

# LEITFADEN

# KALTRECYCLING

BAUVERFAHREN

BAUMISCHVERFAHREN - KRC IN SITU UND ZENTRALMISCHVERFAHREN - KRC IN PLANT

LEITFADEN KALTRECYCLING

BAUVERFAHREN  
BAUMISCHVERFAHREN - KRC IN SITU  
UND  
ZENTRALMISCHVERFAHREN - KRC IN PLANT

FERTIGSTELLUNG 25. JUNI 2009

## KONTAKT



LANDESBETRIEB MOBILITÄT  
RHEINLAND-PFALZ  
FRIEDRICH-EBERT-RING 14-20  
56068 KOBLENZ

TELEFON: 0261 3029-0  
E-MAIL: [lbm@lbm.rlp.de](mailto:lbm@lbm.rlp.de)  
WEBSITE: [www.lbm.rlp.de](http://www.lbm.rlp.de)

ALLGEMEINE ANFRAGEN UND WEITERE  
INFORMATIONEN:  
FACHGRUPPE STRASSENBAU

## Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz

Friedrich-Ebert-Ring 14-20 56068 Koblenz

# Leitfaden Kaltrecycling

## Bauverfahren

### Baumischverfahren - KRC in situ

und

### Zentralmischverfahren - KRC in plant

Umfang: 112 Seiten insgesamt, davon  
14 Seiten Anlage 1 (Bilder)  
2 Seiten Anlage 2 (Formblatt Ergebnisse Vorunteruntersuchungen)  
2 Seiten Anlage 3 (Formblatt Auswahl anzuwendendes KRC-Verfahren)  
16 Seiten Anlage 4 (TGL 22 853)  
24 Seiten Anlage 5 (Formblätter Eigenüberwachung KRC)

Fertigstellung des Leitfadens: 25.06.2009

---

---

<b>0</b>	<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>	S. 2
<b>1</b>	<b>VORBEMERKUNGEN</b>	S. 4
<b>2</b>	<b>VORUNTERSUCHUNGEN UND VERFAHRENSAUSWAHL</b>	S. 4
2.1	Bestandserfassung	S. 4
2.1.1	Geometrische Gegebenheiten	S. 4
2.1.2	Trassierungselemente	S. 5
2.1.3	Zufahrtmöglichkeiten, Lastbeschränkungen	S. 5
2.1.4	Verkehrsbedingungen während der Bauzeit	S. 6
2.1.5	Befestigungsaufbau	S. 7
2.1.6	Tragfähigkeitsmessungen	S. 8
2.1.7	Festlegung von Abschnitten vergleichbarer Eigenschaften	S. 8
2.2	Auswahl des anzuwendenden Recycling-Verfahrens	S. 10
<b>3</b>	<b>DIMENSIONIERUNG VON BEFESTIGUNGEN MIT KRC-SCHICHT</b>	S. 11
3.1	Anwendung M KRC - Anhang 2	S. 11
3.2	Anwendung M VB-K - Abschnitt 3	S. 12
3.3	Anwendung Verfahren der freien Bemessung	S. 13
3.3.1	Allgemeines	S. 13
3.3.2	Bemessung nach TGL 22 853	S. 14
3.3.2.1	Grundlagen	S. 14
3.3.2.2	Verfahrensschritte	S. 16
<b>4</b>	<b>LEISTUNGSBESCHREIBUNG</b>	S. 19
4.1	Hinweise zur Baubeschreibung	S. 19
4.2	Mustertexte für Positionen des Leistungsverzeichnisses	S. 20
4.2.1	Bauverfahren KRC in situ	S. 21
4.2.2	Bauverfahren KRC in plant	S. 24
<b>5</b>	<b>EIGNUNGSPRÜFUNG</b>	S. 26
5.1	Allgemeines	S. 26
5.2	Probenahmen	S. 26
5.3	Tragfähigkeitsmessungen	S. 27
5.4	Laboruntersuchungen am Mischgranulat	S. 27
5.5	Bindemittelauswahl	S. 27
5.6	Varianten Probemischungen	S. 28
5.7	Auswahl der Vorzugsvariante	S. 29
5.8	Mischanweisung	S. 30

---

5.8.1	Mischanweisung für KRC in situ	S. 30
5.8.2	Mischanweisung für KRC in plant	S. 32
<b>6</b>	<b>HERSTELLUNG DER KRC-SCHICHT MITTELS IN-SITU-VERFAHREN</b>	<b>S. 34</b>
6.1	Maschinentechnik	S. 34
6.2	Mischgutherstellung und -einbau	S. 34
<b>7</b>	<b>HERSTELLUNG DER KRC-SCHICHT MITTELS IN-PLANT-VERFAHREN</b>	<b>S. 35</b>
7.1	Maschinentechnik	S. 35
7.1.1	Mischgutaufbereitung	S. 36
7.1.2	Mischguttransport	S. 37
7.1.3	Mischguteinbau	S. 37
7.2	Mischgutherstellung, -transport und -einbau	S. 37
<b>8</b>	<b>EIGENÜBERWACHUNG</b>	<b>S. 38</b>
8.1	Baustellenmischverfahren	S. 38
8.2	Zentralmischverfahren	S. 42
8.2.1	Eigenüberwachungsprüfungen bei der Herstellung	S. 42
8.2.2	Eigenüberwachungsprüfungen beim Einbau	S. 45
<b>9</b>	<b>KONTROLLPRÜFUNGEN DES AUFTRAGGEBERS</b>	<b>S. 46</b>
9.1	Baustellenmischverfahren	S. 47
9.2	Zentralmischverfahren	S. 48
<b>10</b>	<b>VERSIEGELUNG DER KRC-SCHICHT</b>	<b>S. 50</b>
<b>11</b>	<b>ÜBERBAUUNG MIT ASPHALT</b>	<b>S. 50</b>
<b>12</b>	<b>ZUSAMMENFASSENDER ANWENDUNGS- UND EINSATZEMPFEHLUNGEN</b>	<b>S. 51</b>
<b>13</b>	<b>LITERATUR</b>	<b>S. 53</b>

## **1 VORBEMERKUNGEN**

Der vorliegende Leitfaden soll auf der Grundlage der derzeit gültigen Regelwerke [1] und [2] sowie unter Berücksichtigung bisheriger Erfahrungen die sachgerechte und optimale Verfahrensauswahl, Vorbereitung, Ausführung und Überwachung der Herstellung von Kaltrecyclingschichten für Straßenbefestigungen unterstützen. Die konsequente Anwendung der angeführten Verfahrensweisen kann dazu beitragen, die Einsatzmöglichkeiten der Kaltrecyclingbauweisen zu erweitern sowie die vorhandenen Straßenbaustoffe immer effektiver wiederzuverwerten und damit Ressourcen und Umwelt zu schonen.

## **2 VORUNTERSUCHUNGEN UND VERFAHRENSAUSWAHL**

### **2.1 Bestandserfassung**

Die Anwendung der Kaltrecyclingbauweise generell sowie die Auswahl des anzuwendenden Verfahrens - Baustellen- oder Zentralmischverfahren - im Rahmen von Erneuerungsmaßnahmen setzt eine sorgfältige Erfassung des vorhandenen Bestandes der zu bearbeitenden Befestigungen voraus. Dabei sind zwingend zu berücksichtigen:

- Geometrische Gegebenheiten (Streckenlänge, Fahrbahn- u. Ausbaubreiten),
- Trassierungselemente (Längsneigungen, Krümmungsradien, Gradienten),
- Zufahrtmöglichkeiten, Lastbeschränkungen (Brückentragfähigkeiten),
- Verkehrsbedingungen (Möglichkeiten der Verkehrsführung in der Bauzeit),
- Befestigungsaufbau (Schichtenfolgen, Baustoffe, Kontaminationen) sowie
- Resttragfähigkeit der verbleibenden Befestigung.

Auf der Grundlage der Untersuchungen zum Befestigungsaufbau und zur Resttragfähigkeit sind gegebenenfalls Abschnitte mit vergleichbaren Eigenschaften festzulegen, die später unterschiedlich zu bearbeiten und zu gestalten sind.

#### **2.1.1 Geometrische Gegebenheiten**

Die Kaltrecyclingverfahren, sowohl das Baustellen - als auch das Zentralmischverfahren, erfordern einen erheblichen technischen und technologischen Aufwand. Zur Beurteilung der wirtschaftlichen Anwendbarkeit dieser Verfahren ist die Kenntnis der zu bearbeitenden Fläche von Bedeutung. Für die Auswahl der geeigneten Technik spielt die Breite der zu erneuernden Fahrbahn, bei Erneuerungen mit Verbreiterungen die vorgesehene Ausbaubreite eine wichtige Rolle.

Beim Baustellenmischverfahren ist auch die für die Zufuhr von Bindemitteln und Wasser während der Bauausführung erforderliche Verkehrsfläche zu berücksichtigen.

Es sind daher zu ermitteln:

- Ausbaulänge,
- Ausbaubreite und
- zu bearbeitende Fläche.

### 2.1.2 Trassierungselemente

Beim Baustellenmischverfahren kommen Maschinen- und Gerätekomplexe von erheblicher Gesamtlänge zum Einsatz. Sie bestehen mindestens aus dem eigentlichen Recycler sowie aus dem Tankfahrzeug für bitumenhaltiges Bindemittel bzw. Bitumen und dem Wassertankfahrzeug, die alle durch Schlauchleitungen und Schubstangen miteinander verbunden sind und durch den Recycler geschoben werden (s. Anlage 1 Bilder 1 und 2). Damit ist das Befahren enger Krümmen, wie etwa an Serpentinaen, oder von Steigungen > 10 % nicht möglich.

Für das Zentralmischverfahren, bei dem in Baustellennähe hergestelltes Kaltrecyclinggemisch mit Straßenfertiger oder - im Ausnahmefall - mittels Grader eingebaut wird, sind die Einsatzmöglichkeiten dem Asphaltstraßenbau vergleichbar.

Beim Baustellenmischverfahren kommt es - bedingt durch die erforderliche Überbauung mit Asphalt - zur Erhöhung der Gradienten, bei Anwendung des Zentralmischverfahrens muss dies nicht zwangsläufig der Fall sein.

Es sind daher zu ermitteln:

- minimaler Krümmenradius,
- maximale Steigung sowie
- Auswirkungen der Gradientenveränderung.

### 2.1.3 Zufahrtmöglichkeiten, Lastbeschränkungen

Die zur Herstellung von Kaltrecyclingschichten im in-situ-Verfahren bzw. zur Herstellung von KRC-Gemischen im mix-in-plant-Verfahren Maschinen sind Großgeräte, für deren Transport zum Arbeitsort in den meisten Fällen Sondergenehmigungen erforderlich sind. Zur Einsatzplanung sowie zur Beantragung der Transportgenehmigungen sind Informationen bezüglich Maschinengewicht und -abmessungen erforderlich. Auch Bauwerke innerhalb der Baustrecke sind bezüglich Tragfähigkeit und Durchfahrtshöhe für die Baugeräte zu überprüfen. Tabelle 2.1.3.1 enthält beispielhaft Angaben dazu für die gebräuchlichen Recycler sowie für die Kaltmischanlage KMA 220.

Tabelle 2.1.3.1 siehe Seite 6.



Geräte für Kaltrecycling in situ					
Gerätetyp	Bezeichnung	Betriebs- gewicht [kg]	Abmessungen		
			Länge [mm]	Breite [mm]	Höhe [mm]
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	2200 CR <sup>1)</sup>	49.720	12.000	3.000	3.000
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	WR 4200 <sup>1)</sup>	77.000	12.650	3.000	3.000
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	WR 2000	22.900	9.050	2.550	3.000
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	WR 2400	26.500	9.050	3.000	3.000
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	WR 2500 S <sup>2)</sup>	32.000	8.500	3.200	3.200
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	WR 2500 S <sup>3)</sup>	33.300	8.500	3.800	3.200
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	WR 2500 SK	36.500	10.000	3.200	3.200
Kaltrecycler <sup>**)</sup>	HMP 121	19.000	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe
Kaltrecycler <sup>**)</sup>	HMP 122-2	20.950	9.050	2.810	3.420
Kaltrecycler <sup>**)</sup>	HMP 125	24.500	9.990	2.850	3.700
Gerät für Kaltrecycling in plant					
Kaltmischanlage	KMA 220	30.500	14.710 <sup>4)</sup>	2.500	4.000

<sup>\*)</sup> Hersteller: Wirtgen

<sup>\*\*)</sup> Hersteller: Bomag

<sup>1)</sup> mit Verteilerschnecke und Vario-Einbaubohle

<sup>2)</sup> Arbeitsbreite 2.438 mm

<sup>3)</sup> Arbeitsbreite 3.048 mm

<sup>4)</sup> mit Kabine

**Tabelle 2.1.3.1 Geräte für Herstellung und Einbau von Kaltrecycling-Gemischen - Maschinen-  
gewichte und -abmessungen**

Den Gerätegewichten sind - mit Ausnahme der Kaltmischanlage - das Gewicht des einzusetzenden Tiefladers hinzuzurechnen. Die Gesamtgewichte sowie die Transporthöhen incl. Tiefladerhöhe sind bereits bei der Planung des Bauvorhabens und später bei der konkreten Auswahl der Transportwege zu beachten. Dies betrifft insbesondere Brückentragfähigkeiten sowie Durchfahrthöhen in der Nähe des zu erneuernden Streckenabschnittes.

#### 2.1.4 Verkehrsbedingungen während der Bauzeit

Bereits im Stadium der Planung der Erneuerung ist die Kenntnis der Verkehrsbedingungen während der Bauzeit erforderlich. Es muss bekannt sein, ob unter Vollsperrung oder unter halbseitiger Sperrung gearbeitet wird. Dies wirkt sich unter anderem maßgeblich auf die Geräteauswahl aus. Ziel dabei muss es stets sein, die Zahl der Fertigungsstreifen und damit die Anzahl der Nähte sowie die Größe der Überschneidungsflächen auf das mögliche Minimum zu reduzieren. Die Zahl der Fertigungsstreifen ergibt sich aus der geplanten Ausbaubreite, der zur Verfügung stehenden Verkehrsfläche sowie aus der Arbeitsbreite der Recycler bzw. der Einbaugeräte (Fertiger) bei der Anwendung des Zentralmischverfahrens. Die Arbeitsbreiten der Recycler, die beispielsweise beim Baumischverfahren einzusetzen sind, können Tabelle 2.1.4.1 entnommen werden.

Tabelle 2.1.4.1 siehe Seite 7.

Geräte für Kaltrecycling in situ		
Gerätetyp	Bezeichnung	Arbeitsbreite [mm]
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	2200 CR <sup>1)</sup>	Fräsbreite 2.200 / Einbaubreite bis 3.750 <sup>2)</sup>
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	WR 4200 <sup>1)</sup>	2.800 - 4200 <sup>2)</sup>
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	WR 2000	2.000
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	WR 2400	2.400
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	WR 2500 S <sup>3)</sup>	2.438
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	WR 2500 S <sup>4)</sup>	3.048
Kaltrecycler <sup>*)</sup>	WR 2500 SK	2.438
Kaltrecycler <sup>**)</sup>	HMP 122-2	2.330
Kaltrecycler <sup>**)</sup>	HMP 125	2.330

<sup>\*)</sup> Hersteller: Wirtgen

<sup>\*\*)</sup> Hersteller: Bomag

<sup>1)</sup> mit Verteilerschnecke und Vario-Einbaubohle

<sup>2)</sup> stufenlos variabel

<sup>3)</sup> Arbeitsbreite 2.438 mm

<sup>4)</sup> Arbeitsbreite 3.048 mm

**Tabelle 2.1.4.1 Geräte für Herstellung und Einbau von Kaltrecycling-Gemischen - Arbeitsbreiten**

### 2.1.5 Befestigungsaufbau

Unabdingbar für die Auswahl eines geeigneten Erneuerungsverfahrens ist die Kenntnis des Aufbaues der zu bearbeitenden Befestigung. Dazu sind Erkundungsarbeiten erforderlich. Wenn die Erneuerung in Kaltrecyclingbauweise vorgesehen wird, ist der Befestigungsaufbau durch Entnahme von Bohrkernen mit  $\varnothing \geq 320$  mm (s. Anlage 1 Bild 3) oder durch Aufbrüche mit den Mindestabmessungen von  $350 \times 350$  mm<sup>2</sup> zu ermitteln. Diese Abmessungen sind erforderlich, damit in diesen Aufschlüssen Tragfähigkeitsmessungen mit Lastplatten von 300 mm Durchmesser durchgeführt werden können. (s. Anlage 1 Bilder 4 und 5). Die Aufschlusstiefe muss mindestens der maximalen Dicke einer KRC-Schicht für die maßgebliche Bauklasse entsprechen, d. h. für Bauklassen VI und V 16 cm, für Bauklasse IV 18 cm, für Bauklasse III 20 cm und für höhere Bauklassen 22 cm [1].

Bei den Aufschlussarbeiten sind festzustellen:

- Schichtenfolgen aller gebundenen Schichten,
- Schichtenverbund zwischen gebundenen Schichten,
- Gesamtdicke der gebundenen Schichten,
- Ristiefen in gebundenen Schichten,
- Schichtenfolgen der ungebundenen Schichten mindestens bis zur o. a. Aufschlusstiefe (die Erkundung bis zum Planum ist zweckmäßig) sowie
- Art der Baustoffe.

Bei Verdacht auf Kontaminationen mit PAK (polizyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen) oder Phenol bzw. bei organoleptisch auffälligen Baustoffen sind Untersuchungen zur Feststellung der Belastungen mit diesen Stoffen durchzuführen. Die Bewertung hat gemäß [3] zu erfolgen.

Die Aufschlüsse sind bei Streckenlängen bis 2 km im Abstand von 250 m (Abstand auf jeder Fahrbahnseite 500 m), bei größeren Streckenlängen im Abstand von 300 bis maximal 500 m (Abstand auf jeder Fahrbahnseite 600 bis 1.000 m) anzuordnen, mindestens sind jedoch sechs Beprobungen vorzunehmen.

Bei Bedarf und an signifikant visuell auffälligen Stellen können zusätzliche Probenahmestellen, z. B. zur Abgrenzung von Abschnitten unterschiedlicher Beschaffenheit, sinnvoll sein.

### 2.1.6 Tragfähigkeitsmessungen

Zur Ermittlung der in Abhängigkeit von Bauklasse und Tragfähigkeit der Unterlage gemäß [1] erforderlichen Dicke der Asphaltüberbauung von Kaltrecyclingtragschichten ist die Kenntnis der Tragfähigkeit der in der Befestigung verbleibenden ungebundenen Schichten erforderlich. Diese ist im Rahmen der Voruntersuchungen zu bestimmen. Dazu sind in den Aufschlüssen gemäß Abschnitt 2.1.5 in der für die Bauklasse zutreffenden Tiefe zwischen 16 und 22 cm unter Fahrbahnoberkante Tragfähigkeitsmessungen durchzuführen. Ist die Bauklasse zum Zeitpunkt der Voruntersuchung nicht bekannt, ist in 22 cm Tiefe - dies entspricht der maximal möglichen Dicke einer KRC-Schicht - zu messen. Die Tragfähigkeitsmessungen können mittels Plattendruckversuch gemäß [4] oder mit Leichtem Fallgewichtsgerät (s. Anlage 1 Bilder 4 und 5) entsprechend [5] ausgeführt werden. Wird mit Leichtem Fallgewichtsgerät gearbeitet, so kann der ermittelte  $E_{\text{vdyn}}$ -Wert mit Hilfe eines Faktors in den für die Bewertung erforderlichen  $E_{\text{v2}}$ -Wert umgerechnet werden. Dieser Faktor kann [6] entnommen werden. Auf der Grundlage langjähriger Erfahrungen führt der Ansatz des Faktors 1,85 zu Resultaten mit ausreichender Sicherheit. Es kann also die Beziehung

$$E_{\text{v2}} = 1,85 \times E_{\text{vdyn}}$$

zur Umrechnung verwendet werden.

### 2.1.7 Festlegung von Abschnitten vergleichbarer Eigenschaften

Die in den Untersuchungen gemäß der Abschnitte 2.1.1 bis 2.1.6 ermittelten Ergebnisse müssen nicht zwangsläufig zu einer durchgängig einheitlichen Bewertung des Bestandes führen. So können sich beispielsweise die Dicken des gebundenen Oberbaues oder die Materialarten der ungebundenen Tragschichten und damit ggf. auch deren Tragfähigkeiten abschnittsweise signifikant unterscheiden. Dies kann Auswirkungen auf den festzulegenden Befestigungsaufbau und/oder auf die Konzeption der zu erstellenden Eignungsprüfung für die KRC-Gemische haben. Daher sind bei gravierenden Differenzen in den Ergebnissen der Voruntersuchungen Abschnitte mit vergleichbaren Eigenschaften so zu bilden, dass diese hinsichtlich Baustoffzusammensetzung und Dimensionierung der Befestigung in sich als homogene Bereiche zu betrachten sind.

Hilfreich kann dabei sein, die Untersuchungsergebnisse zusammenfassend in Übersichtsform tabellarisch, wie in Tabelle 2.1.7.1 beispielhaft für sechs Probenahmestellen gezeigt, darzustellen.

Tabelle 2.1.7.1 siehe Seite 9.

Übersicht Ergebnisse Voruntersuchungen								
Bauvorhaben		Erneuerung Landesstraße L XYZ nördl. von N.N.						
Baustrecke		NK nnnn mmm km 0,000 bis NK nnnn mmm km 1,200						
Baulänge		[km]	2,800					
Allgemeine Angaben								
Anschlusslängen		[m]	2 x 50 = 100					
Ausbaulänge KRC		[m]	2.700					
Ausbaubreite KRC		[m]	6,5					
Fläche KRC		[m <sup>2</sup> ]	17.550					
Min. Krümmenradius		[m]	250					
Max. Steigung		[%]	4,5					
Gradientenänderung		-	möglich <sup>1)</sup> / nicht möglich <sup>1)</sup>					
Lastbeschränkung <sup>2)</sup>		[t]	< 30 / < 40 / < 50 / < 60 < 70 < 80 < 90 < 100 <sup>1)</sup>					
Durchfahrtshöhen <sup>3)</sup>		[m]	< 3,80 <sup>1)</sup> / < 4,20 <sup>1)</sup>					
Verkehrsbedingungen <sup>4)</sup>								
Vollsperrung		-	möglich <sup>1)</sup> / nicht möglich <sup>1)</sup>					
Befestigungsaufbau		Probenahmestellen						
			1	2	3	4	5	6
Station <sup>5)</sup>		[km]	0+150 r.	0+650 l.	1+150 r.	1+650 l.	2+150 r.	2+650 l.
Bauklasse		-	III	III	III	II	II	II
Gebundener Oberbau								
Gesamtdicke Asphalt		[cm]	12	13	13	17	18	16
Anzahl der Schichten		[-]	2	2	2	3	3	3
Schichtenverbund <sup>6)</sup>		[-]	+	+	+	+	-	-
Risstiefe		[cm]	10	0	13	8	10	6
Kontaminationen								
PAK i. Feststoff		[mg/kg]	1,28	2,14	0,98	45,1	56,0	28,7
Phenolindex i. Eluat		[mg/l]	0,012	0,015	0,013	0,021	0,012	0,022
Verwertungsklasse <sup>7)</sup>			A	A	A	B	B	B
Ungebundener Oberbau								
obere Lage								
Art			Schotter	Schotter	Schotter	FS 0/32	FS 0/32	FS 0/32
Dicke		[cm]	16	15	15	13	12	14
untere Lage								
Art			Kies	Kies	Kies	Kies	Kies	Kies
Dicke		[cm]	37	35	36	35	36	34
Tragfähigkeit <sup>8)</sup>								
Messtiefe		[cm]	20	20	20	22	22	22
Bereich E <sub>v2</sub> <sup>9)</sup>								
> 30 < 45		[MN/m <sup>2</sup> ]						
> 45 < 80		[MN/m <sup>2</sup> ]				x	x	x
> 80 < 120		[MN/m <sup>2</sup> ]	x	x	x			
> 120		[MN/m <sup>2</sup> ]						
<b>Bearbeitungsabschnitt</b>			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

<sup>1)</sup> Nichtzutreffendes streichen      <sup>2)</sup> von Brücken auf zu nutzenden Zufahrten und im Baustellenbereich      <sup>3)</sup> unter Brücken  
 auf zu nutzenden Zufahrten und im Baustellenbereich      <sup>4)</sup> während der Bauzeit      <sup>5)</sup> Bau-km      <sup>6)</sup> + = Schichtenverbund  
 durchgängig vorhanden / - = Schichtenverbund nicht durchgängig vorhanden      <sup>7)</sup> gemäß RuVA-StB 01/05  
<sup>8)</sup> der verbleibenden ungebundenen Tragschicht      <sup>9)</sup> Zutreffendes ankreuzen

**Tabelle 2.1.7.1 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Voruntersuchungen und Festlegung von Bearbeitungsabschnitten**

Aus Tabelle 2.1.7.1 geht hervor, dass die zur Erneuerung vorgesehene Strecke grundsätzlich für die Anwendung der Kaltrecyclingbauweise geeignet ist. Es ist erkennbar, dass zwischen den Probenahmestellen 3 und 4 der Befestigungsaufbau wechselt. Die exakte Station dieses Wechsels wäre noch zu erkunden. Insbesondere ändert sich das Verhältnis zwischen gebundenem und ungebundenem Oberbau im Bereich bis 20 bzw. 22 cm unter Fahrbahnoberkante. Weiterhin existiert eine Differenz bezüglich der Tragfähigkeit auf den in der Befestigung verbleibenden ungebundenen Tragschichten. Zu beachten ist auch die Kontamination der Asphalte, die den Probenahmestellen 4 bis 6 entnommen wurden. Diese Unterschiede führen zur Festlegung von zwei Bearbeitungsabschnitten, die sich hinsichtlich Befestigungsaufbau unterscheiden werden und für die zur Herstellung der KRC-Gemische zwei gesonderte Eignungsprüfungen zu erarbeiten wären.

Für die praktische Anwendung des dargestellten Verfahrens ist in Anlage 2 ein Formblatt „Zusammenstellung Ergebnisse Voruntersuchungen und Festlegung von Bearbeitungsabschnitten“ beigelegt.

## 2.2 Auswahl des anzuwendenden Recycling-Verfahrens

Die Auswahl des anzuwendenden Recyclingverfahrens „KRC in situ“ oder „KRC in plant“ ist unter technischen Gesichtspunkten zu treffen. Maßgebliche Grundlage für die Entscheidungsfindung sind u. a. die in den Voruntersuchungen ermittelten und in Tabelle 2.1.7.1 dargestellten Ergebnisse. Hinzu kommen noch Betrachtungen zu Standortbedingungen und maschinentechnischen Gegebenheiten.

In Tabelle 2.2.1 sind Kriterien angeführt, die für die Auswahl des im konkreten Fall anzuwendenden Verfahrens von Bedeutung sind. Die Kriterien sind in Kategorien unterteilt, wobei Kategorie A die höchste Priorität hat. Die auf Grund der Entscheidung nach einer höheren Kategorie getroffene Auswahl kann dabei nicht durch untergeordnete Kriterien geändert werden, diese sollten jedoch nach Möglichkeit berücksichtigt werden.

Tabelle 2.2.1 siehe Seite 11.

Auswahl Kaltrecycling-Verfahren		
Bauvorhaben	Erneuerung Landesstraße L XYZ nördl. von N.N.	
Kriterium	Anzuwendendes Verfahren	
	KRC in situ	KRC in plant
<b>Kategorie A</b>		
Gradientenänderung		
Keine Höhenbindung	X <sup>1)</sup>	
Höhenbindung vorhanden		X <sup>1)</sup>
Tragfähigkeit der Unterlage		
Unterlage ausreichend tragfähig	X <sup>1)</sup>	
Unterlage nicht ausreichend tragfähig, Verbesserung erforderlich		X <sup>1)</sup>
Ungebundener Oberbau		
Packlage in mehr als 16 bis 22 cm unter Fahrbahnoberkante <sup>2)</sup>	X <sup>1)</sup>	
Packlage in weniger als 16 bis 22 cm unter Fahrbahnoberkante <sup>2)</sup>		X <sup>1)</sup>
<b>Kategorie B</b>		
Kontaminationen (PAK und/oder Phenol)		
Geeigneter Zwischenlagerplatz <sup>3)</sup> nicht vorhanden	X <sup>1)</sup>	
Geeigneter Zwischenlagerplatz <sup>3)</sup> vorhanden		X <sup>1)</sup>
Standort Mischanlage (MA)		
Ortsfeste MA in < 10 km o. Standort f. mobile MA <sup>3)</sup> nicht vorhanden	X <sup>1)</sup>	
Ortsfeste MA in < 10 km o. Standort f. mobile MA <sup>3)</sup> vorhanden		X <sup>1)</sup>
<b>Kategorie C</b>		
Ebenheitsanforderungen		
Überbauung mit 3 Lagen Asphalt in Bauklassen III bis I <sup>4)</sup>	X <sup>1)</sup>	
Überbauung mit 2 Lagen Asphalt in Bauklassen III bis II <sup>4)</sup>		X <sup>1)</sup>
Überbauung mit 2 Lagen Asphalt in Bauklassen V bis IV <sup>4)</sup>	X <sup>1)</sup>	
Überbauung mit 1 Lage Asphalt in Bauklassen V bis III <sup>4)</sup>		X <sup>1)</sup>
Verkehrsbedingungen		
Vollsperrung möglich	X <sup>1)</sup>	X <sup>1)</sup>
Halbseitige Sperrung, Arbeitsbreite > 2,8 m bis < 4,8 m	X <sup>1)</sup>	
Halbseitige Sperrung, Arbeitsbreite > 2,5 m bis < 2,8 m		X <sup>1)</sup>

1) Nichtzutreffendes streichen      2) entsprechend Bauklasse zu wählen (s. Abschnitt 2.1.5)      3) in Baustellennähe  
 4) zur Erzielung einer anforderungsgerechten Ebenheit

**Tabelle 2.2.1 Kriterien zur Auswahl des anzuwendenden Kaltrecycling-Verfahrens**

Zur auf ein konkretes Vorhaben bezogenen Verfahrensauswahl kann das in Anlage 3 enthaltene Formblatt verwendet werden. Zur Bewertung der einzelnen Kriterien sind die jeweils zutreffenden Eintragungen gemäß Tabelle 2.1.7.1 bzw. im Formblatt entsprechend Anlage 2 zu verwenden.

### 3 DIMENSIONIERUNG VON BEFESTIGUNGEN MIT KRC-SCHICHT

#### 3.1 Anwendung M KRC - Anhang 2

Im Merkblatt für Kaltrecycling in situ im Straßenoberbau [1] sind in Anhang 2 Anwendungsbeispiele für den Aufbau von Befestigungen mit Kaltrecyclingschichten angeführt.

