



Qualifizierter Straßenbau mit Frostschutzschichten

31.01.2019 in Beilngries

Thomas Gahm
TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH
- RAP Stra-Prüfstelle -

Mineralische Tragschichten unter Verkehrsflächen



- Verkehrsflächen
- Anforderungen
- Baustoffgemische
- Güteüberwachung
- Herstellung
- Einbau
- Kennzeichnung
- Leistungsbeschreibung
- Schluss

Verkehrsflächen



Quelle: www.offroad-forum.de

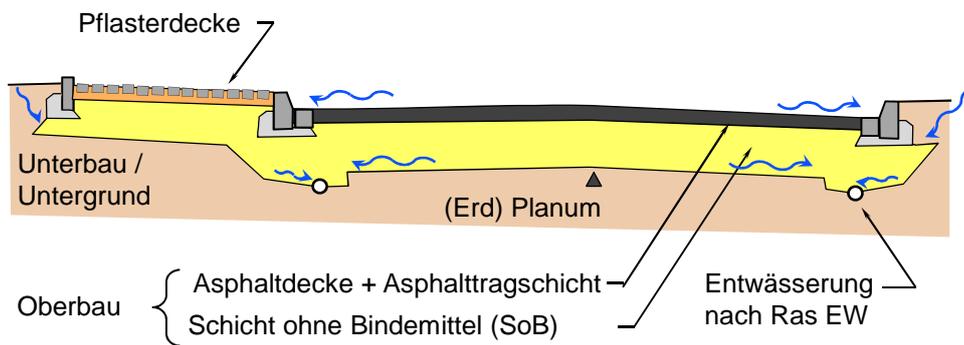


Quelle: www.sueddeutsche.de

z.B. in Sibirien

Verkehrsflächen

Aufbau einer Befestigung in geschlossener Ortschaft



vgl. Bild 1, RStO 12

Richtlinien
für die Standardisierung
des Oberbaus
von Verkehrsflächen

R 1

Anforderungen - Allgemeine Eigenschaften

■ Baugrundsatz:

Die Konstruktion ist so festzulegen, dass ausreichende

- Frostsicherheit,
- Tragfähigkeit gegen Belastung aus Verkehr und
- Witterungsbeständigkeit

während der geplanten Nutzungsdauer gewährleistet ist (RStO 12).

Daraus lassen sich weitere Anforderungen hinsichtlich der

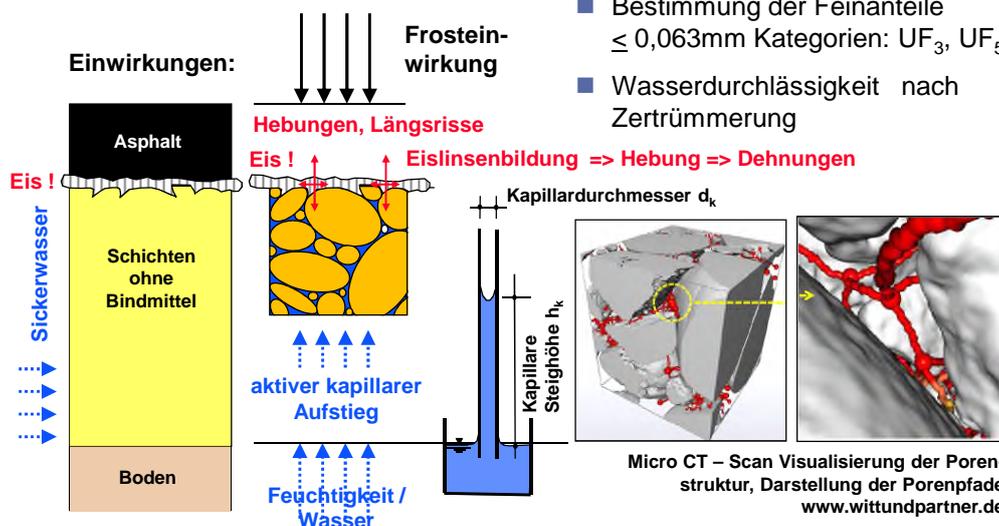
- Verdichtbarkeit,
- Kornzusammensetzung, Feinanteil und
- Wasserdurchlässigkeit eines eingebauten Gemisches ableiten.

Anforderungen - Frostsicherheit

■ Frostsicherheit

■ Prüfungen

- Bestimmung der Feinanteile $\leq 0,063\text{mm}$ Kategorien: UF₃, UF₅
- Wasserdurchlässigkeit nach Zertrümmerung



Baustoffgemische - Straßenschäden

durch mangelhafte Frost-
sicherheit (Eislinsenbildung)

