

Anwendung der Kaltrecyclingbauweise (KRC) in situ am Beispiel einer Landesstraße

Dieter Großhans, Anke Schlosser und Daniel Scholz

1 Vorbemerkungen

Bei der Kaltrecyclingbauweise (KRC) in situ wird durch das Auffräsen bestehender Straßenbefestigungen – ggf. auch unter Einbeziehung ungebundener Schichten – unter Zugabe von Bindemitteln und/oder Ergänzungsstoffen wie Gesteinskörnungen und/oder Granulaten eine gebundene Tragschicht hergestellt. Als bitumenhaltiges Bindemittel ist vorzugsweise Bitumenemulsion, in besonderen Fällen Schaumbitumen zu verwenden; als hydraulische Bindemittel kommen Zemente oder Tragschichtbinder zur Anwendung. Sollen flexible Schichten hergestellt werden, ist die Baustoffkombination bitumendominant einzustellen. Bei der Herstellung hydraulischdominanter Tragschichten ist das Herstellen von Kerben erforderlich. Das KRC-Verfahren eignet sich insbesondere, wenn die gebundenen Schichten inhomogen aufgebaut und/oder mit Kontaminationen aus polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) oder Phenolen belastet sind.

Verfasserschriften:

Prof. Dr.-Ing. D. Großhans, Dipl.-Ing. D. Scholz, PEBA Prüfinstitut für Baustoffe GmbH, Köpenicker Landstraße 280, 12437 Berlin; Dipl.-Ing. A. Schlosser, Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg, NL Süd, Hauptsitz Cottbus, S 21 C, Von-Schön-Straße 11, 03050 Cottbus

Diese Stoffe können in der KRC-Schicht schadlos eingebunden werden, d.h. die Eluierbarkeit der Schadstoffe kann auf die gemäß [1] zulässigen Grenzwerte reduziert werden.

Die Anwendung der KRC-Bauweise erfordert umfangreiche Voruntersuchungen der zu erneuernden Befestigung sowie die Erarbeitung einer objektspezifischen Eignungsprüfung, unter Umständen sind bei gravierenden Änderungen im Befestigungsaufbau auch mehrere Eignungsprüfungen erforderlich. Für die Herstellung der KRC-Schicht im in-situ-Verfahren stehen verschiedene Technikvarianten zur Verfügung. Besonders geeignet sind Fräsrecycler mit Zwangsmischvorrichtung sowie angebauter Einbaubohle. Fräsrecycler, die lediglich über einen Mischrotor verfügen, ermöglichen keine Querverteilung der Baustoffe im Fertigungsstreifen. Bei der Vorbereitung und Ausführung von Baumaßnahmen im KRC-in-situ-Verfahren sind die Regelungen des FGSV-Merkblattes M KRC [2] zu beachten.

2 Angaben zum Bauvorhaben

Bei der zur Erneuerung vorgesehenen Strecke handelte es sich um einen Abschnitt der Landesstraße zwischen Stolzenhain (Land Brandenburg) und dem Abzweig Neu-

erstadt (Land Sachsen-Anhalt). Im Verwaltungsbereich des Landes Brandenburg ist die Landesstraße als L 72 bezeichnet, während sie im Zuständigkeitsbereich des Landes Sachsen-Anhalt die Bezeichnung L 113 trägt. Daher waren an dieser Erneuerungsmaßnahme zwei Auftraggeber, die Landesbetriebe der jeweiligen Bundesländer, beteiligt. Zur Gewährleistung einer einheitlichen Bauausführung lag die Bauleitung bei einem Auftraggeber, dem Landesbetrieb Brandenburg, Niederlassung Cottbus.

Bereits 2008 wurde bei der Instandsetzung des Rad- und Skateweges Stülpe-Ließen, bei der keine kontaminierten Stoffe zu berücksichtigen waren, die KRC-Bauweise erfolgreich erprobt.

Bei der Erneuerung der L 72/L 113 sollte 2010 erstmals im Land Brandenburg die schadlose Einbindung von pechhaltigen Ausbaustoffen vorgenommen werden. Dabei handelte es sich um Ausbaustoffe aus dem Vorhaben selbst und kontaminierte Materialien eines vorhandenen Lagers.

Die Länge der Ausbaustrecke betrug insgesamt 1,975 km (L 72: 1,391 km/L 113: 0,584 km). Die Fahrbahnbreite war von im Mittel 4,80 m durch beidseitige Verbreiterungen auf 6,00 m zu erweitern. Die Erneuerung wurde außerdem

erforderlich weil Längsrisse infolge von Tragfähigkeitsmängeln, Substanzverluste sowie punktuelle Instandhaltungsmaßnahmen (Bild 1) eine längerfristige Nutzung der Fahrbahnbefestigung nicht mehr ermöglicht hätten.

3 Voruntersuchungen

3.1 Baugrunduntersuchungen und Ermittlung der Resttragfähigkeit der vorhandenen Befestigung

Im Zuge der Bestandserfassung wurden an ausgewählten Stellen Kernbohrungen und Erkundungen des Oberbaus sowie des Baugrundes bis ca. 1 m unter Oberkante Fahrbahn vorgenommen [3]. Damit konnten der bestehende Aufbau und die Frostsicherheit beurteilt werden.

