Dicke der darüber liegenden Schicht (Straßenkörper) muss auf Kosten des Auftragnehmers erhöht werden. Andererseits ist es möglich, "nicht konforme" fertige Oberflächen aufgrund von "Übermaß" (Abmessungen der fertigen Oberfläche, die höher sind als die vorgesehenen Profile) durch Reprofilierung mit einer Nivellier- oder Fräsmaschine zu korrigieren.

Nach Abschluss der Verdichtungs- und Profilierungsarbeiten muss das behandelte Material durch Aufsprühen einer langsam brechenden Bitumenemulsion (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C55 B4) mit einer Dosierung von 1,0 - 1,5 kg/m², je nach Oberflächenporosität und Absorptionsvermögen des oberen Teils der behandelten Schicht, geschützt werden. Die Emulsion muss mit Sand oder Splitt abgedeckt werden, um zu verhindern, dass sie von Baustellenfahrzeugen abgetragen wird. Die Schutzschicht aus Bitumenemulsion kann vermieden werden, wenn die behandelte Schicht nach kurzer Zeit von einer darüber liegenden Schicht überdeckt wird. In diesem Fall muss das mit Kalk und Zement behandelte Material während der Zeit bis zu Überdeckung ständig feucht gehalten werden, mit mindestens drei Sprühdurchgängen Wasser pro Tag, bis die überlagernde Schicht realisiert ist.

D) PRÜFUNGEN

Zur Prüfung der Eigenschaften der mit Kalk und hydraulische Bindemittel verbesserten Bodenschichten sind sowohl Laborprüfungen an den Bestandteilen und am Gemisch als auch Feldversuche durchzuführen.

Der Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen sind in Tabelle D.1 angeführt.

Die Prüfungen erfolgen in der Prüfanstalt der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol oder in einer anderen, vom Auftraggeber bestimmten Prüfanstalt.

Nach der Verdichtung darf die **Trockendichte** (γ_d) des trockenen Bodens von zumindest 95% der Probekörper den optimalen, vor Beginn der Arbeiten im Labor, am mit der modifizierten Proctor-Verdichtungsarbeit (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch, gemäß vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagenen Mischgutansatz gemessenen Bezugswert $\gamma_{d,max}$ nicht um mehr als 98% unterschreiten. Die Dichte wird gemäß DIN 18125-2 beziehungsweise CNR 22/72 oder ASDM D 1556-90 gemessen.

Bei einer Dichte unter dem Sollwert wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 2 (s - 2)^2$$

wo s die wie folgt berechnete Abweichung in % der Trockendichte γ_d von dem im Labor ermittelten Sollwert $\gamma_{d,opt}$ ist:

$$s = 100 (0,98 \cdot \gamma_{d,opt} - \gamma_s) / 0,98 \cdot \gamma_{d,opt}$$

Werte der Trockendichte weniger als 98% des im Labor, am mit der Standard Proctor-Verdichtungsarbeit (UNI EN 13286-2, DIN 18127) verdichteten Gemisches, gemessenen Bezugswert $\gamma_{d,max}$, führen dazu, dass der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen hat; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die **Tragfähigkeit** wird nach DIN 18134 mittels Plattendruckversuch mit Plattendurchmesser 300 mm ermittelt. Abweichend können auch Hochleistungs- oder Schnellversuche mit dem leichten Fallgewicht LFWD durchgeführt werden.

Der Verformungsmodul E_{v2} darf den Wert von 150 MPa innerhalb der ersten 24 Stunden nach Fertigstellung nicht unterschreiten, 3 Tage nach dem Einbau muss der Wert über 200 MPa liegen und das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} muss kleiner als 2,15 sein. Sobald der Wert E_{v2} oberhalb 250 MPa liegt, ist das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} nicht mehr von Relevanz.