Staatliches Bauamt Passau
St 2130, Abschnitt 300, Station 2,200

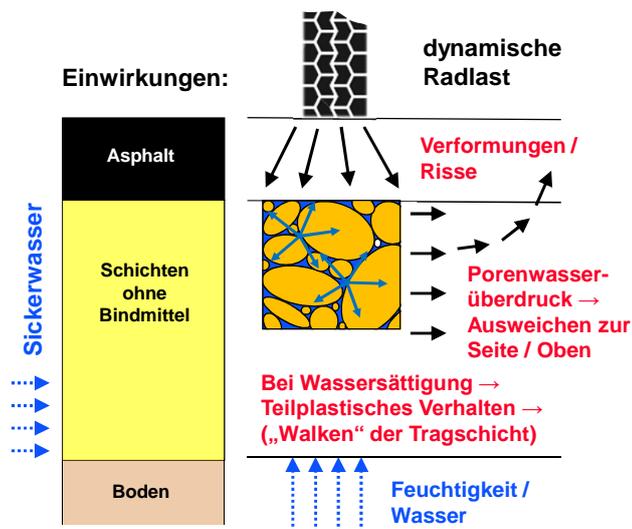
Staatliches Bauamt Amberg-Sulzbach
2172, Abschnitt 340, Station 0,050



Quelle: Oberste Baubehörde / Bayern

Anforderungen - Tragfähigkeit

■ Tragfähigkeit



■ Scherfestigkeit

- Gut abgestufte Kornverteilung
- Dichte Lagerung

■ Wassersättigung

- Zutritt von Wasser verhindern
- Verminderung des kapillaren Wasseraufstiegs

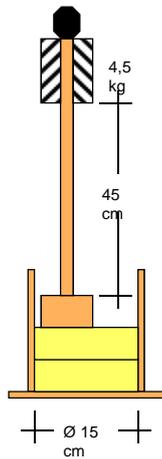
■ Prüfungen

- Verformungsmodul E_{v2} auf der eingebauten Schicht
- Wasserdurchlässigkeit nach Zertrümmerung

Anforderungen - Wasserdurchlässigkeit

Wasserdurchlässigkeit nach Zertrümmerung

Durchlässigkeit im Labor



a. Proctorversuch

- Proctordichte ρ_{pr} (Trockendichte)
- optimaler Wassergehalt w_{opt}

b. Wasserzugabe

- Zugabe von Wasser mit 90% des optimalen Wassergehaltes w_{opt}

c. Zertrümmerung

- durch 5-malige zyklische Verdichtung
- Zyklus (Homogenisierung – Verdichtung – Ausbau),
- im Proctorzylinder, letzter Zyklus Einbau im Durchlässigkeitszelle

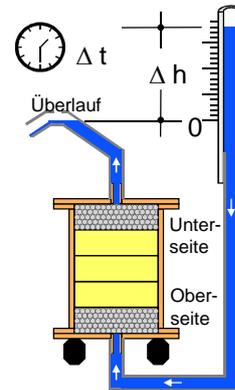
d. Wasserdurchlässigkeit k_{10}

- Maximal $5 \cdot 10^{-5}$ m/s

e. Feinanteil $f (< 0,063 \text{ mm})$

- nach Zertrümmerung max. 7,0 M, %

Querschnittsfläche A



Anforderungen – Verdichtbarkeit (1)

Proctorversuch

Bei einer normierten Verdichtungsenergie wird das Gemisch bei verschiedenen Wassergehalten im „Proctortopf“ verdichtet

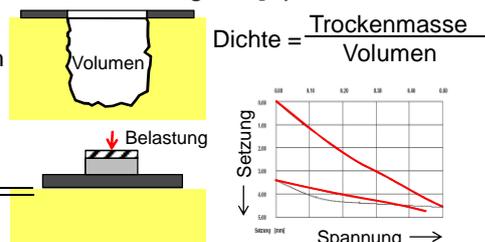
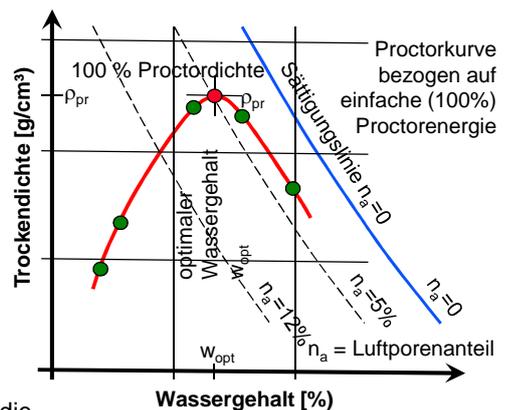
Es ergibt sich am konstruierten Scheitelpunkt die Proctordichte ρ_{pr} und der optimale Wassergehalt w_{opt}

Verdichtungsgrad

Der Verdichtungsgrad D_{pr} [in %] bezieht die an der eingebauten Tragschicht ermittelte Dichte (Felddichte) auf die im Proctorversuch bestimmte Bezugsdichte. $D_{pr} \geq 103 \%$

Plattendruckversuch

Statischer Plattendruckversuch nach DIN 18134 $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$



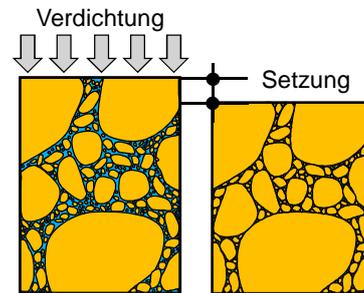
$$\text{Dichte} = \frac{\text{Trockenmasse}}{\text{Volumen}}$$

Anforderungen – Verdichtbarkeit (2)

■ Verdichtung

Durch statischen oder dynamische Krafteinwirkung auf wird versucht ein Korngemisch eine so dichte Lagerung zu erzeugen, dass durch Verkehrslasten keine weiteren Verformungen auftreten

Dieser Vorgang ist abhängig vom Wassergehalt.



