

## Artikel .....

### **BODENVERBESSERUNG MIT KALK UND ZEMENT**

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

Der Eingriff kann direkt auf die oder den bestehenden Schichten, dh. 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  $I_p > 0$  (bestehender plastische Straßenfondation, Vermischung mit dem bestehenden Straßenunterbau, plastische Zugabematerialien) aufweist.

#### **A – MISCHGUTANSATZ**

Die Ermittlung der Idealmischung erfolgt durch Versuchsreihe die in offizielle Labors durchgeführt werden. Die angewendeten Mischungen müssen folgende Eigenschaften aufweisen (bestimmt auf CBR Probekörper, die nach den Bestimmungen CNR 29 – AASHTO – Mod .Verdichtung, 7 Tage lang bei  $20 \pm 1$  °C bei einer rel. Luftfeuchtigkeit von  $> 95\%$  in Luft gelagert ).

- Duckfestigkeit bei seitlicher freier Ausweichung zwischen 2,5 und 4,5 N/mm<sup>2</sup>
- Indirekte Zugfestigkeit  $> 0,25$  N/mm<sup>2</sup>

Kalkoxyd ist dem Kalkhydrat vorzuziehen und als Zement soll der Typ CEM IV/B Puzzolan 32,5 verwendet werden. Das verwendete Wasser muß rein und frei von schädlichen Stoffen wie Öle, Säuren, Laugen, Alkalyden und organischen Stoffen sein.

Der Auftragnehmer hat dem Bauleiter spätestens 15 Tage vor Beginn des Einbaus die Ergebnisse der genannten Prüfungen mitzuteilen.

Da es sich generell um Eingriffe handelt, die auf bestehende Straßenabschnitte durchgeführt werden, die aus verschiedenartigen Straßenfondationen und Straßenunterbauten bestehen und aus unterschiedlichen Materialien und Schichtstärken bestehen, kann der Gesamtanteil an Bindemittel (Kalk + Zement) zwischen 3% und 5 % liegen, was einem Gewicht von 60 kg/m<sup>3</sup> und 100 kg/m<sup>3</sup> entspricht. Ferner kann die Proportion zwischen Kalk und Zement auf Anordnung der Bauleitung verändert werden.

Auf Anweisung des Bauleiters ist die Eignung des Wassers zu überprüfen; die Anforderungen für das Anmachwasser sind in der Norm UNI EN 1008 festgelegt.

#### **B – EINBAU**

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

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 durchgefördert.

Wenn die optimale Feuchte erreicht ist, bzw. die Abweichung im zulässigen Bereich liegt, wird der Kalk 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 Kalk wird nun der Zement in der vorgeschriebenen Menge, bzw. mit den vom Bauleiter angeordneten Abänderungen, gestreut. Das Bindemittel darf höchstens auf einer, innerhalb einer Tagesschicht zu verbessernden Fläche verteilt werden.

Die Bindemittelverteilung ist bei Wind einzustellen, wenn, trotz Ausstattung mit Atemschutz, die Gesundheit Personals und eine genaue Dosierung nicht mehr gewährleistet werden können.

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 12t und dann mit einer mind. 15 t schwere Gummiradwalze erfolgen, bis 98% der im laobr ermittelten mod. AASHO Dichte erreicht wird.

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 abgebundenen Boden auszubilden; die Stirnseiten sind senkrecht zu beschneiden, um die Rißbildung zu vermeiden.

Die Arbeiten müssen in der Regel, bei Außentemperaturen unter 5°C und über 25 °C, bzw. bei Regen nicht durchgeführt werden. Bei Temperaturen zwischen 25 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 und 18 und die ideale relative Luftfeuchtigkeit bei 50% ca. Die Durchführung der Arbeiten ist auch bei höheren Temperaturen zugelassen, 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 zu starkes Verdunsten verursachen würde.

Durch ungünstige Witterungsverhältnisse oder aus anderen Gründen gebaute 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 1 cm zulässig, und nur dann zulässig wenn der Fehler vereinzelt vorkommt.

Wenn die Abweichung größer ist, kann der Fehler nicht durch die Aufbringung von neuem Material ausgebessert werden, sondern es muss die gesamte Schicht zu Lasten des Auftragnehmers abgetragen und neu eingebaut werden.

Nach der Verdichtung und der Profilierung ist die Oberfläche, sofern die verbesserte Bodenschicht nicht innerhalb von 24 Stunden mit einer weiteren Schicht des Straßenaufbaus überdeckt wird, muss eine Schutzschicht mit 1,5 kg/m<sup>2</sup> Bitumenemulsion mit langer Brechzeit, die mit Sand abgesplittet wird, aufgebracht werden. Ansonsten, um die Feuchtigkeit der Oberfläche zu gewährleisten, muss der bearbeitete Abschnitt drei Mal täglich mit Wasser befeuchtet werden.

Die bearbeitete Schicht darf ab dem dritten Tag nach dem Einbau dem Gummiradverkehr freigegeben werden.

## C ) PRÜFUNGEN

Zur Prüfung der Eigenschaften der mit Kalk und Zement 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 C.1** angeführt.

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

Nach der Verdichtung darf die **Lagerungsdichte** ( $\gamma_s$ ) 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  $\gamma_{s,max}$  nicht um mehr als 98% unterschreiten. Die Dichte wird gemäß DIN 18125-2 beziehungsweise CNR 22/72 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 Lagerungsdichte  $\gamma_s$  von dem im Labor ermittelten Sollwert  $\gamma_{s,opt}$  ist:

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

Weicht die festgestellte Lagerungsdichte um mehr als 95% vom, im Labor am mit der modifizierten Proctor-Verdichtungsarbeit (UNI EN 13286-2) verdichteten Gemisch gemessenen Bezugswert  $\gamma_{s,max}$  ab, 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.

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 MN/m<sup>2</sup> nicht unterschreiten, innerhalb 24 Stunden nach dem Einbau muss der Wert über 200 MN/m<sup>2</sup> liegen, das Verhältnis  $E_{v2}/E_{v1}$  muß kleiner als 2,15 sein.

Werden mittlere Werte der Tragfähigkeit 3 Tage nach dem Einbau, die unter 200 MN/m<sup>2</sup> 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 170 MN/m<sup>2</sup> oder liegt das Verhältnis  $E_{v2}/E_{v1}$  über 2,15 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.

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)n	Zu bearbeitender Abschnitt vor der Ausbreitung der Bindemittel	jede 2000 m <sup>3</sup> verarbeiteter Boden	Siebanalyse
Mineralstoffgemisch vor der Vermischung mit Kalk und mit Zement	Zu bearbeitender Abschnitt nach der Ausbreitung der Bindemittel	jede 2000 m <sup>3</sup> verarbeiteter Boden	Menge des ausgebreiteten Kalkes /m <sup>2</sup> Menge des ausgebreiteten Zementes /m <sup>2</sup>
Fertige Bodenschicht	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 500 m fertige, verbesserte Bodenbahn	Lagerungsdichte nicht unter 98 % der im Labor gemessenen Dichte nach AASHTO modifiziert (DIN 18127 oder CNR 69/78)
Fertige Bodenschicht	Fertig eingebaute Bodenschicht	jede 250 m fertige, verbesserte Bodenbahn	Verformungsmodul $E_{v,2}$ , mit Plattendruckversuch (Platte zu 300 mm) nach DIN 18134 festgestellt, nicht unter 150 MN/m <sup>2</sup> mit $E_{v,2}/E_{v,1} \leq 2,15$