

Untersuchungen zur Kennzeichnung der grundsätzlichen Leistungsfähigkeit, zum Einbauablauf und zur Einbauqualität von verfülltem offenporigem Asphalt als schnelles Abdichtungssystem auf Betonbrücken

FA 15.431

Forschungsstelle: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin
 Bearbeiter: Altkrüger, S. / Recknagel, C. / Grebenstein, R. / Mews, O. / Huth, C.
 Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach
 Abschluss: Dezember 2012

1 Aufgabenstellung

Die ständig wachsenden Verkehrsbelastungen schränken in zunehmendem Maße die für Instandsetzungsmaßnahmen zur Verfügung stehenden Bauzeiträume ein. Der Einbau der bewährten Abdichtungssysteme nach den ZTV-ING Teil 7 Abschnitte 1-3 bzw. TL-BEL-B Teile 1-3 erfordern durch die eingesetzten Materialien und die Einbautechnologien einen relativ hohen Zeitaufwand. In Streckenabschnitten mit besonders hohen Verkehrsbelastungen kann dies zu Verkehrsbehinderungen führen, wenn zumutbare Umleitungsmöglichkeiten fehlen. Aus den Straßenbauverwaltungen kommt daher zunehmend die Forderung nach schnellen Abdichtungs- und Belagssystemen für solche Baumaßnahmen, die einen schnellen Einbau ermöglichen. In Einzelfällen wird die komplette Erneuerung der Abdichtung und des Fahrbahnbelags einer Brücke an einem Wochenende gefordert. Innovationen auf dem Gebiet der Abdichtungssysteme sind daher gefragt, allerdings müssen diese Systeme ihre Eignung in Anlehnung an das hochqualifizierte und bewährte Anforderungsniveau der Regelbauarten für die Abdichtung von Fahrbahnplatten von Ingenieurbauwerken im Bundesfernstraßenbereich in Deutschland nachweisen.

Durch Modifikation der für die bewährten Abdichtungssysteme nach den ZTV-ING Teil 7 Abschnitte 1-3 verwendeten Materialien, z. B. der Verwendung schneller aushärtender Epoxidharze, lassen sich die Einbauzeiten reduzieren. Diese modifizierten Abdichtungssysteme entsprechen in weiten Teilen den bewährten Abdichtungssystemen und lassen sich leicht in die bestehenden Regelwerke und die bestehenden Qualitätssicherungssysteme einpassen.

Ein Abdichtungssystem mit besonders hohen technologischen Effekten, das im Rahmen dieses Forschungsvorhabens untersucht wurde, ist eine Dichtungsschicht aus einem mit modifiziertem Epoxidharz verfüllten hohlraumreichen Asphaltträgergestüt.

Die Vorbereitung der Betonunterlage erfolgt nach den Regelungen der ZTV-ING.

Danach erfolgt der Einbau eines hohlraumreichen Asphaltträgergestüts 0/5. Dieses hohlraumreiche Asphaltträgergestüt wird leicht gewalzt. Das Walzen dient nur der Glättung der Oberfläche und weniger der Verdichtung. Der Hohlraumgehalt des Asphaltträgergestüts soll nach dem Walzen 20 bis 25 % betra-

gen. Die Hohlräume des Asphaltträgergestüts werden dann, in noch warmem Zustand des Asphalts, mit einem flexibilisiert eingestellten Epoxidharz geflutet. Austretendes Epoxidharz wird verteilt, sodass eine vollständige Füllung der Hohlräume erreicht wird. Durch die Temperatur des Asphaltträgergestüts erfolgt eine sehr schnelle Aushärtung des Epoxidharzes, sodass nach einer relativ kurzen Wartezeit der Einbau der Walzasphalt-Deckschicht erfolgen kann. Der Verguss durch das Epoxidharz bewirkt bei ordnungsgemäßem Einbau eine innige Verklebung mit der Unterlage und gewährleistet auch bei hohen Temperaturen eine ausreichende Standfestigkeit der Abdichtung. Ungeklärt ist die Fähigkeit dieses Abdichtungssystems Risse zu überbrücken bzw. das Verhalten des Abdichtungssystems bei dynamischen Rissweitenänderungen.

2 Untersuchungsmethodik

Die Untersuchungen gliederten sich in einen labortechnischen Teil, in dem die abdichtungstechnische Leistungsfähigkeit dieses neuartigen Abdichtungssystems mithilfe bewährter Prüfverfahren beschrieben und mit den herkömmlichen Abdichtungssystemen verglichen wurde und die Durchführung der messtechnischen Begleitung des Einbauvorgangs in der Praxis an einem Pilotprojekt.

