

# **Erfahrungssammlung zu Fahrbahnübergängen aus Asphalt in geringen Abmessungen – Belagsdehnfugen**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Brücken- und Ingenieurbau Heft B 176**

**bast**

# **Erfahrungssammlung zu Fahrbahnübergängen aus Asphalt in geringen Abmessungen – Belagsdehnfugen**

von

Michael Staeck

Bundesanstalt für Straßenwesen

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Brücken- und Ingenieurbau Heft B 176**

**bast**



Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

- A - Allgemeines
- B - Brücken- und Ingenieurbau
- F - Fahrzeugtechnik
- M - Mensch und Sicherheit
- S - Straßenbau
- V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)** stehen zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.  
<https://bast.opus.hbz-nrw.de>

## **Impressum**

**Bericht zum Forschungsprojekt 221.9005**  
Erfahrungssammlung zu Fahrbahnübergängen aus Asphalt in geringen Abmessungen (Belagsdehnfugen)

**Referat**  
Stahlbau, Korrosionsschutz, Brückenausstattung

**Herausgeber**  
Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

**Redaktion**  
Stabsstelle Presse und Kommunikation

**Druck und Verlag**  
Fachverlag NW in der  
Carl Ed. Schünemann KG  
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen  
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53  
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48

[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9293  
ISBN 978-3-95606-682-5

Bergisch Gladbach, April 2022

## Kurzfassung – Abstract

### **Erfahrungssammlung zu Fahrbahnübergängen aus Asphalt in geringen Abmessungen – Belagsdehnfugen**

Bei Brücken mit Dehnlängen bis ca. 50 m können Fahrbahnübergänge aus Asphalt zur Anwendung kommen, die seit 2003 in den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ (ZTV-ING Teil 8 Abschnitt 2) [1] geregelt sind, während bei Brücken mit großen Spannweiten Fahrbahnübergänge aus Stahl eingesetzt werden. Neben den geringeren Kosten liegen die Vorteile dieser Bauweise vor allen Dingen in der Schnelligkeit beim Einbau, der Möglichkeit der fahrstreifenweisen Erneuerung sowie in der geringen Geräusentwicklung und dem Fahrkomfort bei den Überrollungen durch die Kraftfahrzeuge. Bei kleineren freien Dehnlängen bis ca. 12,5 m werden in der Regel Vergussfugen nach den ZTV Fug-StB [2] eingebaut.

In einigen Fällen sind bei Brücken mit bis zu 12,5 m freier Dehnlänge wiederholt schadhafte Vergussfugen aufgefallen und durch Fahrbahnübergänge aus Asphalt ersetzt worden. Das führt dazu, dass in diesen Fällen das zum Einsatz kommende Fahrbahnübergangssystem überdimensioniert ist, da die Einbaubreite für Brücken bis 50 m freier Dehnlänge ausgelegt ist. In diesen Fällen wäre es wegen der geringen Größen der tatsächlich auftretenden Fugenbewegungen sinnvoll, wenn die Möglichkeit bestände, von den festgelegten Abmessungen der Fahrbahnübergänge aus Asphalt abzuweichen. Durch schmalere Einbaubreiten könnten die Einwirkungen der Kfz-Überrollungen auf die Fahrbahnübergänge aus Asphalt verringert und Verdrückungen vermieden werden. Daher wurden in den letzten Jahren als Ersatz für Vergussfugen nach den ZTV Fug-StB [2] bei Brücken mit geringen freien Dehnlängen sowie beim Übergang von Beton- zu Asphaltfahrbahnen in einigen Fällen Fahrbahnübergänge aus Asphalt in geringer Breite (im Folgenden als „Belagsdehnfugen“ bezeichnet) eingebaut. Aber auch bei Neubauten wurde diese Bauweise in einigen Fällen einer herkömmlichen Vergussfuge nach ZTV Fug-StB [2] vorgezogen, um die Wahrscheinlichkeit eines Schadens möglichst gering zu halten.

Die Einbaubreiten betragen bei Brücken bis 12,5 m freie Dehnlänge in der Regel 7 cm bis 15 cm. In einigen Fällen wurden auch Belagsdehnfugen in Breiten von 20 cm bis 45 cm eingebaut.