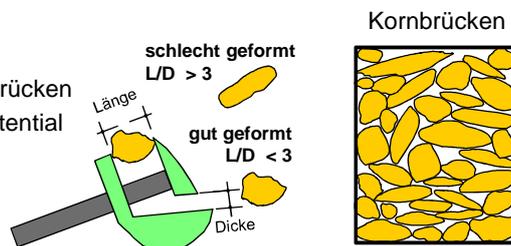
■ Sandanteil

In der Kornzusammensetzung muss ein Mindestanteil von Sand ≤ 2 mm Korndurchmesser vorhanden sein. (s.TL SoB-StB)

■ Kornform SI <shape index>

schlecht geformte Körner bilden Kornbrücken und damit ein sekundäres Setzungspotential

Der Anteil schlecht geformter Körner (Verhältnis Länge / Dicke $\geq 3 / 1$) maximal 50 M.%, Kat. SI₅₀



Anforderungen – Verdichtbarkeit (3)

■ Bruchflächigkeit C (nach TL Gestein-StB)

Für Frostschutzschichten FSS: Kategorie C_{NR} (keine Anforderung)

Für Kiestragschichten KTS: Kategorie C_{NR} (keine Anforderung)

Für Schottertragschichten STS: Kategorie C_{90/3}

Kategorien der Bruchflächigkeit:

Gesteinskörner	Oberflächen	Kategorie C _{NR}	Kategorie C _{90/3}	Kategorie C _{100/0} *
 vollständig gebrochen	> 90 % gebrochen	keine Anforderung	-	100 M.-%
 teilweise gebrochen	> 50 % gebrochen	keine Anforderung	90-100 M.-%	100 M.-%
 vollständig gerundet	> 90 % gerundet	keine Anforderung	0-3 M.-%	0

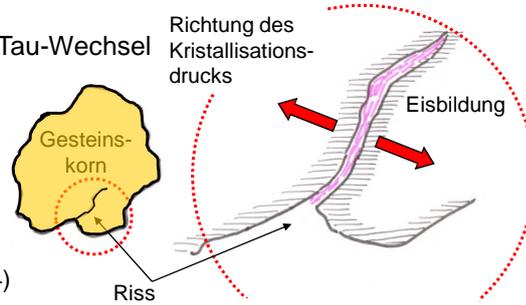
* bei gebrochenen Festgestein

Anforderungen – Beständigkeit



■ Frostbeständigkeit Frost-Tau-Wechsel

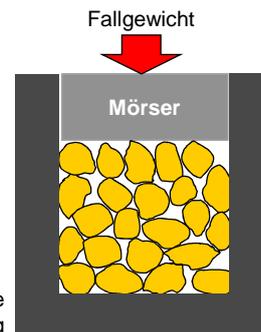
- Kornklasse 8/11 bzw. 31,5/45 mm
10 Frost-Tau-Wechseln
(20°C bis – 17,5°C)
- Volumenzunahme (ca.9 Vol.-%)
im Porenraum erzeugt einen
Kristallisationsdruck.
- Absplitterungen max. 4 M.-% (Kat: F4)



■ Schlagzertrümmerung (Kornfestigkeit)

- Kornklasse 8/12,5 mm bzw. 35,5/45 mm werden
dynamischen Impuls ausgesetzt
- Absplitterungen aus Siebdurchgängen mehrerer
Prüfsiebe, für Splitt max. 26 M.-% (Kategorie: SZ₂₆),
bzw. für Schotter max. 30 M.-% (Kategorie: SD₃₀)

Gleichkörnige
Prüfkörnung



Baustoffgemische - Vorschriften



Vorschriften für die Lieferung

TL SoB-StB



Verkehrsministerium (Bund)

FGSV-
Verlag

Bekanntmachungen des
Bayerischen Staatsministerium
für Wohnen, Bau und Verkehr

Technische
Lieferbedingungen für
Schichten
ohne **B**indemittel im
Straßen**b**au