Die Prüfungen wurden in enger Anlehnung an die TP-BEL-B Teil 1 unter Berücksichtigung der harmonisierten europäischen Prüfnormen für Abdichtungen von Betonbrücken und anderen Verkehrsflächen aus Beton durchgeführt.

Um den Nachweis zu führen, dass selbst unter ungünstigsten Einbaubedingungen (kalt; feucht), mit oder ohne zusätzlicher Vorbehandlung der Unterlage sowie vor und nach Witterungsbeanspruchung die Anforderungen an das erforderliche Haft- und Schubfestigkeitsniveau sowie an das erforderliche Rissüberbrückungsvermögen sicher erfüllt werden, wurden beim Aufbau der Probekörper unterschiedliche klimatische Bedingungen simuliert. Gleichzeitig wurde auch untersucht, welchen Einfluss das vorherige Aufbringen einer Grundierung aus Epoxidharz zur Vorbehandlung der Betonunterlage auf das Verbundverhalten des Abdichtungssystems hat.

Um der stofflichen und technologischen Konzeption der neuen Bauart Rechnung zu tragen, wurde punktuell der Versuch unternommen, auch durch den Einsatz von derzeit nicht im Prüfinstrumentarium für Brückenbeläge vorgesehenen Prüfverfahren deren besondere Leistungseigenschaften anzusprechen.

Es handelt sich hierbei um Untersuchungsansätze wie das Verfahren der Oszillationsrheometrie (DSR), das Verfahren zur Bestimmung der indirekten Zugfestigkeit (ITT-Test) oder die Ermittlung von Steifigkeit und Deformationsverhalten unter dynamischer Beanspruchung mit einem dynamischen Druck-Schwellversuch, die insbesondere mehr Informationen über das zu erwartende mechanische Verhalten liefern sollten.

Zur weiteren Kennzeichnung des Hohlraumgehalts wurden ausgewählte Proben des Asphaltträgergestüts und des verfüllten offenporigen Asphalts mittels Computertomografie untersucht

und der Versuch unternommen, die von außen zugänglichen Hohlräume und die geschlossenen Hohlräume getrennt zu visualisieren.

Ein weiterer Schwerpunkt des Forschungsprojekts war die messtechnische Begleitung eines Pilotprojekts. Dabei erfolgten sowohl Untersuchungen auf der Baustelle während des Einbaus als auch die Prüfung von Ausbauproben im Labor.

3 Untersuchungsergebnisse

Zur Kennzeichnung der Systemeigenschaften wurde im labor-technischen Teil der Untersuchungen die Leistungsfähigkeit des Abdichtungssystems VOPA mithilfe bewährter Verfahren geprüft und mit herkömmlichen Abdichtungssystemen für Betonbrücken verglichen.

Die Ermittlung des Haftverbands zwischen Betonunterlage und mit Epoxidharz verfülltem Asphaltträgergerüst sowie des Haftverbands zwischen verfülltem Asphaltträgergerüst und der Schutzschicht erfolgte nach DIN EN 13596. Zur Sicherstellung der direkten Vergleichbarkeit mit eingeführten Bauarten nach ZTV-ING Teil 7 wurden die Probekörper einer Prüfung bei 23 °C und 8 °C unterzogen und an ausgewählten Prüfkörpern erfolgte vor der Prüfung eine Temperatur-/Wasserbeanspruchung sowie eine Wärmebeanspruchung nach TP-BEL-B Teil 1.

Die Prüfergebnisse liegen alle, einschließlich der unter ungünstigen klimatischen Bedingungen hergestellten Probekörper, über dem Grenzwert der TL-BEL-B Teil 1 bei einer Prüftemperatur von 8 °C bzw. von 23 °C, sodass von einem ausreichend festen Verbund zur Betonunterlage und zur Schutzschicht aus Splittmastixasphalt ausgegangen werden kann.

In einer servohydraulischen Belastungseinrichtung erfolgte die Prüfung der Schubfestigkeit nach TP-BEL-B Teil 1 und DIN EN 13653:2004 mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 10 mm/min vor und nach Wärmebeanspruchung. Dabei wurden maximale Scherspannungen von 0,40 bis 1,40 N/mm² gemessen und damit sicher der Anforderungswert der TL-BEL-B Teil 1 erreicht, sodass ein ausreichender Schubverbund gegeben ist.

Die Prüfung der dynamischen Rissüberbrückung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 14224.