Diese Vorschläge sind jedoch auf die Bauklassen VI bis III sowie auf  $E_{v2}$ -Werte der Unterlage zwischen  $\geq 30 \text{ MN/m}^2$  und  $\geq 120 \text{ MN/m}^2$  beschränkt. Positive Erfahrungen mit KRC-Tragschichten auf Strecken mit höherer Verkehrsbelastung und mit Tragfähigkeiten der Unterlage  $\geq 150 \text{ MN/m}^2$  haben zu Überlegungen geführt, die Anwendungsmöglichkeiten auf der Grundlage von Extrapolationen der Tabelle in [1] zu erweitern. Dabei wurde der Tragfähigkeitsbereich  $\geq 30$  bis  $45 \text{ MN/m}^2$  gänzlich unberücksichtigt gelassen, weil die anforderungsgerechte Verdichtung auf Unterlagen mit geringer Tragfähigkeit nicht zu erzielen ist.

In Tabelle 3.1.1 sind die Extrapolationen bis zur Bauklasse I sowie bis zur Tragfähigkeit der Unterlage  $\geq 150 \text{ MN/m}^2$  dargestellt. Angegeben sind die Gesamtbefestigungsdicken. Bei der Festlegung der Dicke der KRC-Schicht für den konkreten Anwendungsfall sollten bis zur Bauklasse III die in [1] empfohlenen Werte gewählt werden. Für die höheren Bauklassen ist zu berücksichtigen, dass die Dicke der KRC-Schicht 22 cm nicht überschreiten darf.

Tragfähigkeit Unterlage	Gesamtbefestigungsdicke [cm]											
	Werte M KRC Anhang 2						Extrapolierte Werte					
	Bauklasse											
$E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	VI		V		IV		III		II		I	
	Δ	Wert	Δ	Wert	Δ	Wert	Δ	Wert	Δ	Wert	Δ	Wert
45	-	24	4	28	4	32	4	36	4	40	4	44
Δ		-2		-2		-2		-2		-2		-2
80	-	22	4	26	4	30	4	34	4	38	4	42
Δ		-2		-2		-2		-2		-2		-2
120	-	20	4	24	4	28	4	32	4	36	4	40
Δ		-2		-2		-2		-2		-2		-2
150	-	18	4	22	4	26	4	30	4	34	4	38

**Tabelle 3.1.1** Tabellarische Extrapolation der Gesamtbefestigungsdicken für Konstruktionen mit KRC-Schichten in Anlehnung an M KRC Anhang 2

Anmerkung:

Die Reduzierung der Gesamtbefestigungsdicke um je 2 cm von der niederen zur höheren Tragfähigkeitsstufe ist im Vergleich zu den Vorgaben der RStO 01 [7] Tafel 1 für die Bauklassen I bis IV in den Zeilen 1 (Tragfähigkeit der Unterlage  $E_{v2} = 120 \text{ MN/m}^2$ ) bzw. 3 und 4 (Tragfähigkeit der Unterlage  $E_{v2} = 150 \text{ MN/m}^2$ ) sehr moderat und beinhaltet eine Sicherheitsreserve. In den Befestigungsvorschlägen der RStO reduziert sich die Dicke des gebundenen Oberbaues bei Zunahme der Tragfähigkeit der Unterlage von 120 auf  $150 \text{ MN/m}^2$  um 4 cm.

### 3.2 Anwendung M VB-K - Abschnitt 3

Im Merkblatt für die Verwertung von pechhaltigen Straßenausbaustoffen und von Asphaltgranulat in bitumengebundenen Tragschichten durch Kaltaufbereitung in Mischanlagen M VB-K - Ausgabe 2007 - [2] ist in Abschnitt 3 ausgeführt, dass KRC-Schichten an Stelle von hydraulisch gebundenen Verfestigungen gemäß Tafel 1, Zeile 2.2, bei Ansatz eines Äquivalenzfaktors von 1,2 bezüglich der Schichtdicke eingesetzt werden können. Dies gilt für alle Bauklassen von VI bis SV. Das bedeutet, dass in den Befes-

tigungen gemäß RStO 01, Tafel 1, Zeile 2.2 die 15 cm dicke Verfestigung aus frostunempfindlichem Material, das weit- oder intermittierend gestuft ist, durch eine 18 cm dicke Kaltrecyclingschicht ersetzt werden kann, sofern das KRC-Gemisch die Anforderungen der Tabelle 1 in [2] erfüllt.

Es kann also die Beziehung

$$H_{\text{KRC}} = 1,2 \times H_{\text{Verfestigung}}$$

zur Umrechnung verwendet werden.

Anmerkung:

Da die Befestigungsaufbauten in [7], Tafel 1 für die Bauklassen IV bis VI in den Zeilen 2.2 und 2.3 identisch sind, könnten KRC-Schichten in diesen Bauklassen auch Verfestigungen aus enggestuften frostunempfindlichen Materialien unter Ansatz des Äquivalenzfaktors 1,2 ersetzen. Allerdings käme dies nur für die Bauklassen IV bis VI in Frage, da sich für die höheren Bauklassen Schichtdicken von 24 cm ergäben, die jedoch unzulässig sind.

Gleichermaßen könnten auch HGT-Schichten gemäß Zeile 2.1 in den Bauklassen IV bis VI durch KRC-Schichten ersetzt werden, sofern die Unterlagen Tragfähigkeiten von  $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$  (Bauklasse IV) bzw.  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  (Bauklassen V und VI) aufweisen.

### 3.3 Anwendung Verfahren der freien Bemessung

#### 3.3.1 Allgemeines

Die Anwendung von Verfahren der freien Bemessung ermöglicht die Berücksichtigung der Resttragfähigkeit der vorhandenen und in der Befestigung verbleibenden Konstruktionsschichten. Sie ist daher ein wirksames Instrument zur Optimierung der Erneuerung von Straßenbefestigungen und geeignet, Ressourcen zu schonen. Allerdings führen Bemessungsberechnungen nur zu plausiblen und den Erfahrungen entsprechenden Ergebnissen, wenn mit realistischen Eingangswerten für die Resttragfähigkeit der Unterlage, die Elastizitätsmodule der einzusetzenden Baustoffe sowie für die Faktoren der baustoffbezogenen Ermüdungsfunktionen gearbeitet wird. Bei neueren Bemessungsverfahren, die sehr viele Einflussfaktoren zu berücksichtigen versuchen und daher sehr komplex gestaltet sind, ist die Wirkungsweise und der Einfluss einzelner Faktoren für den Anwender, der nicht mit der inneren Struktur der Rechenprogramme vertraut ist, nicht oder nur sehr schwer erkennbar. Die mittels Computer berechneten Ergebnisse sind - wie Beispiele gezeigt haben - teilweise nicht plausibel und führen zu nicht optimalen bzw. zu nicht realisierbaren Erneuerungsvorschlägen.

Es wurde daher versucht, ein transparenteres Bemessungsverfahren hinsichtlich seiner Anwendbarkeit für Befestigungen mit Kaltrecyclingschichten zu prüfen und zu nutzen. Dabei zeigte sich, dass das Verfahren nach TGL 22 853 [8] mit den bisherigen Erfahrungen recht gut übereinstimmende Ergebnisse liefert. Das Verfahren wird in Abschnitt 3.3.2 in den Grundzügen dargestellt. Maßgebliche Eingangswerte für Baustoffe werden angegeben. Die Bemessungsvorschrift ist wegen der erschwerten Zugänglichkeit als Anhang 4 beigefügt.



### 3.3.2 Bemessung nach TGL 22 853

#### 3.3.2.1 Grundlagen

Bei dem Verfahren nach TGL 22 853 ist die ausreichende Dimensionierung einer gewählten oder vorhandenen Straßenkonstruktion zuerst durch

- die Einhaltung einer zulässigen Durchbiegung an der Oberfläche der Befestigung für die Bedingungen in der Tauperiode

und in einem zweiten Schritt durch

- die Einhaltung einer zulässigen Radialzugspannung an der Unterseite der untersten gebundenen Schicht für die Bedingungen in der Tauperiode (bei hydraulisch dominanten Schichten und geringer Asphaltüberbauung für die Bedingungen der Sommerperiode)

nachzuweisen. Beide Kriterien müssen erfüllt werden.

Für die Berechnung der Durchbiegung an der Oberfläche der Befestigung ist zunächst das gegebene Mehrschichtsystem auf ein äquivalentes Zweischichtsystem zurückzuführen. Als Baustoffkennwerte sind statische E-Modul-Werte zu verwenden.

Zur Ermittlung der Radialzugspannungen ist das vorhandene Mehrschichtsystem auf ein äquivalentes Dreischichtsystem zu reduzieren. Als Baustoffkennwerte müssen dynamische E-Modul-Werte eingesetzt werden.

In den Tabellen 3.3.2.1.1 bis 3.3.2.1.4 sind Berechnungsannahmen angegeben, die für Bemessungsberechnungen und Nachweisführungen verwendet werden können. Tabelle 3.3.2.1.1 enthält Angaben für statische und dynamische E-Module für Asphalte und bitumendominante KRC-Gemische.

Schicht	Mischgut <sup>1)</sup>	E <sub>stat.</sub> <sup>2)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>dyn.</sub> <sup>3)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]
DS	SMA S / AC D S	E <sub>1</sub> 2.000	E <sub>1</sub> 8.000
BS	AC B S	E <sub>2</sub> 2.500	E <sub>2</sub> 10.000
TS	AC T S	E <sub>3</sub> 1.500	E <sub>3</sub> 6.000
KRC		E <sub>4</sub> 2.410	E <sub>4</sub> 9.640 <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> gemäß TL Asphalt-StB 07

<sup>2)</sup> gemäß TGI 22853 Tabelle 2

<sup>3)</sup> gemäß TGI 22853 Tabelle 4

<sup>4)</sup> gemäß [9]

**Tabelle 3.3.2.1.1 Baustoffkennwerte für Asphalte und bitumendominante KRC-Gemische - statische und dynamische Elastizitätsmodule**

Aus TGL 22 853 Bild 2 können - mittels Interpolation und z. T. durch Extrapolation - für die einzelnen Bauklassen die nachfolgend angegebenen Durchbiegungsgrenzwerte für Befestigungen mit Asphalttragschichten und Kaltrecyclingschichten ermittelt werden. In Tabelle 3.3.2.1.2 sind Durchbiegungsgrenzwerte für die mittlere Lastwechselzahl der Bauklassen I bis V dargestellt. Für Bauklasse VI ist der obere Lastwechselgrenzwert in Ansatz gebracht. Sollen die oberen Grenzwerte der Bauklassen berücksichtigt werden, so sind die maßgeblichen Durchbiegungsgrenzwerte aus [8] Bild 2 abzuleiten.

Baukl. gem. RStO 01		I	II	III	IV	V	VI
N	[Mio.]	21,00	6,50	1,90	0,55	0,20	0,10
$W_{zul.KRC}$	[mm]	0,45	0,53	0,61	0,71	0,81	0,90

**Tabelle 3.3.2.1.2 Zulässige Durchbiegungen an der Oberfläche von Befestigungen mit bitumendominanter Kaltrecyclingschicht**

Aus TGL 22 853 Bild 3 können - z. T. durch Extrapolation - für die einzelnen Bauklassen die nachfolgend angegebenen zulässigen Radialzugspannungen für Befestigungen mit Asphalttragschichten ermittelt werden. In Tabelle 3.3.2.1.3 sind die Grenzwerte für die mittlere Lastwechselzahl der Bauklassen I bis V dargestellt. Für Bauklasse VI ist der obere Lastwechselgrenzwert in Ansatz gebracht. Sollen die oberen Grenzwerte der Bauklassen berücksichtigt werden, so sind die maßgeblichen Radialspannungsgrenzwerte aus [8] Bild 3 abzuleiten.

Baukl. gem. RStO 01		I	II	III	IV	V	VI
N	[Mio.]	21,00	6,50	1,90	0,55	0,20	0,10
$\sigma_{r,Asphalt}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,45	0,60	0,78	1,02	1,27	1,48

**Tabelle 3.3.2.1.3 Zulässige Radialzugspannungen an der Unterseite der Asphalttschichten**

Aus TGL 22 853 Bild 4 können - z. T. durch Extrapolation - für die einzelnen Bauklassen die nachfolgend angegebenen Dauerfestigkeitsbeiwerte  $\xi$  für Befestigungen mit hydraulisch gebundenen Tragschichten ermittelt werden. Die Anwendung dieser Werte für bitumendominante KRC-Tragschichten führt beim Spannungsnachweis zu einer Sicherheitsreserve. Mit Hilfe der Dauerfestigkeitsbeiwerte  $\xi$  können aus der vorhandenen Spaltzugfestigkeit die zulässigen Radialzugspannungen für die KRC-Tragschichten berechnet werden. In Tabelle 3.3.2.1.4 sind die Grenzwerte für die mittlere Lastwechselzahl der Bauklassen I bis V dargestellt. Für Bauklasse VI ist der obere Lastwechselgrenzwert in Ansatz gebracht. Sollen die oberen Grenzwerte der Bauklassen berücksichtigt werden, so sind die maßgeblichen Radialspannungsgrenzwerte aus [8] Bild 4 abzuleiten.

Tabelle 3.3.2.1.4 siehe Seite 16.

Baukl. gem. RStO 01		I	II	III	IV	V	VI
N	[Mio.]	21,00	6,50	1,90	0,55	0,20	0,10
Beiwert $\xi$	[-]	1,81	1,72	1,63	1,53	1,46	1,41
$\sigma_{r,KRC}$							
0,75 <sup>1)</sup>	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,41	0,44	0,46	0,49	0,51	0,53
0,85	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,47	0,49	0,52	0,56	0,58	0,60
0,95	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,52	0,55	0,58	0,62	0,65	0,67
1,00	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,55	0,58	0,61	0,65	0,68	0,71
1,05	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,58	0,61	0,64	0,69	0,72	0,74

<sup>1)</sup> Mindestwert für Eignungsprüfung gemäß M KRC

**Tabelle 3.3.2.1.4 Zulässige Radialzugspannungen an der Unterseite der KRC-Schicht in Abhängigkeit von der vorhandenen Spaltzugfestigkeit**

3.3.2.2 Verfahrensschritte

Darstellung des Befestigungsaufbaues gemäß M KRC, Anhang 2, Zeile 3, Bauklasse III als Fünfschichtsystem

- Befestigungsaufbau und Berechnungsannahmen

Schicht	$E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\beta_{sz28}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Dicke [cm]	$E_{stat.}$ <sup>1)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_{dyn.}$ <sup>2)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]
DS			h <sub>1</sub> 4	E <sub>1</sub> 2.000	E <sub>1</sub> 8.000
BS			h <sub>2</sub> 4	E <sub>2</sub> 2.500	E <sub>2</sub> 10.000
TS			h <sub>3</sub> 6	E <sub>3</sub> 1.500	E <sub>3</sub> 6.000
KRC		1,00	h <sub>4</sub> 20	E <sub>4</sub> 2.410	E <sub>4</sub> 9.640 <sup>3)</sup>
Ungeb. TS	80		--	E <sub>H</sub> 80	E <sub>Hdyn</sub> 96

<sup>1)</sup> gemäß TGL 22853 Tabelle 2

<sup>2)</sup> gemäß TGL 22853 Tabelle 4

<sup>3)</sup> gemäß [9]

- Nachweis der Durchbiegung an der Oberfläche der Befestigung

Rückführung des Fünfschichtsystems auf ein Zweischichtsystem gemäß Abschnitt 7.1.1 mittels Gleichungen (10) und (11)

Schritt 1:

Schicht	Dicke [cm]	$E_{stat.}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
DS + BS	h <sub>1</sub> 8	E <sub>m1,2</sub> 2.241
TS	h <sub>3</sub> 6	E <sub>3</sub> 1.500
KRC	h <sub>4</sub> 20	E <sub>4</sub> 2.410
Halbraum		E <sub>H</sub> 80

Schritt 2 :

Schicht	Dicke	$E_{stat.}$
	[cm]	[N/mm <sup>2</sup> ]
DS + BS + TS	$h_2$ 14	$E_{m1,2,3}$ 1.899
KRC	$h_4$ 20	$E_4$ 2.410
Halbraum		$E_H$ 80

Schritt 3 :

Schicht	Dicke	$E_{stat.}$
	[cm]	[N/mm <sup>2</sup> ]
DS + BS + TS + KRC	$h_3$ 34	$E_{m1,2,3,4}$ 2.190
Halbraum		$E_H$ 80

- Berechnung Eingangswerte für Nomogramm gemäß Bild 7

$$E_{m1,2,3,4} = E_1 \quad E_1 / E_H = 2.190 / 80 = 27$$

$$h_3' = h \quad h / r = 34 / 17 = 2,0$$

- Ablesung Durchbiegungsfaktor  $f_w$  aus Nomogramm gemäß Bild 7

$$f_w = 0,195$$

- Berechnung der Durchbiegung  $w_{vorh}$  gemäß Gleichung (14)

$$w_{vorh} = 0,40 \text{ mm}$$

- Durchbiegungsnachweis

$$w_{zul. KRC} = 0,61 \text{ mm} \quad (\text{s. Tabelle 3.3.2.1.2})$$

$$w_{vorh} = 0,40 \text{ mm} < w_{zul. KRC} = 0,61 \text{ mm}$$

- Nachweis der Radialzugspannung an der Unterseite der gebundenen Schichten
- Rückführung des Fünfschichtsystems auf ein Dreischichtsystem gemäß Abschnitt 7.2.1 mittels Gleichung (17)

Schritt 1 :

Schicht	Dicke	$E_{dyn}$
	[cm]	[N/mm <sup>2</sup> ]
DS + BS	$h_e$ 7,7	$E_{1,2}$ 10.000
TS	$h_3$ 6	$E_3$ 6.000
KRC	$h_4$ 20	$E_4$ 9.640
Halbraum		$E_{Hdyn}$ 96

Schritt 2 :

Schicht	Dicke	$E_{dyn}$	
	[cm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
DS + BS + TS	$h_e$ 15,1	$E_{1,2,3}$	6.000
KRC	$h_4$ 20	$E_4$	9.640
Halbraum		$E_{Hdyn}$	96

- Berechnung Eingangswerte für Nomogramme gemäß Bilder 12 bis 17

$$E_{1,2,3} = E_{1dyn} \qquad E_4 = E_{2dyn} \qquad h_e = h_1 \qquad h_4 = h_2$$

$$K_1 = E_{2dyn} / E_{Hdyn} = 9.640 / 96 = 100$$

$$K_2 = E_{1dyn} / E_{2dyn} = 6.000 / 9.640 = 0,62$$

$$H = h_1 / h_2 = 15,1 / 20 = 0,76$$

$$a_1 = r / h_2 = 17 / 20 = 0,85$$

- Ablesungen Parameter  $\sigma_{r1}/p$  und  $\sigma_{r2}/p$  aus Nomogrammen der Bilder 12 bis 17

- Ablesung aus Bild 12 :  $\rightarrow \sigma_{r1}/p = 0,65$

- Ablesung aus Bild 15 :  $\rightarrow \sigma_{r2}/p = 1,65$

- Ablesung aus Bild 16 :  $\rightarrow \sigma_{r2}/p = 0,98$

- Interpolation gemäß Bild 18 :  $\rightarrow \sigma_{r2}/p = 1,31$

- Berechnung von  $\sigma_{r1}$  und  $\sigma_{r2}$

$$\sigma_{r1} = (\sigma_{r1}/p) \times p_{dyn} = 0,65 \times 0,60 = 0,39 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{r2} = (\sigma_{r2}/p) \times p_{dyn} = 1,31 \times 0,60 = 0,79 \text{ N/mm}^2$$

- Nachweis der Radialzugspannungen an der Unterseite der Asphaltsschichten nach Gleichung (9)

$$\sigma_{rzulAsphalt} = 0,78 \text{ N/mm}^2 \qquad (\text{s. Tabelle 3.3.2.1.3})$$

$$\sigma_{r1} (1-\nu) = 0,39 (1-0,30) = 0,27 \text{ N/mm}^2 < 0,78 \text{ N/mm}^2$$

- Nachweis der Radialzugspannungen an der Unterseite der KRC-Schicht nach Gleichung (9)

$$\sigma_{r\text{zulKRC}} = 0,61 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{s. Tabelle 3.3.2.1.4 für } \beta_{\text{sz28}} = 1,00 \text{ N/mm}^2)$$

$$\sigma_{r2} (1-\nu) = 0,79 (1-0,25) = 0,59 \text{ N/mm}^2 < 0,61 \text{ N/mm}^2$$

## 4 LEISTUNGSBESCHREIBUNG

### 4.1 Hinweise zur Baubeschreibung

Die Baubeschreibung muss bezüglich der vorgesehenen Kaltrecyclingschicht folgende Punkte beinhalten, verbal darstellen und gegebenenfalls begründen:

- a) Ausführungen zur KRC-Schicht im Rahmen der Darstellungen zur Erneuerung an sich,
- b) Dicke der verdichteten KRC-Schicht sowie Einbaubreite im Querschnitt,
- c) Anfangs- und Endpunkte in Längsrichtung unter Berücksichtigung von Übergangsbereichen am Bauanfang und Bauende,
- d) Hinweise auf Kontaminationen (PAK und Phenol) der zu recycelnden Baustoffe; bei vorliegender Belastung auf die erforderliche Versiegelung der Randbereiche,
- e) Charakter der/des KRC-Gemische(s), z. B. bitumen- oder hydraulisch dominant,
- f) Vorgaben zur Verwendung bitumenhaltiger Bindemittel (Bitumenemulsion oder Schaumbitumen); Bitumenemulsionen müssen die Anforderungen gemäß [10] erfüllen, Straßenbaubitumen die Anforderungen entsprechend [11],
- g) Auswahl des Bauverfahrens (KRC in situ / KRC in plant),
- h) Angaben zu den Verkehrsbedingungen während der Bauzeit (Vollsperrung oder halbseitige Sperrung, verbleibende Arbeitsbreite),
- i) Anforderungen an das Mischverfahren zur Herstellung der/des KRC-Gemische(s) beim in-situ-Verfahren (Doppelwellenzwangsmischer oder Fräse-rotor), beim in-plant-Verfahren sind ausschließlich Zwangsmischer zuzulassen und Freifallmischer auszuschließen,
- j) Anzahl der Fertigungsstreifen unter dem Aspekt der Reduzierung der Nähte,

- k) Vorgaben zur maximalen Länge von Arbeitsabschnitten der Fertigungsstreifen, vor allem bei größeren Überschneidungen,
- l) Anforderungen an die maximale Stückgröße der zu verarbeitenden Ausbaustoffgranulate, ggf. ist Nachbrechen erforderlich,
- m) Anforderungen an die im Rahmen der Eignungsprüfung zu erzielende 28-Tage-Spaltzugfestigkeit (steht in Zusammenhang mit der Dimensionierung),
- n) Anforderungen an das Einbaugerät und den Einbau von KRC-Gemischen, die mit Geräten mit Fräsrotor und ohne Einbaubohle hergestellt werden können,
- o) KRC-Gemische, die in Mischanlagen hergestellt werden, sind ausschließlich mit Fertiger einzubauen,
- p) Versiegelungen der hergestellten KRC-Schichten dienen dem Verdunstungsschutz und damit der Festigkeitsbildung der hydraulischen Bindemittel und sind arbeitstäglich herzustellen. Sie dürfen nicht befahren werden, denn sie sollen gleichzeitig den Verbund zur Asphaltüberbauung sicherstellen,
- q) Überbauungen mit Asphalt sollen so früh als möglich erfolgen, nicht jedoch vor Erreichen einer Tragfähigkeit von  $E_{\text{dyn}} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ ,
- r) Es ist zu prüfen, den Ersatz der vorgesehenen KRC-Schicht durch andere Konstruktionsschichten über Nebenangebote auszuschließen.

#### 4.2 Mustertexte für Positionen des Leistungsverzeichnisses

Weil für die zur Herstellung einer Kaltrecyclingtragschicht auszuführenden Leistungen noch keine Texte im Standardleistungskatalog zur Verfügung stehen, ist bei der Erstellung des Leistungsverzeichnisses die Formulierung von Freitexten erforderlich.

Da die zu erbringenden Leistungen für die Bauverfahren „KRC in situ“ und „KRC in plant“ abweichen, werden getrennt für jedes Verfahren die notwendigen Leistungen beschrieben. Die Leistung „Baustelle einrichten und räumen“ wird dabei nicht berücksichtigt, weil die Arbeiten, die mit der Herstellung der Kaltrecyclingschicht in Verbindung stehen, stets eine Teilleistung darstellen, die in die Gesamtleistung integriert ist und somit in der Standardposition für das Bauvorhaben insgesamt enthalten ist.

Die nachfolgend angeführten Texte stellen Empfehlungen dar, die das gewünschte Ergebnis und die Qualität der Ausführung sichern sollen. Beispielsweise wird empfohlen, insbesondere wenn der Befestigungsaufbau durch eine freie Bemessung erfolgte, seitens des Auftraggebers eine Anforderung für die 28-Tage-Spaltzugfestigkeit vorzugeben. Diese muss innerhalb der Werte gemäß M KRC, Abschnitt 7, Tabelle 1, Spalte 2 liegen. Aus den angegebenen Positionen sind die für das jeweilige Vorhaben zutreffenden Texte auszuwählen. Kursiv gedruckte Angaben sind Vorschläge zur Auswahl durch den Ausschreibenden.

## 4.2.1 Bauverfahren KRC in situ

Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Leistung
S 1	1/n	Stck.	<p><b>Erstellung Eignungsprüfung</b></p> <p>Erstellung Eignungsprüfung gemäß Merkblatt für Kaltrecycling in situ im Straßenoberbau M KRC , Abschnitt 8.1 mit Anforderungen an das Kaltrecyclinggemisch entsprechend Abschnitt 7, Tabelle 1. KRC-Gemisch <i>bitumendominant/hydraulisch dominant, Spaltzugfestigkeit nach 28 Tagen <math>\geq 1,10 \text{ N/mm}^2</math>.</i></p> <p>Entnahme der Materialien für die Eignungsprüfung durch Probefräsungen bis zur vorgesehenen Bearbeitungstiefe, <i>bei ungebundenen Befestigungen ggf. durch Schürfungen.</i></p> <p>In der Eignungsprüfung sind Festlegungen zu Art und Menge der zuzugebenden Bindemittel, wie z. B. <i>Bitumenemulsion/Schaumbitumen und/oder Zement/Recyclingbinder, Wasser und/oder Ergänzungsstoffen, wie z. B. Gesteinskörnung oder Fräsgranulat (pech- oder teerhaltig)</i> sowie zur Notwendigkeit des Nachbrechens des Ausbaustoffgranulates zu treffen.</p>
S 2	n	m <sup>2</sup>	<p><b>Auflockern der Befestigung</b></p> <p>Vorhandene Befestigung, bestehend aus Asphalt <i>und ungebundenen mineralischen Baustoffen</i> bis .....cm tief mittels Fräse auflockern.</p>
S 3	n	t	<p><b>Zugabe Ergänzungsmaterial</b></p> <p><i>Mineralisches Ergänzungsmaterial/Ausbaustoffgranulat (pech-/teerhaltig)</i> gemäß Eignungsprüfung zugeben und verteilen.</p>
S 4	n	m <sup>2</sup>	<p><b>Nachbrechen Ausbaustoffgranulat</b></p> <p>Vorgelöstes Granulat <i>und Ergänzungsmaterial</i> mittels mobiler Brechvorrichtung bis .....cm tief auf eine maximale Stück-/Korngröße von 56 mm nachbrechen.</p>
S 5 a	n	m <sup>2</sup>	<p><b>Kaltrecyclingschicht herstellen (Zwangsmischverfahren)</b></p> <p>Vorgelöstes <i>und nachgebrochenes</i> Ausbaustoffgranulat 0/45 profilieren und verdichten. Profiliertes Material mittels Recycler <i>mit Schaumbitumenanlage</i> in einem Ar-</p>



beitsgang aufnehmen, dem Doppelwellenzwangsmischer zuführen, dort

*Bitumenemulsion* in einer Menge von .....GT  
(Kalk.-bindemittelzugabe gemäß Voruntersuchung),  
*Schaumbitumen* in einer Menge von .....GT  
(Kalk.-bindemittelzugabe gemäß Voruntersuchung),  
Hydraulisches Bindemittel in einer Menge von .....GT  
(Kalk.-bindemittelzugabe gemäß Voruntersuchung),  
Wasser in einer Menge von .....GT  
(Kalk.-wasserzugabe gemäß Voruntersuchung),

zugeben und einmischen. KRC-Gemisch verteilen, mit angebauter Einbaubohle profilieren, einbauen und mit Walzen verdichten. Dicke der verdichteten KRC-Schicht ..... cm. Die Anforderungen an die Schicht gemäß M KRC, Abschnitt 7, Tabelle 2, sind zu erfüllen. Die Lieferung und Zugabe von Wasser ist in den Einheitspreis einzurechnen, alle anderen Stoffe werden gesondert vergütet.

S 5 b    n            m<sup>2</sup>

#### **Kaltrecyclingschicht herstellen (Fräsrotormischverfahren)**

Vorgelöstes *und nachgebrochenes* Ausbaustoffgranulat 0/45 profilieren und verdichten. In profiliertes Material mittels Fräsrecycler *mit Schaumbitumenanlage*

*Bitumenemulsion* in einer Menge von .....GT  
(Kalk.-bindemittelzugabe gemäß Voruntersuchung),  
*Schaumbitumen* in einer Menge von .....GT  
(Kalk.-bindemittelzugabe gemäß Voruntersuchung),  
Hydraulisches Bindemittel in einer Menge von .....GT  
(Kalk.-bindemittelzugabe gemäß Voruntersuchung),  
Wasser in einer Menge von .....GT  
(Kalk.-wasserzugabe gemäß Voruntersuchung),

zugeben und einarbeiten. KRC-Gemisch mittels Grader verteilen, profilieren und einbauen sowie mit Walzen verdichten. Dicke der verdichteten KRC-Schicht ..... cm. Die Anforderungen an die Schicht gemäß M KRC, Abschnitt 7, Tabelle 2, sind zu erfüllen. Die Lieferung und Zugabe von Wasser ist in den Einheitspreis einzurechnen, alle anderen Stoffe werden gesondert vergütet.

---

S 6	<i>n</i>	<i>t</i>	<p><b>Bitumenemulsion liefern</b></p> <p>Bitumenemulsion gemäß Eignungsprüfung liefern. Der Gesamtverbrauch ist über Lieferscheine nachzuweisen.</p>
S 7	<i>n</i>	<i>t</i>	<p><b>Straßenbaubitumen liefern</b></p> <p>Straßenbaubitumen gemäß Eignungsprüfung zur Herstellung von Schaumbitumen liefern. Der Gesamtverbrauch ist über Lieferscheine nachzuweisen.</p>
S 8	<i>n</i>	<i>t</i>	<p><b>Hydraulisches Bindemittel liefern</b></p> <p>Hydraulisches Bindemittel gemäß Eignungsprüfung liefern. Der Gesamtverbrauch ist über Lieferscheine nachzuweisen.</p>
S 9	<i>n</i>	<i>t</i>	<p><b>Mineralische Ergänzungstoffe liefern</b></p> <p>Mineralische Ergänzungstoffe (Gesteinskörnung .....) gemäß Eignungsprüfung liefern. Der Gesamtverbrauch ist über Lieferscheine nachzuweisen.</p>
S 10	<i>n</i>	<i>t</i>	<p><b>Sonstige Ergänzungstoffe liefern</b></p> <p>Sonstige Ergänzungstoffe gemäß Eignungsprüfung liefern. Der Gesamtverbrauch ist über Lieferscheine nachzuweisen.</p>
S 11	<i>n</i>	<i>t</i>	<p><b>Schutzschicht herstellen</b></p> <p>Arbeitstäglich nach Abschluss der Arbeiten fertiggestellte KRC-Schicht mit 1,0 kg/m<sup>2</sup> unstabiler Bitumenemulsion C67B4-OB versiegeln und mit 8,0 kg/m<sup>2</sup> Gesteinskörnung 2/5 abstreuen. Die Gesamtverbrauchsmengen sind über Lieferscheine nachzuweisen.</p>

#### 4.2.2 Bauverfahren KRC in plant

Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Leistung
P 1	<i>1/n</i>	Stck.	<p><b>Erstellung Eignungsprüfung</b></p> <p>Erstellung Eignungsprüfung gemäß Merkblatt für die Verwertung von pechhaltigen Straßenausbaustoffen und von Asphaltgranulat in bitumengebundenen Tragschichten durch Kaltaufbereitung in Mischanlagen M VB-K, Abschnitt 9.1 mit Anforderungen an das Kaltrecyclinggemisch entsprechend Abschnitt 8, Tabelle 1.</p>

KRC-Gemisch *bitumendominant/hydraulisch dominant*, Spaltzugfestigkeit nach 28 Tagen  $\geq 1,10 \text{ N/mm}^2$ .

