

Artikel 16

RECYCELTES BITUMINÖSES MISCHGUT ZUR HERSTELLUNG VON TRAGSCHICHTEN IM KALTVERFAHREN

Das kaltrecycelte bituminöse Mischgut zur Herstellung von Tragschichten wird direkt vor Ort oder im Werk (fixe oder mobile Anlage) mit geeigneten Maschinen hergestellt. Dies erfolgt entweder durch Einsatz fahrbarer Geräte, mit welchen auf der Baustelle der Ausbauasphalt unter Beigabe von Bitumenemulsion, Zement, Wasser, sowie bei Bedarf mit frischer Gesteinskörnung und Zusatzmitteln, vermischt, eingebaut und verdichtet wird.

Das vorhandene bituminöse, wiederzuverwertende Mischgut, beziehungsweise der Ausbauasphalt, kann aus autorisierten Lagerplätzen oder auch von anderen Straßenbelägen stammen oder er entsteht durch die Zerkleinerung durch Asphaltfräsen unmittelbar am ursprünglichen Einbauort.

A) BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG

1) Ausbauasphalt

Unter Ausbauasphalt versteht man das Fräsgut, welches durch Abtragen (auch teilweises) von Straßen- oder Flughäfenbelägen gewonnen wird. Das Abtragen der Asphaltbeläge erfolgt durch Fräsmaschinen oder andere geeignete Maschinen (Bagger usw.). Beim Ausbauen mit Bagger muss das Material in geeigneten Anlagen verarbeitet werden. Die Blöcke und Platten müssen zertrümmert und zu einer geeigneten Korngröße zerkleinert werden, damit das Material wiederverwendet werden kann.

Wird die Mischung in (fixen oder mobilen) Anlagen aufbereitet, muss der Ausbauasphalt zur Entfernung des Überkorns (Klumpen, Absplitterungen) über der zugelassenen Stückgröße D_{max} , ausgesiebt werden. Dieser Vorgang ist nicht erforderlich, wenn das Kaltrecycling direkt an der Baustelle durch geeignete Verarbeitungs- und Aufbereitungsmaschinen (Pulvimixer) durchgeführt wird.

Für die Zulassung des außerhalb der Baustelle gewonnenen Ausbauasphaltes ist die Einhaltung der Anforderungen nach UNI EN 13108-8 nachzuweisen. Die Sieblinie des Fräsgutes, muss anhand des ausgesiebten bzw. nach einer Behandlung mit dem Pulvimixer erhaltenen Baustellenmaterials, im Nassverfahren bestimmt werden.

2) Ergänzende Gesteinkörnungen

Wenn die Korngrößenverteilung des Ausbauasphalts nicht innerhalb des vorgeschriebenen Sieblinienbereichs liegt oder wenn der Bitumenanteil im Ausbauasphalt größer als 5% ist, muss das Gemisch durch eine frische Gesteinskörnung mit Grob- und Feinkorn ergänzt werden; die zugegebene Gesteinskörnung entsteht aus der Aufbereitung von natürlichen Stoffen (Festgestein, Lockergesteine mit abgerundeten oder eckigen Komponenten).

Die verwendete Gesteinkörnung muss nach der Verordnung (UE) N. 305/2011 für Baustoffe zugelassen sein. Bei jeder Lieferung muss das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die technischen Eigenschaften der Gesteinkörnung und die Verfahren der Bescheinigung müssen dem Dekret des Ministeriums für Infrastrukturen und Transportwesen vom 16. November 2009 entsprechen.

Die Bestimmung der groben Gesteinkörnung muss mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 erfolgen.

Die grobe Gesteinkörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.1 erfüllt sind.

Tabelle A.1

| GROBE GESTEINSKÖRNUNG | | | | | |
|--|----------------------|------------------|----------------|------------------|--------------------|
| <i>Kenngrößen</i> | <i>Prüfverfahren</i> | <i>Symbol</i> | <i>Einheit</i> | <i>Sollwerte</i> | <i>Kategorie</i> |
| Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles) | UNI EN 1097-2 | LA | % | ≤30 | LA ₃₀ |
| Anteil an gebrochenen Körnern | UNI EN 933-5 | C | % | 100 | C _{100,0} |
| Größtkorn | UNI EN 933-1 | D | mm | 31,5 | - |
| Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm | UNI EN 933-1 | f | % | ≤1 | f ₁ |
| Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel | UNI EN 1367-1 | F | % | ≤1 | F ₁ |
| Plattigkeitskennzahl | UNI EN 933-3 | FI | % | ≤30 | FI ₃₀ |
| Wasseraufnahme | UNI EN 1097-6 | WA ₂₄ | % | ≤1,5 | WA _{24,2} |

Die feine Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach Tabelle A.2 erfüllt sind.

