

Kaltrecycling in situ - 1. Bewertung sächsischer Erprobungsstrecken

1. Einleitung

In Sachsen kommt seit 1992 ein Recycling-Verfahren zur Anwendung, bei dem die vorhandenen Oberbauschichten durch Fräsen aufgenommen und unter Zugabe von Zement, Bitumenemulsion und gegebenenfalls Mineralstoffen als neue Tragschicht wieder eingebaut werden (Bild 1).

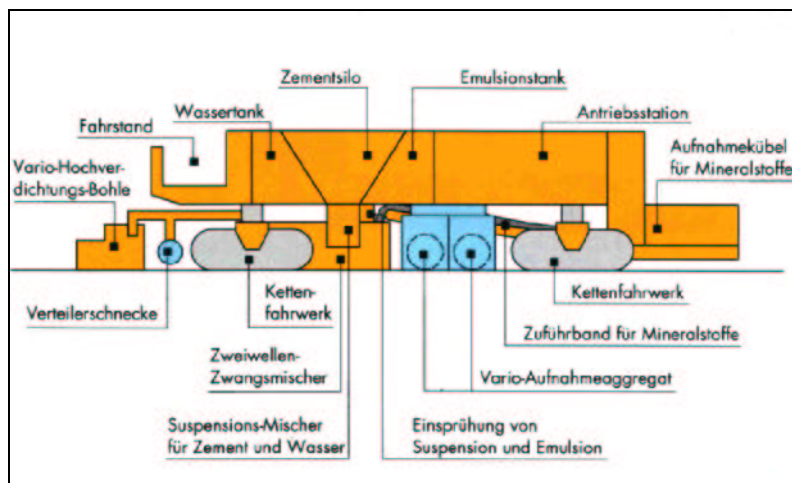


Bild 1: Schematischer Ablauf des Recyclingvorganges beim Mixpaver CR 4500 [1]

Vorteile dieser Kaltrecycling-Bauweise sind zum einen die vollständige Wiederverwendung der Ausbaumaterialien und zum anderen die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Substanzen.

Doch nicht nur in technologischer Hinsicht ist das Kaltrecycling in situ-Verfahren (KRC) eine Neuerung. Auch bautechnisch werden durch die Kombination von hydraulischen und bituminösen Bindemitteln neue Wege beschritten, um die Vorteile beider Bindungsarten zu vereinen.

1999 erschienen:

1/99 Hinweise zur Wartung und Pflege von Amphibienschutzanlagen

2/99 Untersuchungsstrecke zur Erhöhung der Standfestigkeit der Asphaltbefestigung durch Einsatz eines PmB 25A in der Asphaltbinderschicht auf der B 175/OU Töpeln 1998

3/99 Entwicklung der Arbeits- und Wegunfälle in den Straßenbauämtern der sächsischen Straßenbauverwaltung 1995-1998

So soll durch die Zugabe von Zement eine angemessen hohe Festigkeit erreicht werden, wogegen durch die Zugabe von Bitumenemulsion eine gewisse Flexibilität angestrebt wird und somit die Rissempfindlichkeit gesenkt werden soll.

Von 1992 bis 1997 wurden im Zuständigkeitsbereich der Straßenbauverwaltung Sachsen 27 Kaltrecyclingstrecken angelegt. In diesem Zeitraum dienten 2 unterschiedliche technische Regelwerke als Orientierung für die Bauvorbereitung und Ausführung. Anfangs wurde nach dem Merkblatt zur „Wiederverwendung von bituminösen Trag- und Deckschichten sowie ungebundenen Schichten in Kaltbauweise“ des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten der Republik Österreich vom Juli 1995 [2] gebaut. Mit der Einführung der Richtlinie „Komplexrecycling im Straßenbau, Entwurf Mai 1995“ durch das Sächsische Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit [3] wurde dieser Richtlinienentwurf als Grundlage der neuen Bauweise angewendet.

Mit der Einführung der sächsischen Richtlinie änderten sich gegenüber dem österreichischen Merkblatt nicht nur die Anforderungen an die Kaltrecyclingschicht, sondern auch die Prüfverfahren und Prüfbedingungen. So wurde zunächst die einaxiale Druckfestigkeit als Prüfverfahren mit der Forderung einer Druckfestigkeit nach 7 Tagen von $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ benutzt. Seit 1995 wird bei den Eignungs- und Kontrollprüfungen die Spaltzugfestigkeit geprüft. Durch dieses Prüfverfahren ist es möglich, nicht nur die Festigkeit, sondern auch anhand der ermittelten Querdehnung den Einfluss des Bitumenanteils auf das Dehnungsverhalten und somit die Rissempfindlichkeit zu beurteilen.