Belagsdehnfugen wurden unter anderem auch entlang von Brückenkappen sowie vor Fahrbahnübergängen aus Stahl und über Kammerwänden eingebaut. Da die Bauart von den Festlegungen in den ZTV-ING 8-2 [1] abweicht, ist für den Einsatz auf Brücken im Zuge von Bundesfernstraßen eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

In dem nachfolgenden Bericht werden die Bauart sowie die Besonderheiten beim Einbau detailliert beschrieben. Dazu wurde bei einer Baumaßnahme der Einbau begleitet und dokumentiert. Außerdem wurde an 50 ausgesuchten Bauwerken, bei denen Belagsdehnfugen in den letzten 12 Jahren eingebaut wurden, die Bewährung in der Praxis überprüft. Unter den untersuchten Bauwerken waren 32 Brückenbauwerke und 18 Kreisverkehre sowie ein Busbahnhof. An 20 Bauwerken wurden die Belagsdehnfugen nach 2- bis 10-jähriger Liegezeit inspiert und bei 30 Bauwerken erfolgte die Erfahrungssammlung auf der Grundlage von Erfahrungsberichten der zuständigen Verwaltungen, für deren Unterstützung wir uns bedanken.

Verformungen in den Rollspuren, wie sie bei herkömmlichen Fahrbahnübergängen aus Asphalt in einigen Fällen ein Problem darstellen, wurden hier nicht vorgefunden. Durch die verminderte Einbaubreite konnten die Einwirkungen der Kfz-Überrollungen auf die Belagsdehnfugen verringert werden.

Bei den festgestellten Schäden handelt es sich überwiegend um Ablösungen zwischen Belagsdehnfuge und Asphaltdeckschicht bzw. Betonfahrbahn oder um oberflächlich abgetragenes Bindemittel in den Rollspuren der Belagsdehnfuge.

Allerdings zeigte sich bei den Brückenbauwerken eine deutlich geringere Anzahl von Schäden als bei den Kreisverkehren. Daher wurde die Abhängigkeit der Schadenshäufigkeit von den Einsatzbereichen und den angrenzenden Schichten gesondert betrachtet.

An den untersuchten Brückenbauwerken wurden nur an ca. 3 % der Belagsdehnfugen Ablösungen zwischen Belagsdehnfuge und Asphaltdeckschicht und an weiteren ca. 3 % der Belagsdehnfugen abgetragenes Bindemittel in den Rollspuren der Belagsdehnfuge festgestellt.

Daher stellen Belagsdehnfugen, vor allem bei Brückenbauwerken mit geringen freien Dehnlängen, eine vielversprechende Alternative zu herkömmlichen Fahrbahnübergängen aus Asphalt dar.

Anders verhält es sich bei den untersuchten Kreisverkehren. Hier wiesen ca. 27 % der untersuchten Belagsdehnfugen Flankenenthaftungen und ca. 19 % der Belagsdehnfugen oberflächlich abgetragenes Bindemittel in den Rollspuren auf. Da die Flankenenthaftungen zu ca. 80 % den Übergang von der Betonfahrbahntafel zur Belagsdehnfuge betrafen, sind hier Maßnahmen zur Verbesserung des Haftverbundes, vor allem zu den angrenzenden Betonfahrbahnen zu ergreifen und es ist auf einen besonders sorgfältigen Einbau zu achten.

Aufgrund der überwiegend positiven Ergebnisse der Erfahrungssammlung, insbesondere bei den Brückenbauwerken, kann der vom FGSV AK 7.7.4 „Fahrbahnübergänge aus Asphalt“ vorgeschlagenen Aufnahme dieser Bauart als Sonderbauweise in den Entwurf der „Hinweise und Erläuterungen zu den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 8 Bauwerksausstattung, Abschnitt 2 Fahrbahnübergänge aus Asphalt (ZTV-ING 8-2)“ [11] zugestimmt werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die untersuchten Belagsdehnfugen lediglich von einer im süddeutschen Raum ansässigen Firma ausgeführt wurden. Es wird vorgeschlagen, die Erfahrungssammlung fortzuschreiben, wenn eine ausreichende Anzahl an Baumaßnahmen auf Grundlage des oben genannten Entwurfs eingebaut wurde.

#### **Collection of experience on asphalt roadway transitions in small dimensions – pavement expansion joints**

For bridges with expansion lengths of up to approx. 50 m, asphalt expansion joints can be used, which have been regulated since 2003 in the „Additional Technical Contract Conditions and Guidelines for Engineering Structures“ (ZTV-ING Part 8 Section 2) [1], while steel expansion joints are used for bridges with large spans. In addition to the lower costs, the

advantages of this construction method lie above all in the speed of installation, the possibility of lane-by-lane renewal as well as in the low noise development and the driving comfort during the overruns by motor vehicles. For smaller free expansion lengths of up to approx. 12.5 m, grouted joints are usually installed in accordance with ZTV Fug-StB [2].