Entnahme der Materialien für die Eignungsprüfung *aus der zu erneuernden Befestigung durch Probefräsungen bis zur vorgesehenen Bearbeitungstiefe, bei ungebundenen Befestigungen ggf. durch Schürfungen/vom Zwischenlager am Mischplatz*

In der Eignungsprüfung sind Festlegungen zu Art und Menge der zuzugebenden Bindemittel, wie z. B. *Bitumenemulsion/Schaumbitumen und/oder Zement/Recyclingbinder, Wasser und/oder Ergänzungsstoffen, wie z. B. Gesteinskörnung oder Fräsgranulat (pech- oder teerhaltig)* sowie zur Notwendigkeit des Nachbrechens des Ausbaustoffgranulates zu treffen.

P 2            n            t

### **Fräsen der Befestigung**

Vorhandene Befestigung, bestehend aus Asphalt *und ungebundenen mineralischen Baustoffen* bis .....cm tief mittels Fräse auflockern, Fräsgranulat laden und zu Zwischenlagerplatz transportieren.

P 3            n            t

### **Zugabe Ergänzungsmaterial**

*Mineralisches Ergänzungsmaterial/Ausbaustoffgranulat (pech-/teerhaltig)* gemäß Eignungsprüfung zugeben.

P 4            n            t

### **Nachbrechen Ausbaustoffgranulat**

Ausbaustoffgranulat *und Ergänzungsmaterial* mittels mobiler Brechvorrichtung auf eine maximale Stück-/Korngröße von maximal 45 mm nachbrechen.

P 5            n            t

### **Kaltrecycling-Gemisch herstellen**

Aus *nachgebrochenem* Ausbaustoffgranulat 0/32 mittels mobiler oder stationären Mischanlage mit Zwangsmischer *und mit Schaumbitumenanlage* unter Zugabe von

*Bitumenemulsion* in einer Menge von .....GT (Kalk.-bindemittelzugabe gemäß Voruntersuchung),  
*Schaumbitumen* in einer Menge von .....GT (Kalk.-bindemittelzugabe gemäß Voruntersuchung),  
 Hydraulisches Bindemittel in einer Menge von .....GT (Kalk.-bindemittelzugabe gemäß Voruntersuchung),  
 Wasser in einer Menge von .....GT (Kalk.-wasserzugabe gemäß Voruntersuchung),

---

			<p>KRC-Gemisch herstellen und auf Transportfahrzeug verladen. Die Lieferung und Zugabe von Wasser ist in den Einheitspreis einzurechnen, alle anderen Stoffe werden gesondert vergütet.</p>
P 6	<i>n</i>	<i>t</i>	<p><b>Bitumenemulsion liefern</b></p> <p>Bitumenemulsion gemäß Eignungsprüfung liefern. Der Gesamtverbrauch ist über Lieferscheine nachzuweisen.</p>
P 7	<i>n</i>	<i>t</i>	<p><b>Straßenbaubitumen liefern</b></p> <p>Straßenbaubitumen gemäß Eignungsprüfung zur Herstellung von Schaumbitumen liefern. Der Gesamtverbrauch ist über Lieferscheine nachzuweisen.</p>
P 8	<i>n</i>	<i>t</i>	<p><b>Hydraulisches Bindemittel liefern</b></p> <p>Hydraulisches Bindemittel gemäß Eignungsprüfung liefern. Der Gesamtverbrauch ist über Lieferscheine nachzuweisen.</p>
P 9	<i>n</i>	<i>t</i>	<p><b>Mineralische Ergänzungstoffe liefern</b> Mineralische Ergänzungsstoffe (<i>Gesteinskörnung .....</i>) gemäß Eignungsprüfung liefern. Der Gesamtverbrauch ist über Lieferscheine nachzuweisen.</p>
P 10	<i>n</i>	<i>t</i>	<p><b>Sonstige Ergänzungsstoffe liefern</b></p> <p>Sonstige Ergänzungsstoffe gemäß Eignungsprüfung liefern. Der Gesamtverbrauch ist über Lieferscheine nachzuweisen.</p>
P 11	<i>n</i>	<i>t</i>	<p><b>KRC-Gemisch transportieren</b></p> <p>KRC-Gemisch mit abgedeckten Lkw von der Mischanlage zum Einbauort transportieren und in Einbaugerät übergeben.</p>
P 12	<i>n</i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<p><b>Kaltrecycling-Schicht herstellen</b></p> <p>KRC-Gemisch mittels <i>Fertiger/Grader</i> verteilen, profilieren und einbauen sowie mit Walzen verdichten. Dicke der verdichteten KRC-Schicht ..... cm. Die Anforderungen an die Schicht gemäß M VB-K, Abschnitt 8, Tabelle 2, sind zu erfüllen.</p>

P 13

n t

**Schutzschicht herstellen**

Arbeitstäglich nach Abschluss der Arbeiten fertiggestellte KRC-Schicht mit  $1,0 \text{ kg/m}^2$  unstabiler Bitumenemulsion C67B4-OB versiegeln und mit  $8,0 \text{ kg/m}^2$  Gesteinskörnung 2/5 abstreuen. Die Gesamtverbrauchsmengen sind über Lieferscheine nachzuweisen.

**5 EIGNUNGSPRÜFUNG****5.1 Allgemeines**

Die Eignungsprüfungen für KRC-Gemische sind für das Baumischverfahren gemäß [1], Abschnitt 8.1 bzw. für das Zentralmischverfahren entsprechend [2], Abschnitt 9.1 durchzuführen.

**5.2 Probenahmen**

Die Eignungsprüfung kann nur dann den praktischen Gegebenheiten entsprechende Ergebnisse liefern, wenn die Probenahme der zu recycelnden Materialien praxisnah durchgeführt wird. Das bedeutet, dass Proben, die aus der bestehenden Befestigung zu gewinnen sind, ausschließlich mittels Probefräsung entnommen werden müssen sind. Dies gilt in jedem Fall für Eignungsprüfungen für das Baumischverfahren, aber auch für Eignungsprüfungen für das Zentralmischverfahren, sofern Ausbau und Aufhaldung am Mischplatz noch nicht erfolgt sind.

Die Probefräsungen sind zur Minimierung des Aufwandes hinsichtlich Gerätekosten und Verschluss der Probenahmestellen mit Fräsen durchzuführen, die über eine Arbeitsbreite von 500 mm verfügen. Die Frästiefe muss der bei der Bauausführung vorgesehenen Bearbeitungstiefe (maximal 22 cm) entsprechen. Beim Fräsen sind sowohl die gebundenen als auch die ungebundenen Anteile der Befestigung zu berücksichtigen. Die Probefräsung ist in 1,5 m bis 2,0 m Länge auszuführen (s. Anlage 1 Bilder 6 bis 8). Das benötigte Mischgranulat ist mittels Schaufel etwa in der Mitte der Frässtelle auf gesamter Breite und Tiefe der Fräsung zu entnehmen.

Die Festlegung der Frässtellen erfolgt auf der Grundlage der Voruntersuchungen (s. Abschnitt 2.1.5). In gleichartig aufgebauten Bereichen (s. Abschnitt 2.1.7) empfiehlt sich die Anlage von Frässtellen wechselseitig im Abstand von 500 m (Abstand auf jeder Fahrbahnseite 1.000 m). Mindestens jedoch ist auf jeder Fahrbahnseite eine Probefräsung durchzuführen. Die Gesamtmasse des für die Durchführung einer Eignungsprüfung benötigten Mischgranulates beträgt 150 kg.

Werden Proben von bereits im Vorfeld angelegten Halden entnommen, so ist nach den Festlegungen von DIN EN 932-1 [12] vorzugehen. Die Gesamtprobenmenge sollte auch in diesem Fall 150 kg betragen. Die Probenahme ist möglichst erst nach einem ggf. vorgesehenen Nachbrechen der Ausbaustoffe durchzuführen. Ist dies nicht möglich, so ist das Nachbrechen mit geeigneten Laborbrechern (Prallmühlen) vorzunehmen. Dies muss vor Beginn der weiteren Untersuchungen erfolgen.

### 5.3 Tragfähigkeitsmessungen

Sofern durch Probefräsung und Materialentnahme gemäß Abschnitt 5.2 Teile der ungebundenen Tragschichten freigelegt werden, empfiehlt es sich, auf dieser Ebene, die später die Unterlage der KRC-Schicht bildet, Tragfähigkeitsmessungen mittels Plattendruckversuch oder Leichtem Fallgewichtsgesetz (s. Anlage 1 Bild 8) durchzuführen. Dies dient neben der Bestätigung der Messergebnisse der Bestanderfassung (vgl. Abschnitt 2.1.6), die möglicherweise bereits längere Zeit zurück liegt, gegebenenfalls als Grundlage für Überlegungen zur Abschätzung der erforderlichen Bindemittelzugaben zur Herstellung des KRC-Gemisches oder aber auch eventuell - bei größeren Abweichungen - einer erneuten Bemessungsberechnung.

### 5.4 Laboruntersuchungen am Mischgranulat

Am Mischgranulat sind die in Tabelle 5.4.1 dargestellten Untersuchungen vorzunehmen.

<b>Laboruntersuchungen an Mischgranulat</b>		
<b>Untersuchung</b>	<b>Verfahren</b>	<b>Zielstellung</b>
Stückgrößenverteilung	Nasssiebung <sup>1)</sup>	Bewertung Stückgrößenverteilung, ggf. Festlegung Zugabe Ergänzungs-körnung oder Nachbrechen
Bindemittelgehalt (Bitumen)	Extraktion <sup>2)</sup>	Festlegung Zugabe bitumenhaltiges und hydraulisches Bindemittel
Korngrößenverteilung	Siebung nach Extraktion <sup>3)</sup>	Bewertung Korngrößenverteilung, ggf. Festlegung Zugabe Ergänzungs-körnung, ggf. Nachbrechen
Bestimmung Wasseranspruch	Verdichtungsversuch <sup>4)</sup>	Festlegung Wasserzugabe <sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> gemäß DIN 52098 [13]                      <sup>2)</sup> gemäß TP Asphalt-StB Teil 1 [14]                      <sup>3)</sup> gemäß TP Asphalt-StB Teil 2 [14]

<sup>4)</sup> Serie von Teilversuchen an Mischgranulat nach Zugabe von 2,0 Gew.-% hydraulischem Bindemittel mit unterschiedlichen Wassergehalten in Anlehnung an DIN EN 13286-2 [15], jedoch mit statischer Verdichtung gemäß M VB-K Anhang 2 [2] (siehe Anlage 1 Bild 9)

<sup>5)</sup> unter Berücksichtigung Wasser- und Bindemittelanteil der Bitumenemulsion

**Tabelle 5.4.1 Im Rahmen der Eignungsprüfung erforderliche Untersuchungen am Mischgranulat**

### 5.5 Bindemittelauswahl

Als Bindemittel zur Herstellung von KRC-Gemischen stehen zur Verfügung:

#### a) Bitumenhaltige Bindemittel

- Bitumenemulsion des Typs C60B1-BEM gemäß [10],
- Schaumbitumen, hergestellt aus Bitumen gemäß [16], vorzugsweise aus Straßenbaubitumen 70/100 (Angaben zur Herstellung siehe [1], Anhänge 4 und 8),

**b) Hydraulische Bindemittel**

- Zement gemäß [17],
- Tragschichtbinder gemäß [18].

Je ein Bindemittel der Gruppen a) und b) werden im Allgemeinen in Kombination eingesetzt. Damit sollen die Vorteile der bitumenhaltigen Bindemittel bezüglich Flexibilität, Dehnfähigkeit und Rissicherheit mit denen der hydraulischen Bindemittel hinsichtlich Steifigkeit und Verformungswiderstand verbunden werden.

Bitumenemulsionen müssen mit dem zur Verwendung vorgesehenen hydraulischem Bindemittel verträglich sein, d. h., es darf beim Kontakt beider Komponenten nicht sofort zum Brechen der Emulsion kommen. Diese Bindemittelverträglichkeit ist gemäß [1], Anhang 3 zu prüfen.

Sofern nicht umhüllte Gesteine - z. B. aus ungebundenen Tragschichten - zu verarbeiten sind, muss auch die Verträglichkeit zu diesen Baustoffen gegeben sein. Beim Mischen dieser Gesteine mit der Bitumenemulsion darf der Brechvorgang erst nach etwa einer Stunde eintreten.

Zur Herstellung von Schaumbitumen, die auf der Baustelle oder an der Mischanlage unmittelbar vor dem Einmischen in das Mischgranulat erfolgt, müssen die Einbaugeräte, bzw. die Mischanlage, über besondere Vorrichtungen zum Aufschäumen des heißen Bitumens verfügen.

Bei in der kühlen Jahreszeit auszuführenden Bauvorhaben oder bei nur kurzen zur Verfügung stehenden Bauzeiten kann die Verwendung von schnell erhärtenden hydraulischen Bindemitteln, beispielsweise CEM I 32,5 R, vorteilhaft sein.

Art und Typ der zu verwendenden Bindemittel können vom Ausschreibenden vorgegeben werden. Die Auswahl des konkreten Bindemittels und des Herstellers bzw. Lieferanten bleibt dem Auftraggeber vorbehalten, der jedoch die Eignung der gewählten Bindemittel in der objektbezogenen Eignungsprüfung nachzuweisen hat.

**5.6 Varianten Probemischungen**

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse gemäß Abschnitt 5.4 oder gegebenenfalls unter Berücksichtigung von auf Voruntersuchungen beruhenden Vorgaben im Leistungsverzeichnis zu Bindemittelzugabemengen sind zumindest drei verschiedene Kombinationen von Bindemittelzugaben - bezogen auf trockenes Mischgranulat inklusive mineralischer Ergänzungsmaterialien - zu wählen und entsprechende Probemischungen herzustellen. Im Musterformblatt in [1], Anhang 9, sind vier Variationsmöglichkeiten vorgesehen. Sind im Leistungsverzeichnis keine Richtwerte für Bindemittelzugaben vorgegeben, empfiehlt es sich, diese unter Beachtung der Hinweise in [1], Abschnitt 8.1.3 festzulegen. Bewährt hat sich die Verfahrensweise, die Bindemittelzugaben - wie nachfolgend schematisch dargestellt - gegenläufig zu wählen.

Bindemittel	Zugabemengen in Gewichtsteilen		
	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Bitumenhaltiges	$x - a$	$x$	$x + a$
Hydraulisches	$y + b$	$y$	$y - b$

Dabei gelten:  $x, y \geq 2$  und  $1 \leq a \leq 2$  sowie  $1 \leq b \leq 2$  [1]

Dabei ist zu beachten, dass durch die Bindemittelzugaben unter Berücksichtigung des Bindemittelgehaltes des Mischgranulates der gewünschte Gemischttyp - „bitumendominant“ oder „hydraulisch dominant“ - erreicht wird.

Bei der Festlegung der Wasserzugaben für jede Variante sind neben der Eigenfeuchtigkeit des Mischgranulates der Wasseranteil der Bitumenemulsion und zur Hälfte deren Bitumenanteil zu berücksichtigen [1].

Die Massen der Probemischungen sind so festzulegen, dass eine ausreichende Anzahl von Probekörpern hergestellt werden kann. Je Probekörper werden ca. 5,5 kg Kaltrecyclingmischgut benötigt. Die Anzahl der erforderlichen Probekörper liegt zwischen 2 und 5 und ist auf der Grundlage der konkreten Anforderungen wie folgt zu ermitteln.

Anforderungen:

7-T.-Festigkeit:	2 Probekörper 11,0 kg Gemisch
7-T.-Festigkeit und Eluatunters. (PAK und Phenolindex)	3 Probekörper 16,5 kg Gemisch
7-T.- und 28-T.-Festigkeit:	4 Probekörper 22,0 kg Gemisch
7-T.- und 28-T.-Festigk. u. Eluatunters. (PAK und Phenolindex)	5 Probekörper 27,5 kg Gemisch

Zur Bestimmung der Festigkeit ist die Spaltzugprüfung anzuwenden (s. Anlage 1 Bilder 10 und 11). Die Prüfung erfolgt bei einer Prüftemperatur von + 5°C.

Bei den Probemischungen ist zu beachten, dass nur eine solche Menge KRC-Mischgut herzustellen ist, die unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Formen und Verdichtungseinrichtungen innerhalb einer Stunde verarbeitet werden kann.

### 5.7 Auswahl der Vorzugsvariante

Nach Vorliegen aller erforderlichen Untersuchungsergebnisse für jede Variante ist zu prüfen, welches Gemisch die Anforderungen der zutreffenden Regelwerke, z. B. M KRC oder M VB-K und ggf. RuVA-StB oder länderspezifische Regelung bzw. eine spezielle Anforderung des Bauvertrages, beispielsweise eine aus Bemessungsgründen geforderte Spaltzugfestigkeit innerhalb der Spannen von [1,2], mit geringstem wirtschaftlichem Aufwand erfüllt. Geringster wirtschaftlicher Aufwand bedeutet dabei in aller Regel: Mit nied-



rigster Zugabemenge an bitumenhaltigem Bindemittel. Allerdings ist bei derartiger Betrachtungsweise auch die Einhaltung der Anforderung des angestrebten Gemischtyps zu berücksichtigen. Dies geschieht für den bitumendominanten Typ insbesondere durch die Einhaltung des oberen Grenzwertes für die Spaltzugfestigkeit im Vorschriftenwerk. Die Vorzugsvariante kann jedoch in bestimmten Fällen auch durch Inter- oder Extrapolation ermittelt werden. Dies empfiehlt sich, wenn z. B. Vorgaben hinsichtlich der Spaltzugfestigkeit nicht erreicht oder Grenzwerte unter- oder überschritten worden sind.

## 5.8 Misanweisung

Im Endergebnis einer Eignungsprüfung ist für die ausgewählte Vorzugsvariante eine objektbezogene Misanweisung zu erstellen. Diese unterscheidet sich für die beiden Verfahren „KRC in situ“ und „KRC in plant“. In den folgenden Abschnitten sind die Eingangswerte für die Berechnungen sowie die Zugabemengen für Bindemittel und Wasser für beide Verfahren dargestellt.

### 5.8.1 Misanweisung für KRC in situ

Zur Berechnung der Baustoff- und Zugabemengen in  $\text{kg/m}^2$  sind folgende Eingangswerte erforderlich, die der ausgewählten Vorzugsvariante der Eignungsprüfung zu entnehmen sind:

- |   |   |                 |
|---|---|-----------------|
| - | Mittlere Trockenraumdichte der Probekörper in         | $\text{g/cm}^3$ |
| - | Dicke der herzustellenden verdichteten KRC-Schicht in | cm              |
| - | Zugabemenge hydraulisches Bindemittel in              | Gew.-T.         |
| - | Zugabemenge bitumenhaltiges Bindemittel in            | Gew.-T.         |
| - | Zugabemenge Wasser in                                 | Gew.-T.         |

Mit Hilfe dieser Eingangswerte können die Zugabemengen für Bindemittel und Wasser in  $\text{kg/m}^2$  berechnet werden.

In Tabelle 5.8.1.1 (siehe Seite 31) ist beispielhaft eine derartige Mischungsberechnung dargestellt.

Mischungsberechnung KRC in situ			
Zeile	Eingangswerte	Dimension	Wert
1	Trockenraumdichte KRC-Probekörper (Mittelwert)	[g/cm <sup>3</sup> ]	2,075
2	Dicke der verdichteten KRC-Schicht	[cm]	20
3	Zugabe hydraulisches Bindemittel	[Gew.-T.]	4,0
4	Zugabe bitumenhaltiges Bindemittel	[Gew.-T.]	3,0
5	Zugabe Wasser	[Gew.-T.]	2,9
<b>Berechnete Werte</b>			
6	Trockenmasse KRC-Schicht	[kg/m <sup>2</sup> ]	415,0
7	Trockenmasse Mischgranulat	[kg/m <sup>2</sup> ]	392,2
8	Zugabe hydraulisches Bindemittel	[kg/m <sup>2</sup> ]	15,7
9	Zugabe bitumenhaltiges Bindemittel (Emulsion)	[kg/m <sup>2</sup> ]	11,8
10	Zugabe Wasser <sup>1)</sup>	[kg/m <sup>2</sup> ]	11,4 <sup>1)</sup>
11	Feuchtmasse	[kg/m <sup>2</sup> ]	431,1
12	Wasser gesamt	[kg/m <sup>2</sup> ]	16,1
13	Trockenmasse	[kg/m <sup>2</sup> ]	415,0
14	<b>Kontrollsumme (Zeile 6 - Zeile 13)</b>		<b>0,0</b>

<sup>1)</sup> Von dieser Zugabemenge ist die aktuelle Eigenfeuchtigkeit des Mischgranulates vor der Bearbeitung abzuziehen.

**Tabelle 5.8.1.1 Mischungsberechnung Eignungsprüfung KRC in situ**

Auf der Grundlage der berechneten Ergebnisse könnte in der Eignungsprüfung die Mischanweisung wie folgt formuliert werden.

Beispiel für Mischanweisung siehe Seite 32.

## Mischanweisung

Im Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen wird folgende Baustoffkombination zur Ausführung vorgeschlagen.

Mischgranulat 0/45 i. M. 19 cm aufgefärd			
Asphalt/Schotter (Trockenmasse)			
19 x 20,64 kg/cm <sup>2</sup>	392,2 kg/m <sup>2</sup>	=	100,0 %

Mischgranulat (Trockenmasse)	392,2 kg/m <sup>2</sup>	=	100,0 %
------------------------------	-------------------------	---	---------

Hydraulisches Bindemittel Zement CEM I 32,5 R (Hersteller/Lieferant)	15,7 kg/m <sup>2</sup>	=	4,0 % <sup>1)</sup>
---	------------------------	---	---------------------

Bitumenemulsion C60B1-BEM (Hersteller/Lieferant)	11,8 kg/m <sup>2</sup>	=	3,0 % <sup>1)</sup>
---	------------------------	---	---------------------

Wasser <sup>2)</sup>	11,4 kg/m <sup>2</sup>	=	2,9 % <sup>1)</sup>
----------------------	------------------------	---	---------------------

Feuchtmasse	431,1 kg/m <sup>2</sup>
Wasseranteil	16,1 kg/m <sup>2</sup>
Trockenmasse	415,0 kg/m <sup>2</sup>

<sup>1)</sup> bezogen auf Trockenmasse Mischgranulat (= Gewichtsteile)

<sup>2)</sup> Die aktuellen Wasseranteile des Mischgranulates sind von dieser Zugabemenge abzuziehen

Mit der angegebenen Materialzusammensetzung kann eine 20 cm dicke Kaltrecycling-tragschicht mit einer Trockenraumdichte von 2,075 kg/dm<sup>3</sup> hergestellt werden.

### 5.8.2 Mischanweisung für KRC in plant

Zur Berechnung der Baustoff- und Zugabemengen in kg/t sind folgende Eingangswerte erforderlich, die der ausgewählten Vorzugsvariante der Eignungsprüfung zu entnehmen sind:

- Zugabemenge hydraulisches Bindemittel in Gew.-T.
- Zugabemenge bitumenhaltiges Bindemittel in Gew.-T.
- Zugabemenge Wasser in Gew.-T.

Mit Hilfe dieser Eingangswerte können die Zugabemengen für Bindemittel und Wasser in **kg/t** berechnet werden.

In Tabelle 5.8.2.1 ist beispielhaft eine derartige Mischungsberechnung dargestellt.

Tabelle 5.8.2.1 siehe Seite 33.

Mischungsberechnung KRC in plant				
Zeile	Eingangswerte	Dimension	Wert	[%]
1	Zugabe hydraulisches Bindemittel	[Gew.-T.]	4,0	
2	Zugabe bitumenhaltiges Bindemittel	[Gew.-T.]	3,0	
3	Zugabe Wasser	[Gew.-T.]	2,9	
	<b>Berechnete Werte</b>			
4	Trockenmasse Mischgranulat	[kg]	909,9	91,0
5	Zugabe hydraulisches Bindemittel	[kg]	36,4	3,6
6	Zugabe bitumenhaltiges Bindemittel (Emulsion)	[kg]	27,3	2,7
7	Zugabe Wasser <sup>1)</sup>	[kg]	26,4 <sup>1)</sup>	2,6
8	Feuchtmasse	[kg]	1.000,0	100,0
9	Wasser gesamt	[kg]	37,3	
10	Trockenmasse	[kg]	962,7	
11	<b>Kontrollsumme</b> (Zeile 8 - Zeile 9 - Zeile 10)		<b>0,0</b>	

<sup>1)</sup> Von dieser Zugabemenge ist die aktuelle Eigenfeuchtigkeit des Mischgranulates vor der Bearbeitung abzuziehen.

**Tabelle 5.8.2.1 Mischungsberechnung Eignungsprüfung KRC in plant**

Auf der Grundlage der berechneten Ergebnisse könnte in der Eignungsprüfung die Mischanweisung wie folgt formuliert werden.

Mischanweisung

Zur Herstellung 1 t Kaltrecyclingmischgut sind folgende Baustoffmengen erforderlich.

Mischgranulat (Trockenmasse) 909,9 kg = 91,0 %

Hydraulisches Bindemittel Zement CEM I 32,5 R  
(Hersteller/Lieferant) 36,4 kg = 3,6 %

Bitumenemulsion C60B1-BEM  
(Hersteller/Lieferant) 27,3 kg = 2,7 %

Wasser <sup>1)</sup> 26,4 kg = 2,6 % <sup>1)</sup>

---

Feuchtmasse 1.000,0 kg = 100,0 %  
Wasseranteil 37,3 kg  
Trockenmasse 962,7 kg

<sup>1)</sup> Die aktuellen Wasseranteile des Mischgranulates sind von dieser Zugabemenge abzuziehen, diese Masse ist der zu verarbeitenden Trockenmasse des Mischgranulates hinzuzufügen.

## 6 HERSTELLUNG DER KRC-SCHICHT MITTELS IN-SITU-VERFAHREN

### 6.1 Maschinentechnik

Für die Herstellung von KRC-Schichten im Baumischverfahren stehen Geräte verschiedener Produzenten zur Verfügung. Beispiele für einsetzbare Maschinen sind den Tabellen 2.1.3.1 und 2.1.4.1 zu entnehmen. Von den dort aufgeführten Geräten verfügt lediglich der WR 4200 über einen Doppelwellenzwangsmischer, der die Homogenisierung der zu recycelnden Materialien über die gesamte variable Arbeitsbreite zwischen 2,80 m und 4,20 m sowie eine optimale Verteilung der Bindemittel und des Wassers im Gemisch gewährleistet. Weiterhin verfügt der WR 4200 über eine Mischgutverteilerschnecke und eine Einbaubohle, die einen profilgerechten Mischguteinbau ermöglicht. In den meisten Anwendungsfällen kann mit dem WR 4200 zumindest die halbe Fahrbahnbreite bearbeitet werden, bei bis zu 5,50 m breiten KRC-Schichten unter Verwendung von Anbauteilen für Verteilerschnecke und Einbaubohle sogar die gesamte Breite (s. Anlage 1 Bilder 12 bis 14).

Alle anderen Maschinen (s. Anlage 1 Bilder 16 bis 19) nutzen den Fräsrotor als Mischaggregat und haben eine konstante Arbeitsbreite (s. Tabelle 2.1.4.1). Eine Querverteilung der Materialien erfolgt nicht und der profilgerechte Mischguteinbau muss - außer beim 2200 CR, der über eine Verteilerschnecke und eine Einbaubohle verfügt (s. Anlage 1 Bild 15), - mittels eines zusätzlichen Gerätes (Grader) realisiert werden (s. Anlage 1 Bild 20). Bedingt durch die konstante Arbeitsbreite der Fräsrecycler entstehen im Querschnitt meist mehrere Nahtbereiche sowie z. T. relativ breite Überschneidungen der Fertigungsstreifen.

### 6.2 Mischgutherstellung und -einbau

Die einzelnen Arbeitsgänge, die zur Herstellung und zum Einbau des Kaltrecyclingmischgutes erforderlich sind, können in Abhängigkeit von der Mischungsart - Mischen mit Zwangsmischer oder mit Fräsrotor - Tabelle 6.2.1 entnommen werden.

Tabelle 6.2.1 siehe Seite 35.

Wird als bitumenhaltiges Bindemittel Bitumenemulsion (C60B1-BEM) verwendet, so ist darauf zu achten, dass diese bei der Verarbeitung nicht wärmer als + 30 °C ist. Bei höheren Temperaturen besteht die Gefahr des frühzeitigen Brechens der Emulsion mit der Folge einer deutlichen Verschlechterung der Verdichtungswilligkeit des KRC-Mischgutes und damit auch der reduzierten Festigkeitsentwicklung der Schicht.

Herstellung und Einbau von KRC-Mischgut				
Mischungsart	Zwangsmischer	Fräsrotor	Gerät	Bemerkung
<b>Arbeitsgang</b>				
Auffräsen der Befestigung			Fräse	
Profilieren des Mischgranulates			Grader	
Zugabe von Ergänzungsmaterial			Lkw, Grader	bei Bedarf
Nachbrechen des Mischgranulates			Mobiler Brecher	bei Bedarf
Profilieren des Mischgranulates			Grader	bei Bedarf
Verdichten des Mischgranulates			Walze	
Hydraulisches Bindemittel vorstreuen			Zementstreuer	
Bitumenemulsion zugeben	WR 4200	Fräsrecycler	Tankfahrzeug	
Schaumbitumen zugeben	WR 4200 <sup>1)</sup>	Fräsrecycler <sup>1)</sup>	Tankfahrzeug	bei Bedarf
Wasser zugeben	WR 4200	Fräsrecycler	Tankfahrzeug	
KRC-Mischgut herstellen	WR 4200	Fräsrecycler	--	
KRC-Mischgut verteilen	WR 4200	--	Grader	
KRC-Mischgut profilieren	WR 4200	--	Grader	
KRC-Schicht verdichten			Walzen	
KRC-Schicht versiegeln - Ansprühen			Spritzrampe	
KRC-Schicht versiegeln - Abstreuen			Streiffahrzeug	

<sup>1)</sup> integrierte Schaumbitumenanlage erforderlich

**Tabelle 6.2.1 Herstellung und Einbau von KRC-Mischgut - Arbeitsgänge und erforderliche Maschinen- und Gerätetechnik**

Bei der Herstellung der einzelnen Fertigungsstreifen ist zu beachten, dass jeweils vom bereits gefertigten Streifen etwa 20 cm bei der Bearbeitung des angrenzenden Streifens nochmals mit aufgenommen werden. Bei geometrisch bedingten größeren Überlappungen sind die Fertigungslängen so zu begrenzen, dass der zweite Streifen - einschließlich Profilierung und Verdichtung - spätestens nach einer Stunde fertig gestellt ist. Dies ist erforderlich, weil die hydraulische Erhärtung nach dieser Zeit einsetzt und die Zementsteinbildung nicht gestört werden darf.