Die Liegezeit der im 2. Halbjahr 1998 bewerteten Kaltrecyclingstrecken betrug 1 bis 6 Jahre. Die Untersuchung erfolgte in Zusammenarbeit des Sächsischen Landesinstitutes für Straßenbau mit der Technischen Universität Dresden, Lehrstuhl Straßenbau im Rahmen einer studentischen Belegarbeit. Dazu wurde am 18.12.1998 ein Untersuchungsbericht [4] herausgegeben, dessen wesentlicher Inhalt im Folgenden dargestellt wird.

2. Umfang der durchgeführten Untersuchung

Voraussetzung für die erste Bewertung der Kaltrecyclingstrecken in Sachsen war neben der Entnahme und Prüfung von entnommenen Bohrkernen die Begehung und visuelle Zustandserfassung. In erster Linie ging es darum, einen Gesamteindruck von den einzelnen Strecken zu bekommen und Schadensbilder, wie Netz-, Quer- und Längsrisse sowie Spurrinnen, aufzunehmen. Zu jeder Strecke wurde ein Protokoll angefertigt, in welchem neben der Zustandsbeurteilung auch die Kilometrierung der Bohrkernentnahmestellen festgehalten wurde.

Die Menge der pro Strecke ausgewählten Entnahmestellen sowie deren Verteilung entsprach einer Stichprobe. Auf Strecken ohne Schadensbild wurde jeweils im ersten und im letzten Drittel gebohrt. Dagegen sind auf schadhafte Strecken jeweils im Schadensbereich und im danebenliegenden schadlosen Bereich Bohrkernentnahmen entnommen worden.

Entsprechend des sächsischen Richtlinienentwurfes [3] wurden jeweils Doppelkerne mit einem Durchmesser von 150 mm gezogen.

Später wurden die einzelnen Schichten am Bohrkern vermessen und Besonderheiten am Kern dokumentiert sowie dieser fotografiert.

Wegen des vergleichsweise sehr großen Hohlraumgehaltes der KRC-Schicht (bis 20 Vol.-%) wurde die Raumdichte durch das Ausmessverfahren bestimmt. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass eventuelle Unregelmäßigkeiten an den Begrenzungsflächen bzw. Ausplatzungen an den Mantelflächen unberücksichtigt bleiben.

Die Festigkeits- und Formänderungskennwerte der KRC-Schicht wurden mit der Spaltzugprüfung ermittelt. Mit diesem Prüfverfahren ist es möglich, neben der Spaltzugfestigkeit auch die Bruchdehnung und den Elastizitätsmodul zu ermitteln.

Die Prüftemperatur der Bohrkern lag bei + 5 °C, da diese für die auftretenden Temperaturen in der Tauperiode im Frühjahr und somit für den kritischen Lastfall repräsentativ ist.

Von insgesamt 99 entnommenen Bohrkernen konnte nur an 58 Kernen die Spaltzugprüfung durchgeführt werden. Der Grund dafür war, dass die Dicke der KRC-Schicht dem Durchmesser des Bohrkernes entsprechen muss, was jedoch auf Grund mangelnder Bindung der Mineralstoffe im unteren Bereich der Kerne oft nicht gegeben war.

Untersuchungen des Unterbaus sowie der Asphaltüberbauung erfolgten bei der ersten Bewertung der Erprobungsstrecken nicht.

3. Untersuchungsergebnisse

3.1 Allgemeines

Die Auswertung der Prüfergebnisse erfolgte anhand der Anforderungen aus dem FGSV-Merkblatt „Kaltrecycling in situ im Straßenoberbau, 6. Entwurf, Januar 1998“ [5].

In der Folgezeit sind weitere Entwürfe des Merkblattes entstanden. Wesentliche Änderungen beziehen sich auf die Unterteilung der KRC-Schichten nach Bindungstypen und den damit verbundenen Anforderungen an Bruchdehnung und Elastizitätsmodul. Diese Änderungen waren zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht bekannt und bleiben daher unberücksichtigt.

3.2 Visuelle Zustandserfassung

In die visuelle Zustandserfassung sind die Ergebnisse von 21 Kaltrecyclingstrecken eingegangen.