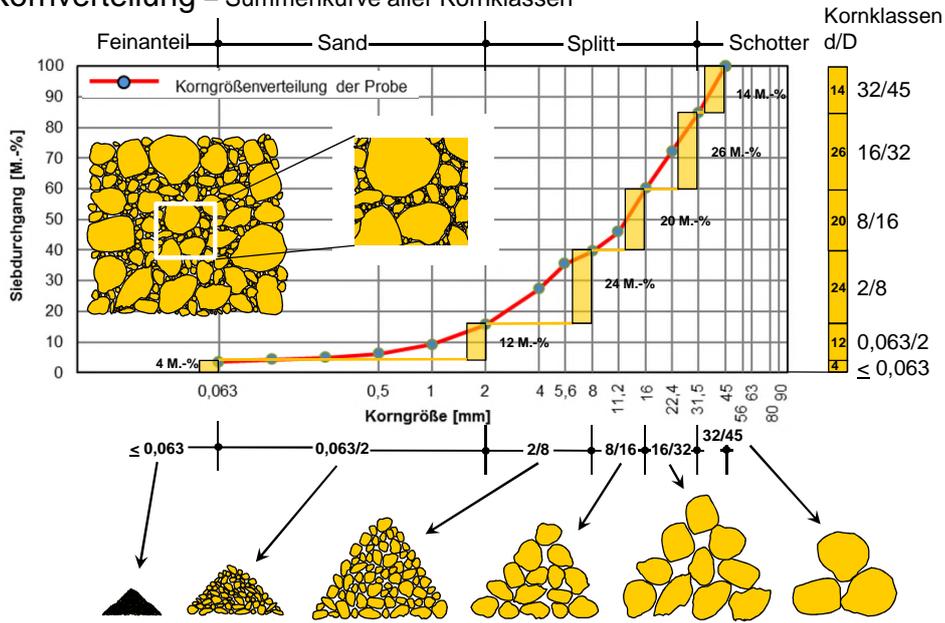
Vorschrift für die
Hersteller (Steinbrüche)
von Schichten ohne
Bindemittel

Vertragsverhältnis
Steinbruch -
Bauunternehmer

<http://www.stmb.bayern.de/vum/strasse/bauunterhalt/regelwerke/index.php>

Baustoffgemische - Zusammensetzung

Kornverteilung – Summenkurve aller Kornklassen



Baustoffgemische – Anforderung Kornverteilung

■ Frostschuttschichten (FSS)

0/32, 0/45, 0/56 üblich

- Geringe Anforderungen an die Gleichmäßigkeit
- auch mobil im „all-in“ Verfahren herzustellen
- (Radladmischungen)
- Verladung von Halde möglich

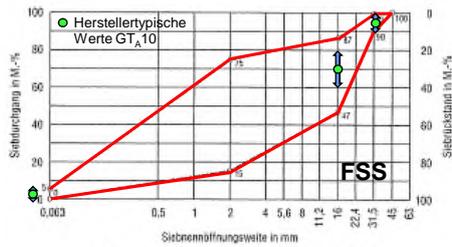


Bild B.5: Baustoffgemisch 0/32 für Frostschuttschichten

■ Schottertragschichten (STS)

0/32, 0/45, 0/56

- Sehr hohe Anforderungen an die Gleichmäßigkeit und Kornaufbau
- nur im „Zentralmischverfahren“, dosiert herzustellen (Bayern)
- Verladung von Halde nur ausnahmsweise

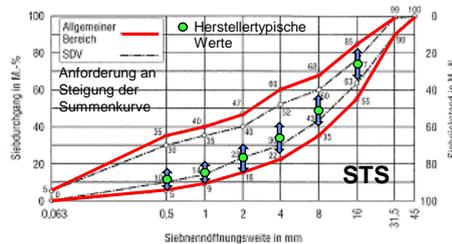


Bild C.1: Baustoffgemisch 0/32 für Kies- und Schottertragschichten

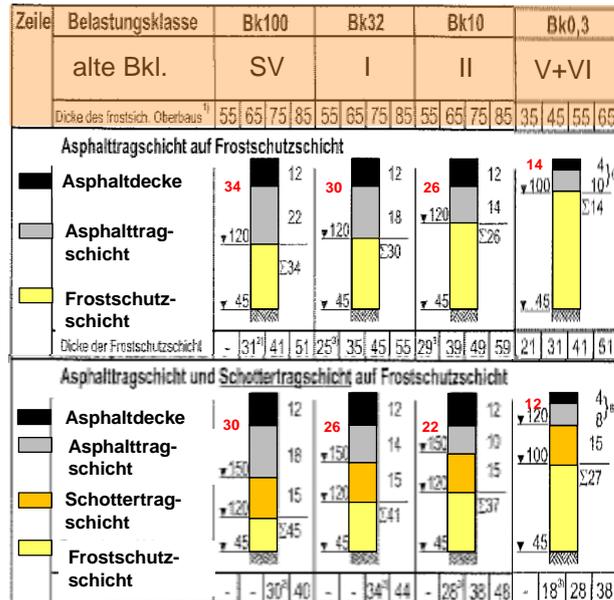
■ Kiestragschichten (KTS)

■ frostunempfindliches Material

- Bodengruppe GW, GE, GI, SE, SI n. DIN 18196

Baustoffgemische – Anforderungen

- RStO 12
Auszug aus Tafel 1
- Bei STS als unmittelbare Auflage unter Asphalt gegenüber FSS geringere Dicke der Asphalt-schichten:
4 cm Bk100, 32, 10
2 cm Bk 0,3
- Schottertragschichten werden jedoch nur in geringen Maß nachgefragt:
- STS vor allem im ländlichen Wegebau



Baustoffgemische - Anforderungen Feinanteil

Feinanteil < 0,063 mm in M.-% (FSS u. STS)

