

## Artikel .....

**KALTREZYKLING VOR ORT MIT BITUMENEMULSION**

Die Wiederverwertung vor Ort im Kaltverfahren erfolgt entweder durch Einsatz fahrbarer Geräte, mit welchen auf der Baustelle der Straßenaufbau aufgefräst und das Fräsgut unter Beigabe von Bitumenemulsion, Zement, Wasser sowie bei Bedarf von frischer Gesteinskörnung und Zusatzmitteln, vermischt, eingebaut und verdichtet wird oder in fixen oder mobilen Anlagen.

Das vorhandene bituminöse, wiederzuverwertende Mischgut, beziehungsweise der Ausbauasphalt, entsteht durch die Zerkleinerung durch Asphaltfräsen unmittelbar am ursprünglichen Einbauort.

**A) BESTANDTEILE UND QUALIFIZIERUNG****1) Bindemittel**

Das gesamte Bindemittel besteht sowohl aus dem, im rezyklierten Mischgut vorhandenem Bitumen als aus dem modifizierten Bitumen, welches in der Emulsion enthalten ist.

Für das Kaltrezykling muß eine kationische Bitumenemulsion mit langer Brechzeit und einem Bitumengehalt von 60% (Bezeichnung nach UNI EN 13808: C 60 BPO 6), dessen Kennwerte in **Tabelle A.1** angeführt sind, verwendet werden.

**Tabelle A.1**

<b>EMULSION AUS MODIFIZIERTEM BITUMEN</b>			
<i>Kenngrößen</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Klasse nach UNI EN 13808</i>
Teilchenpolarität	UNI EN 1430	Positiv	2
Wassergehalt	UNI EN 1428	40+/-1%	-
Bitumengehalt	UNI EN 1428	60+/-1%	5
Destillationsrückstand (Bitumen + Öldestillat)	UNI EN 1431	> 59%	5
Volumenanteil Öldestillat	UNI EN 1431	0%	-
Sedimentation nach 7 Tagen	UNI EN 12847	≤10%	3
pH-Wert	UNI EN 12850	2 – 4	-
Brechwert	UNI EN 12850	170 – 230	6
<i>Rückstandsbindemittel nach Abdestillation</i>			
Penetration bei 25 °C	UNI EN1426	50-70 mm·10 <sup>-1</sup>	-
Erweichungspunkt	UNI EN1427	> 60°C	-
Brechpunkt (nach Fraaß)	UNI EN 12593	< -13°C	-
Elastische Rückstellung bei 25 °C	UNI EN 13398	≥ 50%	4

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.

**2) Ausbauasphalt (UNI EN 13108)**

Unter Ausbauasphalt versteht man das Fräsgut, welches durch den, auch teilweisen, Abtrag durch Fräsen von bitumengebundenen Straßendecken auf den Baustellen im Kaltverfahren gewonnenen wird.

Vor der Verwendung muß der Ausbauasphalt zur Aussonderung des Überkorns (Klumpen, Absplitterungen) über der zugelassenen oberen Stückgröße  $D_{max}$  (40 mm für Tragschichten, 25 mm für Binderschichten) gesiebt werden.

Für die Zulassung des außerhalb der Baustelle gewonnenen Ausbauasphalts ist die Einhaltung der Anforderungen nach UNI EN 13108-8 nachzuweisen.

Der Gehalt in Gewichtsanteilen an Ausbauasphalt muß verbindlich im Mischgutansatz, den der Auftragnehmer dem Bauleiter vor Beginn der Arbeiten vorzuschlagen hat, angegeben werden.

### 3) Beigegebene Gesteinkörnung

Wenn die Korngrößenverteilung des Ausbausphalts nicht innerhalb des vorgeschriebenen Sieblinienbereichs liegt oder wenn der Bitumenanteil im Ausbausphalt größer als 5% ist, ist das Gemisch durch eine frische Gesteinkörnung mit Grob- und Feinkorn zu ergänzen; die beigegebene Gesteinkörnung entsteht aus der Aufbereitung von natürlichen Stoffen (Fels, natürliche Mineralstoffe mit abgerundeten oder scharfen Kanten).