Nachstehende Schäden sind in einem nicht bestandsgefährdenden Umfang vorhanden:

- Netzkrisse: → 2 Strecken,
- Längskrisse: → 4 Strecken,
- Querkrisse: → 7 Strecken.

Spurrinnen sind auf keiner Erprobungsstrecke aufgetreten.

Der bei der Erfassung angetroffene Zustand wurde in einer Fotodokumentation festgehalten (Bild 2, Bild 3).



Bild 2: Streckenabschnitt ohne Schäden
(S 201; Oederan - Kreuzung S 203) [4]



Bild 3: Streckenabschnitt mit einem typischen Querriss
(S 279; Amtsgrenze Plauen - S 293) [4]

Insgesamt konnte anhand der visuellen Zustandserfassung eingeschätzt werden, dass die Strecken sich in einem guten Zustand befinden. Bei den einzelnen Schadensbildern handelte es sich um unbedeutende Schäden bezogen auf die Gesamtstraßenfläche.

3.3 Bohrkerndokumentation

Die auf den Erprobungsstrecken entnommenen Bohrkerne wurden dokumentiert und fotografiert. Aufgenommen wurden dabei die Entnahmestelle, die einzelnen Schichtdicken, Bemerkungen zur Bohrkernentnahme und Besonderheiten am Kern selbst.

Die Bohrkernentnahme gestaltete sich schwierig. Einige Bohrkerne konnten nicht vollständig entnommen werden, da der untere Teil der KRC-Schicht abplatzte oder zerfiel. Eine exakte Bestimmung der Schichtgrenze im Bohrloch, wie in [5] vorgegeben, war eher selten möglich. Auf Grund dessen erfolgte die Schichtdickenbestimmung am Bohrkern. Wie in Bild 4 ersichtlich, war die gemessene KRC-Schichtstärke meist geringer als die in der Eignungsprüfung angegebene.

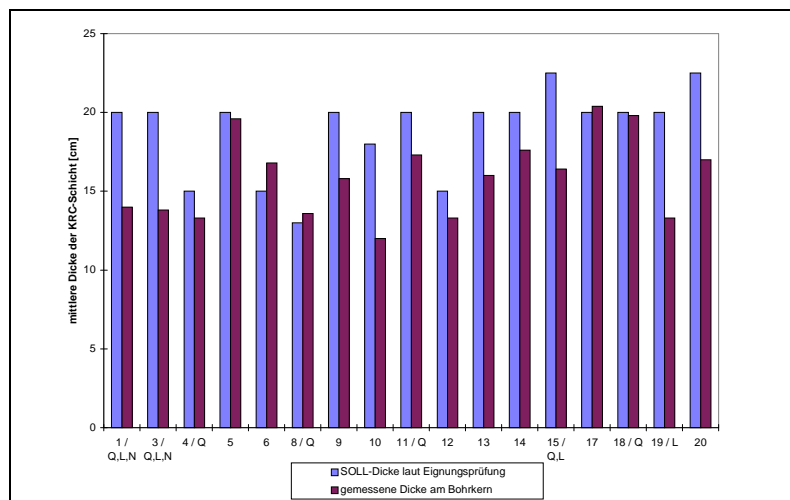


Bild 4: Vergleich der in der Eignungsprüfung angegebenen Schichtstärke mit der gemessenen Schichtstärke des KRC

Die im Bereich von Längsrissen gezogenen Bohrkern zerfielen bereits bei der Entnahme. Vergleicht man die Fertigungsspuren während der Bauausführung mit dem Verlauf der Längsrisse so zeigt sich, dass die Risse aufgrund von Verdichtungsproblemen in den Randbereichen der Fertigungsspuren entstanden sind. Ferner traten Haftungsprobleme zwischen den Fertigungsspuren auf.

Ebenfalls am Bohrkern wurde die Asphaltüberbauung ausgemessen.

Die Dicke und der Aufbau der über der Kaltrecyclingschicht liegenden Asphaltschicht wurde unterschiedlich ausgeführt. Der Aufbau reichte von einer Deckschicht bis hin zum kompletten Schichtenpaket aus Deck-, Binder- und Ausgleichschicht.

Im Vergleich mit den in [5] angegebenen Dicken ist festzustellen, dass nur wenige Strecker die verlangte Dicke aufweisen.