In some cases, defective grouting joints have repeatedly been noticed on bridges with free expansion lengths of up to 12.5 m and have been replaced by asphalt roadway transitions. This leads to the fact that in these cases, the roadway transition system to be used is oversized, as the paving width is designed for bridges with up to 50 m free expansion length. In these cases, due to the small magnitudes of the joint movements that actually occur, it would make sense if there were the possibility of deviating from the specified dimensions of the asphalt roadway transitions. Narrower paving widths could reduce the effects of vehicle overruns on the asphalt roadway transitions and avoid deformation. Therefore, in recent years, as a substitute for grouting joints according to the ZTV Fug-StB [2], asphalt roadway transitions of small width (hereinafter referred to as „pavement expansion joints“) have been installed in some cases on bridges with small free expansion lengths and at the transition from concrete to asphalt carriageways. However, this construction method was also preferred to a conventional grouted joint according to ZTV Fug-StB [2] in some cases for new buildings in order to keep the probability of damage as low as possible.

The paving widths for bridges up to 12.5 m free expansion length were usually 7 cm to 15 cm. In some cases, pavement expansion joints were also installed in widths of 20 cm to 45 cm.

Pavement expansion joints were also installed along bridge caps, in front of steel roadway crossings and above chamber walls. As the type of construction deviates from the specifications in ZTV-ING 8-2 [1], approval is required in individual cases for use on bridges in the course of federal trunk roads.

The following report describes the type of construction and the special features of installation in detail. For this purpose, the installation was accompanied and documented during a construction project. In addition, 50 selected structures where expansion joints had been installed in the last 12

years were tested in practice. Among the structures examined were 32 bridges, 18 roundabouts and one bus station. At 20 structures, the pavement expansion joints were inspected after 2 to 10 years of service, and at 30 structures, experience was gathered on the basis of field reports from the responsible administrations, for whose support we are grateful.

Deformations in the rolling lanes, which are a problem in some cases with conventional asphalt roadway crossings, were not found here. Due to the reduced paving width, it was possible to reduce the effects of vehicle rollovers on the pavement expansion joints.

The damage found was mainly due to detachment between the expansion joint and the asphalt surface course or concrete carriageway, or to superficially removed binder in the rolling tracks of the expansion joint.

However, the number of damages on the bridge structures was significantly lower than on the roundabouts. Therefore, the dependence of the damage frequency on the areas of application and the adjacent layers was considered separately.

On the bridge structures examined, detachment between the expansion joint and the asphalt surface course was only found on approx. 3% of the expansion joints, and on a further approx. 3% of the expansion joints, binder was found to have been removed in the rolling tracks of the expansion joint.

Therefore, pavement expansion joints are a promising alternative to conventional asphalt roadway crossings, especially for bridge structures with small free expansion lengths.

The situation is different for the roundabouts examined. Here, approx. 27% of the investigated expansion joints showed flank adhesion and approx. 19% of the expansion joints showed superficially removed binder in the rolling lanes. Since approx. 80% of the flank adhesions affected the transition from the concrete pavement panel to the pavement expansion joint, measures must be taken here to improve the bond, especially to the adjacent concrete pavements, and special care must be taken during installation.

Due to the predominantly positive results of the collection of experience, especially with the bridge structures, the inclusion of this type of construction

as a special construction method in the draft of the "Notes and Explanations on the Additional Technical Terms of Contract and Guidelines for Engineering Structures, Part 8 Structural Equipment, Section 2 Asphalt Pavement Transitions (ZTV-ING 8-2)" [11] proposed by the FG SVAK 7.7.4 "Fahrbahnübergänge aus Asphalt" can be approved. However, it must be taken into account that the investigated pavement expansion joints were only carried out by a company located in southern Germany. It is suggested that the collection of experience be continued when a sufficient number of construction measures have been installed on the basis of the above-mentioned draft.