Aufgrund der Veränderung der stofflichen Zusammensetzung der Dichtungsschicht gegenüber den bewährten Abdichtungssystemen nach ZTV-ING Teil 7, welche auch im Tieftemperaturbereich ein nachgewiesenes Dehnungsvermögen aufweisen, ist bei dem Einsatz eines VOPA als Abdichtungsschicht in einem Brückenbelagssystem mit einem wesentlich geringeren Rissüberbrückungsvermögen zu rechnen.

Deshalb wurden die dynamische Beanspruchungsfunktion, die mittlere Rissweite und der Maximalwert der sinusförmigen dynamischen Belastungsfunktion schrittweise geändert. Die Prüftemperatur von -20 °C und die Probekörpergeometrie wurden jedoch beibehalten. Durch eine schrittweise Verringerung der mittleren Rissweite w_m und der Amplitude der sinusförmigen dynamischen Beanspruchungsfunktion wurde die Funktion ermittelt, bei der nach einer positiven Wasserdichtheitsprüfung (kein Wasseraustritt an der Unterseite der Probekörper) im Anschluss an die Beanspruchungsfunktion von einem intakten Abdichtungssystem ausgegangen werden konnte.

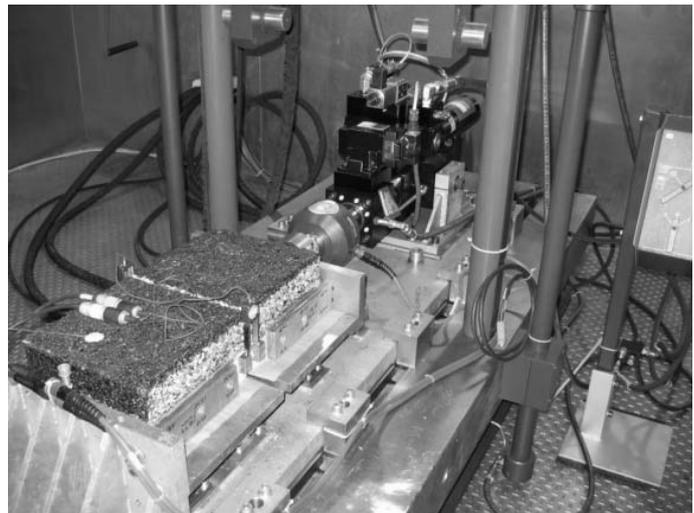


Bild 1: Prüfung der Rissüberbrückung; eingebauter Systemprobekörper in der Prüfeinrichtung

Bei der nachfolgend beschriebenen Belastungsfunktion zeigte das Abdichtungssystem VOPA mit einer eingebauten Schutzschicht aus SMA ein zuverlässig rissüberbrückendes Verhalten:

$$w_{\text{mittlere Rissweite}} = 0,050 \text{ mm}$$

$$w_{\text{untere Rissweite}} = 0,005 \text{ mm}$$

$$w_{\text{obere Rissweite}} = 0,095 \text{ mm}$$

in Verbindung mit einer langsam ansteigenden sinusförmigen Beanspruchung am Beginn der Prüfung mit 11 060 Lastwechseln mit einer Frequenz von 1 Hz bei einer Prüftemperatur von -20 °C.

Die Rissüberbrückungsfähigkeit des VOPA-Systems beträgt damit etwa ein Drittel der für Brückenabdichtungen nach den TL-BEL-B Teil 1 bis 3 geforderten rissüberbrückenden Eigenschaften.

Das VOPA-Abdichtungssystem ist, so wie es zur Prüfung vorgelegt wurde, damit in der Lage, Rissweiten bis ca. 0,1 mm dynamisch bei -20 °C zu überbrücken.

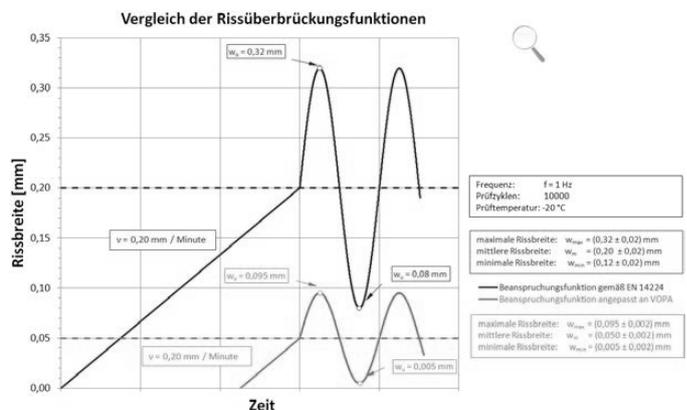


Bild 2: Gegenüberstellung der Beanspruchungsfunktion nach DIN EN 14224 und der ermittelten Beanspruchungsfunktion für verfüllten offenporigen Asphalt