3.4 Raumdichten

Ein wichtiges Kriterium für die Standfestigkeit und Lebensdauer der Kaltrecycling-Schichten ist die erreichte Verdichtung, ausgedrückt durch die Raumdichte.

Bereits beim Bohren der Kerne zeigte sich, dass diese zerfielen bzw. im unteren Teil ausplatzten. Ebenfalls im unteren Teil der Schicht wurden vermehrt grobkörniges Material und Hohlräume angetroffen. Dies ließ Homogenisierungs- und Verdichtungsprobleme vermuten (Bild 5, Bild 6). Deshalb wurde die Raumdichte des unteren Drittels im Vergleich zu den oberen zwei Dritteln der Kaltrecycling-Schicht untersucht.

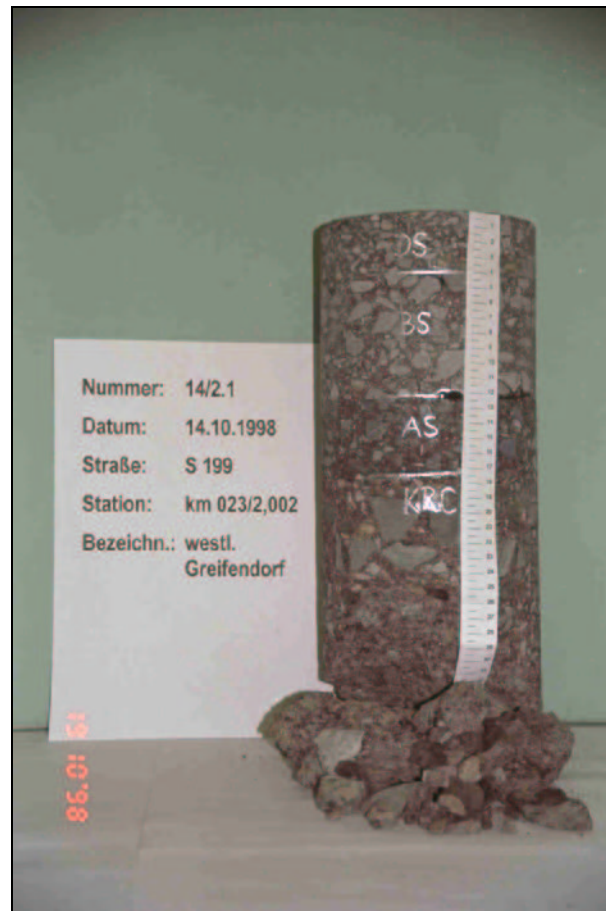
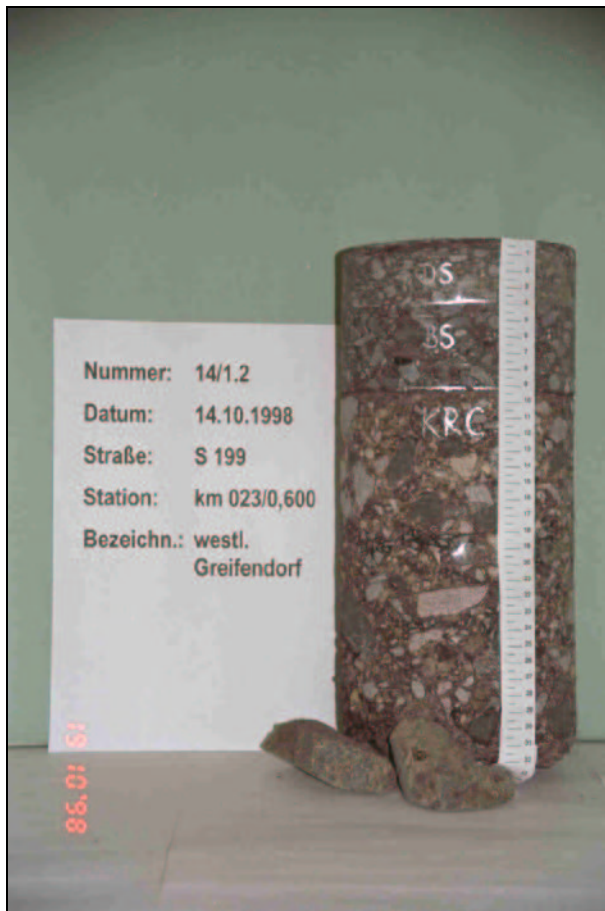


Bild 5: Bohrkern, der vollständig entnommen wurde [4] Bild 6: Bohrkern, der im unteren Bereich zerfiel [4]

Dies konnte jedoch nur an solchen Bohrkernen durchgeführt werden, bei denen sich auch der untere Teil zu einem vermessbaren Zylinder sägen ließ.