Bei den Untersuchungen wurden ein sehr inhomogener Oberbau in Längs- und Querrichtung festgestellt. Der gebundene pechhaltige Oberbau wies an 6 Probenahmestellen auf der Landesstraße L 72 Dicken von 3,5 bis 8,5 cm (i.M. 6,5 cm) und auf der L 113 Dicken von 4,0 bis 10,0 cm (i.M. 5,7 cm) auf. Der ungebundene Oberbau bestand aus einer 8 cm bis 18 cm (L 72) bzw. 18 bis 26 cm (L 113) starken Schottertragschicht. Darunter wurden unterschiedliche Böden ermit-



Bild 1: Oberflächenzustand der Landesstraße L 72/L 113 vor der Erneuerung



Bild 2: Auffräsen der Probenahmestelle auf der Landesstraße L 72



Bild 3: Probenahmestelle zur Entnahme von Asphalt und Schotter bis 30 cm unter Fahrbahnoberkante

telt, die im Wesentlichen den Frostempfindlichkeitsklassen F2 (an der Grenze zu F1) und F1 zuzuordnen sind. Der Oberbau war damit im gesamten untersuchten Bereich als frostsicher einzuschätzen.

Des Weiteren wurden zur Abschätzung der Resttragfähigkeit der vorhandenen Befestigung Einsenkungsmessungen mit dem Standard-Benkelman-Balken (Fachwerkträger-Gitterbalkenkonstruktion) nach [4] vorgenommen und ausgewertet.

Die Einsenkungsmessungen erfolgten an 29 Messpunkten im Abstand von ca. 50 bis 100 m am 2.12.2008 im Abschnitt L 72 noch vor Beginn der Frostperiode. Einsenkungsmessungen auf der Landesstraße L 113 erfolgten nicht, da diese erst später in die Erneuerung aufgenommen wurde.

Dabei wurde festgestellt, dass die mittlere Durchbiegung 0,74 mm betrug und damit nicht der vorgegebenen Bauklasse IV mit einer zulässigen maximalen Durchbiegung von $\leq 0,48$ mm gerecht wurde. Demnach wäre eine Asphaltverstärkungsschicht anhand der bauklassenabhängigen Einsenkungsgrenzwerte nach Leykauf [5] von mind. 12 cm erforderlich, um die Durchbiegungsanforderungen an eine Bauklasse IV einzuhalten.

Der Untersuchungsbereich entsprach nach der mittleren Durchbiegung einer Bauklasse VI. Damit war davon auszugehen, dass der Oberbau der vorhandenen Straße nicht den Anforderungen bezüglich den Verkehrsbeanspruchungen einer Bauklasse IV genügte.

Die an zwei Entnahmestellen durchgeführten Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) auf der L 72 ergaben, dass das Material der Macadamsschicht nach dem in Brandenburg gültigen Regelwerk dem Wiederverwendungsbereich 4 nach BTR RC-StB 04 [6] und gemäß RuVA-StB 01 [1] der Wertungskategorie C zuzuordnen ist. Aufgrund der Ergebnisse der Einsenkungsmessungen und der Umweltverträglichkeitsprüfungen sowie der bereits angeführten Inhomogenität des Befestigungsaufbaues und der vorgesehenen Verbreiterung wurde in [3] eine Erneuerung unter Verwendung der Kaltrecyclingmethode gemäß [2] für sinnvoll erachtet. Hinzu kam, dass bei dieser Bauweise noch zusätzlich pechhaltiges Material mit verarbeitet werden kann.

3.2 Untersuchungen zur Baustoffbedarfsermittlung und Bemessung

Die Baustoffbedarfsermittlung ist Voraussetzung für die Erstellung des Leistungsverzeichnisses. Zur Feststellung der erforderlichen Bindemittelzugaben waren daher analoge Untersuchungen wie zur Er-

stellung einer Eignungsprüfung notwendig.

Für die Baustoffbedarfsermittlung wurde an 3 Probenahmestellen bis zur Tiefe von 12 cm unter Oberkante Fahrbahn das anstehende Material (Asphaltoberbau, Schotter und frostsicherer Boden) entnommen (Bild 2) und homogenisiert. Das Bild 3 zeigt die Probenahmestelle. In gleicher Weise wurden auch später die Proben für die Eignungsprüfung entnommen.

Auf der verbliebenen Oberfläche der ungebundenen Tragschicht (ca. 12 cm unter OK Fahrbahn) erfolgten Tragfähigkeitsmessungen mit dem Leichten Fallgewichtsgerät. Es wurden E_{vd} -Werte zwischen 45 und 90 MN/m² ermittelt.

In den Bankettbereichen, die zur vorgesehenen Verbreiterung der Fahrbahn genutzt werden mussten, wurden E_{vd} -Werte zwischen 7 und 51 MN/m² festgestellt. Bei Anwendung der KRC-Bauweise über die volle Fahrbahnbreite (auch über die Verbreiterung) musste aufgrund der festgestellten geringen Tragfähigkeit der anstehende Boden ausgekoffert und durch eine Frostschutzschicht ersetzt werden.