Von Bedeutung für die Festigkeitsbildung der hydraulischen Bindemittel ist auch der Schutz der Schicht vor Wasserverlust. Deshalb sind die fertig gestellten Flächen arbeits-tätiglich zu versiegeln. Dies geschieht durch Ansprühen mit unstabiler Bitumenemulsion und anschließendes Abstreuen mit gebrochener Gesteinskörnung (s. Anlage 1 Bild 21). Die Einhaltung der Vorgaben der objektbezogenen Eignungsprüfung ist im Rahmen der Eigenüberwachung (siehe Abschnitt 8) zu prüfen.

## 7 HERSTELLUNG DER KRC-SCHICHT MITTELS IN-PLANT-VERFAHREN

### 7.1 Maschinenteknik

Die Herstellung von KRC-Schichten im in-plant-Verfahren - auch als Zentralmischverfahren bezeichnet - gliedert sich in drei Teilprozesse, die im Gegensatz zum Baumischverfahren nicht am gleichen Ort und zeitlich getrennt ausgeführt werden:

- Aufbereitung des KRC-Mischgutes,
- Transport des KRC-Mischgutes zum Einbauort und
- Einbau des KRC-Mischgutes und Herstellung der KRC-Schicht.

Die für diese Teilbereiche erforderliche Maschinen- und Gerätetechnik ist nachfolgend beschrieben.

## 7.1.1 Mischgutaufbereitung

Da die Zeit zwischen Bindemittel- und Wasserzugabe zum Mischgranulat und Abschluss der Verdichtung des eingebauten KRC-Gemisches wegen des Erstarrungsbeginns des hydraulischen Bindemittels auf etwa eine Stunde begrenzt ist, müssen die Aufbereitungsanlagen im baustellennahen Bereich aufgestellt sein und dort betrieben werden.

Zur Herstellung von KRC-Gemischen können vorhandene stationäre Mischanlagen mit Zwangsmischer, die im Normalbetrieb z. B. HGT-Mischgut herstellen, genutzt werden, sofern sie die Voraussetzung der Baustellennähe erfüllen und über eine zusätzliche Dosier- und Zugabemöglichkeit für bitumenhaltiges Bindemittel verfügen. Die technischen Einrichtungen für die Zugabe von Bitumenemulsion, die aus einem Tanker heraus verarbeitet werden kann, sind mit relativ geringem Aufwand zu schaffen. Wenn Schaumbitumen als bitumenhaltiges Bindemittel eingesetzt werden soll, sind erhebliche Investitionen zur Installation einer Schaumbitumenanlage erforderlich, die sich für einmalige oder seltene Anwendungen nicht rentieren wird.

Um in jedem Fall die Baustellennähe zu gewährleisten, sind in den letzten Jahren mobile Mischanlagen (siehe Tabelle 2.1.3.1) entwickelt worden, die technisch so ausgestattet sind, dass alle denkbaren Anforderungen hinsichtlich Bindemittel- und Wasserzugabe und Dosierung aller Mischgutkomponenten erfüllt werden. Das neueste Modell des Herstellers Wirtgen trägt die Bezeichnung „Mobile Kaltrecycling-Mischanlage KMA 220“. Diese Anlage hat eine Nennleistung von 220 t Kaltmischgut je Stunde. Vorläufer dieser Entwicklung waren die Anlagen KMA 150 (s. Anlage 1 Bilder 23 bis 25) und KMA 200 (s. Anlage 1 Bild 22) mit Stundenleistungen von 150 t bzw. 200 t. Alle diese Anlagen verfügen über einen Zweiwellenzwangsmischer, der als Durchlaufmischer arbeitet und eine kontinuierliche Mischgutproduktion gewährleistet. Sie verfügen bzw. können ausgestattet werden mit Zugabe- und Dosiermöglichkeiten für

- Mischgranulat,
- Ergänzungskörnung (mineralisch),
- Hydraulisches Bindemittel,
- Bitumenemulsion,
- Heißbitumen in Form von Schaumbitumen und
- Wasser.

Hinweise:

Mischanlagen ohne Zwangsmischer dürfen zur Herstellung von KRC-Mischgut nicht eingesetzt werden.

Das hergestellte KRC-Mischgut ist vom Mischer direkt auf die Transportfahrzeuge zu verladen (s. Anlage 1 Bild 25), eine Silolagerung des Baustoffgemisches ist unzulässig.

An den Standorten der stationären Mischanlagen sowie an denen für die mobilen Anlagen müssen ausreichend große Lagerplätze für die ausgebauten und zu recycelnden

Materialien sowie bei Bedarf für mineralisches Ergänzungsmaterial zur Verfügung stehen. Es muss gegebenenfalls auch Raum für eine mobile Brecheranlage zum Nachbrechen des Granulates auf eine Körnung 0/32 vorhanden sein.

Zum Nachbrechen eignen sich am besten transportable Prallmühlen, da diese auch bei Temperaturen > 5°C betrieben werden können. Backenbrecher erzielen nur unterhalb dieser Temperaturgrenze brauchbare Ergebnisse beim Brechen von Asphalten.

Hinweis:

Bei der Auswahl der Standorte für die Anlagen ist zu beachten, dass für die Lagerung kontaminierter - z. B. PAK- und/oder phenolhaltiger - Ausbaustoffe die erforderlichen Genehmigungen der zuständigen Behörden eingeholt werden müssen.

### 7.1.2 Mischguttransport

Das Mischgut ist direkt vom Mischerauslauf bzw. vom Verladeband auf die Transportfahrzeuge zu befördern. Die Ladekapazität der Transportfahrzeuge ist unter Berücksichtigung der Mischanlagenleistung und der benötigten Fahrzeit zum Einbauort so zu wählen, dass an der Einbaustelle mindestens 30 Minuten der insgesamt zur Verfügung stehenden Stunde für Einbau und Verdichtung verbleiben. Das bedeutet, dass bei einer Ladezeit von ca. 10 Minuten die Fahrzeit höchstens 20 Minuten betragen darf. Die Fahrzeuge sind abzudecken, damit Wasserverluste des Gemisches vermieden werden und der erforderliche Einbauwassergehalt gewährleistet ist.

### 7.1.3 Mischguteinbau

Der Einbau der KRC-Gemische erfolgt mit herkömmlichen Straßenfertigern, die in der Lage sind, Material für bis zu 18 cm dicke Schichten profilgerecht zu verteilen und vorzuverdichten.

Ein Einbau mit Grader ist nicht vorgesehen.

Für die Verdichtung sind Walzen mit möglichst hohem Betriebsgewicht und entsprechender Tiefenwirkung einzusetzen.

## 7.2 Mischgutherstellung, -transport und -einbau

Für die Mischgutherstellung sind die in [2], Abschnitt 6, formulierten Festlegungen zu beachten.

Bei der Beschickung der Doseure ist darauf zu achten, dass durch geeignete Siebdeken oberhalb der Beschickungstrichter die Aufgabe von Granulatstücken > 45 mm ausgeschlossen wird. Nur auf diese Weise ist die Einhaltung der geforderten Körnung 0/32 für die Stückgrößenverteilung zu gewährleisten.

Bei der Verarbeitung von Schaumbitumen sind an der Testdüse der Mischanlage, insbesondere zu Arbeitsbeginn, Expansion und Halbwertszeit des Bitumenschaums zu prüfen (siehe dazu [1] Anhang 4).

Wird als bitumenhaltiges Bindemittel Bitumenemulsion (C60B1-BEM) verwendet, so ist darauf zu achten, dass diese bei der Verarbeitung nicht wärmer als + 30 °C ist. Bei höheren Temperaturen besteht die Gefahr des frühzeitigen Brechens der Emulsion mit der



Folge einer deutlichen Verschlechterung der Verdichtungswilligkeit des KRC-Mischgutes und damit auch der reduzierten Festigkeitsentwicklung der Schicht.

Die Einhaltung der Vorgaben der objektbezogenen Eignungsprüfung ist im Rahmen der Eigenüberwachung (siehe Abschnitt 8) zu kontrollieren.

Bei warmer Witterung und/oder starkem Wind ist gegenüber der Angabe in der Eignungsprüfung eine zusätzliche Wasserzugabe von 0,5 % zu empfehlen. Durch dieses Vorhaltemaß soll der zur Verdichtung des KRC-Gemisches auf der Baustelle erforderliche optimale Einbauwassergehalt gewährleistet werden.

Für Transport und Einbau der KRC-Gemische sind die Ausführungen in [2], Abschnitt 7, zu berücksichtigen. Der Einbau ist weiterhin nicht durchzuführen, wenn zwar Tagestemperaturen  $\geq 5$  °C herrschen, aber in der folgenden Nacht mit Bodenfrost zu rechnen ist.

Der Einbau des KRC-Gemisches hat auf ordnungsgemäß profilierter und verdichteter Unterlage mit Straßenfertiger zu erfolgen. Es ist damit zu rechnen, dass zur Erreichung der Solldicke der Schicht vor der Walzverdichtung eine Mehrdicke von 10 % einzubauen ist. Dieses Vorhaltemaß ist dicken- und geräteabhängig und im Einzelfall exakt durch Messungen zu ermitteln. Die Verdichtung muss eine Stunde nach Wasser- und Bindemittelzugabe an der Mischanlage abgeschlossen sein.

Es empfiehlt sich, den Mischguteinbau nach Möglichkeit über die gesamte Fahrbahnbreite - ggf. mit zwei Einbaugeräten - vorzunehmen. Ist dies nicht ausführbar, ist der am Anschluss der zweiten Fertigungsbahn liegende Rand nach ausreichender Erhärtung so weit abzuschneiden, dass keine unzureichend verdichteten Bereiche mehr vorhanden sind. Bei der Überbauung mit Asphalt sind die Nähte gegenüber dieser Fuge zu versetzen.

Die fertig gestellten Flächen sind arbeitstäglich zu versiegeln. Siehe Abschnitt 6.2 sowie [2], Abschnitt 7 sowie Anlage 1 Bild 21.

## **8 EIGENÜBERWACHUNG**

Im Rahmen der Eigenüberwachung der Herstellung von KRC-Gemischen und -Schichten sind die in den Abschnitten 8.1 und 8.2 angeführten Prüfungen durchzuführen. Diese Untersuchungen können vom bauausführenden Unternehmen ganz oder teilweise selbst ausgeführt werden. Sind dazu die personellen und technischen Voraussetzungen nicht gegeben, so ist eine für die erforderlichen Prüfungen geeignete und dafür anerkannte Prüfstelle mit der Durchführung der Eigenüberwachungsprüfungen zu beauftragen. Die Eigenüberwachungsuntersuchungen dienen in erster Linie der Produktionssteuerung und damit der Qualitätssicherung. Die Ergebnisse müssen daher zeitnah vorliegen. Eine enge Zusammenarbeit zwischen den Prüfern und der betrieblichen Bauleitung ist unbedingt erforderlich.

Es empfiehlt sich, für jedes Bauvorhaben einen objektbezogenen Prüfplan zu erstellen und danach zu arbeiten.

### **8.1 Baustellenmischverfahren**

Die für die Herstellung von KRC-Mischgut und KRC-Schichten im Baustellenmischverfahren erforderlichen Eigenüberwachungsprüfungen sowie Angaben zur Prüfdichte sind Tabelle 8.1.1 (siehe Seite 39) zu entnehmen.

KRC in situ - Eigenüberwachung - Prüfprogramm			
Prüfungen	Dimension	Prüfdichte	Bemerkungen
<b>Teil 1 Mischgranulat <sup>1)</sup></b>			
Wassergehalt	[M.-%]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	<sup>2)</sup>
Stückgrößenverteilung			
Durchgang Sieb 45 mm	[M.-%]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	
Durchgang Sieb 32 mm	[M.-%]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	
Durchgang Sieb 2 mm	[M.-%]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	
<b>Teil 2 Bindemittel</b>			
Hydraulisches Bindemittel			
Probenahme 5 kg		1 x	je Lieferfahrzeug
Temperatur bei Anlieferung	[°C]	1 x	je Lieferfahrzeug
Ausstreuemenge	[kg/m <sup>2</sup> ]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Bitumenemulsion			
Probenahme 3 kg		1 x	je Lieferfahrzeug
Temperatur bei Anlieferung	[°C]	1 x	je Lieferfahrzeug
Rührtest gem. M KRC Anhang 3	[ja/nein]	1 x	je Lieferfahrzeug
Straßenbaubitumen für Schaumbitumen			
Probenahme 10 kg		1 x	je Lieferfahrzeug
Temperatur bei Anlieferung	[°C]	1 x	je Lieferfahrzeug
Schaumbitumen			
Expansion	[%]	bei Bedarf <sup>3)</sup>	<sup>4)</sup>
Halbwertzeit	[sec]	bei Bedarf <sup>3)</sup>	<sup>4)</sup>
<b>Teil 3 KRC-Gemisch</b>			
Probenahme aus unverdichteter Schicht 30 kg		1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Wassergehalt	[M.-%]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Herstellung von 4 Probekörpern Ø 150 mm	[Stck.]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Bestimmung Feuchtraumdichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Berechnung Trockenraumdichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Spaltzugfestigkeit nach 7 Tagen (+5 °C)	[N/mm <sup>2</sup> ]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Spaltzugfestigkeit nach 28 Tagen (+5 °C)	[N/mm <sup>2</sup> ]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
<b>Teil 4 Eingebaute Schicht</b>			
Schichtdicke	[cm]	fortlaufend	in jedem Fertigungsstreifen
Verdichtungsgrad mittels Ersatzverfahren <sup>5)</sup>	[%]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Tragfähigkeitsentwicklung mittels LFG <sup>6)</sup>	[MN/m <sup>2</sup> ]	1 x je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
Ebenheit mittels 4 m-Latte und Messkeil	[mm]	1 x je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
Querneigung	[%]	fortlaufend	in jedem Fertigungsstreifen
Versiegelung (visuell)	[ja/nein]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages
<b>Teil 5 Verbrauchsmengen Bindemittel</b>			
Hydraulisches Bindemittel			
Verbrauchsmenge gesamt <sup>7)</sup>	[t]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages
Verbrauchsmenge / m <sup>2</sup>	[kg/m <sup>2</sup> ]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages
Bitumenemulsion			
Verbrauchsmenge gesamt <sup>7)</sup>	[t]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages
Verbrauchsmenge / m <sup>2</sup>	[kg/m <sup>2</sup> ]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages
Straßenbaubitumen für Schaumbitumen			
Verbrauchsmenge gesamt <sup>7)</sup>	[t]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages
Verbrauchsmenge / m <sup>2</sup>	[kg/m <sup>2</sup> ]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages

- 1) ggf. auch getrennt für Ausbaustoffgranulat und Ergänzungskörnung
- 2) mindestens 1x / Tag vor Arbeitsbeginn sowie bei Bedarf, z.B. nach Niederschlag
- 3) zu Arbeitsbeginn, nach Unterbrechungen sowie bei neuen Bitumenlieferungen
- 4) beim Recycler WR 4200 ist die Testdüse so angebracht, dass eine Schaumprüfung messtechnisch nicht möglich ist.
- 5) unter Verwendung der Raumdichten gemäß Teil 3
- 6) an gleichen Messstellen bis  $E_{v,dyn} \geq 80 \text{ MN/m}^2$
- 7) bestimmt aus Lieferscheinangabe und/oder Geräteanzeige

Tabelle 8.1.1 KRC in situ -- Eigenüberwachung -- Prüfungen und Prüfdichten

## Hinweise zu Eigenüberwachungsprüfungen:

- a) Die Wassergehaltsbestimmung am Mischgranulat erfolgt zweckmäßigerweise auf der Baustelle durch Darren. Der ermittelte aktuelle Wasseranteil ist von der Wasserzugabemenge gemäß Eignungsprüfung abzuziehen. Durch Niederschläge können erhebliche Reduzierungen der Wasserzugabe erforderlich werden.
- b) Die Ermittlung der Stückgrößenverteilung mit nur drei Sieben erlaubt die Verwendung von nicht getrocknetem Mischgranulat und liefert ausreichende Informationen über die vertraglich vereinbarten Kenngrößen Sandanteil (Durchgang 2 mm) sowie Größt- und Überkorn.
- c) Die Probenahmen der Bindemittel dienen der Gewinnung von Rückstellproben, die bei ggf. auftretenden Qualitätsmängeln von Bedeutung sein können.
- d) Die Temperaturmessungen der Bindemittel sollen die Verwendung zu heißer Zemente - bei Vorstreuen vor der Gemischherstellung stellt dies kaum eine Gefahr dar - oder zu warmer Bitumenemulsionen verhindern bzw. die Herstellung von Schaumbitumen gewährleisten. Bitumenemulsionen dürfen nur im Temperaturbereich  $< 30\text{ °C}$  verarbeitet werden, während Straßenbaubitumen, das zur Schaumbitumenherstellung verwendet werden soll, Temperaturen  $> 165\text{ °C}$  aufweisen muss.
- e) Zur Messung der Eigenschaften des Schaumbitumens (Expansion und Halbwertzeit) muss das Gerät über eine Testdüse verfügen. Aus dieser Testdüse austretender Bitumenschaum ist mit einem Messeimer aufzufangen. Im Eimer kann dann die Höhe der Schaumbildung gemessen werden (Expansion) und die Zeit, die der Schaum benötigt, um auf die Hälfte seines Volumens zusammenzufallen (Halbwertzeit).

Anmerkung: Beim Kaltrecycler WR 4200 ist die Testdüse derzeit so positioniert, dass eine gefahrlose und sinnvolle Messung nicht durchführbar ist. Die Schaumbildung kann dort visuell nur dadurch geprüft werden, indem der Schaum auf die zu bearbeitende Unterlage gesprüht wird.

- f) Mit einer Teilprobe der entnommenen Bitumenemulsion ist sofort bei Anlieferung ein Rührtest gemäß M KRC, Anhang 3, mit dem zur Verwendung vorgesehenen hydraulischen Bindemittel vorzusehen. Besteht die Emulsion den Rührtest nicht und bricht innerhalb von 5 Minuten, ist die Emulsion nicht zu verarbeiten.
- g) Die Probenahme von KRC-Mischgut erfolgt aus der fertig eingebauten und profilierten Schicht vor der Walzverdichtung.
- h) Die Wassergehaltsbestimmung am KRC-Gemisch erfolgt auf der Baustelle durch Darren. Der ermittelte aktuelle Wasseranteil wird zur Berechnung der Trockenraumdichte der herzustellenden Probekörper benötigt.
- i) Die Probekörper sind aus dem KRC-Mischgut auf der Baustelle entsprechend der Festlegungen im M KRC, Anhang 6, herzustellen (s. Anlage 1 Bild 9). Ein Trans-

port des KRC-Mischgutes in ein nahegelegenes Labor darf nur dann erfolgen, wenn die Transportzeit 15 Minuten nicht überschreitet.

- j) Die Bestimmungen der Spaltzugfestigkeiten (s. Anlage 1 Bilder 10 und 11) nach 7 bzw. 28 Tagen müssen von einer für die Durchführung derartiger Prüfungen anerkannten Prüfstelle durchgeführt werden. Die Ergebnisse können naturgemäß nicht als produktionssteuernde Elemente angesehen werden. Sie dienen jedoch dem Nachweis der vertragsgemäßen Mischgutherstellung. Dies ist dann von besonderer Bedeutung, wenn beispielsweise Einbau und Verdichtung von Fremdfirmen ausgeführt werden.
- k) Die Schichtdicke ist unter Berücksichtigung des Vorhaltemaßes für die Verdichtung fortlaufend zu kontrollieren.
- l) Die Querneigung ist - sofern keine automatischen Systeme an der Maschinenteknik vorhanden und aktiviert sind - mittels Neigungsmesser fortlaufend zu prüfen.
- m) Die Ermittlung des Verdichtungsgrades ist ein besonderes Element der Produktionssteuerung. Sie erfolgt durch Dichtemessung der eingebauten und verdichteten Schicht mittels Ersatzverfahren (Sandersatz oder Wasserersatz) und Vergleich mit der an Probekörpern ermittelten Dichte. Bei Unterschreitung der Anforderung an den Verdichtungsgrad ist zu versuchen, das Ergebnis durch Nachverdichtung mittels weiterer Walzübergänge zu verbessern.
- n) Der Verlauf der Entwicklung der Tragfähigkeit der eingebauten KRC-Schicht wird durch Prüfungen mit dem Leichten Fallgewichtsgesetz gemäß [5] geprüft. Dazu werden Tragfähigkeitsmessungen etwa im 2-Stunden-Abstand an immer den gleichen markierten Messstellen durchgeführt. Die Messungen an den einzelnen Messstellen werden bis zum Erreichen eines Messwertes von  $E_{\text{v dyn}} \geq 80 \text{ MN/m}^2$  fortgeführt. Ist dieser Wert durchgängig an allen Messpunkten erreicht, können die Flächen befahren werden, z. B. mit Fahrzeugen für den Asphalteinbau.
- o) Die Ebenheitsmessungen mittels 4 m-Latte und Messkeil dienen einerseits dem Nachweis des ordnungsgemäßen Einbaus der KRC-Schicht, andererseits aber ggf. auch der Produktionssteuerung. So können beispielsweise durch Störungen im Arbeitsablauf (Gerätstillstand o. dgl.) bedingte Unebenheiten im noch frischen Material durch einen Gradereinsatz beseitigt und spätere aufwändige Nacharbeiten vermieden werden.
- p) Die Ermittlungen der Verbrauchsmengen der Bindemittel sind von Bedeutung für die Einhaltung der Vorgaben des Bauvertrages aber auch für die Abrechnung. Sie sind arbeitstäglich durch Berechnungen aus Verbrauch gemäß Lieferschein und bearbeiteter Fläche zu ermitteln. Teilweise können sie auch den Geräteanzeigen an modernen Recyclern direkt entnommen werden.
- q) Die Ergebnisse der Eigenüberwachungsprüfungen sind - mit Ausnahme der Festigkeitsprüfungen - arbeitstäglich in Formblättern (siehe Anlage 5) zu dokumentieren, die vom Eigenüberwacher sowie vom Bauleiter des bauausführenden Un-

ternehmens zu unterzeichnen sind. Gegebenenfalls sind die Formblätter den speziellen Anforderungen der Arbeitsaufgabe entsprechend geringfügig zu modifizieren.

## 8.2 Zentralmischverfahren

Beim Zentralmischverfahren werden zwei Hauptprozesse unterschieden, die in aller Regel von unterschiedlichen Unternehmen ausgeführt werden. Dabei handelt es sich einerseits um die Herstellung der KRC-Gemische in stationären oder mobilen Mischanlagen und andererseits um deren Transport zum Einbauort sowie den Einbau auf der Baustelle. Die Eigenüberwachung ist daher so zu gestalten, dass diese für beide Prozesse getrennt organisiert wird. Als Schnittstelle zwischen beiden Prozessen ist die Übergabe des KRC-Mischgutes auf das Transportfahrzeug anzusehen. An diesem Punkt endet die Einflussmöglichkeit des Mischgutherstellers und damit auch dessen Verantwortlichkeit für das Produkt „KRC-Mischgut“, die von da an in die Hände des Einbauunternehmens und des in dessen Auftrag agierenden Transporteurs übergeht.

Die für die beiden Teilprozesse erforderlichen Eigenüberwachungsprüfungen sowie Angaben zur Prüfdichte sind den Abschnitten 8.2.1. und 8.2.2 zu entnehmen.

Weitere Informationen - insbesondere auch zur Fremdüberwachung der Mischanlagen - können [19] entnommen werden.

### 8.2.1 Eigenüberwachungsprüfungen bei der Herstellung

Die für die Herstellung von KRC-Mischgut im Zentralmischverfahren erforderlichen Eigenüberwachungsprüfungen sowie Angaben zur Prüfdichte sind Tabelle 8.2.1.1 zu entnehmen.

Tabelle 8.2.1.1 siehe Seite 43.

<b>KRC in plant - Eigenüberwachung - Gemischherstellung - Prüfprogramm</b>			
<b>Prüfungen</b>	<b>Dimension</b>	<b>Prüfdichte</b>	<b>Bemerkungen</b>
<b>Teil 1 Mischgranulat <sup>1)</sup></b>			
Wassergehalt	[M.-%]	1 x je 500 t	<sup>2)</sup>
Stückgrößenverteilung			
Durchgang Sieb 45 mm	[M.-%]	1 x je 500 t	
Durchgang Sieb 32 mm	[M.-%]	1 x je 500 t	
Durchgang Sieb 2 mm	[M.-%]	1 x je 500 t	
<b>Teil 2 Bindemittel</b>			
Hydraulisches Bindemittel			
Probenahme 5 kg		1 x	je Lieferfahrzeug
Temperatur bei Anlieferung	[°C]	1 x	je Lieferfahrzeug
Bitumenemulsion			
Probenahme 3 kg		1 x	je Lieferfahrzeug
Temperatur bei Anlieferung	[°C]	1 x	je Lieferfahrzeug
Rührtest gem. M KRC Anhang 3	[ja/nein]	1 x	je Lieferfahrzeug
Straßenbaubitumen für Schaumbitumen			
Probenahme 10 kg		1 x	je Lieferfahrzeug
Temperatur bei Anlieferung	[°C]	1 x	je Lieferfahrzeug
Schaumbitumen			
Expansion	[%]	bei Bedarf <sup>3)</sup>	
Halbwertszeit	[sec]	bei Bedarf <sup>3)</sup>	
<b>Teil 3 KRC-Gemisch</b>			
Probenahme vom Ladeband 15 kg		1 x je 500 t	mindestens 2 x tägl.
Temperatur	[°C]	bei Bedarf <sup>4)</sup>	
Wassergehalt	[M.-%]	1 x je 500 t	mindestens 2 x tägl.
Herstellung von 2 Probekörpern Ø 150 mm	[Stck.]	1 x je 500 t	mindestens 2 x tägl.
Bestimmung Feuchtraumdichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	1 x je 500 t	mindestens 2 x tägl.
Berechnung Trockenraumdichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	1 x je 500 t	mindestens 2 x tägl.
Spaltzugfestigkeit nach 7 o. 28 Tagen (+5 °C)	[N/mm <sup>2</sup> ]	1 x je 500 t	mindestens 2 x tägl.
<b>Teil 4 Verbrauchsmengen Bindemittel</b>			
Hydraulisches Bindemittel			
Verbrauchsmenge gesamt <sup>1)</sup>	[t]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages
Verbrauchsmenge / t	[kg/t]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages
Bitumenemulsion			
Verbrauchsmenge gesamt <sup>1)</sup>	[t]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages
Verbrauchsmenge / t	[kg/t]		
Straßenbaubitumen für Schaumbitumen			
Verbrauchsmenge gesamt <sup>1)</sup>	[t]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages
Verbrauchsmenge / t	[kg/t]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages

- 1) ggf. auch getrennt für Ausbaustoffgranulat und Ergänzungskörnung
- 2) mindestens 2x / Tag vor Arbeitsbeginn sowie bei Bedarf, z.B. nach Niederschlag
- 3) zu Arbeitsbeginn, nach Unterbrechungen sowie bei neuen Bitumenlieferungen
- 4) z. B. bei hochsommerlicher oder winterlicher Witterung

**Tabelle 8.2.1.1 KRC in plant -- Eigenüberwachung -- Gemischherstellung - Prüfungen und Prüf-dichten**

Hinweise zu Eigenüberwachungsprüfungen Gemischherstellung:

- 1) Die Wassergehaltsbestimmung am Mischgranulat erfolgt zweckmäßigerweise an der Mischanlage durch Darren. Der ermittelte aktuelle Wasseranteil ist von der Wasserzugabemenge gemäß Eignungsprüfung abzuziehen. Durch Niederschläge können erhebliche Reduzierungen der Wasserzugabe erforderlich werden.

- 2) Die Ermittlung der Stückgrößenverteilung mit nur drei Sieben erlaubt die Verwendung von nicht getrocknetem Mischgranulat und liefert ausreichende Informationen über die vertraglich vereinbarten Kenngrößen Sandanteil (Durchgang 2 mm) sowie Größt- und Überkorn.
- 3) Die Probenahmen der Bindemittel dienen der Gewinnung von Rückstellproben, die bei ggf. auftretenden Qualitätsmängeln von Bedeutung sein können.
- 4) Die Temperaturmessungen der Bindemittel sollen die Verwendung zu heißer Zemente oder zu warmer Bitumenemulsionen verhindern bzw. die Herstellung von Schaumbitumen gewährleisten. Bitumenemulsionen dürfen nur im Temperaturbereich  $< 30\text{ °C}$  verarbeitet werden, während Straßenbaubitumen, das zur Schaumbitumenherstellung verwendet werden soll, Temperaturen  $> 165\text{ °C}$  aufweisen muss.
- 5) Zur Messung der Eigenschaften des Schaumbitumens (Expansion und Halbwertzeit) muss die Schaumbitumenanlage über eine Testdüse verfügen. Aus dieser Testdüse austretender Bitumenschaum ist mit einem Messeimer aufzufangen. Im Eimer kann dann die Höhe der Schaumbildung gemessen werden (Expansion) und die Zeit, die der Schaum benötigt, um auf die Hälfte seines Volumens zusammenzufallen (Halbwertzeit).
- 6) Mit einer Teilprobe der entnommenen Bitumenemulsion ist sofort bei Anlieferung ein Rührtest gemäß M KRC, Anhang 3, mit dem zur Verwendung vorgesehenen hydraulischen Bindemittel vorzusehen. Besteht die Emulsion den Rührtest nicht und bricht innerhalb von 5 Minuten, ist die Emulsion nicht zu verarbeiten.
- 7) Die Probenahme von KRC-Mischgut erfolgt vom Ladeband an der Mischanlage, ersatzweise auch vom Transportfahrzeug (evtl. auftretende Entmischungen beachten).
- 8) Die Probekörper sind aus dem KRC-Mischgut an der Mischanlage entsprechend der Festlegungen im M VB-K, Anhang 2, herzustellen. Ein Transport des KRC-Mischgutes in ein nahegelegenes Labor darf nur dann erfolgen, wenn die Transportzeit 15 Minuten nicht überschreitet.
- 9) Die Bestimmungen der Spaltzugfestigkeiten nach 7 bzw. 28 Tagen müssen von einer für die Durchführung derartiger Prüfungen anerkannten Prüfstelle durchgeführt werden. Die Ergebnisse können naturgemäß nicht als produktionssteuernde Elemente angesehen werden. Sie dienen jedoch dem Nachweis der vertragsgemäßen Mischgutherstellung.
- 10) Die Ermittlungen der Verbrauchsmengen der Bindemittel sind von Bedeutung für die Einhaltung der Vorgaben des Bauvertrages aber auch für die Abrechnung. Sie sind arbeitstäglich durch Berechnungen aus Verbrauch gemäß Lieferschein und gemischter Tonnage zu ermitteln. Teilweise können sie auch den Geräteanzeigen an modernen Mischanlagen direkt entnommen werden.