Aus der Mittelwertbetrachtung heraus ergab sich, dass die Raumdichte im unteren Drittel der KRC-Schicht um ca. 8,5 % geringer ist als in den oberen zwei Dritteln.

Aus Bild 7 geht hervor, dass diese durchschnittliche Abweichung eine gute Näherung darstellt, wobei ein statistischer Nachweis allerdings nicht geführt wurde.

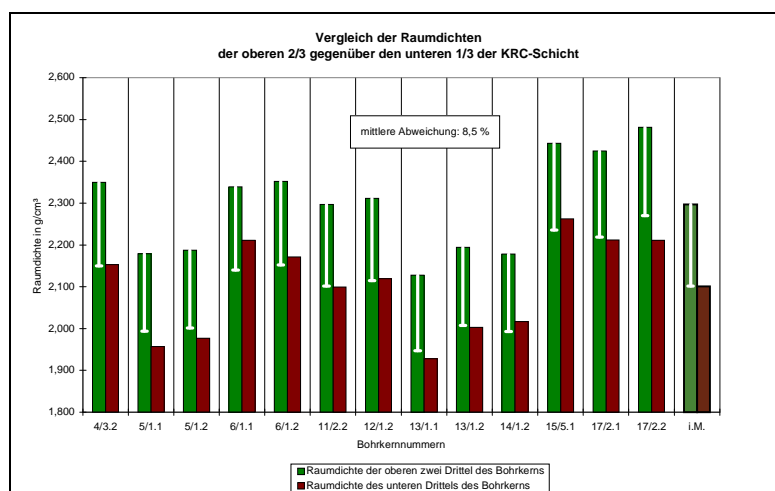


Bild 7: Vergleich der Raumdichten der oberen zwei Drittel gegenüber dem unteren Drittel der Kaltrecyclingschicht

Aufgrund dessen erscheint die Begrenzung der Frästiefe bei der Herstellung der Kaltrecycling-Schicht auf maximal 18 - 20 cm als zweckmäßig, um den angesprochenen Verdichtungs- und Homogenisierungsproblemen vorzubeugen.

Ein weiterer Aspekt ist die ausreichende Tragfähigkeit des Unterbaues, welcher bei der Verdichtung der darüberliegenden Schichten die Funktion eines Widerlagers zu erfüllen hat. Da bei vorhandenen Straßenbefestigungen erfahrungsgemäß die E_{V2} -Werte nicht gleichmäßig sind, können sich Abschnitte oder einzelne Stellen mit geringerer Tragfähigkeit des Unterbaus negativ auf das Verdichtungsergebnis auswirken.

3.5 Festigkeits- und Formänderungskennwerte

Die Spaltzugprüfung wurde an 58 Bohrkernen durchgeführt.

Das Prüfverfahren dient zur Bestimmung des Widerstandes der Kaltrecycling-Schicht gegen Zugbeanspruchung bei definierter Temperatur, der Beurteilung der Dehnung und der Errechnung des Elastizitätsmoduls.

Wie im Bild 8 dargestellt, liegen die ermittelten Spaltzugfestigkeiten bis auf eine Ausnahme im Toleranzbereich, welcher in [5] angegeben ist.

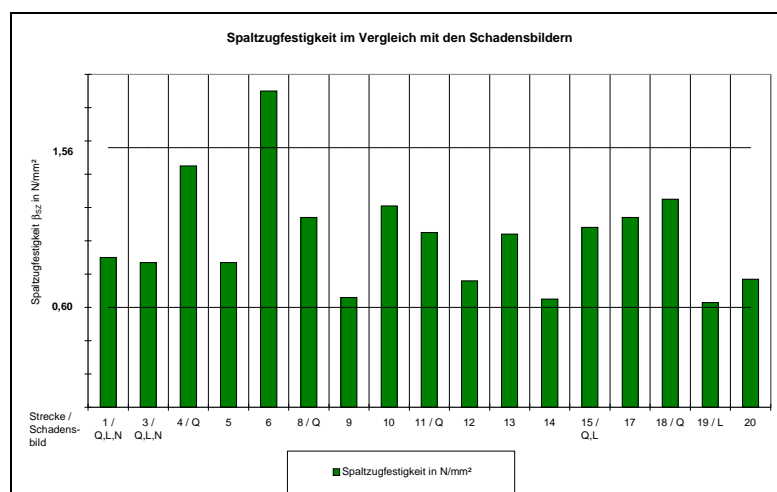


Bild 8: Darstellung der ermittelten Spaltzugfestigkeit [4]

Jedoch ist die Schwankungsbreite innerhalb dieses Toleranzbereiches sehr groß.

