

Artikel

MIT ZEMENT UND SCHAUMBITUMEN ODER BITUMENEMULSION STABILISIERTE MISCHUNGEN

Die mit Zement und Schaumbitumen oder Bitumenemulsion stabilisierten Mischungen, bestehen aus einem Mineralstoffgemisch in Erstanwendung, aus Rezyklingmaterial aus dem alten Straßenkörper mit variablem Anteil an Fräsmaterial (bis zu 75 %), aus Zement und Schaumbitumen. In Alternative kann das bituminöse Bindemittel auch in Form von Bitumenemulsion beigemischt werden. Diese Mischungen finden sowohl im Straßenbau als auch bei der Instandhaltung von Straßen und Flugplätze ihre Anwendung.

A) BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG

1) Gesteinskörnung

Die Gesteinskörnung besteht aus auf den Baustellen im Kaltverfahren durch Fräsen der Straßendecke und eines Teils der Tragschicht (ungebunden oder hydraulisch gebunden), Tout Venant gewonnenem Mischgut, das bei Bedarf mit Material in Erstanwendung vermischt wird. Wenn in der Tragschicht Bestandteile mit plastischem Verhalten (Schluff, Ton) enthalten sind, sind diese zu beseitigen und mit geeigneten Stoffen zu ersetzen beziehungsweise mit Kalk zu verbessern.

Wenn die Korngrößenverteilung der besagten Gesteinskörnung nicht innerhalb des Sieblinienbereichs nach **Tabelle A.1** liegt, kann der Bauleiter die Verfestigung durch Beigabe von natürlichen Gesteinskörnungen verlangen, dessen Korngröße und Eigenschaften es gestatten, ein Gemisch mit einwandfreier Korngrößenverteilung bereitzustellen.

Tabelle A.1

Siebreihe ISO		Durchgang
	mm	%
Sieb	80	100
Sieb	63	95-100
Sieb	40	85-100
Sieb	22.5	70-100
Sieb	10	50-75
Sieb	4	30-42
Sieb	2	20-32
Sieb	0.5	10-18
Sieb	0.063	4-8

Die beigegebene Gesteinskörnung entsteht aus der Aufbereitung von natürlichen Stoffen (Fels, natürliche Mineralstoffe mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

Die verwendete Gesteinskörnung muß nach Richtlinie 89/106/EWG für Baustoffe zugelassen sein. Auf der Verpackung oder den Handelsbegleitpapieren, z. B. dem Lieferschein, muß das CE-Kennzeichen als Konformitätsnachweis nach Anhang ZA der harmonisierten Norm UNI EN 13043, angebracht sein.

Die grobe Gesteinskörnung wird mit den Sieböffnungen des Grundsiebsatzes und des Ergänzungssiebsatzes 2 nach UNI EN 13043 bezeichnet.

Die grobe Gesteinskörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und verschiedene petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach **Tabelle A.2** erfüllt werden.

Tabelle A.2

GROBE GESTEINSKÖRNUNG			
Kenngrößen	Prüfverfahren	Sollwerte	Kategorie nach UNI EN 13043
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	≤25%	LA ₂₅
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	100%	C _{100/0}
Größtkorn	UNI EN 933-1	40mm	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	≤1%	f ₁
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	≤1%	F ₁

Der Bauleiter wird, aufgrund der in den EG-Konformitätserklärungen für die Gesteinkörnungen enthaltenen Kennwerte für das laufende Jahr, die Erfüllung der Anforderungen gemäß **Tabelle A.2** überprüfen. Die Erklärungen sind dem Bauleiter mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten zu übergeben.

Die EG-Konformitätserklärung wird nach Artikel 7, Absatz 1, Buchstabe B, Verfahren 3, im DPR Nr. 246/93 (System 4: Eigenerklärung des Herstellers) ausgestellt.