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	9	5.19	Brücken über die Steina im Zuge der BAB A 98 bei Lauchringen .....	30
<b>2</b>	<b>Aufbau</b> .....	10	<b>6</b>	<b>Weitere berücksichtigte Bauwerke</b> .....	31
<b>3</b>	<b>Anwendungsbereiche</b> .....	11	6.1	Überblick .....	31
<b>4</b>	<b>Einbau</b> .....	13	6.2	Brücke im Zuge der BAB A 95 bei Achmühle .....	31
<b>5</b>	<b>Begangene Bauwerke</b> .....	18	6.3	Hochbrücke Freimann BAB A 9 .....	32
5.1	Überblick .....	18	6.4	Kreisverkehr im Zuge der B 28 in Altensteig .....	33
5.2	ÜBF Feldweg über die B 312 bei Neckartenzlingen .....	18	6.5	Wedelbrücke im Zuge der B 466 .....	34
5.3	Überführung der B 297 in Kirchheim unter Teck .....	18	6.6	Schillerbrücke in Göppingen .....	34
5.4	Neckarbrücke in Nürtingen .....	19	6.7	Brücke Ulrich-Schweizer-Straße in Deggingen .....	35
5.5	Brücke über die Lauter bei Kirchheim unter Teck .....	20	6.8	Busbahnhof ZUM in Kempten .....	35
5.6	Aichbrücke in Nürtingen .....	21	6.9	Brücke im Zuge der B 30 über die L 300 in Bad Waldsee .....	36
5.7	Holzbrücke über die B 313 in Nürtingen .....	22	6.10	Feldwegüberführung über die L 456 bei Sigmaringen .....	37
5.8	Wirtschaftswegunterführung im Zuge der BAB A 81 in Herrenberg .....	22	6.11	Kreisverkehr B 19 in Ulm Ost .....	37
5.9	Brücke über die Glems im Zuge der K 1011 bei Böblingen .....	23	6.12	Brücken im Zuge der B 500 in Iffezheim .....	38
5.10	Fußgängerunterführung unter der L 562 in Ettligen .....	23	6.13	Bauwerke mit Belagsdehnfugen im Landkreis Böblingen .....	39
5.11	Federbachbrücke in Neuburgweiher im Zuge der L 566 .....	24	6.14	Weitere Bauwerke mit Belagsdehnfugen .....	40
5.12	Kreisverkehr im Zuge der B 27 in Rottweil .....	24	<b>7</b>	<b>Auswertung</b> .....	40
5.13	Brücke im Zuge der B 462 in Rottweil-Hochwald .....	25	7.1	Gesamtbetrachtung .....	40
5.14	Kreisverkehr im Zuge der B 14 bei Aldingen .....	26	7.2	Differenzierte Betrachtung .....	42
5.15	Schwenningerstraße in Villingen-Schwenningen .....	27	<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	43
5.16	Fußgängerunterführung in Villingen-Schwenningen .....	27	<b>9</b>	<b>Fazit</b> .....	44
5.17	Brücke über die Wutach im Zuge der L 170 bei Löffingen .....	28	<b>Literatur</b> .....	46	
5.18	Brücken im Zuge der B 500 in Waldshut, Schwarzwald .....	28	<b>Bildnachweise</b> .....	46	
			<b>Bilder</b> .....	46	
			<b>Anhang: Referenzliste (Auszug)</b> .....	51	



## 1 Einleitung

Aufgrund der temperaturbedingten Bewegungen von Brückenbauwerken, aber auch der Bewegungen infolge von Kriechen und Schwinden, müssen zwischen Bauwerken und den angrenzenden Streckenbelägen Fugen angeordnet werden. Zum Abdichten dieser Fugen und damit Fahrzeuge diesen Spalt störungsfrei überqueren können, sind unterschiedliche Fahrbahnübergangskonstruktionen möglich. Die Wahl der Fahrbahnübergangskonstruktion ist abhängig von der Art und Größe der aufzunehmenden Bewegungen, den direkten und indirekten Beanspruchungen aus dem Verkehr sowie den konstruktiven Bedingungen des Bauwerks.

Während bei Brücken mit großen Spannweiten ausschließlich Fahrbahnübergänge aus Stahl zum Einsatz kommen, können für Brücken mit Dehnlängen bis ca. 50 m auch Fahrbahnübergänge aus Asphalt eingesetzt werden, die seit 2003 in den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“, Teil 8 „Bauwerksausstattung“, Abschnitt 2 „Fahrbahnübergänge aus Asphalt“ (ZTV-ING 8-2) [1] geregelt sind. Neben den geringeren Kosten liegen die Vorteile dieser Bauweise vor allen Dingen in der kurzen Einbauzeit, der Möglichkeit der fahrstreifenweisen Erneuerung sowie in der geringen Geräuschentwicklung und dem Fahrkomfort bei den Überrollungen durch die Kraftfahrzeuge. Nachteilig ist die begrenzte Standfestigkeit des Fahrbahnübergangssystems, weshalb diese Fahrbahnübergänge nur bedingt für Lkw-Fahrstreifen auf hochbelasteten Strecken geeignet sind (Bild 1).