4 Erneuerungskonzeption

4.1 Baustoffbedarfsermittlung

Auf der zu erneuernden Strecke wurde an insgesamt 3 Stationen Probenmaterial (Fräsgranulat) bis zu einer Tiefe von 12 cm entnommen. Des Weiteren war pechhaltiges Ausbaustoffgranulat als Ergänzungsmaterial aus einem Haufwerk, das an einer Mischanlage lagerte, zu verwenden. Im Vorfeld der Untersuchungen (analog Eignungsprüfung) erfolgte die Prüfung der Umweltverträglichkeit des pechhaltigen Ergänzungsmaterials mit dem Ergebnis, dass dieses Material aufgrund seines PAK-Gehaltes von 52,7 mg/kg Trockenmasse und des Phenolindex von $< 0,01$ mg/l dem Wiederverwendungsbereich 3 nach den BTR RC-StB [6] zuzuordnen ist. Die insgesamt vier Ausgangsproben (3 Proben aus L 72, 1 Probe von der Mischanlage) wurden im Labor der PEBA GmbH für die durchzuführenden Untersuchungen homogenisiert.

Das Fräsgranulat und das Ergän-

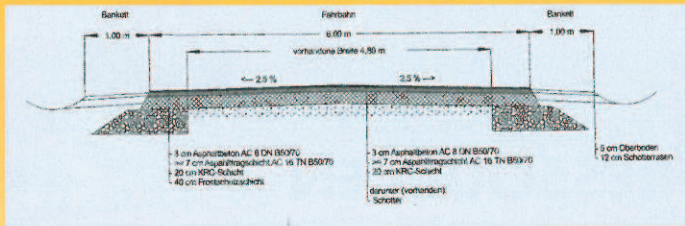


Bild 4: Straßenquerschnitt entsprechend Ausschreibung

zungsmaterial wurden zur Erstellung der Baustoffbedarfsermittlung im Verhältnis 1:1 gemischt, da auch prozentual die entsprechende Mengenverwendung erfolgen sollte. Zur Verbesserung der Sieblinie mussten dem Ausgangsgemisch zusätzlich 2 M.-% Natursand zugesetzt werden. Nach [2] wurden für das Baustoffgemisch ein Gesamtwasserbedarf von 6,9 M.-% und eine Trockendichte von 2,093 g/cm³ bei opt. Wassergehalt ermittelt. Die Verträglichkeit des Zementes (CEM I 32,5 R) mit der Bitumenemulsion (C 60 B1, Börmex) wurde gemäß M KRC 2005, Anhang 3 überprüft und nach einer ermittelten Reaktionszeit von > 5 Minuten nachgewiesen. Hinsichtlich der Erzielung einer optimalen Baustoffkombination wurden drei Mischgutvarianten festgelegt und daraus je drei Probekörper zur Bestimmung der Spaltzugfestigkeit nach 7 Tagen sowie jeweils ein Probekörper für die Umweltverträglichkeitsprüfung hergestellt. Auf Grundlage der ermittelten Ergebnisse wurde eine Gemischvariante mit Zugaben von 4,0 Gewichtsteilen (GT) CEM I 32,5 R,

3,5 GT Bitumenemulsion C 60 B1 sowie 4,0 GT Wasser – unter Berücksichtigung der Eigenfeuchtigkeit des Ausbaustoffgranulates – empfohlen. Darauf basierend erfolgte, bezogen auf eine KRC-Schicht mit einer Dicke von 20 cm, die Baustoffbedarfsermittlung. Damit besteht die KRC-Schicht aus:

49,0	M.-%	Fräsgranulat (i. M. 12 cm aufgefräst – Asphaltoberbau und ToB)
49,0	M.-%	Ergänzungsmaterial (pechhaltiger Ausbaustoffe)
2,0	M.-%	Natursand
100,0	M.-%	Mischgranulat

Dazu war die Zugabe und das Einmischen von

4,0	GT	hydraulisches Bindemittel CEM/32,5 % (Rüdersdorf)
3,5	GT	Bitumenemulsion C 60 B1
4,0	GT	Wasser

vorzusehen. Diese Bedarfsermittlung diente als Grundlage bei der Ausschreibung des Bauvorhabens.

4.2 Bemessung und Erneuerungsvorschlag der PEBA GmbH

Bei der Bemessung der KRC-Schicht wurde auf das Bemessungsverfahren nach TGL 22 853 [7] zurückgegriffen. Diese in der ehemaligen DDR angewandte Berechnungsgrundlage für ein Mehrschichtsystem unter Berücksichtigung der Resttragfähigkeit wurde bereits als Bemessungssystem in die Länderregelungen für Sachsen [8] und für Rheinland-Pfalz [9] aufgenommen. Nach dem Verfahren der TGL 22 853 sind für die ausreichende Dimensionierung einer gewählten oder vorhandenen Straßenkonstruktion zwei Nachweise zu führen. Beide müssen dabei erfüllt werden. Zum einen ist die Einhaltung einer zulässigen Durchbiegung an der Oberfläche der Befestigung für die Bedingungen in der Tauperiode, zum anderen die Einhaltung einer zulässigen Radialzugspannung an der Unterseite der untersten gebundenen Schicht für die Bedingungen in der Tauperiode oder bei hydraulisch dominanten Schichten mit geringer Asphaltüberbauung für die Bedingungen der Sommerperiode nachzuweisen.