Prüfung	Kategorie UF ₅	Kategorie UF ₃	Probenahme
Herstellung im Werk	5 M.-%*	3 M.-%*	im Werk (durch FÜ/WPK)
Anlieferung auf Baustelle	6 M.-%**	4 M.-%**	auf Baustelle nicht verdichtet (KP)
Verdichtet auf Baustelle	7,0 M.-%***	5,0 M.-%***	auf Baustelle eingebaut und verdichtet (KP)



Bereits eingebautes Frostschutzmaterial, hoher Feinanteil

- * nach TL G SoB-StB keine Rundung (nicht 5,0)
- ** nach Bekanntmachung TL SoB-StB der OBB in Bayern
- *** nach ZTV SoB-StB

Kategorie UF₅ Regelanforderung

Kategorie UF₃ bei hohen Grundwasserstand (TL SoB-StB)

Güteüberwachung - Vorschriften

Vorschriften für die Güteüberwachung TL G SoB-StB

The diagram illustrates the regulatory framework for quality control. On the left, a document from the **Verkehrsministerium (Bund)** (Federal Transport Ministry) is shown, titled 'Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau' (Technical delivery conditions for building materials and soils for the production of layers without binders in road construction). This document is published by **FGSV-Verlag**. On the right, a document from the **Bekanntmachungen des Bayerischen Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr** (Official notices of the Bavarian State Ministry for Housing, Building and Transport) is shown, titled 'Anforderung und Eignung für Nichtbinder-Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau' (Requirements and suitability for non-binding delivery conditions for building materials and soils for the production of layers without binders in road construction). A plus sign (+) between the two documents indicates that they are combined to form the **TL G SoB-StB 04** regulation.

Technische
Lieferbedingungen, Teil
Güteüberwachung für
Schichten
ohne **B**indemittel im
Straßenbau

Vorschrift für die Lieferanten
(Steinbrüche) und
Fremdüberwacher von
Schichten ohne Bindemittel

Vertragsverhältnis Lieferant –
Fremdüberwacher

<http://www.stmb.bayern.de/vum/strasse/bauunterhalt/regelwerke/index.php>

Güteüberwachung - System

Eignungsnachweis - durch RAP Stra - Prüfstelle

- Erstprüfung (Probenahme u. Prüfung)
- Betriebsbeurteilung
 - Beurteilung der Gewinnung, Aufbereitung, Lagerung, Dosierung und Verladung
 - Funktionsfähigkeit der Werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) des Herstellers (Laborpersonal, Laborgeräte, Dokumentation, Verantwortlichkeiten)