- 11) Die Ergebnisse der Eigenüberwachungsprüfungen sind - mit Ausnahme der Festigkeitsprüfungen - arbeitstäglich in Formblättern (siehe Anlage 5) zu dokumentieren, die vom Eigenüberwacher sowie vom Bauleiter des bauausführenden Unternehmens zu unterzeichnen sind. Gegebenenfalls sind die Formblätter den speziellen Anforderungen der Arbeitsaufgabe entsprechend geringfügig zu modifizieren.

8.2.2 Eigenüberwachungsprüfungen beim Einbau

Die für den Einbau des KRC-Mischgutes und die Herstellung der KRC-Schicht erforderlichen Eigenüberwachungsprüfungen sowie Angaben zur Prüfdichte sind Tabelle 8.2.2.1 zu entnehmen.

KRC in plant - Eigenüberwachung - Herstellung KRC-Schicht - Prüfprogramm			
Prüfungen	Dimension	Prüfdichte	Bemerkungen
<b>Teil 1 KRC-Gemisch</b>			
Abdeckung Mischgutfahrzeuge	[ja/nein]	fortlaufend	
Probenahme aus unverdichteter Schicht 15 kg		1 x je 500 t	mindestens 2 x tägl.
Wassergehalt	[M.-%]	1 x je 500 t	mindestens 2 x tägl.
Herstellung von 2 Probekörpern Ø 150 mm	[Stck.]	1 x je 500 t	mindestens 2 x tägl.
Bestimmung Feuchtraumdichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	1 x je 500 t	mindestens 2 x tägl.
Berechnung Trockenraumdichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	1 x je 500 t	mindestens 2 x tägl.
Spaltzugfestigkeit nach 7 o. 28 Tagen (+5 °C)	[N/mm <sup>2</sup> ]	1 x je 500 t	mindestens 2 x tägl.
<b>Teil 2 Eingebaute Schicht</b>			
Schichtdicke	[cm]	fortlaufend	in jedem Fertigungsstreifen
Verdichtungsgrad mittels Ersatzverfahren <sup>1)</sup>	[%]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Tragfähigkeitsentwicklung mittels LFG <sup>2)</sup>	[MN/m <sup>2</sup> ]	1 x je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
Ebenheit mittels 4 m-Latte und Messkeil	[mm]	1 x je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
Querneigung	[°]	fortlaufend	in jedem Fertigungsstreifen
Versiegelung (visuell)	[ja/nein]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages

1) unter Verwendung der Raumdichten gemäß Teil 1

2) an gleichen Messstellen bis  $E_{\text{dyn}} \geq 80 \text{ MN/m}^2$

**Tabelle 8.2.1.1 KRC in plant -- Eigenüberwachung -- Herstellung der KRC-Schicht - Prüfungen und Prüfdichten**

Hinweise zu Eigenüberwachungsprüfungen Herstellung der KRC-Schicht:

- I) Die Probenahme von KRC-Mischgut erfolgt aus der fertig eingebauten und profilierten Schicht vor der Walzverdichtung.
- II) Die Wassergehaltsbestimmung am KRC-Gemisch erfolgt auf der Baustelle durch Darren. Der ermittelte aktuelle Wasseranteil wird zur Berechnung der Trockenraumdichte der herzustellenden Probekörper benötigt.
- III) Die Probekörper sind aus dem KRC-Mischgut auf der Baustelle entsprechend der Festlegungen im M VB-K, Anhang 2, herzustellen. Ein Transport des KRC-Mischgutes in ein nahegelegenes Labor darf nur dann erfolgen, wenn die Transportzeit 15 Minuten nicht überschreitet.



- 
- IV) Die Bestimmungen der Spaltzugfestigkeiten nach 7 bzw. 28 Tagen müssen von einer für die Durchführung derartiger Prüfungen anerkannten Prüfstelle durchgeführt werden. Die Ergebnisse können naturgemäß nicht als produktionssteuernde Elemente angesehen werden. Sie dienen jedoch dem Nachweis des vertragsgemäßen Mischguteinbaus.
  - V) Die Schichtdicke ist unter Berücksichtigung des Vorhaltemaßes für die Verdichtung fortlaufend zu kontrollieren.
  - VI) Die Querneigung ist - sofern keine automatischen Systeme an der Maschinenteknik vorhanden und aktiviert sind - mittels Neigungsmesser fortlaufend zu prüfen.
  - VII) Die Ermittlung des Verdichtungsgrades ist ein besonderes Element der Produktionssteuerung. Sie erfolgt durch Dichtemessung der eingebauten und verdichteten Schicht mittels Ersatzverfahren (Sandersatz oder Wasserersatz) und Vergleich mit der an Probekörpern ermittelten Dichte. Bei Unterschreitung der Anforderung an den Verdichtungsgrad ist zu versuchen, das Ergebnis durch Nachverdichtung mittels weiterer Walzübergänge zu verbessern.
  - VIII) Der Verlauf der Entwicklung der Tragfähigkeit der eingebauten KRC-Schicht wird durch Prüfungen mit dem Leichten Fallgewichtsgesetz gemäß [5] geprüft. Dazu werden Tragfähigkeitsmessungen etwa im 2-Stunden-Abstand an immer den gleichen markierten Messstellen durchgeführt. Die Messungen an den einzelnen Messstellen werden bis zum Erreichen eines Messwertes von  $E_{\text{dyn}} \geq 80 \text{ MN/m}^2$  fortgeführt. Ist dieser Wert durchgängig an allen Messpunkten erreicht, können die Flächen befahren werden, z. B. mit Fahrzeugen für den Asphaltbau.
  - IX) Die Ebenheitsmessungen mittels 4 m-Latte und Messkeil dienen einerseits dem Nachweis des ordnungsgemäßen Einbaus der KRC-Schicht, andererseits aber ggf. auch der Produktionssteuerung. So können beispielsweise durch Störungen im Arbeitsablauf (Gerätstillstand o. dgl.) bedingte Unebenheiten im noch frischen Material durch einen Gradereinsatz beseitigt und spätere aufwändige Nacharbeiten vermieden werden.
  - X) Die Ergebnisse der Eigenüberwachungsprüfungen sind - mit Ausnahme der Festigkeitsprüfungen - arbeitstäglich in Formblättern (siehe Anlage 5) zu dokumentieren, die vom Eigenüberwacher sowie vom Bauleiter des bauausführenden Unternehmens zu unterzeichnen sind. Gegebenenfalls sind die Formblätter den speziellen Anforderungen der Arbeitsaufgabe entsprechend geringfügig zu modifizieren.

## 9 KONTROLLPRÜFUNGEN DES AUFTRAGGEBERS

Im Rahmen der Kontrollprüfungen des Auftraggebers bei der Herstellung von KRC-Gemischen und -Schichten sind die in den Abschnitten 9.1 und 9.2 angeführten Prüfungen durchzuführen. Mit der Durchführung der Kontrollprüfungen ist eine für die erforderlichen Untersuchungen geeignete und dafür anerkannte Prüfstelle zu beauftragen. Die Ergeb-

nisse dienen der Feststellung der Übereinstimmung der Güteeigenschaften der Baustoffe, der Baustoffgemische und der fertigen Schicht mit den vertraglichen Anforderungen. Sie werden der Abnahme zugrunde gelegt. Die Ergebnisse müssen daher zu diesem Zeitpunkt vorliegen. Es empfiehlt sich, für jedes Bauvorhaben einen objektbezogenen Prüfplan zu erstellen und danach zu arbeiten.

9.1 Baustellenmischverfahren

Die für die Herstellung von KRC-Mischgut und KRC-Schichten im Baustellenmischverfahren erforderlichen Kontrollprüfungen sowie Angaben zur Prüfdichte sind Tabelle 9.1.1 zu entnehmen.

KRC in situ - Kontrollprüfung - Prüfprogramm			
Prüfungen	Dimension	Prüfdichte	Bemerkungen
<b>Teil A Bindemittel</b>			
Hydraulisches Bindemittel			
Probenahme 5 kg <sup>1)</sup>		1 x	je Lieferfahrzeug
Ausstreumenge	[kg/m <sup>2</sup> ]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Bitumenemulsion			
Probenahme 3 kg <sup>1)</sup>		1 x	je Lieferfahrzeug
Straßenbaubitumen für Schaumbitumen			
Probenahme 10 kg <sup>1)</sup>		1 x	je Lieferfahrzeug
<b>Teil B KRC-Gemisch</b>			
Probenahme aus unverdichteter Schicht 15 kg		1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Herstellung von 2 Probekörpern Ø 150 mm	[Stck.]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Bestimmung Feuchtraumdichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Berechnung Trockenraumdichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Spaltzugfestigkeit nach 28 Tagen (+5 °C) <sup>2)</sup>	[N/mm <sup>2</sup> ]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Nachweis der Umweltverträglichkeit im Eluat			
PAK <sup>3)</sup>	[mg/l]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Penolindex <sup>3)</sup>	[mg/l]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Sonstige schädliche Inhaltsstoffe <sup>3)</sup>	[mg/l]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
<b>Teil C Eingebaute Schicht</b>			
Schichtdicke	[cm]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	in jedem Fertigungsstreifen
Verdichtungsgrad mittels Ersatzverfahren <sup>4)</sup>	[%]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	in jedem Fertigungsstreifen
Ebenheit mittels 4 m-Latte und Messkeil	[mm]	1 x je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
Querneigung	[%]	1 x je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
Profilgerechte Lage	[cm]	1 x je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
Versiegelung (visuell)	[ja/nein]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages
Spaltzugfestigkeit nach 28 Tagen (+5 °C) <sup>5)</sup>	[N/mm <sup>2</sup> ]	bei Bedarf	

- 1) als Rückstellprobe für evtl. erforderlich werdende Bindemitteluntersuchungen
- 2) an zwei Probekörpern, hergestellt gemäß M KRC, Anhang 6
- 3) bei pechhaltigen oder sonstigen schädlichen Inhaltsstoffen im Mischgranulat
- 4) unter Verwendung der Raumdichten gemäß Teil B
- 5) an Bohrkernen, Entnahme gemäß M KRC, Abschnitt 8.4

Tabelle 9.1.1 KRC in situ -- Kontrollprüfung -- Prüfungen und Prüfdichten

Hinweise zu Kontrollprüfungen:

- a) Die Entnahme von Proben der verwendeten hydraulischen und bitumenhaltigen Bindemittel ist gemäß M KRC, Abschnitt 8.3 nicht vorgesehen. Die Rückstellung von Bindemittelproben bis zum Vorliegen der an Probekörpern und/oder Bohrkern-

nen ermittelten 28-Tage-Spaltzugfestigkeitswerte wird jedoch empfohlen. Mit Hilfe der Rückstellproben können ggf. Ursachen für Festigkeitsdefizite oder auch -überschreitungen ermittelt werden.

- b) Die Bestimmung der Ausstreumenge des hydraulischen Bindemittels ist ebenfalls nicht im oben bezeichneten Abschnitt des M KRC enthalten. Da jedoch die eingesetzte Bindemittelmenge auf anderem Wege nicht beurteilt werden kann, ist diese Messung in das Programm der Kontrollprüfungen aufzunehmen.
- c) Im M KRC, Abschnitt 8.3 ist die Bestimmung des Hohlraumgehaltes sowohl am Probekörper als auch an der fertigen Schicht vorgesehen. Dieser Prüfwert hat nur eine geringe Aussagekraft und kann durch Mischguthersteller und -einbauer kaum beeinflusst werden. Er hängt sehr stark vom Hohlraumgehalt der Stücke des Asphaltausbaustoffgranulates ab. Diese Größe wird jedoch in den Voruntersuchungen nicht bestimmt. Aus Granulaten mit 10 - 12 Vol.-% Hohlraumgehalt - wie sie bei der Verarbeitung von Asphalttragschichten vorkommen - kann kein KRC-Gemisch mit einem Hohlraumgehalt ähnlicher Größe hergestellt werden. Es gilt hier: Wenn das Gemisch eine ausreichende Spaltzugfestigkeit aufweist und die Werte auslaugbarer Schadstoffe im Eluat unter den zugelassenen Grenzwerten liegen, erfüllt das KRC-Material alle technisch relevanten Anforderungen. Die Forderung an einen bestimmten Grenzwert für den Hohlraumgehalt stellt eine Überbestimmung der Eigenschaften dar. Es sollte daher auf diese Anforderung verzichtet werden.

## 9.2 Zentralmischverfahren

Die für die beiden Teilprozesse Herstellung von KRC-Mischgut im Zentralmischverfahren und Einbau von KRC-Schichten im Merkblatt M VB-K, Abschnitt 9.3 vorgesehenen Kontrollprüfungen sowie Angaben zur Prüfdichte sind Tabelle 9.2.1 zu entnehmen.

Weitere Informationen - insbesondere auch zur Fremdüberwachung der Mischanlagen - können [19] entnommen werden.

Tabelle 9.2.1 siehe Seite 49

KRC in plant - Kontrollprüfung - Prüfprogramm			
Prüfungen	Dimension	Prüfdichte	Bemerkungen
<b>Teil A Bindemittel</b>			
Hydraulisches Bindemittel			
Probenahme 5 kg <sup>1)</sup>		1 x	je Lieferfahrzeug
Bitumenemulsion			
Probenahme 3 kg <sup>1)</sup>		1 x	je Lieferfahrzeug
Straßenbaubitumen für Schaumbitumen			
Probenahme 10 kg <sup>1)</sup>		1 x	je Lieferfahrzeug
<b>Teil B KRC-Gemisch</b>			
Probenahme aus unverdichteter Schicht 15 kg		1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl. <sup>2)</sup>
Bestimmung der maximalen Stückgröße		1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Herstellung von 2 Probekörpern Ø 150 mm	[Stck.]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Bestimmung Feuchtraumdichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Berechnung Trockenraumdichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Spaltzugfestigkeit nach 28 Tagen (+5 °C) <sup>3)</sup>	[N/mm <sup>2</sup> ]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Nachweis der Umweltverträglichkeit im Eluat			
PAK <sup>4)</sup>	[mg/l]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Penolindex <sup>4)</sup>	[mg/l]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
Sonstige schädliche Inhaltsstoffe <sup>4)</sup>	[mg/l]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	mindestens 1 x tägl.
<b>Teil C Eingebaute Schicht</b>			
Schichtdicke	[cm]	1 x je 1.000 m <sup>2</sup>	in jedem Fertigungsstreifen
Verdichtungsgrad mittels Ersatzverfahren <sup>5)</sup>	[%]	1 x je 3.000 m <sup>2</sup>	in jedem Fertigungsstreifen
Ebenheit mittels 4 m-Latte und Messkeil	[mm]	1 x je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
Querneigung	[%]	1 x je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
Profilgerechte Lage	[cm]	1 x je 50 m	in jedem Fertigungsstreifen
Versiegelung (visuell)	[ja/nein]	1 x je Arbeitstag	am Ende des Arbeitstages
Spaltzugfestigkeit nach 28 Tagen (+5 °C) <sup>6)</sup>	[N/mm <sup>2</sup> ]	bei Bedarf	

- 1) als Rückstellprobe für evtl. erforderlich werdende Bindemitteluntersuchungen
- 2) die Probenahme kann auch an der Mischanlage vom Ladeband erfolgen
- 3) an zwei Probekörpern, hergestellt gemäß M VB-K, Anhang 2
- 4) bei pechhaltigen oder sonstigen schädlichen Inhaltsstoffen im Mischgranulat
- 5) unter Verwendung der Raumdichten gemäß Teil B
- 6) an Bohrkernen, Entnahme gemäß M KRC, Abschnitt 8.4

**Tabelle 9.2.1 KRC in plant -- Kontrollprüfung -- Prüfungen und Prüfdichten**

Hinweise zu Kontrollprüfungen:

- a) Die Entnahme von Proben der verwendeten hydraulischen und bitumenhaltigen Bindemittel ist gemäß M VB-K, Abschnitt 9.3 nicht vorgesehen. Die Rückstellung von Bindemittelproben bis zum Vorliegen der an Probekörpern und/oder Bohrkernen ermittelten 28-Tage-Spaltzugfestigkeitswerte wird jedoch empfohlen. Mit Hilfe der Rückstellproben können ggf. Ursachen für Festigkeitsdefizite oder auch -überschreitungen ermittelt werden.
- b) Im M VB-K, Abschnitt 9.3 ist die Bestimmung des Hohlraumgehaltes sowohl am Probekörper als auch an der fertigen Schicht vorgesehen. Dieser Prüfwert hat nur eine geringe Aussagekraft und kann durch Mischguthersteller und -einbauer kaum beeinflusst werden. Er hängt sehr stark vom Hohlraumgehalt der Stücke des Asphaltausbaustoffgranulates ab. Diese Größe wird jedoch in den Voruntersuchungen nicht bestimmt. Aus Granulaten mit 10 - 12 Vol.-% Hohlraumgehalt - wie sie

bei der Verarbeitung von Asphalttragschichten vorkommen - kann kein KRC-Gemisch mit einem Hohlraumgehalt ähnlicher Größe hergestellt werden. Es gilt hier: Wenn das Gemisch eine ausreichende Spaltzugfestigkeit aufweist und die Werte auslaugbarer Schadstoffe im Eluat unter den zugelassenen Grenzwerten liegen, erfüllt das KRC-Material alle technisch relevanten Anforderungen. Die Forderung an einen bestimmten Grenzwert für den Hohlraumgehalt stellt eine Überbestimmung der Eigenschaften dar. Es sollte daher auf diese Anforderung verzichtet werden.

## **10 VERSIEGELUNG DER KRC-SCHICHT**

Fertiggestellte Kaltrecyclingschichten sind jeweils am Ende eines Arbeitstages mit einer Schutzschicht zu versiegeln. Diese Versiegelung hat zwei Funktionen. Erstens soll sie die mit hydraulischem Bindemittel hergestellte Schicht vor Wasserentzug durch Verdunstung schützen und damit die Hydratation, d. h. die Festigkeitsbildung der Zemente oder Tragschichtbinder, auch in den oberen Bereichen der Schicht gewährleisten und zweitens soll durch das aufgebrachte Bindemittel der Schichtenverbund zur späteren Asphaltüberbauung befördert werden. Aus dieser Doppelfunktion der Schutzschicht leiten sich die Anforderungen an die Baustoffe und die aufzubringenden Mengen ab. Die Versiegelung muss die Oberfläche vollständig abdichten. Dies erfordert eine Menge der aufzuspritzenden unstabilen Bitumenemulsion des Typs C67B4-OB gemäß [10], Tabelle 5, von etwa 1,0 kg/m<sup>2</sup>. Diese Menge wird jedoch maßgeblich von der nach der Walzverdichtung erzielten Oberflächenstruktur beeinflusst und ist auf der Baustelle den jeweiligen Gegebenheiten anzupassen. Damit die Versiegelung bis zur Überbauung mit Asphalt befahrbar ist, muss sie abgestreut werden. Das geschieht zweckmäßigerweise mit gebrochener Gesteinskörnung 2/5. Die Abstreuerung soll wegen des zu erzielenden Verbundes zum Asphaltoberbau nicht vollflächig sein. Es kann in Abhängigkeit von Gesteinsdichte und Kornform des Splittes etwa mit Streumengen von 8 kg/m<sup>2</sup> gerechnet werden. Die Herstellung der Versiegelung erfolgt mit der Technik, die zur Herstellung von Oberflächenbehandlungen eingesetzt wird. Ein Abwalzen ist nicht erforderlich.

Bei KRC-Schichten, die aus Mischgranulaten mit teer-/pechhaltigen Inhaltsstoffen gefertigt wurden, sind zur Vermeidung seitlichen Wassereintritts die Ränder anzudrücken und mit bitumenhaltigem Bindemittel abzudichten.

## **11 ÜBERBAUUNG MIT ASPHALT**

Kaltrecyclingschichten sind als Verfestigungen mit einem durch bitumenhaltiges Bindemittel reduziertem E-Modul [19] zu betrachten. Sie sind für eine direkte Beanspruchung durch Verkehr nicht geeignet und daher mit Asphalt zu überbauen. Die Dicke der Asphaltüberbauung richtet sich nach Empfehlungen in Merkblättern - wie z. B. in M KRC, Anhang 2 oder in M VB-K, Abschnitt 3, angegeben - oder nach Festlegungen, die im Ergebnis von Bemessungsberechnungen getroffen werden. Die Überbauung ist zur Erfüllung der Ebenheitsanforderungen in aller Regel mehrlagig auszuführen. Für die Dauerhaftigkeit der Befestigungen mit KRC-Schicht ist der Verbund aller Schichten untereinander von ausschlaggebender Bedeutung. Er ist daher durch geeignete Maßnahmen wie Ansprühen der Unterlage und Einbau auf sauberer Unterlage sicherzustellen. Die KRC-

Schicht selbst ist dabei im Normalfall nicht nochmals anzuspülen (siehe Abschnitt 10). Die erste Asphalttrage, die auf der Versiegelung der KRC-Schicht eingebaut wird, dient zugleich als Ausgleichsschicht [1] und ist als Tonnenposition in kg/m<sup>2</sup> anzuschreiben. Längsnähte in den Asphalttragen sind gegenüber ggf. vorhandenen Nahtbereichen in der KRC-Schicht versetzt anzuordnen. Ist dies nicht möglich, ist in der obersten Asphalttrage eine Fuge vorzusehen und auszuführen. Der Asphalttragebau auf KRC-Schichten darf dann beginnen, wenn bei Messungen zur Bestimmung der Tragfähigkeitsentwicklung mit dem Leichten Fallgewichtsgeschäft durchgängig auf der gesamten zu überbauenden Strecke  $E_{\text{dyn}}$ -Werte  $\geq 80 \text{ MN/m}^2$  gemessen worden sind. Dann liegt eine ausreichende Tragfähigkeit für das Befahren der Fläche mit Mischguttransportfahrzeugen sowie für den Einsatz der Einbautechnik vor.

## **12 ZUSAMMENFASSENDER ANWENDUNGS- UND EINSAZEMPFEHLUNGEN**

Die Verfahren zur Herstellung von Kaltrecyclingschichten können mit Vorteil bei der Erneuerung von Straßenbefestigungen angewendet werden, die eines oder mehrere der nachfolgend dargestellten Merkmale aufweisen:

- nicht ausreichende Tragfähigkeit,
- ausgeprägte Rissbildungen infolge Ermüdung und/oder Versprödung,
- Verformungen infolge nicht ausreichender Standfestigkeit der gebundenen Schichten,
- inhomogener Befestigungsaufbau im Querschnitt,
- angebaute Verbreiterungen mit erkennbaren Rissbildungen am Ansatz,
- geringer gebundener Oberbauanteil auf ungebundenen Tragschichten,
- Schichten mit teer-/pechhaltigen Bindemitteln sowie
- zu geringe Fahrbahnbreite, die eine Verbreiterung des Querschnittes erfordert.

Die Verfahren können auch bei Neubau oder grundhaften Erneuerungen angewendet werden, wenn Straßenausbaustoffe - auch kontaminierte - in größerem Umfang zur Verfügung stehen und wiederverwertet werden sollen. Kaltrecyclingschichten können dabei gemäß M VB-K, Abschnitt 3, Verfestigungen ersetzen, sofern die Schichtdicke um 20 % erhöht wird.

Bei der Auswahl des jeweils anzuwendenden Verfahrens sind durch den Ausschreibenden auch die zu erreichenden Qualitätsziele zu berücksichtigen. Die in jedem Fall höchste Qualitätsstufe ist mit dem Zentralmischverfahren (KRC in plant) zu erreichen. Das ist darin begründet, dass einerseits die Unterlage unter der einzubauenden KRC-Schicht vollständig freigelegt wird und nach Bedarf verbessert, profiliert und verdichtet werden kann und andererseits durch das für die Mischanlagen obligatorische Zwangsmischverfahren ein optimales Baustoffgemisch erzeugt wird.

Bei Anwendung des Baustellenmischverfahrens (KRC in situ) können an der Unterlage keinerlei Veränderungen vorgenommen werden. Durch den Einsatz von Geräten, die über einen Zweiwellenzwangsmischer verfügen sowie ihre Arbeitsbreiten variabel gestalten können, sind jedoch qualitativ hohen Ansprüchen genügende Misch- und Einbauleistungen zu erzielen. Zusätzlich wird durch die Variationsmöglichkeit der Arbeitsbreite die Anzahl der Nahtbereiche - die immer Schwachstellen in der Konstruktion darstellen - und die Breite der Überlappungen der einzelnen Fertigungstreifen reduziert.

Recycler, mit denen die zuzugebenden Bindemittel mittels Fräsrotor in das Mischgranulat eingearbeitet werden, haben eine konstante Arbeitsbreite und ermöglichen keine Querverteilung des KRC-Gemisches im Querschnitt des Fertigungsstreifens. Auf Grund der festen Arbeitsbreite dieser Maschinen entstehen in Abhängigkeit von der Gesamtbreite der KRC-Schicht teilweise größere Überlappungsbereiche, so dass es im Querschnitt zu Abschnitten mit unterschiedlicher Bindemittelversorgung kommen kann. Zudem muss nach der Mischgutherstellung das KRC-Gemisch noch mittels Grader verteilt und profiliert werden, bevor die Verdichtung erfolgen kann.

Es muss dringlich empfohlen werden, die Auswahl der anzuwendenden Verfahren und der einzusetzenden Gerätetechnik - unter Beachtung der für das jeweilige Objekt zutreffenden Gegebenheiten und maßgeblichen Randbedingungen - in erster Linie unter technischen und qualitativen Aspekten zu treffen und nicht ausschließlich wirtschaftlichen Erwägungen bei der Entscheidungsfindung zu folgen.

**13 LITERATUR**

- [1] Merkblatt für Kaltrecycling in situ im Straßenoberbau M KRC - Ausgabe 2005 - FGSV 636
- [2] Merkblatt für die Verwertung von pechhaltigen Straßenausbaustoffen und von Asphaltgranulat in bitumengebundenen Tragschichten durch Kaltaufbereitung in Mischanlagen M VB-K - Ausgabe 2007 - FGSV 755
- [3] Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau RuVA-StB 01/05 - Ausgabe 2001 - Fassung 2005 FGSV 795
- [4] DIN 18 134 Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte - Plattendruckversuch
- [5] TP BF-StB Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau - Teil B 8.3 Dynamischer Plattendruckversuch mit Leichtem Fallgewichtsgesetz FGSV 591/B 8.3
- [6] ZTV A-StB 97/06 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Aufgrabungen in Verkehrsflächen - Ausgabe 1997 - Fassung 2006 FGSV 976
- [7] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen RStO 01 - Ausgabe 2001 FGSV 499
- [8] TGL 22 853 - Anlagen des Straßenverkehrs - Bemessung flexibler Befestigungen - Obere Trag- und Deckschichten - Berlin 1987
- [9] Bemessung von Befestigungen des Straßenoberbaues unter besonderer Berücksichtigung von Kaltrecyclingtragschichten - Ausarbeitung Ingenieurbüro fw vom 18.06.2007
- [10] Technische Lieferbedingungen für Bitumenemulsionen TL BE-StB 07 - Ausgabe 2007 FGSV 793
- [11] Technische Lieferbedingungen für Straßenbaubitumen und gebrauchsfertige Polymermodifizierte Bitumen TL Bitumen-StB 07 Ausgabe 2007 FGSV 794
- [12] DIN EN 932-1 - Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften für Gesteinskörnungen - Teil1: Probenahmeverfahren
- [13] DIN 52098 - Prüfverfahren für Gesteinskörnungen - Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Nasssiebung



- [14] TP Asphalt-StB - Technische Prüfvorschriften für Asphalt
- [15] DIN EN 13286-2 - Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische - Teil 2: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt - Proctorversuch
- [16] DIN EN 12591 - Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel - Anforderungen an Straßenbaubitumen
- [17] DIN EN 197-1 - Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement
- [18] DIN 18506 - Hydraulische Boden- und Tragschichtbinder - Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien
- [19] Sächsische Technische Richtlinien für Kaltrecycling in plant für den Straßenoberbau - SN TR KRC in plant - Mai 2007

## **Anlage 1**

# **Leitfaden Kaltrecycling**

**Bauverfahren**

**Baumischverfahren - KRC in situ**

**und**

**Zentralmischverfahren - KRC in plant**

**Bilder**



**Bild 11** Gerätekomplex für Kaltrecycling in situ - Wassertankfahrzeug, Tanker für Bitumenemulsion und Recycler WR 4200



**Bild 22** Gerätekomplex für Kaltrecycling in situ - Wassertankfahrzeug, Tanker für Bitumenemulsion und Recycler WR 4200



**Bild 33 Bohrloch  $\varnothing$  340 mm zur Erfassung der Dicke des gebundenen Oberbaues und zur Tragfähigkeitsmessung auf der ungebundene Tragschicht in ca. 20 cm Tiefe**



**Bild 44 Tragfähigkeitsmessung mit Leichtem Fallgewichtsgerät in Bohrloch**



**Bild 55** Tragfähigkeitsmessung mit Leichtem Fallgewichtsgerät in Bohrloch - Detail - Registrierung der Messwerte



**Bild 66** Fräse 500 DC nach Probefräsung verladen, im Vordergrund Probefrässtelle



**Bild 77 Probefräsung - Messung der Frästiefe, Fräsgranulat aus Mitte der Frässtelle z. T. bereits entnommen**



**Bild 88 Probefräsung - Fräsgranulat aus Frässtelle z. T. entnommen, ungebundene Unterlage für Tragfähigkeitsmessung vorbereitet, im Vordergrund Leichtes Fallgewichtsgesät**



**Bild 99 Druckvorrichtung für Labor und Baustelle zur Herstellung von KRC-Probekörpern mit Probekörperform -- Krafterzeugung mittels Hydraulik-Handpumpe (Plattendruckversuch)**



**Bild 1010 KRC-Probekörper mit  $\varnothing$  150 mm und  $H \approx 125$  mm in Prüfvorrichtung zur Spaltzugprüfung mit Querdehnungsmessung**



**Bild 1111 KRC-Probekörper mit  $\varnothing$  150 mm und  $H \approx 125$  mm in Prüfvorrichtung zur Spaltzugprüfung mit Querdehnungsmessung nach der Prüfung**





**Bild 1212 Wirtgen-Recycler WR 4200 - Recycler mit Doppelwellen-zwangs-mischer sowie Verteilerschnecke und Einbaubohle**



**Bild 1313 Wirtgen-Recycler WR 4200 - Detail KRC-Mischgut vor Verteiler-schnecke und Einbaubohle**



*Zweiwellen-Zwangsmischer*

**Bild 1414 Wirtgen-Zweiwellenzwangsmischer in ausgebautem Zustand  
-  
für Einbau in Recycler WR 4200 und Kaltmischanlagen KMA**



**Bild 1515 Wirtgen-Recycler 2200 CR - Recycler mit Fräsrotormischer**

so-wie Verteilerschnecke und Vario-Einbaubohle



Bild 1616 Wirtgen-Fräsrecycler WR 2500 K - Arbeitsbreite 2.438 mm



Bild 1717 Wirtgen-Fräsrecycler WR 2500 S - Arbeitsbreite 2.438 mm



**Bild 1818 Wirtgen-Fräsrecycler WR 2500 S im Einsatz --  
Reifenabdrücke im KRC-Gemisch**



**Bild 1919 Wirtgen-Fräsrecycler WR 2400 - Einsatz bei der Verarbeitung  
von Schaumbitumen**



**Bild 2020 Einbau von KRC-Mischgut -- Profilierung mittels Grader**



**Bild 2121 Versiegelung der Oberfläche der KRC-Schicht - Abstreuen der angespritzten Oberfläche**



**Bild 2222 Wirtgen-Kaltmischanlage KMA 200 in Transportstellung**



**Bild 2323 Wirtgen-Kaltmischanlage KMA 150 in Arbeitsstellung**



**Bild 2424 Wirtgen-Kaltmischanlage KMA 150 in Arbeitsstellung**



**Bild 2525 Wirtgen-Kaltmischanlage KMA 150 in Arbeitsstellung - Verladung von KRC-Mischgut**



## **Anlage 2**

**Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz**

**Friedrich-Ebert-Ring 14-20 56068 Koblenz**

# **Leitfaden Kaltrecycling**

**Bauverfahren**

**Baumischverfahren - KRC in situ**

**und**

**Zentralmischverfahren - KRC in plant**

**Formblatt**

**Zusammenstellung Ergebnisse Voruntersuchungen**

**und**

**Festlegung von Bearbeitungsabschnitten**

Übersicht Ergebnisse Voruntersuchungen							
<b>Bauvorhaben</b>		Erneuerung .....					
Baustrecke		NK ..... km ..... bis NK ..... km .....					
Baulänge	[km]	.....					
<b>Allgemeine Angaben</b>							
Anschlusslängen	[m]	.. X .... = .....					
Ausbaulänge KRC	[m]	.....					
Ausbaubreite KRC	[m]	.....					
Fläche KRC	[m <sup>2</sup> ]	.....					
Min. Krümmenradius	[m]	.....					
Max. Steigung	[%]	.....					
Gradientenänderung	-	möglich <sup>1)</sup> / nicht möglich <sup>1)</sup>					
Lastbeschränkung <sup>2)</sup>	[t]	< 30 / < 40 / < 50 / < 60 < 70 < 80 < 90 < 100 <sup>1)</sup>					
Durchfahrtshöhen <sup>3)</sup>	[m]	< 3,80 <sup>1)</sup> / < 4,20 <sup>1)</sup>					
Verkehrsbedingungen <sup>4)</sup>							
Vollsperrung	-	möglich <sup>1)</sup> / nicht möglich <sup>1)</sup>					
<b>Befestigungsaufbau</b>		Probenahmestellen					
		1	2	3	4	5	6
Station <sup>5)</sup>	[km]	..+.....	..+.....	..+.....	..+.....	..+.....	..+.....
Bauklasse	-	...	...	...	...	...	...
Gebundener Oberbau							
Gesamtdicke Asphalt	[cm]	....	....	....	....	....	....
Anzahl der Schichten	[-]	..	..	..	..	..	..
Schichtenverbund <sup>6)</sup>	[-]	..	..	..	..	..	..
Risstiefe	[cm]	....	....	....	....	....	....
Kontaminationen							
PAK i. Feststoff	[mg/kg]	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Phenolindex i. Eluat	[mg/l]	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Verwertungsklasse <sup>7)</sup>		..	..	..	..	..	..
Ungebundener Oberbau							
Obere Lage							
Art		.....	.....	.....	.....	.....	.....
Dicke	[cm]	....	....	....	....	....	....
Untere Lage							
Art		.....	.....	.....	.....	.....	.....
Dicke	[cm]	....	....	....	....	....	....
Tragfähigkeit <sup>8)</sup>							
Messtiefe	[cm]	....	....	....	....	....	....
Bereich E <sub>v2</sub> <sup>9)</sup>							
> 30 < 45	[MN/m <sup>2</sup> ]						
> 45 < 80	[MN/m <sup>2</sup> ]						
> 80 < 120	[MN/m <sup>2</sup> ]						
> 120	[MN/m <sup>2</sup> ]						
<b>Bearbeitungsabschnitt</b>		..	..	..	..	..	..