Im Hinblick auf die angetroffenen Schadensbilder lässt sich zur ermittelten Spaltzugfestigkeit keine Verbindung herstellen.

In Abhängigkeit von der Bindemittelkombination und den damit erreichbaren Querdehnungen und E-Modulen werden die Kaltrecyclinggemische nach [5] in 4 Bindungstypen unterteilt:

- Gruppe A: Bitumenbindung
- Gruppe B1: bitumen-dominante Bindung
- Gruppe B2: hydraulisch-dominante Bindung
- Gruppe C: hydraulische Bindung.

Aufgrund dessen, dass bei den Kaltrecycling-Baumaßnahmen in Sachsen sowohl Zement als auch Bitumenemulsion als Regenerierungsbindemittel eingesetzt wurde, sind für die Auswertung der ermittelten Bruchdehnungen und E-Module die Richtwerte für bitumen-dominante bzw. hydraulisch-dominante Bindung aus [5] angesetzt worden.

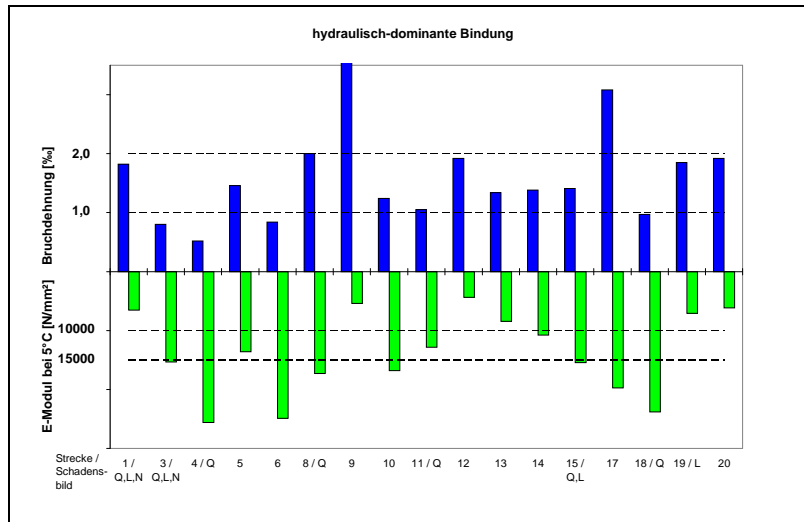


Bild 9: Darstellung der Bruchdehnungen und der E-Module zu den Richtwerten aus [5] für hydraulisch-dominante Bindung

Aus dem gemessenen E-Modul und der Bruchdehnung (Bild 9) wird deutlich, dass die KRC-Gemische überwiegend hydraulisch dominante und stark hydraulisch dominante Eigenschaften aufweisen.

Es ist aber kein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Formänderungskennwerten und den Schadensbildern erkennbar.

Um eine mögliche Ursache für die Rissbildung zu finden, wurde in Abhängigkeit von der Bauklasse der Richtwert für die Asphaltüberbauung mit Deck-, Binder- und Asphalttragschicht nach RStO 86 [6] der tatsächlichen Überbauungsdicke gegenübergestellt. Grundgedanke dieser Betrachtung war, dass bei nicht ausreichender Überbauungsdicke die in den Kaltrecyclinggemischen auftretenden thermisch bedingten Spannungen zu Querrissen führen können.