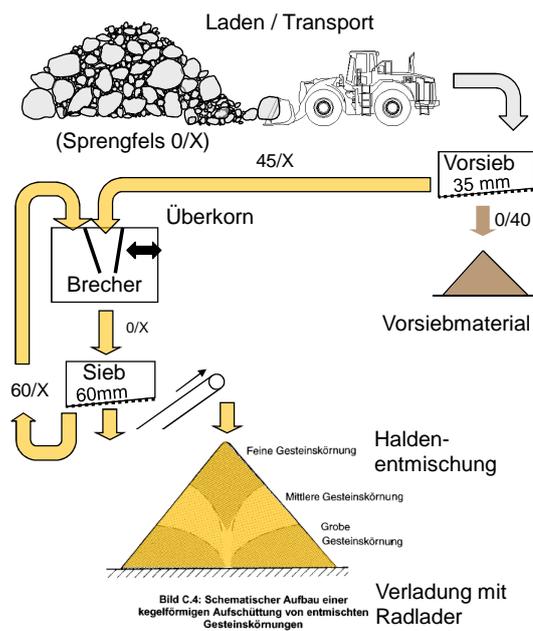
Güteüberwachung

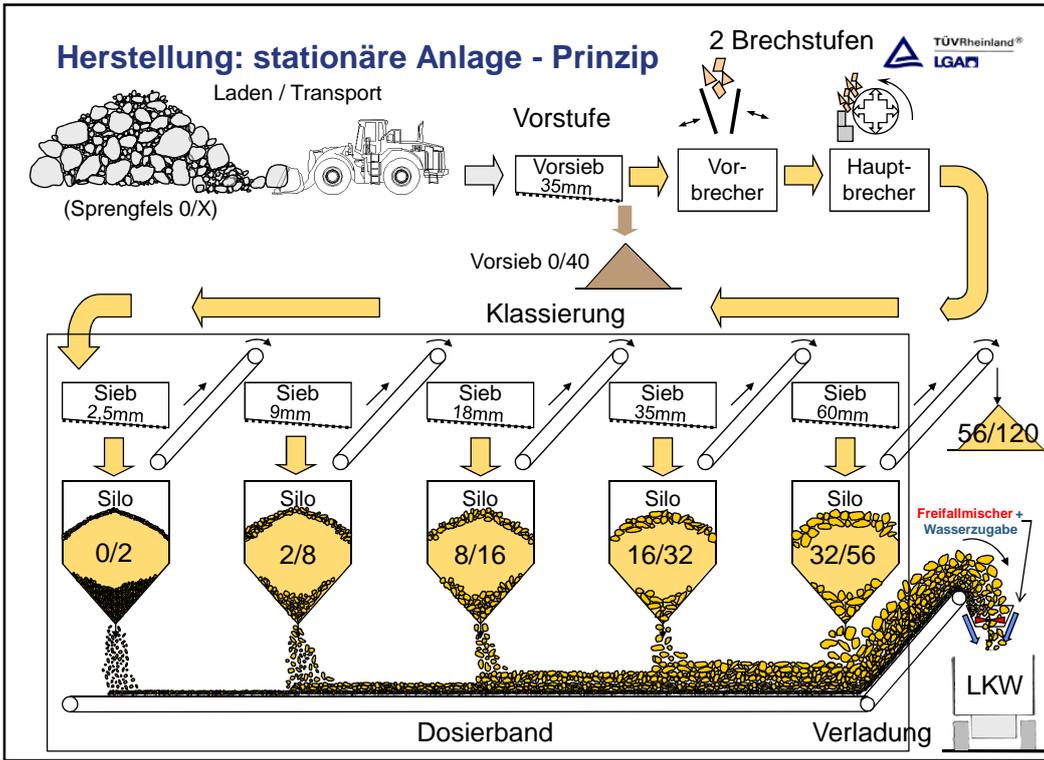
- Prüfung durch den Hersteller (WPK)
 - Kornverteilung, Feinanteile wöchentlich
 - Kornform monatlich
- Fremdüberwachung - durch RAP Stra - Prüfstelle
 - Probenahme u. Prüfung (2 mal jährlich) – Nachweis durch Prüfzeugnis
 - Überprüfung der WPK - Dokumentation des Herstellers
 - Überprüfung des Werklabors und Laborpersonals
 - Regelmäßige Schulungen

Herstellung: Aufbereitung / Laden & Transport



Herstellung: mobile Anlagen - Prinzip





Einbau - Vorschriften

Vorschriften für den Einbau

ZTV SoB-StB

Eigenüberwachung
Kontrollprüfung
Erweiterte Kontrollpr.
Schiedsuntersuchung

Zusätzliche Technische
Vertragsbedingungen für
Schichten
ohne Bindemittel im
Straßenbau

Verkehrsministerium (Bund)

FGSV-Verlag

Bekanntmachungen des
Bayerischen Staatsministerium
für Wohnen, Bau und Verkehr

<http://www.stmb.bayern.de/vum/strasse/bauunterhalt/regelwerke/index.php>

Zusätzliche Technische
Vertragsbedingungen für
Schichten
ohne Bindemittel im
Straßenbau

Vorschrift für die
Hersteller
(Bauunternehmen)
von Schichten ohne
Bindemittel

Vertragsverhältnis
Bauherr -
Bauunternehmer

Einbau - Vorschriften

Eigenschaft	Frostschutzschicht – FSS	Schottertragschicht - STS
Zwischenlagerung auf Baustelle	zulässig	nicht zulässig
Tragfähigkeit Verformungsmodul Ev_2	$\geq 120 \text{ M/m}^2$ Bkl.1,0 – Bkl.100	$\geq 120, 150, 180 \text{ M/m}^2$ je nach Material, Schichtdicke und Ev_2 der Unterlage
	$\geq 100 \text{ M/m}^2$ Bkl.0,3	
Verdichtungsgrad D_{Pr} bis 0,2 m .u. OK. SoB	$\geq 103 \text{ M.-%}$ Bkl.1,0 – Bkl.100	$\geq 103 \text{ M.-%}$
	$\geq 100 \text{ M.-%}$ Bkl.0,3	
Ebenheit (4 m Latte)	$\leq 3 \text{ cm}$	$\leq 2 \text{ cm}$
Mindesteinbaudicke	0/32: 12 cm, 0/45: 15 cm, 0/56: 18 cm,	
Abweichung von der Sollhöhe	maximal $\pm 2 \text{ cm}$	

Einbau - Vorschriften



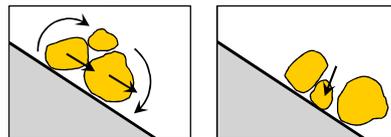
- Baugrundsätze: aus ZTV SoB-StB
- Die Schichten ohne Bindemittel sind so herzustellen, dass ihr Trag- und Verformungsverhalten möglichst gleichmäßig ist.
- Es ist bei einem für einen für den Einbau und die Verdichtung günstigen Wassergehalt zu verdichten.
- Das Erdplanum muss ausreichend tragfähig sein ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$)
- Der Einbau auf gefrorener Unterlage ist nicht zulässig.
- Schichten ohne Bindemittel sollen nicht für längere Zeit direkt befahren werden.
- Sie sollen nicht ungeschützt über den Winter liegen bleiben. Kann die nicht vermieden werden sind entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.
- Das Baustoffgemisch ist so zu entladen und einzubauen, dass keine schädliche Entmischung eintritt.