Der Bauleiter kann durch eigene Eignungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte überprüfen. Für die nicht in der EG-Konformitätserklärung ausgewiesenen Eigenschaften wird der Bauleiter die Klassifizierung durch eine Prüfanstalt nach Artikel 59 des DPR Nr. 380/2001 verlangen. Für die Anforderungen nach UNI EN 13043 sind die Baustoffe sowohl anhand von Erstprüfungen (ITT) als auch anhand der werkseigenen Produktionskontrolle (FPC), wie in der besagten Norm UNI EN 13043 angegeben, zu klassifizieren.

2) Schaumbitumen

Das Bindemittel muß aus durch destillative Fraktionierung von Erdöl gewonnenem Straßenbaubitumen bestehen. Je nach Lage und äußeren Bedingungen wird Bitumen der Penetrationsklasse 70/100 nach UNI EN 12591 verwendet. Die Anforderungen und die anzuwendenden Prüfverfahren für das Bitumen gehen aus **Tabelle A.3** hervor.

Tabelle A.3

BITUMEN			
<i>Kenngrößen</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Maßeinheit</i>	<i>Sollwerte</i>
Penetration bei 25°C	UNI EN1426	mm·10 ⁻¹	70 - 100
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	43 - 51
Brechpunkt (Fraaß)	UNI EN12593	°C	≤ -10
Kinematische Viskosität bei 135°C	UNI EN 12595	mm ² /s	≥ 0,10
Löslichkeit	UNI EN 12592	%	≥ 99
Werte nach RTFOT (163 °C)	UNI EN 12607-1		
Massenänderung	UNI EN 12607-1	%	≤ 0,8
Verbleibende Penetration bei 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 46
Erweichungspunkt	UNI EN 1427	°C	≥ 45
Anstieg des Erweichungspunktes	UNI EN 1427	°C	≤ 11

Die Expansionseigenschaften des Bindemittels werden im Temperaturbereich (vor der Expansion) zwischen 170 und 190 °C, und bei einem Wasseranteil zwischen 1% und 4% (bezogen auf Bitumengewicht) bestimmt und müssen folgende Werte einhalten:

- Expansionsverhältnis ≥ 20
- Teilumwandlungszeit (Zeit in der sich die Expansion halbiert) ≥ 25 sec

Für die Zulassung des Bitumens muß der Auftragnehmer mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten den Eignungsnachweis mittels Prüfzeugnis für die geforderten Eigenschaften des Bindemittels erbringen. Die Prüfzeugnisse müssen entweder vom Hersteller oder von einer unabhängigen Prüfanstalt ausgestellt sein.

3) Bitumenemulsion

Statt dem Schaumbitumen kann das bituminöse Bindemittel auch in Form von Bitumenemulsion beigesetzt werden. Die Emulsion muss für Kalk/und Zement Stabilisierungen geeignet sein, d.h. aus Bitumen aus destillativer Fraktionierung bestehen und überstabilisiert sein. Die Anforderungen und die anzuwendenden Prüfverfahren für das Bitumen gehen aus **Tabelle A.4** hervor.

Tabella A.4

ÜBERSTABILISIERTE BITUMENEMULSION			
<i>Kenngrößen</i>	<i>Norm</i>	<i>Einheit</i>	<i>Sollwert</i>
Wassergehalt	UNI EN 1428	%	40±2
Bitumengehalt	UNI EN 1431	%	60±2
Homogenität	UNI EN 1429	%	≤ 0,2
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	%	≤ 10
pH-Wert (Sauerheitsgrad)	UNI EN 12850		2÷4

Cement mix	UNI EN 12848		<2
Rückstandsbindemittel nach Abdestillation			
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	dmm	35 - 56
Erweichungspunkt	UNI EN1427	°C	≥ 45
Brechpunkt (nach Fraaß)	UNI EN112593	°C	≤ -8

Für die Zulassung de Bitumenemulsion muss der Auftragnehmer mindestens 15 Tage vor Beginn der Arbeiten den Eignungsnachweis mittels Prüfzeugnis für die geforderten Eigenschaften der Emulsion erbringen. Die Prüfzeugnisse müssen entweder vom Hersteller oder von einer unabhängigen Prüfanstalt ausgestellt sein.