Für die Dickenbemessung der KRC-Tragschicht nach TGL 22 853 wurden die Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen mittels leichtem Fallgewichtsgesetz auf dem ungebundenen Oberbau aus den Voruntersuchungen der PEBA GmbH herangezogen. Aufgrund der großen Schwankungen und der partiell auch geringen Tragfähigkeit von $E_{vd} \approx 45$ MN/m² (ca. $E_{v2} \geq 90$ MN/m²) wurde

gegenüber dem M KRC [2], Anlage 2 mit 20 cm eine um 2 cm dickere KRC-Tragschicht vorgesehen.

Die Asphaltbefestigung wurde dagegen gegenüber [2] von 12 cm auf 10 cm reduziert.

Die zulässigen Grenzwerte hinsichtlich Durchbiegung und Radialzugspannung wurden von der gewählten Befestigung eingehalten.

Für den nachfolgenden Schichtenaufbau wurden gemäß [7] die Nachweise geführt.

4 cm	Asphaltdeckschicht AC 11 D N, 50/70
6 cm	Asphalttragschicht AC 22 T N, 50/70
20 cm	Kaltrecyclingschicht (bitumendominant)
30 cm	Gesamtdicke gebundener Oberbau

4.3 Ausschreibung

In der Ausschreibung des Landesbetriebes Brandenburg, NL Süd, HS Cottbus [10] wurde die Erneuerungsmaßnahme in zwei Bauabschnitte unterteilt, da diese sich zum einen Teil in Brandenburg mit dem Teilstück L 72 und zum anderen in Sachsen Anhalt mit dem Teilstück L 113 befinden. Grundsätzlich ist bei dieser Erneuerungsmaßnahme jedoch von einer einheitlichen Erneuerungskonzeption auszugehen. Die Unterteilung in zwei Abschnitte erfolgte nur aus Gründen der Abrechnung. Unter Berücksichtigung des von der PEBA GmbH erarbeiteten Erneuerungsvorschlages und unter Beach-



Bild 5: Mobiler Brecher beim Einsatz auf der Landstraße L 72



Bild 6: Herstellung der KRC-Schicht

tung ökonomischer und technologischer Gesichtspunkte erfolgte die Ausschreibung [10] für folgenden Befestigungsaufbau:

3 cm	Asphaltdeckschicht AC 8 D N, 50/70
≥ 7 cm	Asphalttragschicht AC 16 T N, 50/70
20 cm	Kaltrecyclingschicht (bitumendominant)
30 cm	Gesamtdicke gebundener Oberbau

Im Bild 4 ist der Straßenquerschnitt dargestellt.

Der Einbau der Kaltrecyclingtragsschicht wurde in einer Breite von 6,20 m vorgesehen, so dass eine nutzbare Breite der Asphaltbefestigung von 6,00 m gewährleistet werden konnte.

Dabei war es notwendig, aus Tragfähigkeitsgründen in den jeweils 60 cm breiten Verbreiterungsbereichen zusätzlich eine 40 cm dicke Frostschuttschicht vorzusehen.

5 Einbau der KRC-Schicht

Mit der Herstellung der KRC-Schicht wurde die Firma Kutter Spezialtiefbau GmbH & Co. KG beauftragt. Der Einbau erfolgte am 26. und 27. Mai 2010. Zur Herstellung des KRC-Gemisches wurde der Recycler WR 4200 eingesetzt. Das Gerät verfügt über einen Doppelwellenzwangsmischer sowie über eine angebaute Einbaubohe. Damit waren optimale gerätetechnische Voraussetzungen gegeben. Die vorhandene Befestigung musste zunächst aufgefärscht und das Material mittels mobiler Brecheranlage an Ort und Stelle nachgebrochen werden (Bild 5). Danach wurde kontaminiertes Fremdmaterial vom Lager des Auftraggebers zugefahren und verteilt. Anschließend erfolgte die Profilierung und Verdichtung des Ausbaustoffgranulates. Die Herstellung des KRC-Gemisches sowie dessen Einbau erfolgten halbseitig, so dass lediglich eine Mittellängsnaht in der KRC-Schicht entstand. Bei der Herstellung dieser Schicht wurde das hydraulische Bindemittel Zement CEM I 32,5 R (Rüdersdorf) auf der Befestigung dosiert vorgestreut. Die Zugabe des bitumenhaltigen Bindemittels Bitumenemulsion C 60 B1 (Börmex) erfolgte über die Dosieranlage des Recyclers, die per

Schlauchleitung vom voraus laufenden Tankfahrzeug beschickt wurde (Bild 6). Für die Verdichtung kamen eine Glattmantelwalze sowie eine Gummiradwalze zum Einsatz (Bild 7). Arbeitstäglich erfolgte nach Abschluss der Arbeiten eine Versiegelung der fertiggestellten KRC-Schicht mit 1,0 kg/m² instabiler Bitumenemulsion C 67 B4-0B sowie ein Abstreuen mit 8,0 kg/m² Gesteinskörnung 2/5. Der überschüssige Splitt war vor der Überbauung mit Asphalt abzukehren.

6 Untersuchungen während des Einbaus und im Labor

6.1 Eignungsprüfung

Vor dem Bau der Erprobungsstrecke musste eine Eignungsprüfung für die Kaltrecyclingtragsschicht erstellt werden. Mit den Untersuchungen dazu wurde von der Kutter Spezialtiefbau GmbH & Co. KG die PEBA GmbH beauftragt.