1) Nichtzutreffendes streichen      2) von Brücken auf zu nutzenden Zufahrten und im Baustellenbereich      3) unter Brücken auf zu nutzenden Zufahrten und im Baustellenbereich      4) während der Bauzeit      5) Bau-km      6) + = Schichtenverbund durchgängig vorhanden / - = Schichtenverbund nicht durchgängig vorhanden      7) gemäß RuVA-StB 01/05  
 8) der verbleibenden ungebundenen Tragschicht      9) Zutreffendes ankreuzen

**Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Voruntersuchungen und Festlegung von Bearbeitungsabschnitten**

## **Anlage 3**

**Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz**

**Friedrich-Ebert-Ring 14-20 56068 Koblenz**

# **Leitfaden Kaltrecycling**

**Bauverfahren**

**Baumischverfahren - KRC in situ**

**und**

**Zentralmischverfahren - KRC in plant**

**Formblatt**

**Auswahl**

**des anzuwendenden Recycling-Verfahrens**

Auswahl Kaltrecycling-Verfahren		
Bauvorhaben	Erneuerung .....	
Baustrecke	NK ..... km ..... bis NK ..... km .....	
Kriterium	Anzuwendendes Verfahren	
	KRC in situ	KRC in plant
<b>Kategorie A</b>		
Gradientenänderung		
Keine Höhenbindung	X <sup>1)</sup>	
Höhenbindung vorhanden		X <sup>1)</sup>
Tragfähigkeit der Unterlage		
Unterlage ausreichend tragfähig	X <sup>1)</sup>	
Unterlage nicht ausreichend tragfähig, Verbesserung erforderlich		X <sup>1)</sup>
Ungebundener Oberbau		
Packlage in mehr als 16 bis 22 cm unter Fahrbahnoberkante <sup>2)</sup>	X <sup>1)</sup>	
Packlage in weniger als 16 bis 22 cm unter Fahrbahnoberkante <sup>2)</sup>		X <sup>1)</sup>
<b>Kategorie B</b>		
Kontaminationen (PAK und/oder Phenol)		
Geeigneter Zwischenlagerplatz <sup>3)</sup> nicht vorhanden	X <sup>1)</sup>	
Geeigneter Zwischenlagerplatz <sup>3)</sup> vorhanden		X <sup>1)</sup>
Standort Mischanlage (MA)		
Ortsfeste MA in < 10 km o. Standort f. mobile MA <sup>3)</sup> nicht vorhanden	X <sup>1)</sup>	
Ortsfeste MA in < 10 km o. Standort f. mobile MA <sup>3)</sup> vorhanden		X <sup>1)</sup>
<b>Kategorie C</b>		
Ebenheitsanforderungen		
Überbauung mit 3 Lagen Asphalt in Bauklassen III bis I <sup>4)</sup>	X <sup>1)</sup>	
Überbauung mit 2 Lagen Asphalt in Bauklassen III bis II <sup>4)</sup>		X <sup>1)</sup>
Überbauung mit 2 Lagen Asphalt in Bauklassen V bis IV <sup>4)</sup>	X <sup>1)</sup>	
Überbauung mit 1 Lage Asphalt in Bauklassen V bis III <sup>4)</sup>		X <sup>1)</sup>
Verkehrsbedingungen		
Vollsperrung möglich	X <sup>1)</sup>	X <sup>1)</sup>
Halbseitige Sperrung, Arbeitsbreite > 2,8 m bis < 4,8 m	X <sup>1)</sup>	
Halbseitige Sperrung, Arbeitsbreite > 2,5 m bis < 2,8 m		X <sup>1)</sup>

1) Nichtzutreffendes streichen      2) entsprechend Bauklasse zu wählen (s. Abschnitt 2.1.5)      3) in Baustellennähe  
 4) zur Erzielung einer anforderungsgerechten Ebenheit

**Kriterien zur Auswahl des anzuwendenden Kaltrecycling-Verfahrens**

## **Anlage 4**

**Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz**

**Friedrich-Ebert-Ring 14-20 56068 Koblenz**

# **Leitfaden Kaltrecycling**

**Bauverfahren**

**Baumischverfahren - KRC in situ**

**und**

**Zentralmischverfahren - KRC in plant**

**Dimensionierung von Befestigungen**

**Freie Bemessung**

**nach**

**TGL 22 853**



Anlagen des Straßenverkehrs  
BEMESSUNG FLEXIBLER BEFESTIGUNGEN  
Obere Trag- und Deckschichten

TGL  
22 853

Gruppe 244 00

Сооружения дорожного движения, Параметры нежёстких дорожных одежд, Верхние слои дорожного основания и покрытия

Road Traffic Facilities; Dimensioning of Flexible Pavements; Top Bases and Surface Layers

Deskriptoren: Straßenkonstruktion; flexible Straßenbauweise; Durchbiegung; Spannung; Dehnung; Berechnung; Bemessung

Umfang 15 Seiten

Verantwortlich: VEB Entwurfs- und Ingenieurbüro des Straßenwesens, Berlin

Bestätigt: 30.1.1987, Ministerium für Verkehrswesen, Berlin

Verbindlich ab 1. 10. 1987

1068 Postfach 7010 Leipzig, Standardversand, 7010 Leipzig, Postfach 1068  
Verlag für Standardisierung - Bezug: Standardisierung - Leipzig, Postfach 1068  
Lizenz-Nr. 785 - 316/87 ST 1086 (IV-1-18)

Dieser Standard gilt auch für Zementstabilisierungen und Beton der Betonklasse 5 und dabei für Dicken  $\leq 230$  mm.

Dieser Standard gilt nicht für betriebliche Verkehrsflächen der Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft.

Dieser Standard gilt nicht für die Instandsetzung von Betondeckschichten.

Inhaltsverzeichnis	Seite		
1. Termini, Definitionen, Abkürzungen und Formelzeichen	1	$E_m$	Ersatzverformungsmodul der Konstruktionsschichten einer mehrschichtigen Befestigung zur Berechnung der Durchbiegung in $N/mm^2$
2. Allgemeines	2	$E_{R\ dyn}$	dynamischer Ersatzmodul auf der Grundlage des Krümmungsradius $R$ berechnet in $N/mm^2$
3. Lastannahmen	2	$E_{vs}$	spezifischer Verformungsmodul in $N/mm^2$
4. Baustoffkennwerte	2	$F$	Radlast in kN
5. Zulässige Durchbiegung und Radialzugspannungen	3	$F_{dyn}$	dynamische Radlast in kN
6. Nachweise	4	$F_R$	Regelachslast in kN
7. Berechnung der Beanspruchungen	5	$f_R$	Faktor zur Berechnung von $E_{R\ dyn}$
8. Festlegung der Konstruktionsdicken der Schichten	15	$f_w$	Faktor zur Berechnung der Durchbiegung eines Zweischichtsystems (Durchbiegefaktor)
1. Termini, Definitionen, Abkürzungen und Formelzeichen		$h$	berechnete Dicke einer Befestigungsschicht in mm
1.1. Termini, Definitionen		$h_K$	Konstruktionsdicke einer Befestigungsschicht in mm
Nach TGL 11 461/04, TGL 12 100/02, TGL 21 900, TGL 33 411/01 bis /03, TGL 173-45, Vorschrift 111/82 Blatt 1 und 1. Änderung der Staatlichen Bauaufsicht und Vorschrift 111/83 Blatt 2 der Staatlichen Bauaufsicht (nachfolgend Vorschrift 111/82 Blatt 1 bzw. Vorschrift 111/83 Blatt 2 genannt)		$H$	Summe von berechneten Einzelschichtdicken in mm
1.2. Abkürzungen und Formelzeichen		$H_K$	Konstruktionsdicke mehrerer Schichten in mm
$A_n$	Gesamtanzahl der Regelfahrzeuge während der Nutzungsdauer nach TGL 21 900	$p$	Kontaktdruck in $N/mm^2$
$E_1$ bis $E_n$	spezifische Verformungsmoduln der Baustoffe der Befestigungsschichten 1 bis $n$ in $N/mm^2$	$p_{dyn}$	dynamischer Kontaktdruck in $N/mm^2$
$E_a$	äquivalenter Verformungsmodul einer mehrschichtigen Befestigung in $N/mm^2$	$r$	Radius der äquivalenten Belastungsfläche in mm
$E_{am}$	äquivalenter, maßgebender Verformungsmodul einer mehrschichtigen Befestigung, der für einen Straßenabschnitt gilt in $N/mm^2$	$R_r$	Rechenwert der Biegezugfestigkeit zementgebundener Schichten
$E_{derf}$	äquivalenter, erforderlicher Verformungsmodul einer mehrschichtigen Befestigung in $N/mm^2$	$w$	elastische Durchbiegung an der Oberfläche einer Befestigung in mm
$E_{dyn}$	dynamischer Elastizitätsmodul, ermittelt durch Kurzzeitbelastungen in $N/mm^2$	$w_H$	elastische Durchbiegung an der Oberfläche des Halbraums in mm
$E_H$	statischer Verformungsmodul des Halbraums in $N/mm^2$	$w_{zul}$	zulässige Durchbiegung in mm
		$\nu$	Poissonzahl
		$\sigma_r$	Radialzugspannung an der Unterseite einer gebundenen Schicht in $N/mm^2$
		$\epsilon$	Dauerfestigkeitsbeiwert für zementgebundene Schichten

2. Allgemeines

- Die ausreichende Bemessung einer Befestigung ist durch die Einhaltung
  - einer zulässigen Durchbiegung an der Oberfläche der Befestigung und
  - bei gebundenen Schichten einer zulässigen Radialzugspannung an der Unterseite der untersten gebundenen Schicht nachzuweisen.
- Die Berechnungen sind mit den Materialkennwerten durchzuführen, die den Nachweisbedingungen nach Abschnitt 6. entsprechen.
- Zuerst ist die Konstruktion nach dem Kriterium der Durchbiegung zu bemessen. Diese Konstruktion ist dann auf die Einhaltung der zulässigen Radialzugspannungen zu untersuchen.
- Bei frostveränderlicher Gründung ist die Dicke der unteren Tragschicht nach der Vorschrift 111/83 Blatt 2 zu bemessen. Die Berechnung ist dann mit  $E_H = 50 \text{ N/mm}^2$  durchzuführen.

3. Lastannahmen

Belastungsgrößen nach Tabelle 1

Tabelle 1 Belastungsgrößen

Belastungsgröße	FR 70	FR 100	FR 140 bis FR 400 1)
F kN	35,00	50,00	fahrzeugspezifische Werte
p N/mm <sup>2</sup>	0,50	0,55	
r mm	150,00	170,00	
F <sub>dyn</sub> kN	39,00	55,00	1,1 · F
p <sub>dyn</sub> N/mm <sup>2</sup>	0,55	0,60	1,1 · p

4. Baustoffkennwerte

4.1. Rechenwerte für die Verformungsmoduln

4.1.1. Verformungsmoduln für Deck- und obere Tragschichten

- Nach Tabelle 2
- Bei Verwendung von Baustoffen, die nicht in Tabelle 2 enthalten sind, kann eine Modulbestimmung mittels Feldprüfungen nach TGL 11 461/04 und/oder TGL 173-45 erfolgen.

4.1.2. Verformungsmoduln für den Halbraum

- Für Neubau
  - $E_{H \text{ vorh}}$  aus der Vorschrift 111/83 Blatt 2 auf der Grundlage des Baugrundgutachtens oder von Messungen nach TGL 11 461/04 oder Tabelle 3
  - $E_{H \text{ erf}}$  nach der Vorschrift 111/83 Blatt 2
- Für Instandhaltung
  - $E_{\text{am}}$  nach TGL 173-45

4.2. Rechenwerte für dynamische Elastizitätsmoduln  $E_{\text{dyn}}$  ( $E'_{\text{dyn}}$  - Moduln)

4.2.1. Konstruktionsschichten

Nach Tabelle 4

4.2.2. Lockergestein in Gründung und Untergrund

- Frostfreies Lockergestein für Tau- und Sommerperiode nach Tabelle 5 oder Gleichung (1) oder (2)

$$E_{H \text{ dyn}} = 1,2 E_{H \text{ vorh}} \quad (1)$$

$$E_{H \text{ dyn}} = 1,2 E_{H \text{ erf}} \quad (2)$$

mit  $E_{H \text{ vorh}}$  und  $E_{H \text{ erf}}$  nach Vorschrift 111/83 Blatt 2

Tabelle 2 Spezifische Verformungsmoduln  $E_{vs}$

Konstruktionsschicht aus	$E_{vs}$ N/mm <sup>2</sup>
Kiessand	
$e_{ds} = 1,8 \text{ bis } 1,9 \text{ g/cm}^3$	150
$e_{ds} > 1,9 \text{ g/cm}^3$	200
mechanische Stabilisierung nach TGL 28 374/03	
CBR-Wert $\geq 40 \%$	200
CBR-Wert $\geq 80 \%$ (Mineralbeton)	350
CBR-Wert $\geq 120 \%$ (Mineralbeton)	450
Schotter, sandgeschlämmt nach TGL 42 353	400
Betonverbundsteine für alle Dicken, sandverlegt	500
Tränkmakadam	800
Streumakadam	1000
Asphaltbeton	2000
heißgemischtes bituminöses Tragschichtmaterial (HBT) nach TGL 24 676	
HBT 1 und 2 2)	1500
HBT 3 und 4 2)	1250
Gußasphalt 2)	3000
ZS 8,0; ZSZ 8,0 und Beton der Betonklasse 5	nach Bild 1

Tabelle 3  $E_H$ -Werte für anstehendes frostfreies Lockergestein

Lockergesteinsart	Ungleichförmigkeit U	$E_H$ N/mm <sup>2</sup>
Sand und Kiessand	$1,6 \leq U < 3$	40
	$3 \leq U < 5$	75
	$U \geq 5$	125

- Frostveränderliches Lockergestein und untere Tragschicht auf dem Planum der unteren Tragschicht nach Gleichung (3) oder (4)

$$E_{\text{dyn}} = c_1 E_{\text{erf}} \quad (3)$$

$$E_{\text{dyn}} = c_1 E_{\text{vorh}} \quad (4)$$

mit  $c_1 = 1,5$  für die Tauperiode  
 $c_1 = 1,8$  für die Sommerperiode

$E_{\text{erf}}$  und  $E_{\text{vorh}}$  nach Vorschrift 111/83 Blatt 2

4.2.3. Bestehende flexible Befestigungen

Rechenwert nach Gleichung (5)

$$E_{R \text{ dyn}} = c_2 E_R \quad (5)$$

mit  $c_2$  aus Tabelle 6

$E_R$  nach Gleichung (6)

$$E_R = \frac{3 R p}{4 \gamma} \quad (6)$$

mit R nach TGL 173-45

1 Sondernachweis unter Berücksichtigung von TGL 21 900  
 2 für + 5 °C

Tabelle 4  $E_{dyn}$ -Werte

Konstruktionsschicht	$E_{dyn}$ N/mm <sup>2</sup>	
	Tau- periode	Sommer- periode
Asphaltbeton, Gußasphalt	8000	800
HBT nach TGL 24 676		
HBT 1 und 2	6000	1000
HBT 3 und 4	5000	800
Streumakadam	5000	1000
Tränkmakadam	4000	800
Betonverbundsteine für alle Dicken in Sand verlegt	500	
ZS 8,0 und ZSZ 8,0 nach TGL 28 374/01 sowie Beton der Beton- klasse 5 nach TGL 33 411/01 mit $E_{vs}$ nach Bild 1	$E_{dyn} = 1,2 \cdot E_{vs}$	
Kiessand $e_{ds} = 1,8$ bis $1,9$ g/cm <sup>3</sup>	160	
	$e_{ds} > 1,9$ g/cm <sup>3</sup>	
Stabilisierung mit Kalk nach TGL 28 374/02 $e_{ds} = 1,8$ bei hydrologischem Fall 1 und 2	100	
	$e_{ds} > 1,8$	
mechanische Stabilisierung nach TGL 28 374/03 CBR-Wert $\geq 40$ %	250	
	CBR-Wert $\geq 80$ % (Mineralbeton)	
	CBR-Wert $\geq 120$ % (Mineralbeton)	
Schotter nach TGL 42 353	500	

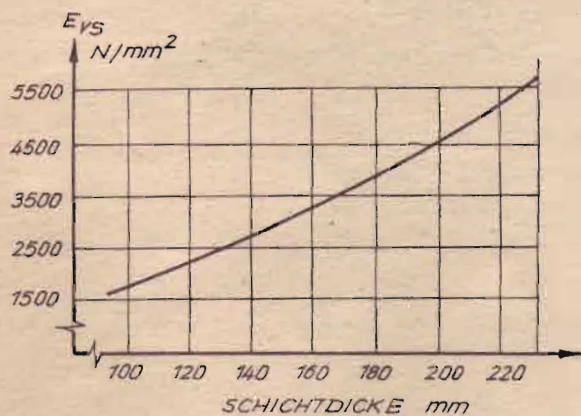


Bild 1 Spezifische Verformungsmoduln  $E_{vs}$  für Zementstabilisierung ZS 8,0 und ZSZ 8,0 sowie Beton der Betonklasse 5

Tabelle 5  $E_{dyn}$ -Werte für anstehendes frostsicheres Lockergestein

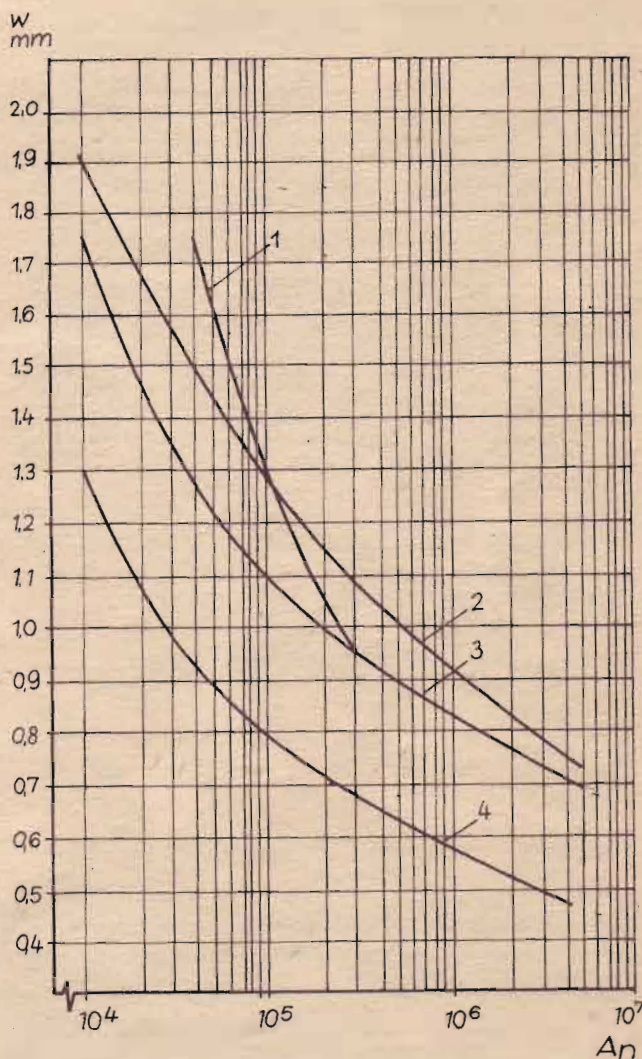
Lockergesteinsart	Ungleichförmigkeit U	$E_{dyn}$ N/mm <sup>2</sup>
Sand und Kiessand	$1,6 < U < 3$	50
	$3 \leq U < 5$	100
	$U \geq 5$	150

Tabelle 6 Faktor  $c_2$

Dicke h der bituminösen Schicht mm	$c_2$ bei Gründung aus Lockergestein	
	nichtbindig	bindig
bis 50	1,1	1,2
50 bis 100	1,3	1,5
über 100	1,8	2,0

5. Zulässige Durchbiegung und Radialzugspannungen

5.1. Zulässige Durchbiegung  $w_{zul}$  auf der Oberfläche der Befestigung nach Bild 2



- 1: FR 70      Neubau, ungebundene Tragschicht mit bituminöser Deckschicht
- 2: FR 100    Instandsetzung mit bituminös gebundenen Konstruktionsschichten
- 3: FR 100    Neubau, ungebundene und bituminös gebundene Tragschichten
- 4: FR 70 und FR 100    zementgebundene Tragschichten

Bild 2 Zulässige Durchbiegung



5.2. Zulässige Radialzugspannungen  $\sigma_{r\text{zul}}$  für:

- Asphaltbeton und heißgemischte bituminöse Tragschicht nach Bild 3
- Zementstabilisierungen ZS 8,0, ZSZ 8,0 und Beton der Betonklasse 5 nach Gleichung (7)

$$\sigma_{r\text{zul}} = \frac{R_r}{\xi} \quad (7)$$

mit  $R_r = 1,7 \text{ N/mm}^2$  und  $\xi$  nach Bild 4

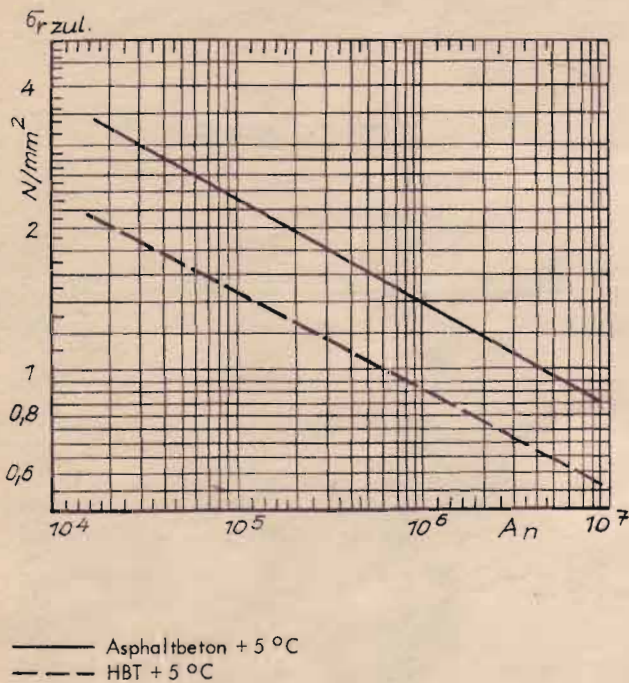


Bild 3 Zulässige Radialzugspannungen

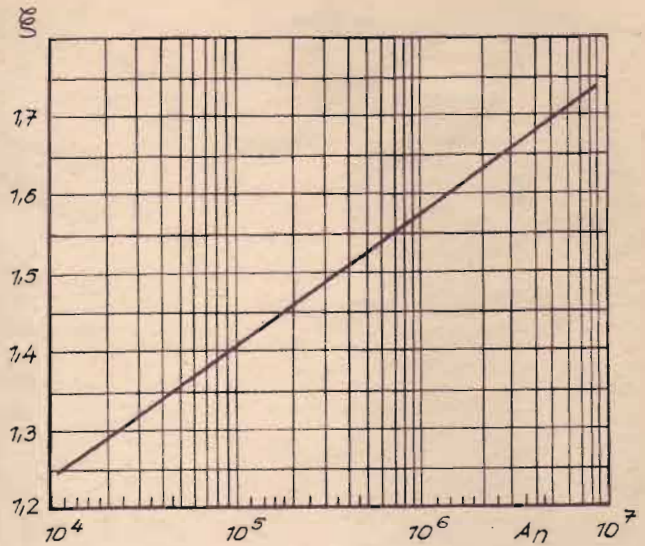


Bild 4 Dauerfestigkeitsbeiwert  $\xi$  für Zementstabilisierung und Betonklasse 5

6. Nachweise

6.1. Durchbiegung

Der Nachweis der Durchbiegung muß für die Bedingungen der Tauperiode an der Oberfläche der Befestigung nach Gleichung (8) erbracht werden.

$$w_{\text{vorh}} \leq w_{\text{zul}} \quad (8)$$

Für den Nachweis ist zunächst eine Befestigung zu wählen. Die vorhandene Durchbiegung ist dann durch Veränderung der Schichtdicken so lange der zulässigen Durchbiegung anzunähern, bis die notwendigen Dickenänderungen zum Erreichen der zulässigen Durchbiegung

- bei gebundenen Schichten  $\leq 10 \text{ mm}$ ,
- bei ungebundenen Schichten  $\leq 20 \text{ mm}$  betragen.

6.2. Radialzugspannung

- Bedingungen nach Tabelle 7
- Nachweis nach Gleichung (9)

$$\sigma_r (1 - \nu) = \sigma_{r\text{zul}} \quad (9)$$

mit  $\nu = 0,3$  für bituminös gebundene Schichten

$\nu = 0,2$  für zementgebundene Schichten

$\sigma_{r\text{zul}}$  nach Abschnitt 5.2.

Tabelle 7 Bedingungen für den Nachweis der Radialzugspannungen

Maßnahme	Deckschicht	obere Tragschicht	Nachweisbedingungen
Neubau	ohne	bituminös <sup>3</sup> oder zementgebunden	Tauperiode; Unterseite obere Tragschicht
	bituminös gebunden	Zementstabilisierung, Beton der Betonklasse 5	Sommerperiode; Unterseite obere Tragschicht
		bituminös gebunden <sup>3</sup>	Tauperiode; Unterseite obere Tragschicht
		ungebundene Schichten, Tränk- und Streumakadam	Tauperiode; Unterseite Deckschicht
Instandsetzung	bituminös gebunden	vorhandene Befestigung, neue bituminöse oder ungebundene Schicht	Tauperiode; Unterseite der untersten aufgetragenen gebundenen Schicht
		neue zementgebundene Schicht	Sommerperiode; Unterseite der aufgetragenen zementgebundenen Schicht

3 für Tränk- und Streumakadam ist kein Spannungsnachweis erforderlich

7. Berechnung der Beanspruchungen

7.1. Berechnung der Durchbiegung

7.1.1. Reduzierung eines Mehrschichtsystems in ein äquivalentes Zweischichtsystem

Die Durchbiegung ist an einem System zu berechnen, das aus dem Halbraum und einer darüber angeordneten Befestigungsschicht besteht; siehe Bild 5.

Befestigungen mit 2 bis n Schichten sind in dieses System umzuwandeln. Nach Bild 6 sind dabei jeweils zwei Schichten zusammenzufassen, wobei je nach vorhandenem Ausgangssystem in der vorgegebenen Reihenfolge zu arbeiten ist.