4) Zement

Der verwendete Zement ist gemäß Richtlinie 89/106/CEE über Baustoffe 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 197-1 angebracht sein.

Verwendet dürfen ausschließlich Zemente der Festigkeitsklasse 32.5N der folgenden Arten werden:

- CEM I (Portland);
- CEM III (Hochofenzement);
- CEM IV (Puzzolanzement);

4) Wasser

Das Wasser darf keine schädliche Verunreinigungen oder organische Stoffe enthalten.

B) MISCHGUTANSATZ

Der optimale Gehalt an Zement, Wasser und Emulsion und möglicherweise die Beigabe von Mineralstoffen wird mit eigenen Laborversuchen ermittelt.

Zur genauen Erkundung der tatsächlichen Verhältnisse, müssen in dem, von den Arbeiten betroffenen Straßenabschnitt alle 500 m, und bei ungleichmäßiger Beschaffenheit in geringeren Abständen, Probekörper entnommen werden.

An den entnommenen Probekörpern sind die Korngrößenverteilung nach UNI EN 933-1 und der Plastizitätsbeiwert nach UNI CEN ISO/TS 17892-12 zu prüfen, um die Zweckmäßigkeit einer Verbesserung mit Kalk oder Bodenverbesserung mit Mineralstoffen festzustellen.

Zur Festlegung des Mischgutansatzes sind Proben mit verschiedenen Gewichtsanteilen an Schaumbitumen (oder Bitumenemulsion) , Zement und Wasser gemäß Angaben in **Tabelle B.1a** und **Tabelle B.1b** herzustellen und mit dem Gyrator nach UNI EN 12697-31 unter folgenden Versuchsbedingungen zu verdichten:

- Umdrehungswinkel: 1.25° ± 0.02°
- Umdrehungsgeschwindigkeit: 30 Umdrehungen/min
- Vertikaler Druck in kPa: 600
- Durchmesser des Probekörpers in mm: 150
- Anzahl Umdrehungen: 180
- Gewicht des Probekörpers: 4500 g einschließlich Emulsion, Zement und Wasser.

Tabelle B.1a

% Zement	1,5			2,0			2,5		
% Schaumbitumen	3,5	3,5	3,5	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5
Wassergehalt %	4,5	5,5	6,5	5,0	6,0	7,0	5,5	6,5	7,5
Anz. Prüfkörper	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Tabelle B.1B

% Zement	1,5	2,0	2,5
----------	-----	-----	-----

% Bitumenemulsion	3,5	3,5	3,5	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5
Wassergehalt %	4,0	5,0	6,0	4,5	5,5	6,5	5,0	6,0	7,0
Anz. Prüfkörper	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Ausgehend von den vorgegebenen Zementanteilen, können die anderen Anteile in Abhängigkeit von der Beschaffenheit und der Korngrößenverteilung des wiederzuverwertenden Gemischs schwanken.

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 13286-42) unterzogen.

Nach einer Abbindezeit von 72 h müssen die Probekörper folgende Kennwerte aufweisen:

Spaltzugfestigkeit Rt (N/mm²): $\geq 0,35$
 Relative indirekte Zugfestigkeit (N/mm²): ≥ 60

Auf den mit der Optimalmischung hergestellten Probekörper werden, nach einer Abbindezeit von 72 h bei 40 °C im Ofen, folgende Kennwerte bestimmt:

- Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26 Annex C) – Mittelwert von mind. 4 Probekörper
- Festigkeitsverlust nach Imbibition bei 25°C , für eine Stunde Merkur - Vakuum, Mittelwert von mind. 4 Probekörpern
- Geometrische Dichte, als Vergleich für die in situ Kontrollen bei 180 Umdrehungen (Mittelwert von mind. 4 Probekörpern)

Für den Steifheitsmodul müssen die Werte laut **Tabelle B.2** eingehalten werden

Tabelle B.2			
Temperatur [°C]	5	20	40
Rise-time [ms]	124±4	124±4	124±4
Steifheitsmodul [MPa]	≥ 4000	≥ 3000	≥ 2000

Die relative indirekte Zugfestigkeit nach Imbibition muß mind 70% der Festigkeit der nicht imbibierten Probekörper erreichen.