Die Eignungsprüfung orientierte sich an der im Abschnitt 4 dargelegten Baustoffbedarfsermittlung. Im Unterschied zur Baustoffbedarfsermittlung erfolgte die Probenahme auch im Bauabschnitt L 113. Da die entnommenen Proben aus beiden Bauabschnitten (3 Stck. L 72 und 2 Stck. L 113) nur geringfügig von einander abwichen, wurde daraus und unter Zuführung von pechhaltigen Ausbaustoffen (anderes Material als bei Baustoffbedarfsermittlung) eine homogene Sammelprobe hergestellt.

Die Zuführung von Natursand, wie bei der Baustoffbedarfsrechnung noch zu berücksichtigen war, konnte aufgrund des stetigen Aufbaus der Stückgrößenverteilung entfallen. Außerdem war aufgrund der höheren Eigenfeuchte des Ausbaustoffgranulates eine geringere Wasserzugabe (2 GT anstelle 4 GT) notwendig.

Unter Zugrundelegung der mit 3 verschiedenen Bindemittelgehalten durchgeführten Untersuchungen wurde die in der Tabelle 1 angegebene Dosierempfehlung gegeben.

6.2 Eigenüberwachungsuntersuchungen

Die Eigenüberwachungsuntersuchungen der KRC-Tragschicht erfolgten im Auftrag von Kutter



Bild 7: Verdichtung mit Gummiradwalze sowie Glätten mit Glattmantelwalze

Spezialtiefbau GmbH & Co. KG durch die RAP Stra-Prüfstelle I. B. B. Ingenieurgesellschaft für Baustoffe und Bautechnik Bischof mbH.

Dabei wurden vor allem Messungen der Tragfähigkeitsentwicklung mit dem Leichten Fallgewichtsgeschwindigkeit und die Ermittlung des Verdichtungsgrades in der KRC-Tragschicht vorgenommen.

6.3 Kontrollprüfungen

Die Kontrollprüfungen wurden von der PEBA GmbH im Auftrag des Landesbetriebes Brandenburg an der KRC-Tragschicht und am eingebauten Asphalt sowie auf der Fahrbahnoberfläche ausgeführt.

6.3.1 Kaltrecycling-Tragschicht

Die im Erneuerungsvorschlag und der Ausschreibung vorgegebene Schichtdicke der KRC-Tragschicht von 20 cm wurde an allen 9 Untersuchungsstellen mit der zulässigen

Abweichung von -10 % gemäß M KRC, Tabelle 1 [2] eingehalten. Die mittlere Schichtdicke an den Prüfstellen beträgt 21,4 cm.

Bei Messung der Ebenheit mit Planograf in Längsrichtung wurde festgestellt, dass die gemäß M KRC, Tabelle 2 [2] vorgegebene Anforderung von 1,5 cm an 10 Stellen auf einer Messlänge von 3,4 km nicht eingehalten wurde.

Die weiteren an der KRC-Schicht ermittelten physikalischen Kennwerte und die Umweltverträglichkeitsparameter sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Alle in der Tabelle 2 aufgeführten Kennwerte halten die Anforderungen des Merkblattes M KRC [2] sowie der BTRC-StB 04 [6] ein.

6.3.2 Asphalt

Asphaltuntersuchungen wurden gemäß ZTV Asphalt-StB 07 [11] an 3 Entnahmestellen, davon an zwei Entnahmestellen im Bauabschnitt

Tabelle 1: Dosierempfehlung

Komponenten	Anteil
Fräsgutgranulat 0/45 i. M. 12 cm aufgefärscht Asphalt u. ToB (Trockenmasse)	194,9 kg/m ² = 50,0 M.-%
Ergänzungsmaterial aus Holzdorf (Trockenmasse)	194,9 kg/m ² = 50,0 M.-%
Mischgranulat (Trockenmasse)	389,8 kg/m ² = 100,0 M.-%
Hydraulisches Bindemittel CEM I 32,5 R (Rüdersdorf)	15,6 kg/m ² = 4,0 GT*
Bitumenemulsion C 60 B1	13,7 kg/m ² = 3,5 GT*
Wasser**	7,8 kg/m ² = 2,0 GT*
Feuchtmasse	426,9 kg/m ²
Gesamtwasser	13,3 kg/m ²
Trockenmasse	413,6 kg/m ²

* bezogen auf Trockenmasse Mischgranulat

** bei der Wasserzugabe ist die Materialfeuchte zu berücksichtigen

Tabelle 2: Kennwerte der Kaltrecycling-Schicht

Parameter	Station			Anforderungen
	L 113, Abs. 10 FS Linda km	L 72, Abs. 80 FS B 101 km	L 72, Abs. 80 FS B 101 km	
Einbaudatum	26.05.10	27.05.10	27.05.10	
Gemischrohdichte (Wasser) [g/cm ³]	2,400	2,405	2,438	
Raumdichten Probekörpe [g/cm ³]	2,129	2,136	2,183	
Hohlraumgehalt [Vol.-%]	11,3	11,2	10,5	≤ 12,0 ¹⁾
Verdichtungsgrad [%]	103,7	100,0	99,8	≥ 98
Spaltzugfestigkeiten nach 7 Tagen bei T = + 5 °C [N/mm ²]	0,59	0,92	0,75	≥ 0,56 ²⁾
Mittelwert [N/mm ²]	0,75			≥ 0,56 ²⁾
Spaltzugfestigkeiten nach 28 Tagen bei T = + 5 °C [N/mm ²]	0,86	1,10	0,98	≥ 0,84 ³⁾
Mittelwert [N/mm ²]	0,96			≤ 0,75 ²⁾
Umweltverträglichkeitsprüfung nach 7 d				
PAK nach EPA im Eluat [mg/l]	0,005	0,012	0,007	< 0,03 ⁴⁾
Phenolindex im Eluat [mg/l]	< 0,01	0,014	0,055	< 0,1 ⁴⁾