Einbau - Behandlung

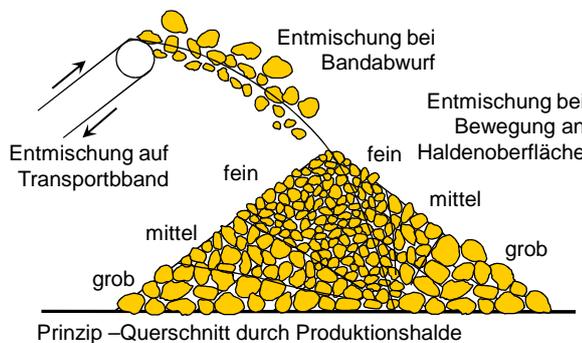


- Entmischung
- bei allen Bewegungsvorgängen von Gesteinskörnungen in Materialströmen
- Kapillarkräfte zwischen den Körnern wirken der Entmischung entgegen

Prinzip



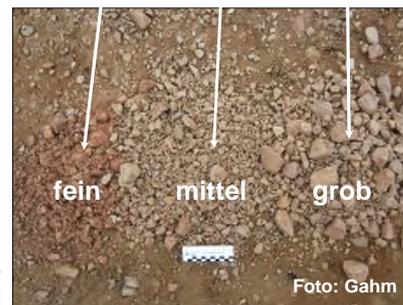
Bei rotierenden, sich bewegenden Körnern bewegen sich kleinere Körner systematisch nach unten.



Einbau - Behandlung

Entmischung

- bei der Herstellung, Verladen, Abladen, Verteilen des Baustoffgemischs
- bei ungünstigen Wassergehalt (zu wenig oder zu viel)
- bei zu geringen Sandanteil ≤ 2 mm
- bei ungünstigen Kornaufbau (fehlende Korngruppen – gestufte Kornverteilung)
- bei Rundkorn (vor allem bei kleineren Korngrößen)
- bei unterschiedlich schweren Korngruppen



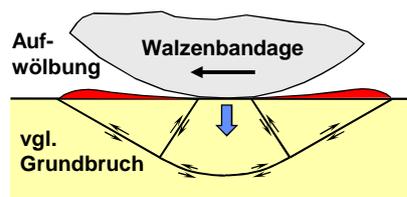
auf Baustelle abgekipptes stark entmischtes Baustoffgemisch 0/56 mit Natursand

Foto: Gahm

Einbau - Behandlung

Schwer verdichtbare Gemische

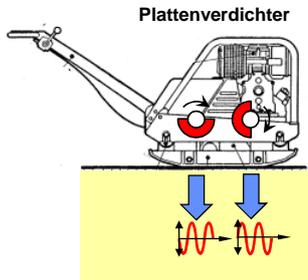
- bei zu wenig oder zu viel Wasser
- bei sandarmen Gemischen
- bei intermittierenden Gemischen
- bei stark entmischten eingebauten Gemischen
- bei glatten Gleitflächen unter der mineralischen Tragschicht (z.B. Bodenverfestigungen)
- bei Rundkorn (Kies)
- bei nicht auf das Baustoffgemisch abgestimmten Verdichtungsgerät



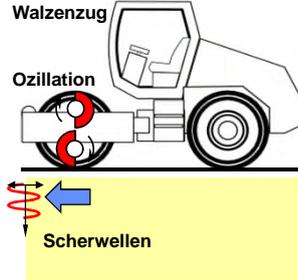
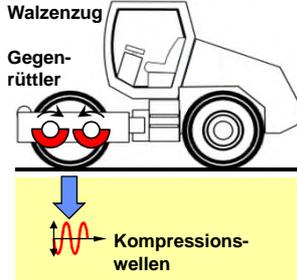
**schlecht verdichtbarer Frostschutz,
oberflächlich aufgelockert,
zu geringer Sandanteil**

Einbau – Verdichtungsgeräte - Prinzip

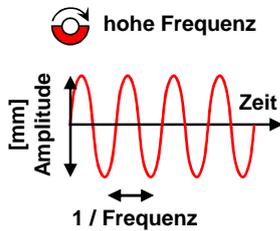
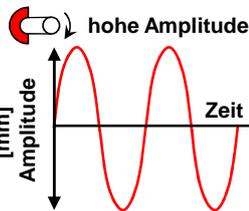
Flächenhafte Verdichtung



Linienhafte Verdichtung



Vibrationsparameter: Amplitude und Frequenz



Dynamische Verdichtungskontrolle:

- Messung der Rückprallbeschleunigung durch elektronischen Messaufnehmer
- Kalibrierung auf Untergrund bzw. Plattendruckversuche erforderlich

Einbau - Verdichtungsgeräte



Oben links: stark entmischte Tragschicht mit stellenweisen Anreicherungen von Grob- bzw. Feinkorn

Oben rechts: Bagger als Einbaugerät

Unten rechts: Verschmutzte Tragschicht mit Anteilen von braunen bindigen Boden (braun) und Recyclingmaterial (Asphaltgranulat)



Einbau - Qualitätskriterien



■ Visuelle Qualitätskriterien

- Möglichst gleichmäßig zusammengesetzte, scherfeste Tragschichtoberfläche, keine Verschmutzungen
- Keine Feinteil-, Sand oder Grobkornanreicherungen an der Tragschichtoberfläche
- Keine Spurbildungen
- Keine Wasserpfützen
- Beobachtung Radreifen eines beladenen LKWs (Walkvorgang)
- Beobachtung Verdichtungsvorgang