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

Für die Korngrößenverteilung des Mischgutes sind, gegenüber jener des vom Bauleiter genehmigten Mischgutansatzes, für die rezyklierten Gesteinskörnung Abweichungen von höchstens ±10% und für die beigegebene Gesteinskörnungen von höchstens ±5% zulässig. Beim Gehalt an beigegebenem Schaumbitumen bzw. Bitumenemulsion, als gesamter Bindemittelgehalt abzüglich des Bindemittelgehalts des Fräsguts, sind Abweichungen von höchstens ±0,25% zulässig.

Die Sollwerte gelten sowohl für die beim Einbau entnommenen Probekörper als auch für die von den fertigen Tragschichten entnommenen Bohrkern.

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 Schaumbitumen erzeugt wird, und mind. 2 Walzen.

Die Schicht ist unverzüglich nach dem Einbau zu nivellieren und zu verdichten; hierzu sind eine ≥ 18 t schwere Rüttelwalze mit einstellbaren Rüttelfrequenz und Rüttelstärke und eine Gummiradwalze mit einem statischen Gewicht von ≥ 25 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 Kiesnestern, Rissen oder Ablösungen entsteht.

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

muss gleich bleibende Eigenschaften aufweisen, dessen Kennwerte jenen des aufgrund der Eignungsprüfung genehmigten Mischgutansatzes entsprechen müssen.

Der Einbau des Mischgutes muß bei Lufttemperaturen unter 10°C und unter allen Umständen bei Regen unterbrochen werden.

D) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle der mit Schaumbitumen oder Bitumenemulsion und Zement wiederverwerteten Tragschichten sind Laborprüfungen an den Bestandteilen, am Mischgut und an den aus der Fahrbahndecke entnommenen Bohrkernen und Feldversuche durchzuführen.

Der Bauleiter bestimmt den Entnahmeort und die Anzahl der Prüfungen.

Die Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am Mischgut werden der Gehalt an beigegebenem Bitumen, als gesamter Bindemittelgehalt abzüglich des Bindemittelgehalts des Fräsguts, der Wassergehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinkörnung (rezykliert und beigegeben) festgestellt. Auf den direkt auf der Baustelle mit Gyrator – Presse hergestellten Probekörpern werden einer Spaltzugfestigkeitsprüfung (UNI EN 13286-42) unterzogen und es wird der Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26 Annex C) bestimmt.

90 Tage nach dem Einbau veranlaßt der Bauleiter die Durchführung von Falling Weight Deflectometer – Prüfungen (FWD) und die Entnahme von Bohrkernen zur Überprüfung der mechanischen Eigenschaften des Gemischs und der Schichtstärken.

An den Bohrkernen werden das Raumgewicht und die Schichtstärken gemessen. Nach Ermessen des Bauleiters kann die Spaltzugfestigkeitsprüfung (UNI EN 13286-42) und der Steifheitsmodul (UNI EN 12697-26 Annex C) angefordert werden .

Die **Schichtdicke** wird als Mittelwert aus 4 Messungen je in der Tragschicht entnommenen Bohrkern gemessen. Messungen, die den Sollwert S_{Soll} um mehr als 5% überschreiten, werden mit dem um 5% erhöhten Sollwert in der Berechnung berücksichtigt.

Für unter dem Sollwert S_{Soll} liegende mittleren Schichtdicken wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 0,1 s^2$$

wo s die Abweichung in % vom Sollwert S_{Soll} ist:

Bei **unzureichendem Bitumengehalt**, als gesamter Bindemittelgehalt abzüglich des Bindemittelgehalts des Fräsguts, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Binderschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = 25 * b^2$$

wo b: die auf 0,1% gerundete Abweichung von dem im Mischgutansatz angeführten Bindemittelgehalt oder, wenn kein Mischgutansatz vorliegt, vom Mindestgehalt von 3%. Der Gehalt in % wird auf das Gewicht des Fräsguts, zuzüglich jenem der beigegebenen Gesteinkörnungen und jenem des Zements bezogen.