Tabelle A.2

| FEINE GESTEINSKÖRNUNG | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|---------------|----------------|------------------|------------------|
| <i>Kenngrößen</i> | <i>Prüfverfahren</i> | <i>Symbol</i> | <i>Einheit</i> | <i>Sollwerte</i> | <i>Kategorie</i> |
| Sandäquivalent | UNI EN 933-8 | ES | % | ≥60 | – |
| Bruchgehalt | | | % | 100 | |
| Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm | UNI EN 933-1 | f | % | ≤2 | f ₂ |
| Plastizitätsindex | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | IP | | NP | – |
| Fließgrenze | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | LL | % | ≤25 | – |

Ob die Gesteinskörnungen die Anforderungen gemäß Tabellen A1, A2 und A3 erfüllen, wird von der Bauleitung anhand der Kennwerte, welche in der CE-Zertifizierung des Herstellers der Gesteinskörnungen angeführt sind, überprüft. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben. Der Bauleiter ist berechtigt, durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überprüfen. Für die nicht in der Leistungserklärung ausgewiesenen Eigenschaften kann der Bauleiter die Zertifizierung dieser Proben durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 oder durch die Prüfanstalt für Baustoffe der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol anfordern.

3) Bindemittel

Das gesamte Bindemittel besteht sowohl aus dem im recycelten Mischgut vorhandenen Bitumen als auch aus der zugemischten Emulsion aus polymermodifiziertem Bitumen.

Für das Kaltrecycling muss eine kationische Bitumenemulsion mit langer Brechzeit und einem Rest-Bitumengehalt von 60% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 60BP10) verwendet werden, dessen Kennwerte in Tabelle A.3 angeführt sind.

Tabella A.3

| EMULSION AUS MODIFIZIERTEM BITUMEN C60BP10 | | | | | |
|---|-------------------|----------------|----------------|------------------|---------------|
| <i>Kenngrößen</i> | <i>Bezugsnorm</i> | <i>Symbol</i> | <i>Einheit</i> | <i>Sollwerte</i> | <i>Klasse</i> |
| Wassergehalt | UNI EN 1428 | W | % | 40+/-1 | - |
| Bitumengehalt | UNI EN 1428 | r | % | 60+/-1 | 6 |
| Volumenanteil Öldestillat | UNI EN 1431 | - | % | 0 | - |
| Sedimentation nach 7 Tagen | UNI EN 12847 | ST | % | ≤10 | 3 |
| pH-Wert | UNI EN 12850 | pH | | 2 – 4 | - |
| Mischen mit Zement | UNI EN 12848 | | % | < 2 | 10 |
| <i>Rückstandsbindemittel nach Ab Destillation</i> | | | | | |
| Penetration bei 25 °C | UNI EN1426 | - | 0,1 mm | 50-70 | 3 |
| Erweichungspunkt | UNI EN1427 | - | °C | > 60 | 2 |
| Brechpunkt (nach Fraaß) | UNI EN 12593 | - | °C | < -13 | - |
| Elastische Rückstellung bei 25 °C | UNI EN 13398 | R _E | % | ≥ 50 | 5 |

Der Bauleiter überprüft anhand der in Tabelle A.3 angeführten Kennwerte, ob die polymermodifizierte Bitumenemulsion die Anforderungen erfüllt, welche in der Bescheinigung des CE - Kennzeichens des Herstellers der Emulsion definiert sind. Die Bescheinigung, welche das CE - Kennzeichen und die Leistungserklärung (DoP) enthalten muss, sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

4) Zement

Der verwendete Zement ist gemäß Bauproduktverordnung 305/2011/CPR 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. Die Menge wird anhand von spezifischen Laborstudien bestimmt.

5) Wasser

Das Wasser darf keine schädlichen Verunreinigungen enthalten und muss der UNI EN 1008 entsprechen.