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

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

<b>Tabelle A.2</b>			
GROBE GESTEINSKÖRNUNG			
<i>Kenngrößen</i>	<i>Prüfverfahren</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie nach UNI EN 13043</i>
Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	≤30%	LA <sub>30</sub>
Anteil an gebrochenen Körnern	UNI EN 933-5	100%	C <sub>100/0</sub>
Größtkorn	UNI EN 933-1	30 mm	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	≤1%	f <sub>1</sub>
Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel	UNI EN 1367-1	≤1%	F <sub>1</sub>
Wasserempfindlichkeit	UNI EN 12697-12	≤30%	-
Plattigkeitskennzahl	UNI EN 933-3	≤30%	Fl <sub>30</sub>
Wasseraufnahme	UNI EN 1097-6	≤1,5%	WA <sub>24</sub> 2

Die feine Gesteinkörnung ist nach UNI EN 13043 zu kennzeichnen. Zur Anpassung an die gegenwärtig in Italien lieferbaren feinen Gesteinkörnungen, ist auch die Verwendung Gesteinkörnungen einer einzigen Korngruppe mit Größtkorn 4 mm zulässig.

Die feine Gesteinkörnung darf aus unterschiedlichen Vorkommen stammen und unterschiedliche petrographische Eigenschaften aufweisen, sofern für jeden Typ die Voraussetzungen nach **Tabelle A.3** erfüllt sind.

<b>Tabelle A.3</b>			
AGGREGATO FINE			
<i>Kenngrößen</i>	<i>Bezugsnorm</i>	<i>Sollwerte</i>	<i>Kategorie nach UNI EN 13043</i>
Sandäquivalent	UNI EN 933-8	≥60%	-
Bruchgehalt		100%	-
Durchgang bei Sieböffnung 0.063 mm	UNI EN 933-1	≤2%	f <sub>2</sub>
Plastizitätsindex	UNI CEN ISO/TS 17892-12	nicht gegeben	-
Fließgrenze	UNI CEN ISO/TS 17892-12	≤25%	-

Der Bauleiter wird, aufgrund der in den EG-Konformitätserklärungen für die Gesteinkörnungen enthaltenen Kennwerte für das laufende Jahr, die Erfüllung der Anforderungen gemäß Tabellen A2 und A3 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 ist berechtigt, durch eigene Zulassungsprüfungen die vom Hersteller angegebenen Kennwerte zu überwachen.

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 anfordern. 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.

**4) Zement**

Der Zement ist als Katalysator für das Verfahren als wichtiger Bestandteil zur Regelung der Brechzeit der Emulsion zu betrachten, welche je nach Verwendungsart von größter Bedeutung sein können.

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);

**5) Wasser**

Das Wasser darf keine schädliche Verunreinigungen oder organische Stoffe enthalten.

**6) Gemisch**

Das Gemisch 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

Dem Fräsgut kann, bei Bedarf, eine frische Gesteinskörnung beigegeben werden.

**B) STUDIE DES MISCHGUTES**

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

Zur genauen Erkundung der Eigenschaften des Ausbausphaltes, und um die Zugabe der frischen Gesteinskörnung zu definieren, müssen Siebanalysen (UNI EN 933-1) durchgeführt werden. Gehalt und Eigenschaften des Bitumens können auch auf Bohrkernen bestimmt werden, die aus dem zu rezyklenden Straßenbelag entnommen werden.

Zur Festlegung des Mischgutansatzes (Mix Design) sind Proben mit verschiedenen Gewichtsanteilen an Bitumenemulsion, Zement und Wasser gemäß Angaben in **Tabelle B.1** 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.1**

% Zement	1,5			2,0			2,5		
% Bitumen emulsion	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	6	6	6	6	6	6	6	6	6

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

Die Probekörper müssen für 72 h bei 40 °C im Ofen reifen, und werden nach einer Lagerung von 4 h bei 25°C einer Spaltzugfestigkeitsprüfung unterzogen.