Nach der Verdichtung darf die **Lagerungsdichte** nach DIN 18125-2 beziehungsweise CNR 22/72 von zumindest 95% der Probekörper den im Labor, nach Verdichtung mit dem Gyrator bei 180 Umdrehungen, ermittelten Bezugswert $\gamma_{s \text{ opt}}$ für das vor Beginn der Arbeiten vorgeschlagene Gemisch laut Mischgutansatz, nicht um mehr als 98% unterschreiten. Die Dichtemessungen erfolgen laut den Anweisungen der DIN – Norm 18125 oder CNR – Norm 22/72. 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 der Lagerungsdichte von dem im Labor ermittelten Sollwert ist:

$$s = 100 (\gamma_{s \text{ opt}} - \gamma_s) / \gamma_{s \text{ opt}}$$

Weicht die festgestellte Lagerungsdichte um mehr als 95% vom im Labor am Gemisch nach Mischgutansatz gemessenen Bezugswert $\gamma_{s \text{ opt}}$ 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.

Der **Steifheitsmodul bei 20°C** kann entweder mittels indirekter Zugprüfung (UNI EN 12697-26 Annex C) auf den auf der Baustelle mit Gyrotorpresse hergestellten Probekörpern, nach einer Abbindezeit von 72 h bei 40 °C im Ofen oder 90 Tage nach dem Einbau mittels Falling Weight Deflectometer bezogen auf einer Temperatur von 20 °C ermittelt werden. In 95% der untersuchten Punkte, muss der Wert nicht unter 3000 MPa liegen.

Für unter dem Sollwert E_{Soll} liegende Modulwerte wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Schicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = (s / 200)^2$$

wo s: die Abweichung von geforderten Wert (3000 MPa) und dem Mittelwert der erreichten Ergebnisse ist. Bei der Berechnung des Mittelwertes müssen Werte über 3300 MPa mit dem Wert 3300 MPa angenommen werden.

Wird an der fertigen Schicht ein Modul Mittelwert (wie oben bestimmt) unter 1500 MPa festgestellt, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Stabilisierte Schicht (und evtl. auch die darüberliegenden Schichten) abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Der **Steifheitsmodul** ermittelt mittels indirekter Zugprüfung (UNI EN 12697-26 Annex C) bei einer Temperatur von **40°C** muss mindestens 25% unter dem Wert des Steifheitsmoduls liegen, das auf denselben Probekörpern bei 20°C ermittelt wird.

Bei Herabsenkung des Moduls unter 25% bestimmt auf den selben Probekörpern bei 40°C und bei 20 °C wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Schicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = s + 0,25 s^2$$

wo s: die Differenz zwischen der geforderten Mindestherabsenkung von 25% und der ermittelten Herabsenkung wenn diese unter 25% liegt.

$$s = 100 \cdot [E(40^\circ\text{C}) - 0,75 E(20^\circ\text{C})] / E(20^\circ\text{C})$$

Bei Unterschiede zwischen den Modulen bei 40°C und 20 °C von unter 15% hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten die Stabilisierte Schicht (und evtl. auch die darüberliegenden Schichten) abzutragen und neu einzubauen; er haftet auch für den Schaden aus dem Verzug bei der Nutzung der Verkehrsflächen.

Die angeführten Abzüge sind kumulierbar und schließen weitere Abzüge wegen mangelhaften Bestandteilen, Abweichungen des Mischgutes vom vorgeschlagenen Mischgutansatz und wegen mangelhaftem Einbau nicht aus, sofern die Überlagerung der festgestellten Mängel nicht die einwandfreie Nutzbarkeit der Verkehrsfläche beeinträchtigt.