Werden mittlere Werte der Tragfähigkeit 3 Tage nach dem Einbau, die unter 200 MN/m² liegen, festgestellt, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = [(200 - E_{v2})/5]^2$$

Liegen die Messwerte für den Verformungsmodul E_{v2} (nach 3 Tage) unter 180 MN/m² oder liegt das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} über 2,15 (nur bei E_{v2} weniger als 250 MPa) hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Tragschicht abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Ist die Durchführung von Schnell- oder Hochleistungsprüfungen vorgesehen, sind die zu stellenden Mindestanforderungen vor Beginn der Abschlußprüfungen durch Versuche im Prüfgelände oder an den fertig eingebauten Schichten festzulegen. Bei Schnellmessungen der Tragfähigkeit mit dem leichten Fallgewicht LFWD, wird eine Beziehung zwischen dem dynamischen Modul E_{vd} und dem mit statischen Prüfverfahren gewonnenen Modul E_{v2} hergestellt. Die Eignung der gebundenen Bodenschichten wird aufgrund der aus dieser Beziehung erhaltenen Sollwerte für E_{v2} bewertet.

Der Bauleiter kann, sofern er es als notwendig ansieht, weitere Kontrollmessungen mittels Falling-Weight-Deflectometer – FWD veranlassen. Von den Werten des **Elastizitätsmoduls**, welche nach 90 Tagen der Fertigstellung gemessen werden, darf das 85% Perzentil den Wert von 12,0 GPa nicht überschreiten. Von denselben Werten darf das 15% Perzentil 4,0 GPa nicht unterschreiten. Für Werte des Elastizitätsmoduls, die das 85% Perzentil von 12,0 GPa überschreiten, erfolgt bei der Tragschicht und den darüberliegenden Schichten (gesamtes Schichtpaket von der Tragschicht bis zur Verschleißschicht) ein Abzug von 10%.

Für Werte des Elastizitätsmoduls, die das 15% Perzentil von 4,0 GPa unterschreiten, erfolgt bei der Tragschicht und den darüberliegenden Schichten (gesamtes Schichtpaket von der Tragschicht bis zur Verschleißschicht) eine Kürzung von:

$$\text{Abzug in \%} = 5 (s + s^2)$$

Wo s die Abweichung zwischen 4 GPa und dem Wert des 15% Perzentil vom Elastizitätsmodul des homogenen Bereiches (auf den sich der Wert bezieht) in GPa ist.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen des gelieferten Mischgutes von dem anhand der Eignungsprüfung vereinbarten Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die Überlagerung der festgestellten Mängel nicht die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche beeinträchtigt.

Tabelle D.1			
STOFFPRÜFUNGEN UND ÜBERWACHUNG DER ANFORDERUNGEN			
ART DES PRÜFKÖRPERS	ENTNAHMEORT	PRÜFHÄUFIGKEIT	ZU PRÜFENDE KENNGRÖSSEN
Mineralstoffgemisch vor der Ausbreitung des Bindemittels (Kalk und Zement)	Zu bearbeitender Abschnitt vor der Ausbreitung der Bindemittel	jede 2.000 m ³ verarbeiteter Boden	Siebanalyse
Mineralstoffgemisch vor der Vermischung mit Kalk und mit Zement	Zu bearbeitender Abschnitt nach der Ausbreitung der Bindemittel	jede 2.000 m ³ verarbeiteter Boden	Menge des ausgebreiteten Kalkes /m ² Menge des ausgebreiteten Zementes /m ²
Fertige Bodenschicht	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 500 m fertige, verbesserte Bodenbahn	Lagerungsdichte nicht unter 98 % der im Labor gemessenen Dichte nach AASHTO Standard
Fertige Bodenschicht 3 Tage nach Verfestigung	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 250 m fertige, verbesserte Bodenbahn	Verformungsmodul E_{v2} , mit Plattendruckversuch (Platte zu 300 mm) nach DIN 18134 festgestellt, nicht unter 180 MPa mit $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,15$