$E_m$  ist bei Dreischichtsystemen nach Gleichung (10) und bei Vierschichtsystemen nach Gleichung (10) und (11) zu ermitteln.

$$E_{m1} = E_2 \left[ \frac{\frac{h_1}{h_2} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_2} + 1}}{1 + \frac{h_1}{h_2}} \right]^3 \quad (10)$$

$$E_{m2} = E_3 \left[ \frac{\frac{h_1 + h_2}{h_3} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_{m1}}{E_3} + 1}}{1 + \frac{h_1 + h_2}{h_3}} \right]^3 \quad (11)$$

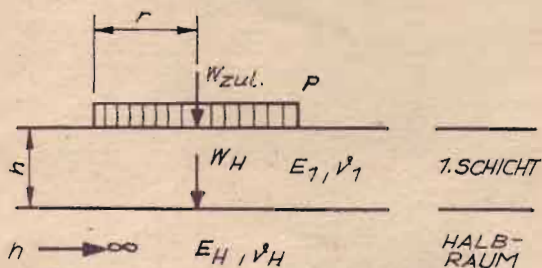


Bild 5 Berechnungsgrundschema

1.      ▷      2.      ▷      3. SCHRITT

4-SCHICHTSYSTEM		3-SCHICHTSYSTEM		2-SCHICHTSYSTEM	
$E_1$	1. SCHICHT	$E_m$	1. SCHICHT	$E_m$	1. SCHICHT
$E_2$	2. SCHICHT				
$E_3$	3. SCHICHT	$E_3$	2. SCHICHT	$h_3$	
$E_H$	HALBRAUM	$E_H$	HALBRAUM	$E_H$	HALBRAUM

Bild 6 Reduzierung von Mehrschichtsystemen

7.1.2. Zweischichtsystem, Neubau

Eingangswerte:

- $E_{H \text{ vorh}}$  nach Abschnitt 4.1.2.
- $E_{\text{ä erf}}$  nach Vorschrift 111/83 Blatt 2
- $E_{\text{vs1}}$  nach Tabelle 2
- $p, r$  nach Tabelle 1
- $w_{\text{zul}}$  nach Bild 2

gesucht: erforderliche Berechnungsdicke  $h$  von Schicht 1

Berechnung:

Der Durchbiegefaktor  $f_w$  ist nach Gleichung (12) bei Vorgabe von  $E_{H \text{ vorh}}$  oder nach Gleichung (13) bei Vorgabe von  $E_{\text{ä erf}}$  zu berechnen.

$$f_w = \frac{E_{H \text{ vorh}} \cdot w_{\text{zul}}}{1,75 \cdot p \cdot r} \quad (12)$$

$$f_w = \frac{E_{\text{ä erf}} \cdot w_{\text{zul}}}{1,75 \cdot p \cdot r} \quad (13)$$

Mit  $f_w$  und  $E_1/E_H$  ist der Quotient  $h/r$  aus Bild 7 zu bestimmen.

Berechnungsdicke  $h = r (h/r)$

7.1.3. Mehrschichtsystem, Neubau

Eingangswerte:

- $h_1$  bis  $h_n$  nach technologischen und konstruktiven Gesichtspunkten
- $E_{H \text{ vorh}}$  nach Abschnitt 4.1.2.
- $E_{\text{ä erf}}$  nach Vorschrift 111/83 Blatt 2
- $E_{\text{vs1}}$  bis  $E_{\text{vsn}}$  nach Tabelle 2
- $p, r$  nach Tabelle 1
- $w_{\text{zul}}$  nach Bild 2

gesucht:  $w_{\text{vorh}}$

Berechnung:

$E_m$  ist nach Bild 6 sowie Gleichung (10) und (11) zu berechnen

$f_w$  ist Bild 7 zu entnehmen

$$w_{\text{vorh}} = \frac{1,75 \cdot p \cdot r}{E_{H \text{ vorh}}} \cdot f_w \quad (14)$$

oder

$$w_{\text{vorh}} = \frac{1,75 \cdot p \cdot r}{E_{\text{ä erf}}} \cdot f_w \quad (15)$$

7.1.4. Instandsetzung, einschichtiger Aufbau

Eingangswerte:

- $E_{\text{äm}}$  nach TGL 173-45
- $p, r$  nach Tabelle 1
- $w_{\text{zul}}$  nach Bild 2
- $E_{\text{vs1}}$  nach Tabelle 2
- $h_1$  nach technologischen und konstruktiven Gesichtspunkten

gesucht:  $w_{\text{vorh}}$

Berechnung:

$E_1/E_{\text{äm}}$  und  $h_1/r$  sind zu ermitteln

$f_w$  ist aus Bild 7 zu entnehmen

$$w_{\text{vorh}} = \frac{1,75 \cdot p \cdot r}{E_{\text{äm}}} \cdot f_w \quad (16)$$

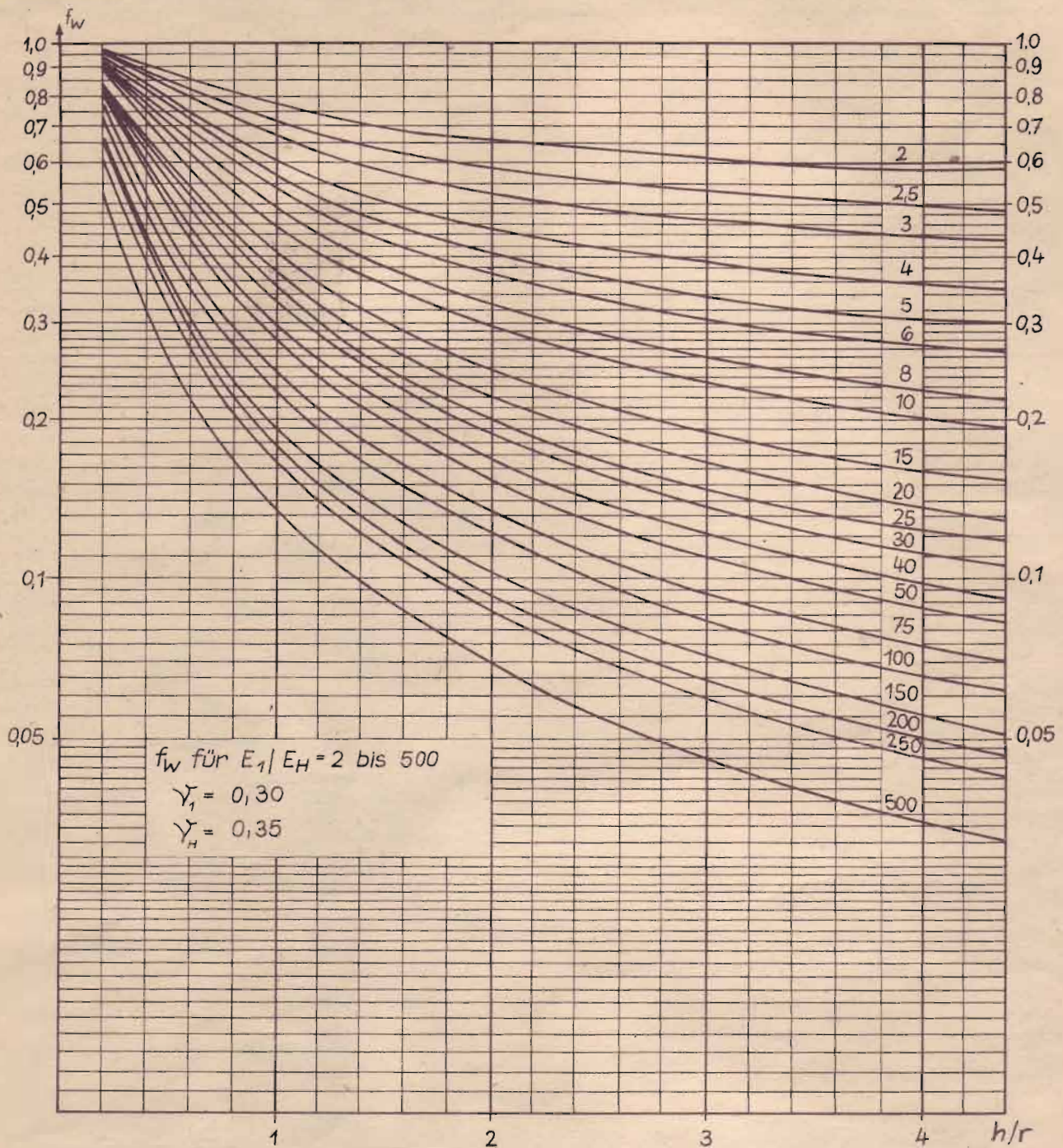


Bild 7 Nomogramm für die Berechnung eines Zweischichtsystems

7.1.5. Instandsetzung, mehrschichtiger Aufbau

Eingangswerte:

$E_{\text{am}}$  nach TGL 173-45

$p, r$  nach Tabelle 1

$w_{\text{zul}}$  nach Bild 2

$E_{\text{vs1}}$  bis  $E_{\text{vsn}}$  nach Tabelle 2

$h_1$  bis  $h_n$  nach technologischen und konstruktiven Gesichtspunkten

gesucht:  $w_{\text{vorh}}$

Berechnung:

$E_m$  ist nach Bild 6 und Gleichung (10) und (11) mit den gewählten Schichtdicken zu berechnen. Nach Einsetzen von  $E_m$  für  $E_1$  und der Summe von  $h_1$  bis  $h_n$  für  $h_1$  ist nach Abschnitt 7.1.4. weiterzurechnen.

7.2. Berechnung der Radialzugspannungen

7.2.1. Reduzierung von Mehrschichtsystemen

Zur Berechnung der Spannungen und Bestimmung der Schichtdicken sind die Befestigungen auf äquivalente Drei- oder Zweischichtsysteme umzurechnen.

Mit einem äquivalenten Zweischichtsystem ist zu rechnen bei Instandsetzungen, wenn die Verstärkungsschichten nur aus bituminösen Gemischen oder aus zementgebundenem Material mit einer bituminösen Überbauung  $\approx 90$  mm Dicke bestehen. Die vorhandene Befestigung ist als Halbraum anzunehmen. In allen anderen Fällen ist mit einem äquivalenten Dreischichtsystem zu rechnen.

Es dürfen nur Schichten aus gebundenen oder Schichten aus ungebundenen Baustoffen zusammengefaßt werden.

Zusammenfassen von zwei Schichten durch Berechnen der Ersatzhöhe  $h_e$  nach Gleichung (17); Beispiel siehe Bild 8

$$h_e = h_i + h_{i-1} \left[ \frac{E_{i-1 \text{ dyn}}}{E_{i \text{ dyn}}} \right]^{1/3} \quad (17)$$

- mit  $h_i$  Dicke der Schicht i
- $E_{i \text{ dyn}}$  dynamischer E-Modul der Schicht i
- $h_{i-1}$  Dicke der darüberliegenden Schicht i-1
- $E_{i-1 \text{ dyn}}$  dynamischer E-Modul der darüberliegenden Schicht i-1

Zusammenfassen des Halbraumes mit der darüberliegenden ungebundenen Schicht i nach Gleichung (18); Beispiel siehe Bild 9

$$E_{R \text{ dyn}} = E_{i \text{ dyn}} \cdot f_R \quad (18)$$

mit  $f_R$  aus Bild 10

Es ist dann mit  $E_{R \text{ dyn}} = E_{H \text{ dyn}}$  weiterzurechnen.

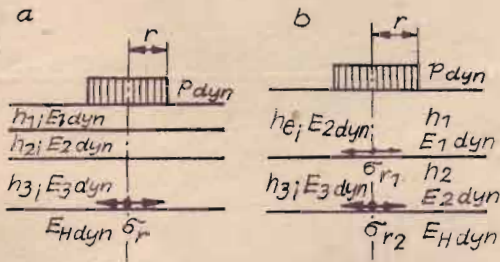


Bild 8 Reduzierung einer vierschichtigen Befestigung (a) in ein Dreischichtsystem (b) durch Zusammenfassen von zwei Schichten

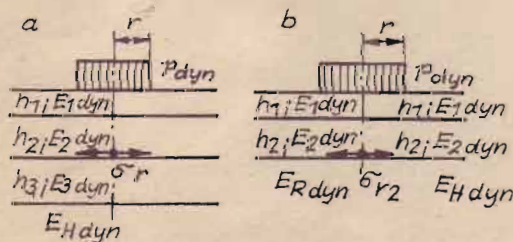


Bild 9 Reduzierung einer vierschichtigen Befestigung (a) in ein Dreischichtsystem (b) durch Zusammenfassen der untersten Schicht mit dem Halbraum

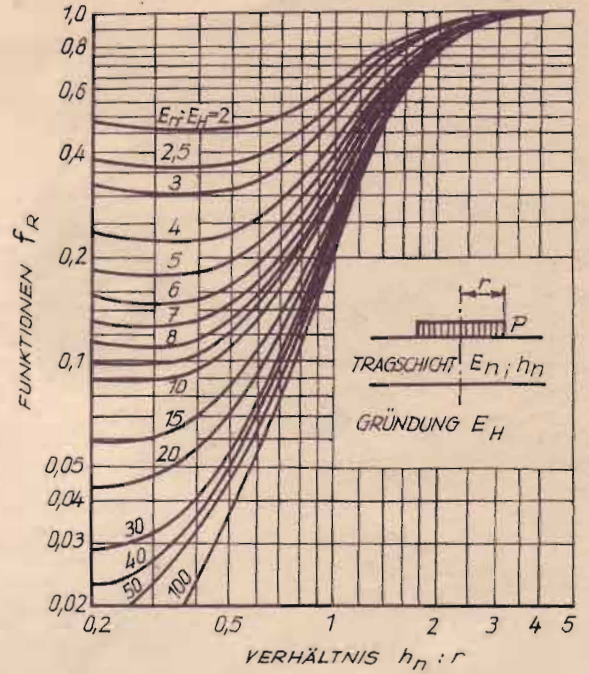


Bild 10 Nomogramm zur Ermittlung des Funktionswertes  $f_R$

7.2.2. Radialzugspannungen im Zweischichtsystem

Ermittlung der radialen Zugspannungen nach Gleichung (19)

$$\sigma_r = (\sigma_r/p) \cdot P_{\text{dyn}} \quad (19)$$

mit  $\sigma_r/p$  aus Bild 11

7.2.3. Radialzugspannungen im Dreischichtsystem

Ermittlung der radialen Zugspannungen nach Gleichung (20) oder (21)

$$\sigma_{r1} = (\sigma_{r1}/p) \cdot P_{\text{dyn}} \quad (20)$$

$$\sigma_{r2} = (\sigma_{r2}/p) \cdot P_{\text{dyn}} \quad (21)$$

mit  $\sigma_{r1}/p$  aus Bild 12, 13 und 14

$\sigma_{r2}/p$  aus Bild 15, 16 und 17

Bei Zwischenwerten von  $K_2$  muß nach Bild 18 grafisch inter- oder extrapoliert werden.

Die in Bild 12, 13 und 14 angegebenen Maximalwerte für  $\sigma_{r1}/p$  dürfen nicht überschritten werden.

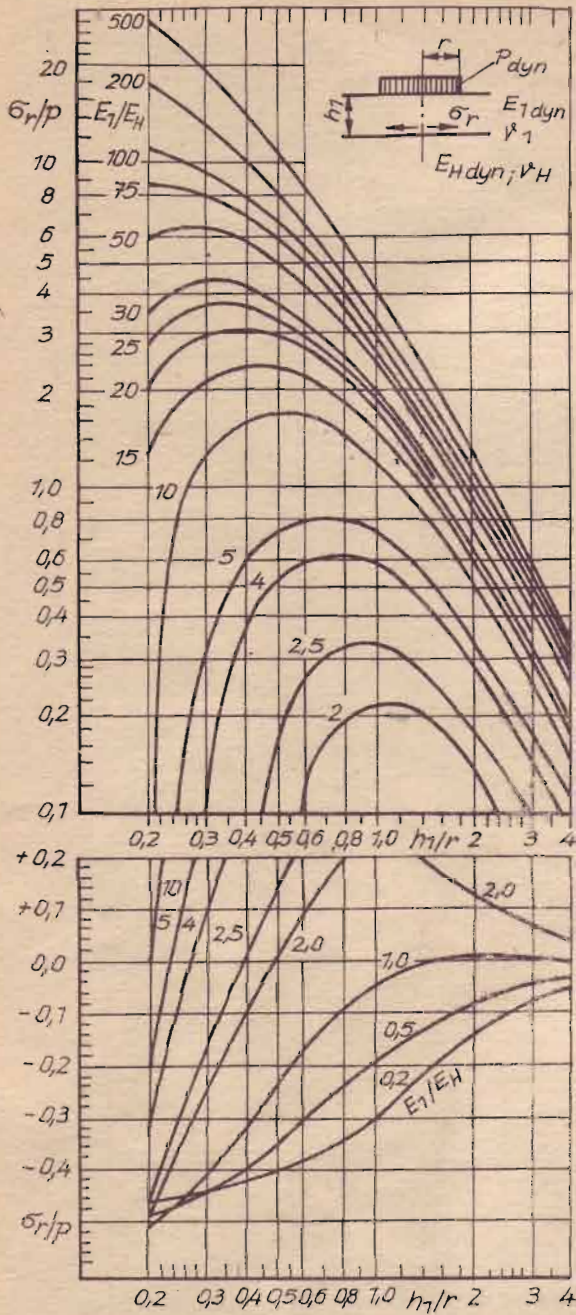


Bild 11 Nomogramm zur Ermittlung von  $\sigma_r/p$  im Zweischichtsystem

7.2.4. Lösungswege zur Durchführung der Spannungsnachweise

Zweischichtsystem

- Lösungsweg 1 Spannungsnachweis
  - Für die nach dem Bemessungsergebnis aus Abschnitt 6.1. ermittelte Straßenkonstruktion sind festzulegen:
    - $E_{1 \text{ dyn}}$  bis  $E_{n-1 \text{ dyn}}$  nach Tabelle 4
    - $E_{H \text{ dyn}}$  nach Abschnitt 4.2.2. oder 4.2.3.
  - Diese Befestigung ist nach Abschnitt 7.2.1. auf ein Zweischichtsystem zurückzuführen
  - Es sind die Werte  $E_{1 \text{ dyn}}/E_{H \text{ dyn}}$  und  $h_1/r$  zu bilden mit  $r$  aus Tabelle 1
  - $\sigma_r/p$  ist aus Bild 11 und daraus  $\sigma_r$  nach Gleichung (19) zu ermitteln
  - Spannungsnachweis nach Gleichung (9)
  - Bei Spannungsüberschreitung  $> 5\%$  sind der Befestigungsaufbau zu verändern und die Berechnung neu durchzuführen, bis der Dickenunterschied  $\leq 10 \text{ mm}$  beträgt; dabei ist Lösungsweg 2 anzuwenden

- Lösungsweg 2 Berechnung der Schichtdicke  $h$

- Es sind festzulegen:
  - $E_{1 \text{ dyn}}$  nach Tabelle 4
  - $E_{H \text{ dyn}}$  nach Abschnitt 4.2.2. oder 4.2.3.
- Es sind die Werte  $E_{1 \text{ dyn}}/E_{H \text{ dyn}}$  sowie  $\sigma_r/p$  nach Gleichung (22) zu berechnen

$$\frac{\sigma_r}{p} = \frac{\sigma_{r \text{ zul}}}{(1 - \nu) P_{\text{dyn}}} \quad (22)$$

mit  $\sigma_{r \text{ zul}}$  nach Abschnitt 5.2.

$\nu$  nach Abschnitt 6.3.

$P_{\text{dyn}}$  nach Tabelle 1

- Aus Bild 11 ist  $h_1/r$  zu bestimmen und daraus  $h_1$  zu berechnen
- $h_1$  ist auf volle 10 mm aufzurunden

Dreischichtsystem

- Für die nach Abschnitt 6.2. ermittelte Befestigung sind folgende Werte zu bestimmen:
  - $E_{1 \text{ dyn}}$  bis  $E_{n-1 \text{ dyn}}$  nach Tabelle 4
  - $E_{H \text{ dyn}}$  nach Abschnitt 4.2.2. oder 4.2.3.
- Diese Befestigung ist nach Abschnitt 7.2.1. auf ein Dreischichtsystem zurückzuführen
- Die Eingangswerte für die Nomogramme Bild 12 bis 17 sind nach den dort angegebenen Gleichungen zu berechnen
- $\sigma_{r1}/p$  oder  $\sigma_{r2}/p$  sind aus den Nomogrammen Bild 12 bis 14 oder Bild 15 bis 17 zu ermitteln
- Durch grafische Interpolation nach Bild 18 ist  $\sigma_{r1}/p$  oder  $\sigma_{r2}/p$  für den berechneten Wert  $K_2$  zu bestimmen
- $\sigma_{r1}$  oder  $\sigma_{r2}$  ist nach Gleichung (20) oder (21) mit  $P_{\text{dyn}}$  aus Tabelle 1 zu berechnen
- Der Spannungsnachweis ist nach Gleichung (9) zu führen
- Bei Spannungsüberschreitung  $> 5\%$  ist der Befestigungsaufbau zu verändern und die Berechnung neu durchzuführen, bis der Dickenunterschied der dickenveränderten Schicht  $\leq 10 \text{ mm}$  beträgt

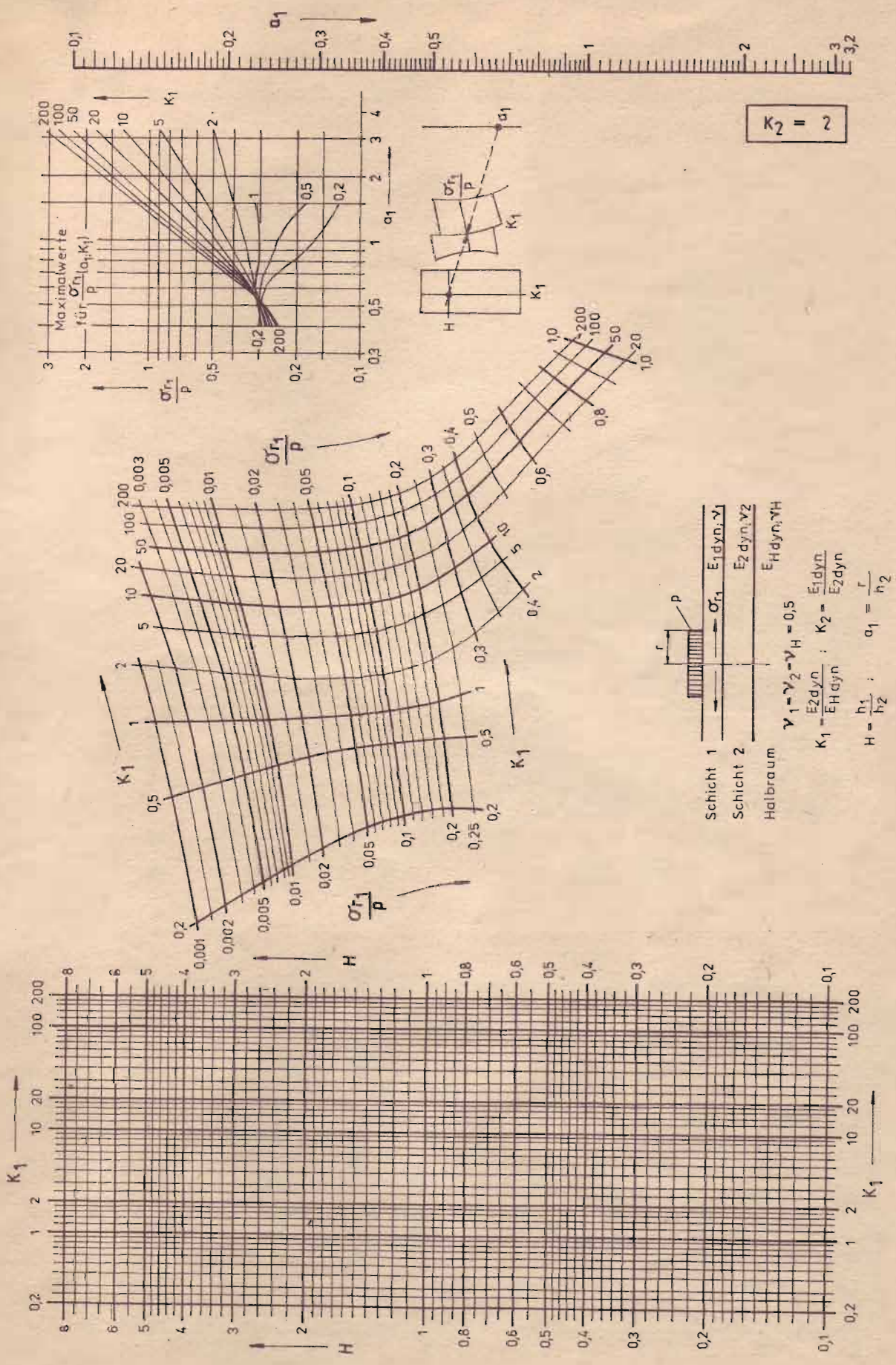


Bild 12 Nomogramm zur Ermittlung von  $\sigma_{r1}/\beta$  für  $K_2 = 2$

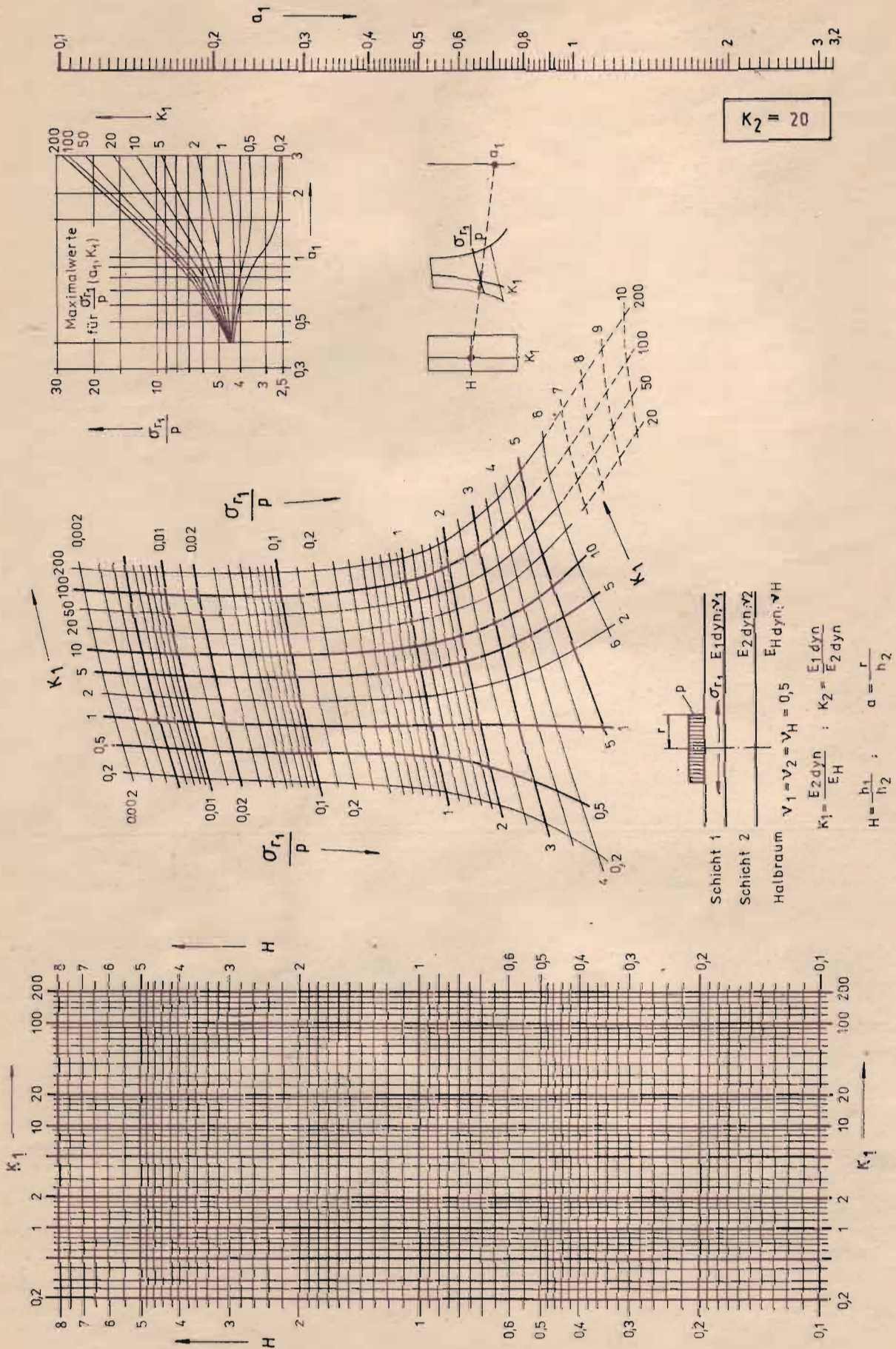


Bild 13 Nomogramm zur Ermittlung von  $\frac{\sigma_{r1}}{P}$  für  $K_2 = 20$

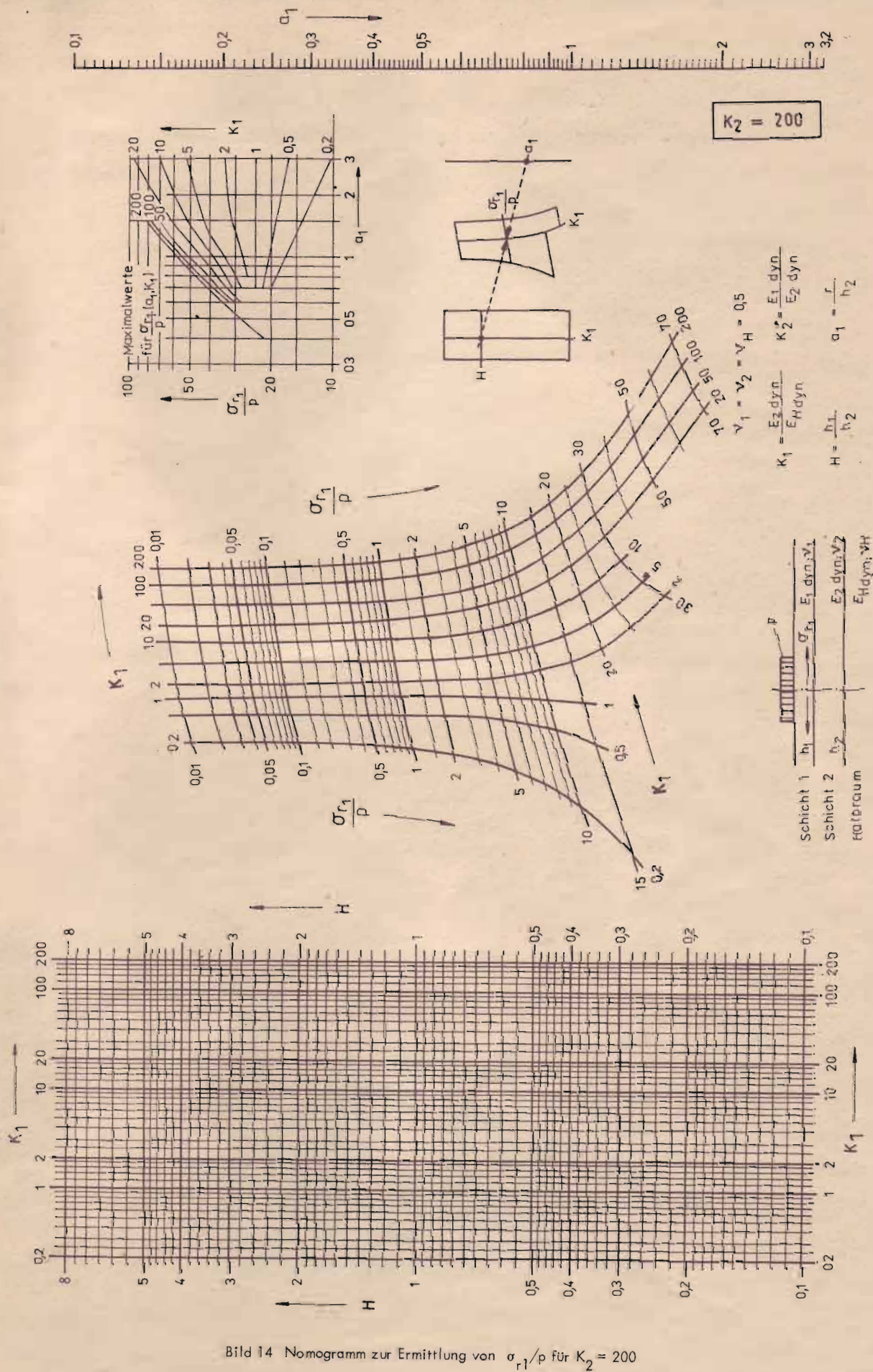
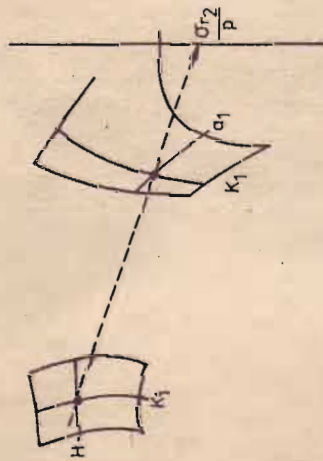
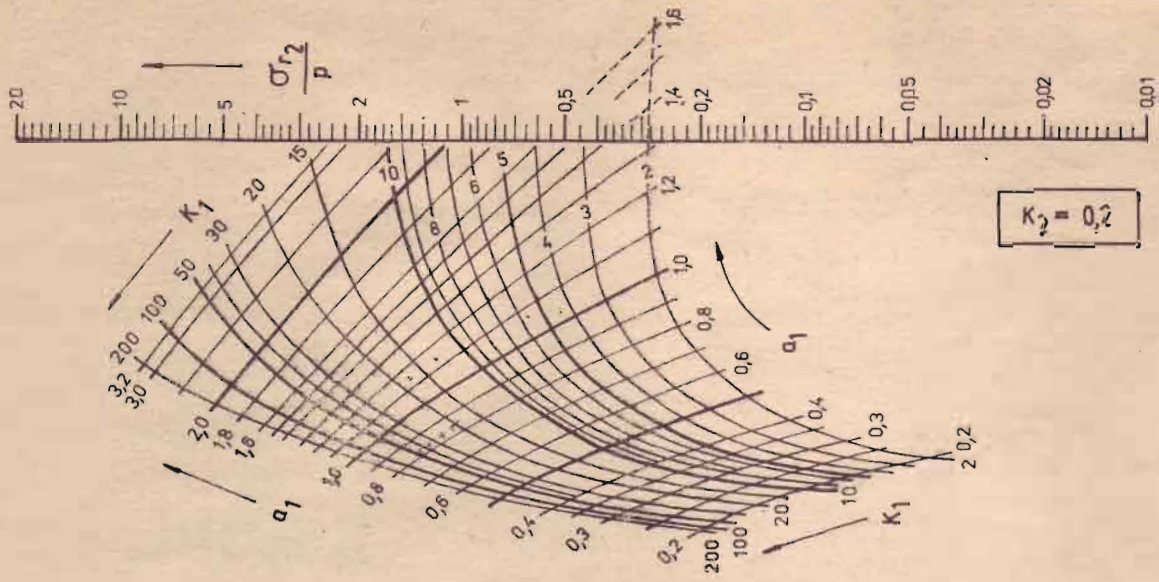