Oben : Wasserpfütze auf der Tragschicht

Unten: Spurbildung, Feinteilanreicherung

Kennzeichnung (Lieferschein)



Wiege - und Lieferschein Nr: 012345		Datum: 31.01.2019	
Hersteller: Schotterwerk Musterschotter Steinbruchstraße 1 90000 Schotterhausen		weitere Angaben: 	
Herstellwerk: Musterhausen Lager: Musterhausen (falls vorhanden)		evtl Logo 	
Frostschutz 0/32 mm nach TL SoB-StB *1			
Empfänger / Kunde: Hans Kunde Lieferanschrift / Baustelle: Bauunternehmen XY Amtl. Kennz. Fahrzeug: TÜ V 9015 Menge (t): 22,25		Unterschrift Hersteller: Unterschrift Empfänger:	
<small>*1 fremdüberwacht nach TL G SoB-StB durch TR LGA Bautechnik GmbH</small>			
<small>*2 freiwillige Güteüberwachung durch TR LGA Bautechnik GmbH</small>			
<small>*3 nicht überwacht</small>			
<small>der Kaufahrzeughführer trägt die Verantwortung für die Einhaltung des zulässigen Gesamtgewichts</small>			

Kennzeichnung (Plausibilitätskontrolle)



■ Einbaudichten

- Beispiel (Kalkstein)
- Rückrechnung aus Proctordichte ρ_{pr} (trocken)
- zuzüglich realistischer Einbau-Wassergehalt w_n
- zuzüglich mindestens 3 %

Baustoffgemisch	0/32	0/45	0/56
Abgeleitete Prüfergebnisse			
Proctordichte ρ_{pr} [t/m ³] (trocken) (bezogen auf 100% Proctorenergie)	2,022	2,087	2,115
optimaler Wassergehalt w_{opt}	0,081	0,067	0,061
Proctordichte ρ_{pr} [t/m ³] (feucht) (realistischer w_n bei 60 % des opt. Wassergeh. w_{opt}) (bezogen auf 100% Proctorenergie)	2,120	2,170	2,192
Einbaudichte minimal (bezogen auf 103% ρ_{pr} [t/m ³] (feucht))	2,184	2,235	2,258

Leistungsbeschreibung



Pos Menge Leistungsbeschreibung

- 1 m³ **Frostschuttschicht**
 Vorbemerkung:
 Die Herstellung der Frostschuttschicht setzt voraus, dass der Untergrund bzw. Unterbau der ZTV E-StB entspricht (eben, profilgerecht, standfest, tragfähig, wasserdurchlässig, bzw. mit Entwässerung nach RAS-Ew). Auf der Oberfläche muss als Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 45$ MPa vorhanden sein.
- Liefen und Einbauen der Frostschuttschicht nach **ZTV SoB-StB** / DIN 18315
 Schichtdicke cm
 Baustoffgemisch mm nach **TL SoB-StB**, Abschn. 2.2.
 Kategorien: **UF₅**, F₄, OC₉₀, **C_{NR}** gemäß TL SoB-StB / ZTV SoB-StB.
 Güteüberwachung nach **TL G SoB-StB**
 Belastungsklasse 1,0, RStO 12, Tafel 1
 Für die oberen 20 cm Korngrößenverteilung gilt die TL SoB-StB, Tab. 4,
 Mindestanforderung an den Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 103\%$
 Verformungsmodul mindestens $E_{v2} \geq 120$ M/m²
 Verhältniswert E_{v2}/E_{v1} darf nicht größer als 2,2 sein
 Profilgerechte Lage: nicht mehr als ± 2 cm von der Sollhöhe
 Erstellung unter Beachtung der DIN 18 315 und ZTV SoB-StB.
- 2Stk **Plattendruckversuche**
 statische Lastplattendruckversuche D=300 mm gemäß
 DIN 18 134 auf der fertig hergestellten Frostschuttschicht,
 incl. Stellung des Gegengewichts durchführen, protokollieren und
 unaufgefordert der Bauleitung vorlegen.

Schluss

■ Empfehlungen für den Bauherrn / Planer

- Planung -
- Vergabe -
- Bauleitung -

- Baugrundgutachten:
Angaben zu Untergrund- und Wasserverhältnissen ggf.
Untergrundverbesserung, Entwässerungsmaßnahmen
- Auswahl und Festlegung des Oberbaus nach der RStO
- Leistungsschreibung: güteüberwachte FSS /STS nach TL SoB / ZTV SoB
- Vom AN Unterlagen zur Güteüberwachung (Prüfzeugnisse) einfordern
- Tragfähigkeit des Erdplanum $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, prüfen,
ggf. Untergrundverbesserung
(Stabilisierungsschicht / Einfräsen von Bindemittel)
- Visuelle Überwachung des Einbaus und des Frostschutzplanums
- Überprüfung der Tragfähigkeit E_{v2} (Plattendruckversuche)
- Kontrolle des Lieferscheine / Plausibilitätsprüfung



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

Fragen ?