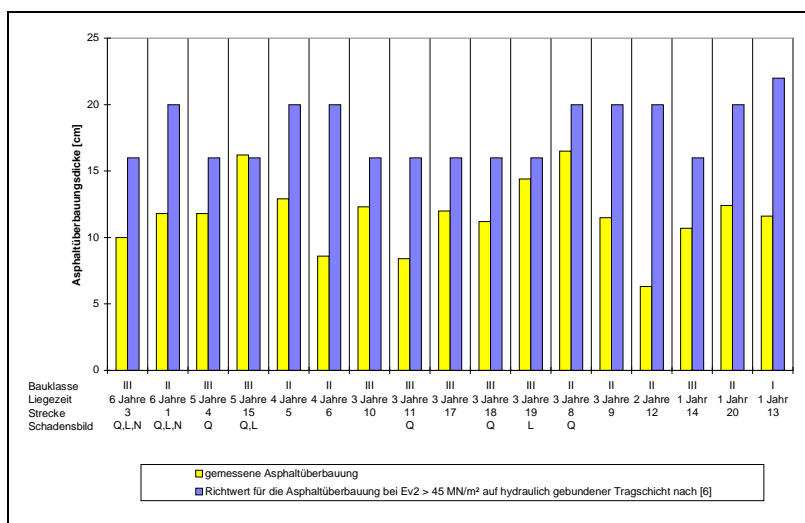


Bild 10: Gegenüberstellung der gemessenen Asphaltüberbauung und der empfohlenen Asphaltüberbauung

Bild 10 macht deutlich, dass die Asphaltüberbauung meist zu gering gewählt wurde, so dass die auftretenden Spannungen nicht aufgenommen werden können und die Querrisse durchschlagen.

4. Zusammenfassung

Die visuelle Zustandserfassung führte zu dem Ergebnis, dass sich die Erprobungsstrecken in einem guten Zustand befinden. Gemessen an der Gesamtfläche der betrachteten Streckenabschnitte ist das Ausmaß an schadhafte Stellen gering.

Die Untersuchung der Schichtdicken und Materialeigenschaften brachte darüber hinaus folgende Erkenntnisse:

- Die am Bohrkern gemessenen Schichtdicken liegen im Allgemeinen unter den Soll-Schichtdicken. Nur auf 3 Strecken wurden die Soll-Schichtdicken erreicht bzw. überschritten.
- Die Mineralstoffe sind in der Kaltrecycling-Schicht zum Teil ungleichmäßig verteilt.
- Die Raumdichten im unteren Drittel der Kaltrecycling-Schicht sind im Mittel um 8,5 % geringer als in den oberen zwei Dritteln.
- Haftungsprobleme zwischen den Fertigungsstreifen und Verdichtungsprobleme in den Randbereichen der Fertigungsstreifen treten auf (durchgehende Längsrisse, Netzsrisse).
- Ungenügende Dicke der Asphaltsschichten über der Kaltrecycling-Schicht (bei 16 Strecken \leq Richtwert RStO 86, Tafel 4) \rightarrow Durchschlagen der Risse.
- Große Streubreite der Festigkeits- und Formänderungskennwerte, zum Teil über die in [5] angegebenen Bereich hinaus.
- Eine Beziehung zwischen den Festigkeits- und Formänderungskennwerten und den vorgefundenen Schadensbildern war nicht ableitbar.

Es leitet sich ab, dass die Kaltrecycling-Schichten bisher ihre Aufgabe als Tragschichten im Straßenbau erfüllt haben, jedoch besteht nach wie vor Entwicklungsbedarf zur Lösung der aufgezeigten Probleme.

Quellen:

- [1] Schmidt-Asphalt-Technik SAT-KALTRECYCLING Straßensanierung auf Recycling-Basis
- [2] Bundesstraßenverwaltung der Republik Österreich Technische Vertragsbedingungen für Straßenbauten, Oberbau- und Deckarbeiten Wiederverwendung von bituminösen Trag- und Deckschichten sowie ungebundenen Schichten an Ort und Stelle bzw. auch an anderer Stelle, Merkblatt Teil 2, Wien 1991
- [3] Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit; Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr Richtlinie: Komplexrecycling im Straßenbau; Entwurf: Mai 1995
- [4] Metz, G. Kaltrecycling in situ - Untersuchung und Auswertung sächsischer Erprobungsstrecken; studentische Belegarbeit der Technischen Universität Dresden; Dezember 1998
- [5] FGSV Merkblatt für Kaltrecycling in situ im Straßenbau; 6. Entwurf, Januar 1998 der Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau
- [6] FGSV Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, RStO 86, Ausgabe 1986, Ergänzende Fassung 1989

Autoren:

Dipl.-Ing. U. Richter
Sächsisches Landesinstitut für Straßenbau
Tel.: (03737) 784-100

Dipl.-Ing. U. Geigenmüller
Sächsisches Landesinstitut für Straßenbau
Tel.: (03737) 784-218