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

- Spaltzugfestigkeit Rt (N/mm<sup>2</sup>): ≥0,35
- Relative indirekte Zugfestigkeit (N/mm<sup>2</sup>): ≥60

Auf den mit der optimalen Mischung hergestellten Probekörper muß weiters festgestellt werden.

- 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 Steifigkeitsmodul 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]	≥5000	≥4000	≥3000

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 Gesteinskörnungen Abweichungen von höchstens ±10% und für die beigegebene Gesteinkörnungen von höchstens ±5% zulässig. Beim Gehalt an 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 Fräsgut zerkleinert und gleichmäßig mit der Bitumenemulsion und dem Zement vermischt wird, und zumindest 2 Walzen.

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.

Die Schicht ist unverzüglich nach dem Einbau zu verdichten; hierzu sind eine  $\geq 18$  t schwere Rüttelwalze mit einstellbaren Rüttelfrequenz und Rüttelstärke und eine Gummiradwalze mit einem statischen Gewicht von  $\geq 25$  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. Die Wiederaufbereitung der Straßendecke muß bei Lufttemperaturen unter  $10^{\circ}\text{C}$  und unter allen Umständen wenn die Witterungsverhältnisse die Güte der Arbeiten beeinträchtigen können, unterbrochen werden.

## D) PRÜFUNGEN

Für die Qualitätskontrolle der im Kaltverfahren wiederverwerteten, bituminösen Gemische und dessen 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 Bestandteile werden auf die vorgeschriebenen Anforderungen geprüft.

Am Mischgut werden der Gehalt an Bitumenemulsion, als gesamter Bindemittelgehalt abzüglich des Bindemittelgehalts des Fräsguts, der Wassergehalt und die Korngrößenverteilung der Gesteinkörnung (rezykliert und beigegeben) festgestellt.

Auf den mit der Gyratorpresse hergestellten Probekörpern werden indirekte Zugfestigkeitsprüfungen, sowie die Bestimmung des komplexen Moduls und die Ermüdung mittels Nottingham Asphalt Tester (NAT) durchgeführt.

30 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 sind auch die viskoplastische Verformbarkeit unter konstanter Last nach CNR 106/85 und der komplexe Verformungsmodul E nach UNI EN 12697-26 zu messen.

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

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

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

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

Bei **unzureichendem Bitumenemulsionsgehalt**, 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 3,5%. Der Gehalt in % wird auf das Gewicht des Fräsguts, zuzüglich jenem der beigegebenen Gesteinskörnungen und jenem des Zements bezogen.

Ergeben die Prüfungen an den Bohrkernen einen **Hohlraumgehalt** von mehr als 10%, wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Tragschicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = v + 0,5 v^2$$

wo v: der Mittelwert der an den Bohrkernen ermittelten Abweichungen nach oben vom zulässigen Wert (10%). Für Straßenabschnitte mit einer Längsneigung über 6% wird der Grenzwert für den zulässigen Hohlraumgehalt (an Bohrkernen gemessen) auf 12 % erhöht.

90 Tage nach dem Einbau müssen in 95% der untersuchten Punkte, das **Elastizitätsmodul E** bestimmt mittels FWD – Prüfung, nicht unter 4000 MPa liegen. Für unter dem Sollwert  $E_{\text{Soll}}$  liegende Modulwerte

wird auf dem gesamten homogenen Flächenbereich der im Projekt angegebene Einheitspreis für die Schicht wie folgt in % gekürzt:

$$\text{Abzug in \%} = (s / 250)^2$$

wo s: die Abweichung von gefordertem Wert (4000 MPa) und dem Mittelwert der erreichten Ergebnisse ist.

Bei der Berechnung des Mittelwertes müssen Werte über 4000 MPa mit dem Wert 4000 MPa angenommen werden.

Wird an der fertigen Schicht ein E-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.

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.