Bild 1: Verformung in einem Fahrbahnübergang aus Asphalt (1)

Die Festlegungen in den ZTV-ING 8-2 [1] (z. B. die vorgeschriebene Einbaubreite) und auch die Anforderungen an die Fahrbahnübergangssysteme aus Asphalt in den TL BEL-FÜ [3] sind darauf abgestimmt, dass Brücken mit einer freien Dehnlänge von bis ca. 50 m sicher abgedeckt sind. Das führt dazu, dass in vielen Fällen, bei deutlich kürzeren freien Dehnlängen, das zum Einsatz kommende Fahrbahnübergangssystem überdimensioniert ist. Besonders auffällig wird dies bei Brücken bis 12,5 m freie Dehnlänge, bei denen wiederholt schadhafte Vergussfugen nach den ZTV Fug-StB [2] durch Fahrbahnübergänge aus Asphalt ersetzt wurden. In diesen Fällen wäre es wegen der geringen tatsächlich auftretenden Fugenbewegungen sinnvoll, wenn die Möglichkeit bestände, von den festgelegten Abmessungen der Fahrbahnübergänge aus Asphalt abzuweichen. Insbesondere könnten in diesen Fällen durch schmalere Einbaubreiten die Einwirkungen der Überrollungen auf die Fahrbahnübergänge aus Asphalt verringert und damit Verdrückungen vermieden werden.

Aber auch beim Neubau wurde diese Bauweise in einigen Fällen einer herkömmlichen Vergussfuge nach den ZTV Fug-StB [2] vorgezogen, um die Wahrscheinlichkeit eines Schadens möglichst gering zu halten.

Bisher wurden Fahrbahnübergänge aus Asphalt in geringen Abmessungen (im Folgenden als Belagsdehnfuge bezeichnet) zumeist als Ersatz für Vergussfugen nach den ZTV Fug-StB [2], die wiederholt schadhaft wurden, verwendet. Weitere Anwendungsfälle waren der Übergang von Beton- zu Asphaltfahrbahnen, der Ersatz von Fugen am Schrammbord nach den RiZ-ING Dicht 9 [4] in der Deckschicht sowie der Übergang des Belages der Strecke zu Kammerwänden oder Betonbalken vor einem Fahrbahnübergang aus Stahl.

Die Einbaubreiten betragen bei Brücken bis 12,5 m freie Dehnlänge in der Regel 7 cm bis 15 cm. Bei den unten aufgeführten Brücken betragen die vor Ort gemessenen Breiten der Fahrbahnübergänge 10 cm bis 45 cm. Die genaue Muldenbreite war nach mehrjähriger Verkehrsbelastung oftmals nicht mehr erkennbar, sondern nur noch der beim Einbau abgeklebte Bereich.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Fahrbahnübergängen aus Asphalt ist der Aufwand beim Einbau geringer, bedingt durch folgende Faktoren:



- Der Einbau erfolgt nur in der Deckschicht, die vorhandene Schutzschicht muss für den Einbau der Belagsdehnfuge nicht entfernt werden.
- Die vorhandene Dichtungsschicht wird bei dem Einbau der Belagsdehnfuge nicht beschädigt.
- Vorhandene T-Profile gem. RiZ-ING Abs 4 [4] können am Bauwerk verbleiben, wenn sie nicht in die Deckschicht hineinragen.
- Durch die geringere Tiefe ist ein einlagiger Einbau möglich.

Somit verkürzt sich die Einbauzeit nochmals zu dem ohnehin schnellen Einbau der herkömmlichen Fahrbahnübergänge aus Asphalt.

Als Baustoffe werden ausschließlich Systeme verwendet, die in der „Zusammenstellung der geprüften Fahrbahnübergänge aus Asphalt nach TL BEL-FÜ für die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege“ [5] gelistet sind und somit die Anforderungen der „Technischen Lieferbedingungen für die Baustoffe zur Herstellung von Fahrbahnübergängen aus Asphalt“ (TL BEL-FÜ) [3] sowie der „Technischen Prüfvorschriften für Fahrbahnübergänge aus Asphalt“ (TP BEL-FÜ) [6] erfüllen.