6) Mischung der Gesteine

Die Gesteinsmischung muss eine Korngrößenverteilung innerhalb des Sieblinienbereiches nach Tabelle A.4 aufweisen.

| Tabella A.4 | | |
|---------------------|-------|----------------------|
| Siebsatz ISO | | Siebdurchgang |
| | mm | % |
| Sieb | 80 | 100 |
| Sieb | 63 | 95-100 |
| Sieb | 40 | 85-100 |
| Sieb | 22.5 | 70-95 |
| Sieb | 10 | 50-75 |
| Sieb | 4 | 30-42 |
| Sieb | 2 | 20-35 |
| Sieb | 0.5 | 10-18 |
| Sieb | 0.063 | 4-8 |

Die Korngrößenverteilung des Fräsgutes kann mittels Sieben oder durch Beimischung von Gesteinsmaterial geeigneter Korngröße in den vorgeschriebenen Sieblinienbereich gebracht werden.

B) MISCHGUTANSATZ

Der optimale Gehalt an Zement, Wasser und polymermodifizierter Emulsion und gegebenenfalls die Beigabe von Mineralstoffen wird mit einer gezielten Laborstudie ermittelt.

Zur genauen Erkundung der Eigenschaften des Ausbauasphaltes, müssen in dem von den Arbeiten betroffenen Straßenabschnitt alle 500 m, und - bei ungleichmäßiger Beschaffenheit des Straßenkörpers - in geringeren Abständen, Probekörper entnommen werden. Wird der Mischvorgang auf der Baustelle mittels Stabilisierungsmaschinen (Pulvimixer) durchgeführt, müssen die Proben der Gesteinskörnungen für die Studie der Mischung auf der Baustelle entnommen werden, und zwar sofort nachdem der Pulvimixer einen Durchgang vollzogen hat und bevor die Bindemittel ausgebracht werden.

Bevor die geeignete Menge an Bindemittel definiert wird, muss der optimale Wassergehalt ermittelt werden, bezogen auf die Mischung mit 2% Gewicht an Zement, laut der Tabelle B1.

Die Probekörper mit verschiedenen Wassergehalten müssen mit der Gyratorpresse (UNI EN 12697-31), unter folgenden Prüfbedingungen verdichtet werden.

| | |
|-------------------------------|---|
| Form für Probekörper | Nicht drainiert |
| Umdrehungswinkel | 1,25° ± 0.02° |
| Umdrehungsgeschwindigkeit | 30 Umdrehungen/min |
| Vertikaler Druck in kPa: | 600 kPa |
| Durchmesser des Probekörpers: | 150mm |
| Anzahl Umdrehungen: | 100 |
| Gewicht des Probekörpers: | 2800 g (einschließlich Zement und Wasser) |

Sollten größere Elemente die Herstellung von regelmäßigen Probekörpern beeinträchtigen, so muss die Kornfraktion > 20 mm entfernt werden.

Tabelle B.1

| Zement [%] | 2,0 | | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Wassergehalt [%] | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 |
| Probekörper [N°] | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

Jeder Probenkörper muss vor und nach der Verfestigung gewogen werden, um den Prozentanteil von (möglichem) Austrittswasser zu ermitteln.

Die so erhaltenen Probenkörper müssen im Trockenschrank bei 40°C bis zur Massenkonstanz getrocknet werden, um die Volumsdichte (UNI EN 12697-6/Verfahrensweise D) zu ermitteln.

Der optimale Wassergehalt ist jener, welcher es erlaubt, den höchsten Dichtewert der (trockenen) Mischung bei einem Wasserausstoß während der Verdichtung von unter 0,5% zu erhalten.

Mit der gleichen Vorgangsweise bei der Verdichtung und dem gleichen optimalen Wassergehalt, müssen Probenkörper mit unterschiedlichem Gehalt an Zement und Bitumenemulsion hergestellt werden, so wie in Tabelle B.2 beschrieben.

| Tabelle B.2 | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Wassergehalt [%] | Optimalgehalt | | | | | | | | |
| Zement [%] | 1,5 | | | 2,0 | | | 2,5 | | |
| Bitumenemulsion [%] | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 3,0 | 3,5 | 4,0 |
| Anz. Prüfkörper | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Bei der Berechnung des optimalen Wassergehaltes der Mischung muss auch das in der Emulsion enthaltene Wasser berücksichtigt werden.

Die Probekörper werden nach einer Abbindezeit von 72 h bei 40 °C im Ofen während 4 h bei 25°C gelagert und einer Spaltzugfestigkeitsprüfung (UNI EN 12697-23) unterzogen. Diese Probekörper müssen eine indirekte Zugfestigkeit von $IST > 0,35 \text{ MPa}$ aufweisen.