¹⁾ ≤ Wert der Eignungsprüfung + 2 Vol.-% gemäß M KRC [2]
²⁾ ≥ Wert der Eignungsprüfung - 20 % gemäß M KRC [2]
³⁾ ≥ Wert der Eignungsprüfung - 20 % gemäß M KRC [2]
⁴⁾ gemäß BTR RC-StB 04 [6]

L 72 (Land Brandenburg) und an einer Entnahmestelle im Bauabschnitt L 113 (Land Sachsen-Anhalt) vorgenommen.

Die an den Bohrkernen der 3 Entnahmestellen ermittelten Schichtdicken ergaben eine mittlere Gesamtschichtdicke der Asphaltbefestigung von 9,9 cm (Soll: 10,0 cm), bei Einzeldicken der Deckschicht von i. M. 3,0 cm und der Asphalttragschicht von i. M. 6,9 cm.

Die in der Ausschreibung [10] mit 3,0 cm (Deckschicht) und ≥ 7,0 cm (Asphalttragschicht) vorgegebenen Schichtdicken wurden mit den zulässigen Toleranzen eingehalten. Nach der TP Asphalt-StB 07, Teil 80 [12] erfolgte an jeweils 2 Bohrkernen aller 3 Entnahmestellen die Ermittlung des Schichtenverbundes.

Dabei war festzustellen, dass mit Scherkraft-Werten von 32,0 bis 33,8 kN die Anforderungen gemäß [11] mit ≥ 12,0 kN eingehalten wurden.

An einer der 3 Entnahmestellen wurden an der Asphaltdeckschicht (AC 8 DN) der Verdichtungsgrad und Hohlraumgehalt unzulässig unter- bzw. überschritten [3].

An der Entnahmestelle BK 1 war ein Verdichtungsgrad von 96,2 % (Soll: ≥ 97 %) und ein Hohlraumgehalt von 6,8 Vol.-% (Soll: ≤ 5,5 Vol.-%) festgestellt worden.

Die Mischgutzusammensetzungen der Asphaltdeckschicht AC 8 DN und der Asphalttragschicht AC 16 TN liegen im Wesentlichen innerhalb der zulässigen Toleranzen der laut Eignungsnachweis vereinbarten Werte.

Unzulässige Abweichungen wurden lediglich mit der Unterschreitung des Füllergehaltes bei der Mischgutsorte AC 8 DN festgestellt. Die Hohlraumgehalte am Marshallprobekörper aller Mischgutproben werden den Anforderungen der TL Asphalt-StB 07 [13] gerecht.

Nach Fertigstellung des Bauvorhabens erfolgten Ebenheits- und Griffigkeitsmessungen als Kontroll- und Abnahmeprüfungen im Rahmen des Bauvertrages.

Die auf der Asphaltdeckschicht mit dem Planograf noch vor der Verkehrsfreigabe durchgeführten Ebenheitsmessungen in Längsrichtung auf beiden Fahrbahnseiten im Abstand von 0,70 m vom Fahrbahnrand zeigten keine unzulässigen Abweichungen vom Anforderungswert (4 mm).

Die als Abnahmeprüfung durchgeführte Griffigkeitsmessung mit SKM ca. 1 Monat nach Verkehrsfreigabe zeigte in keinem 100 m-Messbereich unzulässige Abweichungen von den Anforderungen der ZTV Asphalt-StB 07 [11].

6.4 Prüfungen zur Bewertung der Effizienz der Erneuerung

Nach Fertigstellung der Fahrbahn erfolgten zur Bewertung der Tragfähigkeit Einsenkungsmessungen mit dem Benkelman-Balken nach dem Arbeitspapier Tragfähigkeit der FGSV [4].

Die Messungen wurden wechselseitig auf beiden Fahrbahnseiten ca. 0,50 bis 0,70 m vom Fahrbahnrand im Abstand von ca. 25 m vorgenommen.

Insgesamt wurden bei 80 Messpunkten eine mittlere Einsenkung von 0,19 mm und eine maximale Einsenkung von 0,48 mm festgestellt.

Damit liegen keine Messwerte über der nach Leykauf [5] für die Bauklasse IV maximal zulässigen Deflexion.

Auch unter Berücksichtigung, dass die Durchbiegungsmessungen nicht in der Zeit der geringsten Tragfähigkeit (Frühjahr) erfolgten, ist von einer ausreichenden Tragfähigkeit auszugehen.

Dafür spricht, dass der Baugrund frostsicher ist und keine ungünstigen Wasserverhältnisse vorliegen, so dass die Tragfähigkeitsunterschiede im Frühjahr und Sommer gering sind.

7 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Kontrollprüfungen und zusätzlich vorgenommener Durchbiegungsmessungen mit Benkelman-Balken haben gezeigt, dass bei qualitätsgerechter Bauausführung ein dem Regelwerk entsprechender Oberbau hergestellt werden kann.