Da bisher noch kein Regelwerk für Belagsdehnfugen besteht, kommen diese auf Bundesfernstraßen nur mit einer Zustimmung im Einzelfall zum Einsatz.

## 2 Aufbau

Das Funktionsprinzip des Fahrbahnüberganges aus Asphalt ist ein kombiniertes Zusammenwirken von Polymerbitumen-Tränkmasse und fraktionierten Gesteinskörnungen. Seine Standfestigkeit resultiert aus der Korn-zu-Korn-Abstützung des Korngerüsts, seine Funktionsfähigkeit und Wasserdichtheit aus den viskoelastischen Eigenschaften der Tränkmasse und der Beweglichkeit des Korngerüsts.

Der Aufbau der Belagsdehnfugen ähnelt im Prinzip dem Aufbau eines Fahrbahnüberganges aus Asphalt (Bild 2), unterscheidet sich im Detail aber von diesem, wie in den Bildern 3 und 4 dargestellt.

So ist die Belagsdehnfuge wesentlich schmaler, in der Regel zwischen 7 und 30 cm anstatt 50 cm. Der vorhandene Belag wird nur bis zur Oberkante der

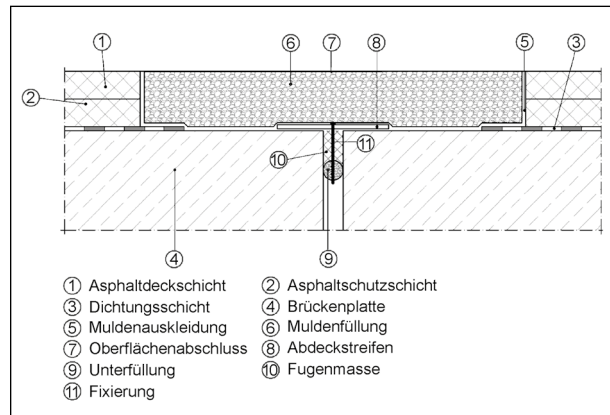


Bild 2: Aufbau eines herkömmlichen Fahrbahnüberganges aus Asphalt im Fahrbahnbereich (Prinzipskizze) (1)

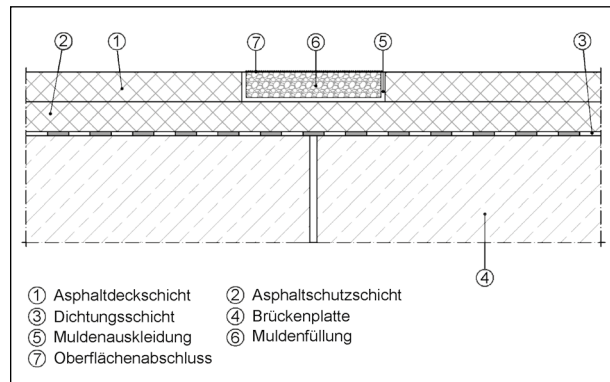


Bild 3: Aufbau einer Belagsdehnfuge im Fahrbahnbereich (Prinzipskizze) (1)

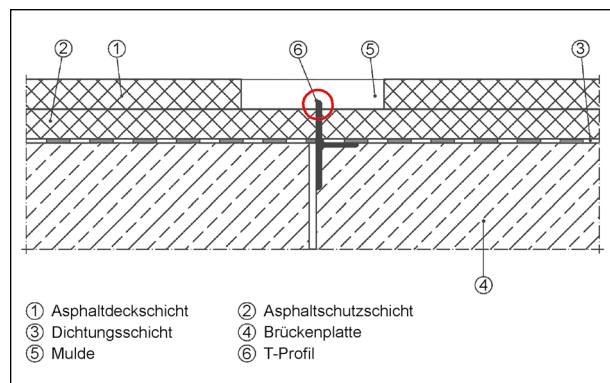


Bild 4: Ungekürztes T-Profil ragt in die Fugenmulde (Prinzipskizze) (1)

Asphalt-Schutzschicht entfernt (Bild 3). Daher werden die vorhandene Dichtungsschicht und die Schutzschicht nicht beschädigt. So kann in der Regel auf die Verwendung eines Unterfüllstoffs, einer Fugenmasse und eines Abdeckstreifens verzichtet werden (die dazu dienen, dass weder Tränkmasse noch Gesteinskörnung während des Einbaus oder die Fugenfüllung bei der späteren Verkehrsbelastung in den Fugenspalt gelangen).