Nach einer Abbindezeit von 72 h bei 40°C müssen jene Probekörper, welche die Anforderungen der Spaltzugfestigkeit erfüllen, folgende Kennwerte aufweisen:

- Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26) – (Horizontalverschiebung $5 \pm 0,2 \mu\text{m}$)
- Festigkeitsverlust nach Imbibition bei 25°C, für eine Stunde unter 50 mm Quecksilber - Vakuum

Die für das Projekt optimale Mischung ist jene, welche bei einer Temperatur von 20°C dem kleinsten Steifheitsmodul über 3,0 GPa und eine Spaltzugfestigkeit nach Wasserlagerung von über 70% des Ausgangswertes ohne Wasserlagerung besitzt, sowie eine Spaltzugfestigkeit und eine Druckfestigkeit nach Frost-Tau Belastung größer als 50% der unbehandelten Probekörper aufweist.

An der optimalen Mischung muss die Dichte nach 100 Umdrehungen mit der Gyratorpresse gemessen werden, welcher als Referenzwert für die Dichte vor Ort gilt.

Der Auftragnehmer muss dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten und für jede Aufbereitungsanlage den Mischgutansatz vorschlagen, den er zu verwenden beabsichtigt. Für jede vorgeschlagene Mischung sind die durchgeführten Untersuchungen ausführlich zu belegen.

Für die Korngrößenverteilung des Mischgutes sind im Vergleich zu dem vom Bauleiter genehmigten Mischgutansatz für die recycelte Gesteinskörnung Abweichungen von maximal $\pm 10\%$ und für die beigemischten Gesteinskörnungen von maximal $\pm 5\%$ zulässig. Beim Gehalt an beigemischter Bitumenemulsion sind Abweichungen von höchstens $\pm 0,25\%$ zulässig (bezogen auf den gesamten Bindemittelgehalt abzüglich des Bindemittelgehalts des Fräsguts).

Die Sollwerte gelten sowohl für die beim Einbau entnommenen Probekörper, als auch für die von den fertig eingebauten Tragschichten entnommenen Bohrkerne.

C) AUFBEREITUNG UND EINBAU DES GEMISCHS

Die Wiederverwertung vor Ort im Kaltverfahren erfolgt durch Einsatz eines Wiederaufbereitungszugs, mit Asphaltfräse, Stabilisiergerät mit Mischraum, in welchem das Fräsgut zerkleinert und gleichmäßig mit der Bitumenemulsion und dem Zement vermischt wird, und zumindest 2 Walzen.

Die Schicht ist unverzüglich nach dem Einbau zu verdichten; hierzu sind eine $\geq 18 \text{ t}$ schwere Rüttelwalze mit einstellbaren Rüttelfrequenz und Rüttelstärke und eine Gummiradwalze mit einem statischen Gewicht von $\geq 25 \text{ t}$ einzusetzen.

Durch das Verdichtungsverfahren muß die vorgeschriebene Dichte erreicht werden.

Das Gemisch ist mit geeigneten Verfahren einzubauen und zu verdichten, damit eine gleichmäßige, genau profilierte Schicht ohne Kiesnester, Rissen oder Ablösungen entsteht.

Statt des fahrbaren Aufbereitungszugs, kann für die Aufbereitung des Mischguts eine mobile, auf der Baustelle positionierte Aufbereitungsanlage eingesetzt werden. Das in der Anlage hergestellte Mischgut muss

gleichbleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Nach Beendigung des Walzvorganges muss die Schicht, in Abstimmung mit den Erfordernissen der Baustelle, für einige Tage reifen und abtrocknen, bevor sie überdeckt wird. Sind Regenfälle angekündigt, muss die Schicht hingegen sofort geschützt werden. In beiden Fällen wird Emulsion mit langsamer Brechzeit, eventuell auch die selbe Emulsion, welche zur Erstellung der Mischung dient, verwendet. Die Dosierung der Emulsion beträgt etwa $1,5 \text{ kg/m}^2$; nach dem Ausbringen der Emulsion ist mit Splitt oder Sand abzusplitten.

D) KONTROLLEN

Für die Qualitätskontrolle der im Kaltverfahren wiederverwerteten, bituminösen Gemische und deren Einbau sind Laborprüfungen an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen, sowie Feldversuche durchzuführen.