Der Vergleich der Durchbiegungsmessungen auf der vorhandenen Asphaltbefestigung vor der Erneuerung mit denen auf der neuen Asphaltbefestigung nach der Erneuerung zeigen erhebliche Unterschiede in den mittleren und maximalen Durchbiegungswerten:

- vor Erneuerung:
 - mittlere Durchbiegung 0,74 mm
 - maximale Durchbiegung 1,13 mm
 - nach Erneuerung:
 - mittlere Durchbiegung 0,19 mm
 - maximale Durchbiegung 0,48 mm.
- Vor der Erneuerung erfüllte die Befestigung nach [5] im Tragfähigkeitsverhalten sowohl für die mitt-

lere als auch für die maximale Durchbiegung noch nicht einmal die Anforderungen einer Bauklasse VI. Nach der Erneuerung, die auch eine Verbreiterung einschloss, entspricht – wie vom Auftraggeber vorgegeben – die Befestigung einer Bauklasse IV.

Der besondere Vorteil der KRC-Bauweise besteht darin, dass eine in den Schichtdicken und Tragfähigkeit ungleichmäßige Fahrbahnbefestigung – auch über die Verbreiterungsbereiche – homogenisiert wird. Außerdem können pechhaltige Ausbaustoffe umweltverträglich in die KRC-Schicht eingebunden werden. Beim Bauvorhaben wurden sogar noch pechhaltige Ausbaustoffe zugeliefert und somit die Lagerbestände erheblich reduziert.

Gleichzeitig konnte die zu geringe Fahrbahnbreite auf eine Regelbreite ausgebaut werden.

Schlussfolgernd aus den Untersuchungsergebnissen des Bauvorhabens ist festzustellen, dass mit der Anwendung der KRC-in-situ Bauweise eine Oberbaubefestigung hergestellt werden kann, die in Qualität und Kosten einem herkömmlichen grundhaften Aufbau entspricht. Bei Einbeziehung pechhaltiger oder anderer kontaminierter Materialien lässt sich die Wirtschaftlichkeit der Bauweise effizient gestalten.

Literaturverzeichnis

- 1 RuVA-StB 01: Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, Ausgabe 2001, Fassung 2005, FGSV 795
- 2 M KRC: Merkblatt für Kaltrecycling in situ im Straßenbau, Ausgabe 2005, FGSV 636
- 3 Scholz, D.; Grobhan, D.: Zusammenfassender Untersuchungsbericht der PEBA GmbH (Nr. 1.0069.11) zur Erprobungsstrecke mit dem KRC-Verfahren
- 4 AP 33 B1/C1: Arbeitspapier Tragfähigkeit, Teil B1 Benkelman-Balken: Gerätebeschreibung, Messdurchführung, Teil C1 Benkelman-Balken: Auswertung und Bewertung von Einsenkungsmessungen, Ausgabe 2005, FGSV
- 5 Leykauf, G.: Anforderungen aus Fahrbahnbefestigungen im Verlauf des letzten und des nächsten Jahrzehntes, asphalt 4/98
- 6 BTR RC-StB 04: Brandenburgischen Technischen Richtlinien für die Wiederverwertung von Bau-

- stoffen im Straßenbau – Herstellung, Prüfung, Auslieferung und Einbau, Ausgabe 2004
- 7 TGL 22853: Bemessung flexibler Befestigungen, Obere Trag- und Deckschichten, Ausgabe Januar 1987
 - 8 SN TR KRC in plant: Sächsische Technische Richtlinien für Kaltrecycling in plant für den Straßenoberbau, Mai 2007
 - 9 Baumischverfahren – KRC in situ und Zentralmischverfahren – KRC in plant, Leitfadent Kaltrecycling des Landesbetriebes Mobilität Rheinland-Pfalz, Ausgabe 2009
 - 10 Schlosser A.: Vergabeunterlagen des LS Brandenburg, NL Süd, HS Cottbus zum Bauvorhaben L 72/L 113 von 12/2009
 - 11 ZTV Asphalt-StB 07: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Ausgabe 2007, FGSV 799
 - 12 TP Asphalt-StB 07: Technische Prüfvorschriften für Asphalt im Straßenbau, Ausgabe 2007, FGSV 756
 - 13 TL Asphalt-StB 07: Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen, Ausgabe 2007, FGSV 797

Lange Bahnen und enge Kurven von hoher Qualität

Strengste Qualitätsvorgaben prägen den Einsatz des Super 1800-2 auf der Baustelle des »Zaventem Proving Ground«, den die Strabag AG und das Bauunternehmen Max Bögl für Toyota Motor Europe NV/SA bauten. Zaventem in Belgien ist der Sitz des europäischen Forschungs- und Entwicklungszentrums von Toyota. Auf dem neuen Gelände sind Slalomstrecken, eine Bremsprüfstrecke, eine Eisbahn und eine Rüttelstrecke vorgesehen, um die hier entwickelten Fahrzeuge zu testen. Damit die Ergebnisse verwertbar sind, musste die gesamte Anlage von insgesamt 51.500 m² Fläche absolut präzise hergestellt werden.