Vorhandene T-Profile gem. RiZ-ING Abs 4 [4] können am Bauwerk verbleiben und auch der hochstehende Schenkel muss nicht zwangsläufig gekürzt werden. Wenn der Schenkel des T-Profils allerdings so lang ist, dass er in die Muldenfüllung hineinragt, ist eine Abtrennung des Schenkels notwendig (Bild 4).

Die vorbereitete Fugenmulde wird zuerst mit der bitumenhaltigen Tränkmasse ausgekleidet. Dann wird die Fugenmulde (aufgrund der geringen Tiefe meist in einer Lage) mit der vorgewärmten Gesteinskörnung gefüllt, die dann von Hand oder mit einer Rüttelplatte verdichtet wird. Ggf. wird die Gesteinskörnung vor dem Einbau leicht mit der Tränkmasse umhüllt. Die verbleibenden Hohlräume werden dann mit der heißen, flüssigen Tränkmasse verfüllt. Die Tränkmasse besteht aus einem polymermodifizierten Bitumen mit Füllstoffen und gegebenenfalls weiteren Zusätzen.

Als Gesteinskörnungen, Tränkmassen und Muldenauskleidung kommen die in der „Zusammenstellung der geprüften Fahrbahnübergänge aus Asphalt nach den TL BEL-FÜ“ gelisteten Fahrbahnübergangssysteme [5] zur Anwendung. Die Verarbeitung der Baustoffe und die Herstellung der Belagsdehnfugen erfolgt analog der Festlegungen in den ZTV-ING 8-2 [1] mit einigen systemspezifischen Anpassungen, die im nächsten Kapitel beschrieben werden.

### 3 Anwendungsbereiche

Es gibt verschiedene Einsatzmöglichkeiten für Belagsdehnfugen:

- a) Im Übergang von der Brücke zur freien Strecke: So können Belagsdehnfugen als Ersatz für Vergussfugen nach den ZTV Fug-StB [2] bei Brücken mit geringen freien Dehnlängen, die wiederholt schadhafte wurden, eingesetzt werden. Oder es kann bei Brücken mit geringen Dehnlängen die Gefahr von Schäden an herkömmlichen Fahrbahnübergängen aus Asphalt wie Verdrückungen und Verwalkungen durch die Verringerung der Überrolllänge verringert werden. Der Aufbau im Übergang von der Brücke zur freien Strecke ist in Bild 5 dargestellt.
- b) An Randfugen entlang des Schrammbordes: Schäden an Randfugen entlang des Schrammbordes nach den RiZ-ING Dicht 9 [4], wie z. B.

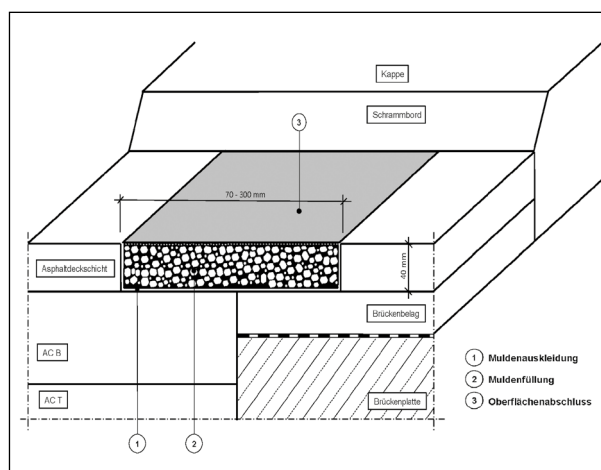


Bild 5: Belagsdehnfuge, Übergang von der Brücke zur freien Strecke (2)

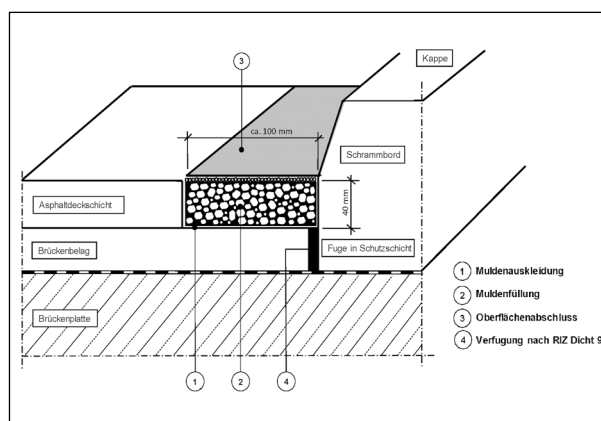


Bild 6: Belagsdehnfuge, Ersatz der Fuge vor einem Schrammbord nach RiZ-ING Dicht 9 in der Deckschicht (2)