Der Bauleiter bestimmt den Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen.

Die Eignung aller Bestandteile wird nach den entsprechenden Normen geprüft.

Am Mischgut werden der Wassergehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinkörnung (recycelt und beigegeben) festgestellt. Die mit der Gyratorpresse direkt auf der Baustelle hergestellten Probekörper werden einer Spaltzugfestigkeitsprüfung (UNI EN 12697-23), sowie einer Prüfung des Steifheitsmoduls (UNI EN 12697-26, Anhang C) unterzogen.

90 Tage nach dem Einbau wird der **Elastizitätsmodul E** mittels einer Maschine welche mit einem Fallgewicht ausgestattet ist (FWD Falling Weight Deflectometer – Prüfungen), ermittelt. Es können zusätzlich Bohrkernentnahmen zur Überprüfung der mechanischen Eigenschaften des Gemischs und der Schichtstärken durchgeführt werden.

Der Bauleiter kann weiters an den Bohrkernen die Durchführung der Spaltzugfestigkeit (UNI EN 12697-23) sowie des Steifheitsmoduls (UNI EN 12697-26, Anhang C) verlangen.

Nach der Verdichtung darf die **Trockendichte** (γ_d) von zumindest 95% der Probepunkte in situ den Bezugswert (γ_{labor}) der im Labor mit 100 Umdrehungen der Gyratorpresse hergestellten optimalen Vergleichskörper nicht mehr als 95% unterschreiten. Die Dichtemessungen an trockenen Probekörpern werden nach UNI EN 12697-6/Verfahren D durchgeführt.

Die **Spaltzugfestigkeit** nach UNI EN 12697-23 wird entweder 90 Tage nach Fertigstellung der Schicht an entnommenen Probekörpern, oder an Probekörpern ermittelt, welche auf der Baustelle mittels Gyratorpresse (100 Umdrehungen) hergestellt worden und einer Reifung von 72 Stunden bei 40°C in einer Klimakammer und weiteren 4 Stunden bei 25°C unterzogen worden sind. Der Wert darf hier nicht unter $0,35 \text{ MPa}$ liegen.

Das **Steifheitsmodul bei 20°C** kann entweder mittels indirekter Zugprüfung (UNI EN 12697-26 mit Deformation von $2 \mu\text{m}$) an den auf der Baustelle mit Gyratorpresse (100 Umdrehungen) anhand der projektierten Dichte hergestellten Probekörpern, nach einer Abbindezeit von 72 Stunden bei 40°C und 28 Tagen bei 20°C in der Klimakammer oder 90 Tage nach dem Einbau entnommenen Probekörpern, ermittelt werden. In 95% der untersuchten Proben darf der Wert nicht unter $3,0 \text{ GPa}$ liegen.

Bei denselben Proben mit denselben Durchmessern muss der Steifemodul bei 50°C weiters $< 75 \%$ des bei 20°C erhaltenen Bezugswertes sein.

Von den Werten des **Elastizitätsmoduls**, welche nach 90 Tagen der Fertigstellung mittels *Falling-Weight Deflectometer* – FWD gemessen werden, darf, bezogen auf eine Temperatur von 20°C, das 15. Perzentil den Wert von 3,0 GPa nicht unterschreiten. Bei Werten des Elastizitätsmoduls (15. Perzentil) zwischen 2,0 und 3,0 GPa erfolgt bei der Tragschicht eine Kürzung von:

$$\text{Abzug in \%} = 20s + 5s^2$$

wo s die Abweichung zwischen 3 GPa und dem Wert des 15. Perzentil vom Elastizitätsmodul des homogenen Bereiches (auf den sich der Wert bezieht) in GPa ist.

Bei Werten des Elastizitätsmoduls unter 2,0 GPa 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.

Alternativ kann die Bauleitung die Durchführung von Ausgleichsmaßnahmen für die entstandenen Mängel veranlassen, welche es erlauben, die Gebrauchstauglichkeit der Tragschicht nach Vorgaben des Projektes zu erreichen.

Für den Fall, dass keine FWD Untersuchungen durchgeführt werden, kann die Abnahme der Arbeiten oder eventuelle Berechnungen der Abzüge, auch mit Bezugnahme auf den an den Probenkörpern durch indirekte Zugprüfung ermittelten Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26) erfolgen. Hierbei müssen dieselben Kriterien wie für den Elastizitätsmodul Anwendung finden.