Tests für das optimale Mischgut

Zur Vorbereitung des Geländes wurden vorhandene leerstehende Gebäude abgerissen, Brachen aufgefüllt und eingeebnet. Dann wurden nach einer Zementstabilisierung insgesamt vier Schichten gebaut: Für den Unterbau war eine 30 cm dicke Schottertragschicht mit Anteilen von Recycling-Material vorgesehen. Darüber fertigte die Mannschaft eine 8 cm dicke Asphalttragschicht aus Mischgut vom Typ Asphaltbeton AC 32 T S bzw. Asphaltbeton AC 22 T S. Anschließend stand eine 4 cm dicke Binderschicht aus Asphaltbeton AC 16 B S auf dem Programm, die ebenfalls 4 cm dicke Deckschicht bestand aus Asphaltbeton AC 11 D S. Um die ideale Zusammensetzung der einzelnen Mischgüter zu ermitteln, fanden

schon im Vorfeld der Baumaßnahme zahlreiche detaillierte Tests statt. Die Zuschlagstoffe des Mischguts wurden zum Teil aus unterschiedlichen Steinbrüchen gewonnen, um den speziellen Anforderungen gerecht zu werden.

Lange Strecken, enge Kurven

Ebenso genau formuliert waren die Anforderungen an den Fertiger: Die Einbaugeschwindigkeit durfte 3,5 m/min nicht unterschreiten, ein Stopp während des Einbaus war aus Qualitätsgründen ohnehin ausgeschlossen. Der Fertiger ist aufgrund seiner Vielseitigkeit für ein derartiges Projekt geradezu prädestiniert. Einerseits bewältigt er mit einer Einbauleistung von bis zu 700 t/h spielend große Strecken, in Zaventem beispielsweise lange, gerade Fahrbahnen. Andererseits ist er mit seiner kompakten Bauweise von nur 6 m Maschinenlänge auch für den Einbau in engen Kurven gut geeignet. Nicht umsonst zählt er zu den beliebtesten Vögele Fertigern der »Strich 2«-Generation. Da das Testgelände in vielen relativ kurzen Abschnitten hergestellt wurde, war der Fertiger trotz der großen Gesamtfläche im Alleingang unterwegs. Zumeist wurde mit einer Einbaubreite von 5 m gearbeitet, hin und wieder wurde die Bohle auf 6 m aufgebaut. Alle wichtigen Bahnen wurden ohne Anbauteile gefertigt. Dabei konnte sich die Mannschaft auf die hohe Strukturfestigkeit der Ausziehböhlen verlassen. Sie basiert ganz wesent-



Da das Testgelände in vielen relativ kurzen Abschnitten hergestellt wurde, war der Fertiger trotz der großen Gesamtfläche im Alleingang unterwegs. Dabei durfte er während des Einbaus nicht stehen bleiben, eine perfekt organisierte Baustellenlogistik war ein Muss

lich auf der dreiteiligen Einrohr-Teleskopführung: Da die Teleskoprohre auch bei maximaler Einbaubreite noch zur Hälfte eingespannt sind, werden selbst minimale Durchbiegungen verhindert.

Nivellierung mit Big-MultiPlex-Ski

Die Ebenheit der einzelnen Schichten wurde mit unterschiedlichen Systemen sichergestellt. Beim Bau der Trag- und der Binderschicht tasteten Ultraschall-Multi-Sensoren einen Leitdraht ab. Zur Nivellierung

der Deckschicht wurde der Fertiger mit dem Big-MultiPlex-Ski ausgestattet. Und die Ergebnisse konnten sich sehen lassen: Die erlaubte Varianz von 3 mm auf einer Strecke von 4 m in Querrichtung, auch über die Nähte hinweg, wurde immer unterschritten.

Weitere Informationen:
Joseph Vögele AG
Joseph-Vögele-Str. 1
D- 67075 Ludwigshafen
www.voegele.info

Asphalteinbau auf kleinen Baustellen

Als bisher einziger Hersteller deckt die Ammann Group mit Asphaltmischanlagen, Straßenfertigern und Asphaltwalzen die komplette Prozesskette von der Materialherstellung bis zum Deckenschluss ab. Die Produktgruppe Straßenfertiger, basierend auf der Übernahme des italienischen Unternehmens Antec/IRM, ist noch relativ neu. Zwischenzeitlich hat Ammann nach einer kompletten Überarbeitung und Modernisierung insgesamt vier Straßenfertiger im Programm. Drei davon sind wahlweise als Rad- oder Kettenfertiger lieferbar – die kleinste Version ausschließlich als Radfertiger. Die Markteinführung in Deutschland läuft parallel zum Ausbau der bisherigen Händlerorganisation, um

schnell und umfassend Beratung bzw. Hilfestellung leisten zu können. Bisherige Dauereinsätze wie z. B. im Zuge der Landesgartenschau 2012 in Bamberg bestätigen Leistung, Funktionalität und Qualität der neuen Produkte.

Viele Kommunen fordern maschinellen Asphalteinbau

Auf elektronische Features verzichtet auch der Ammann-Kleinfertiger AFW 150 G, den sich das Erd-, Tief- und Straßenbau-Unternehmen Friedrich Rebmann in Schönaich bei Böblingen im letzten Oktober anschaffte. Mit seinen rund vierzig Mitarbeitern übernimmt Uwe Rebmann vorrangig Aufgaben im Ver- und Entsorgungsleitungsbaubau. Nach dem im-