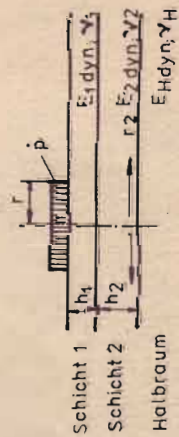
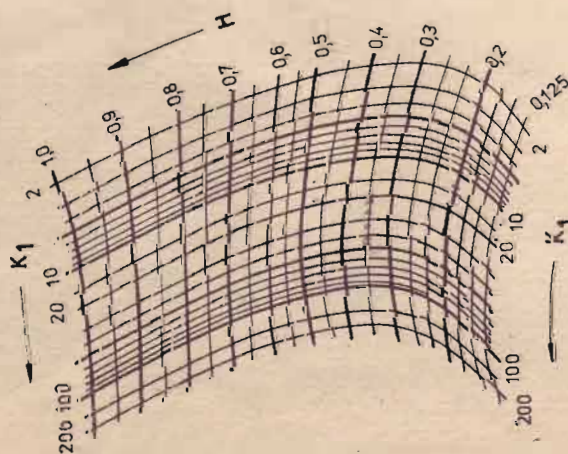
Bild 14 Nomogramm zur Ermittlung von  $\sigma_{r1}/p$  für  $K_2 = 200$





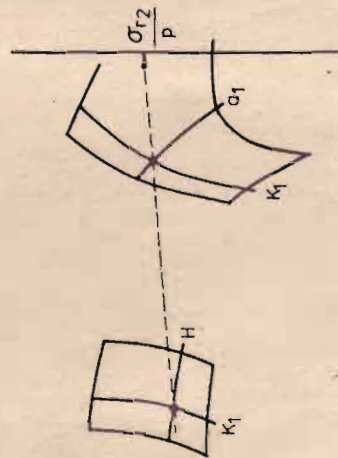
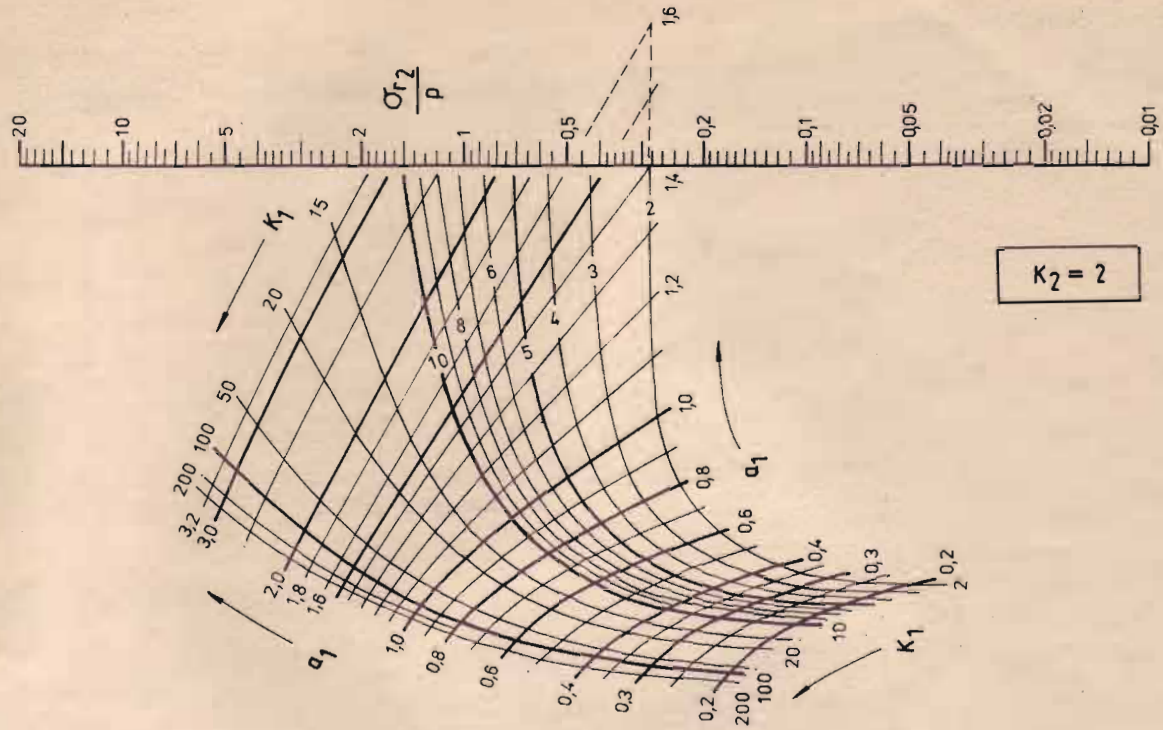
$$K_1 = \frac{E_2 d_{dyn}}{E_1 d_{dyn}} : K_2 = \frac{E_1 d_{dyn}}{E_2 d_{dyn}}$$

$$H = \frac{h_1}{h_2} : a_1 = \frac{r}{h_2}$$



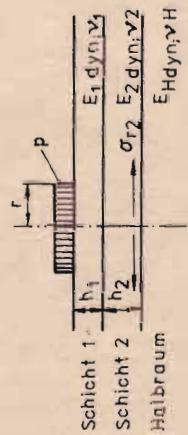
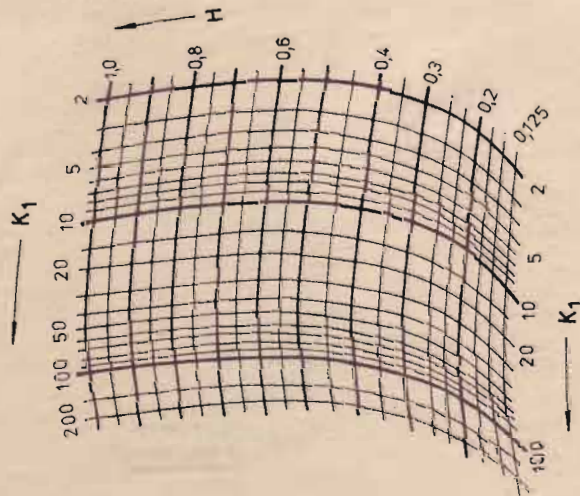
$$\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_H = 0.5$$

Bild 15 Nomogramm zur Ermittlung von  $\sigma_{12}/p$  für  $K_2 = 0,2$



$$K_1 = \frac{E_2 \cdot d_{dyn}}{E_H \cdot d_{dyn}} ; K_2 = \frac{E_1 \cdot d_{dyn}}{E_2 \cdot d_{dyn}}$$

$$H = \frac{h_1}{h_2} ; \alpha_1 = \frac{r}{h_2}$$



$$\nu_1 = \nu_2 = \nu_H = 0,5$$

Bild 16 Nomogramm zur Ermittlung von  $\sigma_{r2}/p$  für  $K_2 = 2$

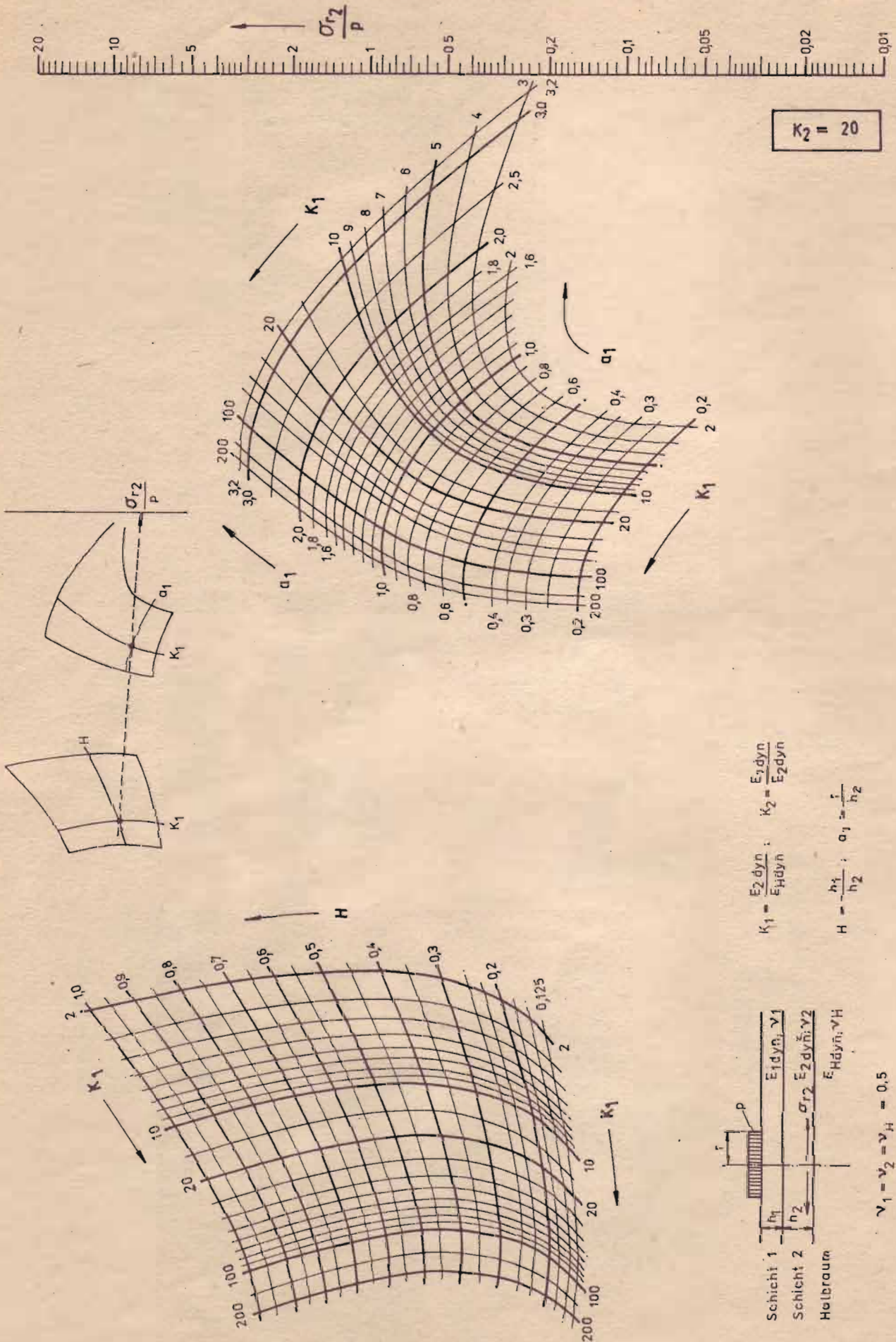
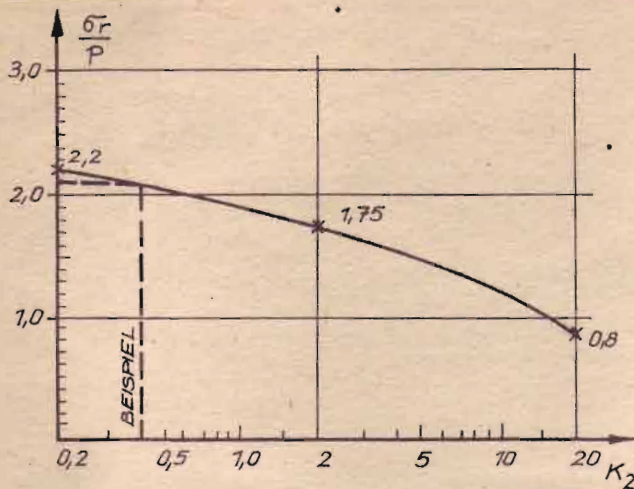


Bild 17 Nomogramm zur Ermittlung von  $\sigma_{r2}/p$  für  $K_2 = 20$

Bild 18 Interpolation bei Zwischenwerten von  $K_2$  (Beispiel)

### 8. Festlegung der Konstruktionsdicken der Schichten

Die der Projektierung zugrunde zu legenden Konstruktionsdicken der einzelnen Schichten  $h_K$  sind aus den berechneten Dicken  $h$  festzulegen.

- gebundene auf gebundenen Schichten  $h_K = h + 10 \text{ mm}$
- gebundene auf ungebundenen Schichten und ungebundene auf ungebundenen Schichten  $h_K = h + 20 \text{ mm}$
- Gesamtdicke der ungebundenen Schichten  $H_K$  auf einer ungebundenen Schicht mit  $H = h$  der ungebundenen Schichten  $H_K = H + 20 \text{ mm}$
- Gesamtdicke der gebundenen Schichten  $H_K$  auf einer ungebundenen Schicht mit  $H = \sum h$  der gebundenen Schichten  $H_K = H + 20 \text{ mm}$

### Hinweise

Ersatz für TGL 22 853/01 Ausg. 12.69 und TGL 22 853/02 Ausg. 7.78

Änderungen: Vereinigung des Inhalts beider Standards; Neuformulierung des Geltungsbereichs; Einführung von spezifischen Verformungsmoduln, die neue Erkenntnisse berücksichtigen; Veränderung der zulässigen Durchbiegungswerte; Neugliederung des gesamten Standards; Überarbeitung der dynamischen Materialkennwerte.

Im vorliegenden Standard ist auf folgende Standards und Vorschriften Bezug genommen:

TGL 11 461/04; TGL 12 100/02; TGL 21 900; TGL 24 676; TGL 28 374/01 bis /03; TGL 33 411/01 bis /03; TGL 42 353; TGL 173-45

Vorschrift 111/82 Blatt 1 der Staatlichen Bauaufsicht und 1. Änderung

Anlagen des Straßenverkehrs; Straßenkonstruktion; Obere Tragschicht, Deckschicht

Vorschrift 111/83 Blatt 2 der Staatlichen Bauaufsicht

Anlagen des Straßenverkehrs; Straßenkonstruktion; Gründung, untere Tragschicht

## **Anlage 5**

**Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz**

**Friedrich-Ebert-Ring 14-20 56068 Koblenz**

# **Leitfaden Kaltrecycling**

**Bauverfahren**

**Baumischverfahren - KRC in situ**

**und**

**Zentralmischverfahren - KRC in plant**

**Formblätter Eigenüberwachung**

**Anlagen**

**5.1 bis 5.11**

Je zwei Blätter

Anlage 5.1	Formblätter	Eigenüberwachung Ausbaustoffgranulat
Anlage 5.2	Formblätter	Eigenüberwachung Ergänzungskörnung
Anlage 5.3	Formblätter	Eigenüberwachung Mischgranulat
Anlage 5.4	Formblätter	Eigenüberwachung Bitumenhaltiges Bindemittel
Anlage 5.5	Formblätter	Eigenüberwachung Straßenbaubitumen
Anlage 5.6	Formblätter	Eigenüberwachung Hydraulisches Bindemittel
Anlage 5.7	Formblätter	Eigenüberwachung KRC-Gemisch I
Anlage 5.8	Formblätter	Eigenüberwachung KRC-Gemisch II
Anlage 5.9	Formblätter	Eigenüberwachung KRC-Schicht I
Anlage 5.10	Formblätter	Eigenüberwachung KRC-Schicht II
Anlage 5.11	Formblätter	Eigenüberwachung Verbrauchsmengen Binde- Mittel

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil Ausbaustoffgranulat**

**Blatt 1**

Bauvorhaben: .....

Misch- und Einbaugerät: .....

Eignungsprüfung: ..... vom: .....

erstellt von: .....

Mit Durchführung der Eigenüberwachung beauftragt: .....

Zeile	Probenahme				Stückgrößenverteilung									Wassergehalt	Prüfer Signum	
	Prüffeld	Station [km]	Datum	Zeit	Vorgabe EPR D 45 [M.-%]	Ist D 45 [M.-%]	Ab- wei- chung [M.-%]	Vorgabe EPR D 32 [M.-%]	Ist D 32 [M.-%]	Ab- wei- chung [M.-%]	Vorgabe EPR D 2 [M.-%]	Ist D 2 [M.-%]	Ab- wei- chung [M.-%]			
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**Abhilfemaßnahmen bei Mängeln**

Zu Zeile	Mangel	Abhilfemaßnahme	Erledigt am	Unterschrift
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**Bemerkungen:**

.....  
 Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
 Unterschrift Bauleiter                                      Datum



**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil Ergänzungskörnung**

**Blatt 1**

Bauvorhaben: .....

Misch- und Einbaugerät: .....

Eignungsprüfung: ..... vom: .....

erstellt von: .....

Mit Durchführung der Eigenüberwachung beauftragt: .....

Zeile	Probenahme				Korngrößenverteilung									Wassergehalt	Prüfer Signum
	Prüffeld	Station [km]	Datum	Zeit	Vorgabe EPR D 45 [M.-%]	Ist D 45 [M.-%]	Ab- wei- chung [M.-%]	Vorgabe EPR D 32 [M.-%]	Ist D 32 [M.-%]	Ab- wei- chung [M.-%]	Vorgabe EPR D 2 [M.-%]	Ist D 2 [M.-%]	Ab- wei- chung [M.-%]		
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**Abhilfemaßnahmen bei Mängeln**

Zu Zeile	Mangel	Abhilfemaßnahme	Erledigt am	Unterschrift
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**Bemerkungen:**

.....  
 Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
 Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil Mischgranulat**

**Blatt 1**

Bauvorhaben: .....

Misch- und Einbaugerät: .....

Eignungsprüfung: ..... vom: .....

erstellt von: .....

Mit Durchführung der Eigenüberwachung beauftragt: .....

Zeile	Probenahme				Stückgrößenverteilung									Wassergehalt	Prüfer Signum	
	Prüffeld	Station [km]	Datum	Zeit	Vorgabe EPR D 45 [M.-%]	Ist D 45 [M.-%]	Ab- wei- chung [M.-%]	Vorgabe EPR D 32 [M.-%]	Ist D 32 [M.-%]	Ab- wei- chung [M.-%]	Vorgabe EPR D 2 [M.-%]	Ist D 2 [M.-%]	Ab- wei- chung [M.-%]			
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**Abhilfemaßnahmen bei Mängeln**

Zu Zeile	Mangel	Abhilfemaßnahme	Erledigt am	Unterschrift
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**Bemerkungen:**

.....  
 Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
 Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil Bitumenhaltiges Bindemittel**

**Blatt 1**

Bauvorhaben: .....

Misch- und Einbaugerät: .....

Eignungsprüfung: ..... vom: .....

erstellt von: .....

Mit Durchführung der Eigenüberwachung beauftragt: .....

Bindemittel: .....

Hersteller / Lieferant: .....

Zeile	Probenahme						Bitumenhaltiges Bindemittel			Prüfer
	Prüffeld	Station [km]	Datum	Zeit	Lieferschein Nr.	Entnahme- menge [kg]	Übereinstimmung EPR/Lieferschein	Temperatur [°C]	Rührtest M KRC [min]	Signum
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil Bitumenhaltiges Bindemittel**

**Blatt 2**

**Abhilfemaßnahmen bei Mängeln**

Zu Zeile	Mangel	Abhilfemaßnahme	Erledigt am	Unterschrift
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**Bemerkungen:**

.....  
 Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
 Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil Straßenbaubitumen (SB)**

**Blatt 1**

Bauvorhaben: .....

Misch- und Einbaugerät: .....

Eignungsprüfung: ..... vom: .....

erstellt von: .....

Mit Durchführung der Eigenüberwachung beauftragt: .....

Bindemittel: .....

Hersteller / Lieferant: .....

Zeile	Probenahme						Straßenbaubitumen		Schaumbitumen		Prüfer Signum
	Prüffeld	Station [km]	Datum	Zeit	Lieferschein Nr.	Entnahme- menge [kg]	Übereinstimmung EPR/Lieferschein	Tem- peratur [°C]	Expan- sion [%]	Halbwerts- zeit [sec]	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil Straßenbaubitumen (SB)**

**Blatt 2**

**Abhilfemaßnahmen bei Mängeln**

Zu Zeile	Mangel	Abhilfemaßnahme	Erledigt am	Unterschrift
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**Bemerkungen:**

.....  
 Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
 Unterschrift Bauleiter                                      Datum



**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil Hydraulisches Bindemittel**

**Blatt 1**

Bauvorhaben: .....

Misch- und Einbaugerät: .....

Eignungsprüfung: ..... vom: .....

erstellt von: .....

Mit Durchführung der Eigenüberwachung beauftragt: .....

Bindemittel: .....

Hersteller / Lieferant: .....

Zeile	Probenahme						Hydraulisches Bindemittel			Prüfer
	Prüffeld	Station [km]	Datum	Zeit	Lieferschein Nr.	Entnahme- menge [kg]	Übereinstimmung EPR/Lieferschein	Temperatur [°C]	Ausstreu- menge [kg/m <sup>2</sup> ]	Signum
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter                                      Datum

KRC - Eigenüberwachung

Teil Hydraulisches Bindemittel

Blatt 2

**Abhilfemaßnahmen bei Mängeln**

Zu Zeile	Mangel	Abhilfemaßnahme	Erledigt am	Unterschrift
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**Bemerkungen:**

.....  
 Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
 Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil KRC-Gemisch I**

**Blatt 1**

Bauvorhaben: .....

Misch- und Einbaugerät: .....

Eignungsprüfung: ..... vom: .....

erstellt von: .....

Mit Durchführung der Eigenüberwachung beauftragt: .....

Zeile	Probenahme				Wassergehalt			Probe- körper	Raumdichte		Raumdichte Mittelwert		Raumdichte Vorgabe EPR		Raumdichte Abweichungen		Prüfer  Signum
	Prüffeld	Station [km]	Datum	Zeit	Vorgabe EPR [M.-%]	Ist [M.-%]	Abwei- chung [M.-%]		Bez.	$\rho_f$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho_{tr}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho_f$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho_{tr}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho_f$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho_{tr}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho_f$ [g/cm <sup>3</sup> ]	
1								PK									
								PK									
								PK									
								PK									
2								PK									
								PK									
								PK									
								PK									
3								PK									
								PK									
								PK									
								PK									

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil KRC-Gemisch I**

**Blatt 2**

**Abhilfemaßnahmen bei Mängeln**

Zu Zeile	Mangel	Abhilfemaßnahme	Erledigt am	Unterschrift
1				
2				
3				

**Bemerkungen:**

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil KRC-Gemisch II**

**Blatt 1**

Bauvorhaben: .....

Misch- und Einbaugerät: .....

Eignungsprüfung: ..... vom: .....

erstellt von: .....

Mit Durchführung der Eigenüberwachung beauftragt: .....

Zeile	Probenahme				Probe-körper	Trockenraum-dichte $\rho_{tr}$	Spaltzugfestigkeit 7 Tage				Spaltzugfestigkeit 28 Tage				Prüfer
	Prüffeld	Station	Datum	Zeit			$\beta_{sz7}$				$\beta_{sz28}$				
		[km]			Bezeich-nung	Mittelwert	Einzelwert	Mittelwert	Vorgabe EPR	Abwei-chung	Einzelwert	Mittelwert	Vorgabe EPR	Abwei-chung	Signum
						[g/cm <sup>3</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
					PK										
					PK										
					PK										
					PK										
					PK										
					PK										
					PK										
					PK										
					PK										

.....  
 Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
 Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil KRC-Gemisch II**

**Blatt 2**

**Abhilfemaßnahmen bei Mängeln**

Zu Zeile	Mangel	Abhilfemaßnahme	Erledigt am	Unterschrift
1				
2				
3				

**Bemerkungen:**

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil KRC-Schicht I**

**Blatt 1**

Bauvorhaben: .....

Misch- und Einbaugerät: .....

Eignungsprüfung: ..... vom: .....

erstellt von: .....

Mit Durchführung der Eigenüberwachung beauftragt: .....

Zeile	Messung				Schichtdicke			Verdichtungsgrad					Unebenheit			Prüfer
	Prüffeld	Station	Datum	Zeit	Vor-gabe	Mess-wert	Unzul. Abwei-chung	Mess-wert	Bezugs-wert	Verdich-tungs-grad Ist	Verdich-tungs-grad Anfordrg.	Unzul. Ab-wei-chung	Anfor-de-rung	Mess-wert	Unzul. Abwei-chung	
		[km]			[cm]	[cm]	[cm]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[mm]	[mm]	[mm]	
1					20 - 2						98,0		< 15			
2					20 - 2						98,0		< 15			
3					20 - 2						98,0		< 15			
4					20 - 2						98,0		< 15			
5					20 - 2						98,0		< 15			
6					20 - 2						98,0		< 15			
7					20 - 2						98,0		< 15			
8					20 - 2						98,0		< 15			
9					20 - 2						98,0		< 15			
10					20 - 2						98,0		< 15			

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter

Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter

Datum

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil KRC-Schicht I**

**Blatt 2**

**Abhilfemaßnahmen bei Mängeln**

Zu Zeile	Mangel	Abhilfemaßnahme	Erledigt am	Unterschrift
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**Bemerkungen:**

.....  
 Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
 Unterschrift Bauleiter                                      Datum



**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil KRC-Schicht II**

**Blatt 1**

Bauvorhaben: .....

Misch- und Einbaugerät: .....

Eignungsprüfung: ..... vom: .....

erstellt von: .....

Mit Durchführung der Eigenüberwachung beauftragt: .....

Zeile	Messstelle		Herst. d. Schicht		Tragfähigkeitsentwicklung									Prüfer	
					Vorgabe	Messreihe 1			Messreihe 2			Messreihe 3			
	Prüffeld	Station	Datum	Zeit	$E_{vdyn}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Datum	Zeit	Messwert $E_{vdyn}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Datum	Zeit	Messwert $E_{vdyn}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Datum	Zeit	Messwert $E_{vdyn}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Signum
1		[km]			80										
2					80										
3					80										
4					80										
5					80										
6					80										
7					80										
8					80										
9					80										
10					80										

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**Abhilfemaßnahmen bei Mängeln**

Zu Zeile	Mangel	Abhilfemaßnahme	Erledigt am	Unterschrift
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**Bemerkungen:**

.....  
 Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
 Unterschrift Bauleiter                                      Datum

**KRC - Eigenüberwachung**

**Teil Verbrauchsmengen Bindemittel**

**Blatt 1**

Bauvorhaben: .....

Misch- und Einbaugerät: .....

Eignungsprüfung: .....

vom: .....

erstellt von: .....

Mit Durchführung der Eigenüberwachung beauftragt: .....

Hydr. Bindemittel: .....

Bitumenhaltiges Bindemittel: .....

Zeile	Prüf-feld	Datum	Hydraulisches Bindemittel					Bitumenemulsion (BE) Straßenbaubitumen für Schaumbitumen (SB)					Prü-fer Sig-num	
			Verbrauchs-menge [kg]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Menge je m <sup>2</sup> [kg/m <sup>2</sup> ]	Vorgabe EPR [kg/m <sup>2</sup> ]	Abwei-chung [kg/m <sup>2</sup> ]	Binde-mittel-art	Verbrauchs-menge [kg]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Menge je m <sup>2</sup> [kg/m <sup>2</sup> ]	Vorgabe EPR [kg/m <sup>2</sup> ]		Abwei-chung [kg/m <sup>2</sup> ]
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter                      Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter                                      Datum

KRC - Eigenüberwachung

Teil Verbrauchsmengen Bindemittel

Blatt 2

**Abhilfemaßnahmen bei Mängeln**

Zu Zeile	Mangel	Abhilfemaßnahme	Erledigt am	Unterschrift
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

**Bemerkungen:**

.....  
Unterschrift Prüfstellenleiter

.....  
Datum

.....  
Unterschrift Bauleiter

.....  
Datum