Neben den Untersuchungen der Leistungseigenschaften des Abdichtungssystems im Labormaßstab erfolgte im Rahmen dieses Forschungsvorhabens auch die bautechnische Beglei-

tion des Einbaus dieses neuen Abdichtungssystems an einem Referenzobjekt. Dazu wurden die Belagsarbeiten auf der Antoniusbrücke, welche im Zuge der B 55 in Meschede mit einer Gesamtlänge von 267 m und einer Breite von 19 m die Ruhr, Gleisanlagen der Deutschen Bahn sowie zwei Stadtstraßen überquert, dokumentiert.

Die fachtechnische Betreuung dieser Baumaßnahme erfolgte durch die ASPHALTA Prüf- und Forschungslaboratorium GmbH.

Die Arbeiten wurden in vier Abschnitte eingeteilt:

1. Entfernung des alten Fahrbahnbelags; vorbereitende Arbeiten an der Betonunterlage
2. Einbau und Verfüllen des offenporigen Asphalttraggerüsts mit einem flexibilisierten Epoxidharz und Einbau der Zwischenschicht
3. Einbau der Deckschicht DSH-V5
4. Restarbeiten, z. B. Randabschlussfugen, Wiederaufbau der Lichtsignalanlagen und Räumen der Baustelle,

wobei im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nur der Einbau und das Verfüllen des hohlraumreichen Asphalttraggerüsts mit einem flexibilisierten Epoxidharz und der Einbau der Zwischenschicht begutachtet wurden.



Bild 3: Verfüllen des Traggerüsts mit Gummischiefern – Antoniusbrücke in Meschede

4 Folgerungen für die Praxis

Diese Bauweise VOPA mit einer neuartigen Dichtungsschicht aus verfülltem offenporigen Asphalt erlaubt die Herstellung einer funktionsfähigen Dichtungsschicht auf Brücken innerhalb einer stark verkürzten Bauzeit.

Das VOPA-Abdichtungssystem für Abdichtungen von Betonbrücken besteht aus einem offenporigen Asphalttraggerüst, dessen definierte Hohlräume mit einem flexibilisierten Epoxidharz verfüllt werden. Das Bindemittel im offenporigen Asphalttraggerüst stellt eine ausreichende Verklebung der einzelnen Gesteinskörner sicher und bewirkt bei ausreichender Verfüllung die nachträgliche Grundierung der Betonunterlage. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, zwei sensible und zeitaufwendige technologische Abschnitte, die grundierende Vorbehandlung

der vorbereiteten Betonunterlage sowie die Ausbildung einer separaten Schutzschicht zur Aufnahme mechanischer Beanspruchungen, einzusparen.

Mit dem vorgestellten Abdichtungssystem VOPA können bestehende, alte oder sich nicht weiter öffnende Risse im Beton von bis zu 0,1 mm auch im Tieftemperaturbereich bis -20 °C dynamisch überbrückt werden. Das trifft insbesondere bei Belagserneuerung zu, wo kleine Risse bis 0,1 mm zu erwarten sind.

Auch unter Berücksichtigung extremer Einbaubedingungen ist eine ausreichend hohe Verbundfestigkeit im Abdichtungssystem selbst und zur Betonunterlage gegeben.

Eine generelle Aussage zur dauerhaften Funktionsfähigkeit des Abdichtungssystems VOPA ist erst nach mehrjähriger Liegezeit möglich. Besonders langjährige Erfahrungen gibt es in Berlin, wo eine im Jahre 2000 eingebaute VOPA-Dichtungsschicht weiterhin ohne Beanstandungen liegt. Die bautechnische Begleitung dieser Objekte ist in mehreren Prüfberichten sehr ausführlich dokumentiert

Die Grundlage für das weitere Vorgehen und eine Adaption an das bestehende Technische Regelwerk sollte der vorläufige Qualitätssicherungsplan für verfüllten offenporigen Asphalt (VOPA) als kombinierte Dichtungs- und Schutzschicht für bauliche Erhaltungsmaßnahmen auf Betonbrücken, in Tunneln und Trogbauwerken (in Anlehnung an die ZTV-ING Teil 7), Stand Juli 2007, bilden.