Ablösen der Fugenflanke oder Herausquetschen der Vergussfuge aus dem Fugenspalt, führen unweigerlich zur Undichtigkeit der Fuge und weitergehenden Schäden infolge eindringender Feuchtigkeit und eingeschwemmtem Schmutz. Alternativ kann auch dort eine Belagsdehnfuge eingesetzt werden (Bild 6). Die Belagsdehnfuge kann größere Bewegungen aufnehmen und bleibt dauerhaft dicht. Die größere Breite der Fugenmulde erleichtert die Reinigung und Vorbereitung der Fugenflanken und den sachgerechten Einbau der Muldenfüllung.

- c) An Fugen parallel zu den Randprofilen: Wie die Fugen parallel zum Schrammbord sind die Fugen parallel zu den Randprofilen bei Fahrbahnübergängen aus Stahl nach den ZTV-ING 8-1 [7] mit einer Fugenmasse nach den TL Fug-Stb [8] herzustellen. Auch diese sind sehr schadensanfällig. Angrenzende Walzasphaltschichten sind

nur schwer zu verdichten und die Anarbeitung der Beläge bei Wellenprofilen ist oft schwierig. Außerdem kann es bei den starren Stahlübergangskonstruktionen zum Aufschieben der Asphaltbeläge kommen oder zu wolkenartigen Rissbildungen entlang der Randprofile (Bild 7). Auch hier stellt der Einsatz von Belagsdehnfugen eine erfolgversprechende Alternative dar. Der Aufbau ist in Bild 8 dargestellt.

d) Beim Übergang von Asphalt- zu Betonflächen: Beim Übergang von Asphalt- zu Betonflächen können große Bewegungen auftreten, die eine herkömmliche Vergussfuge oftmals nicht sicher und dauerhaft aufnehmen kann, was zu Flankenablösungen führt. Asphalt und Beton stoßen hier aneinander, wobei der Asphalt verformt, bzw. verdrückt wird. Diese Verformungen bilden sich nicht wieder zurück, sodass Aufwölbungen im Asphaltbelag unmittelbar an der Betonkante



Bild 7: Belagsschäden entlang eines Fahrbahnübergangs aus Stahl (14)

entstehen. Die Bildung dieser Aufwölbungen wird durch den Schwerlastverkehr deutlich verstärkt. Mit dem Einbau der Belagsdehnfuge wird ein elastischer Puffer geschaffen, der in der Lage ist, die auftretenden Bewegungen schadlos aufzunehmen (Bild 9).

e) Über einer Kammerwand: Eine weitere Einsatzmöglichkeit ergibt sich über Kammerwänden oder Betonbalken vor einem Fahrbahnübergang aus Stahl. Dort können am Übergang von der Strecke zur Kammerwand bzw. zum Betonbalken Bewegungen auftreten, die zu Rissen in der darüber liegenden Asphaltdecke führen. Fugenverguss nach den TL Fug-StB [8] kann die dynamischen Bewegungen an dieser Stelle oftmals nicht dauerhaft aufnehmen und es treten wiederum Risse und Ablösungen auf. Die Ausführung einer Belagsdehnfuge als Ersatz für eine Fuge in der Deckschicht kann hier eine Lösung sein (Bild 10).

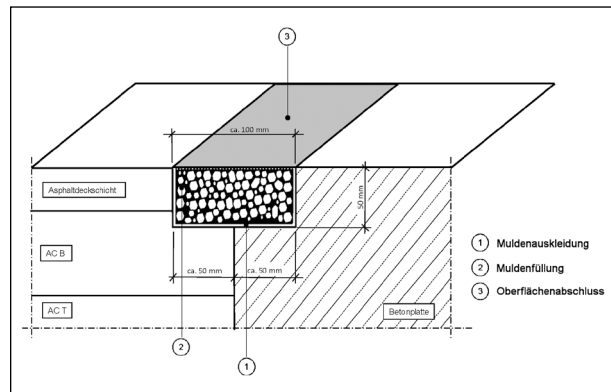


Bild 9: Belagsdehnfuge, Übergang zwischen Asphalt- und Betonfahrbahnen (2)

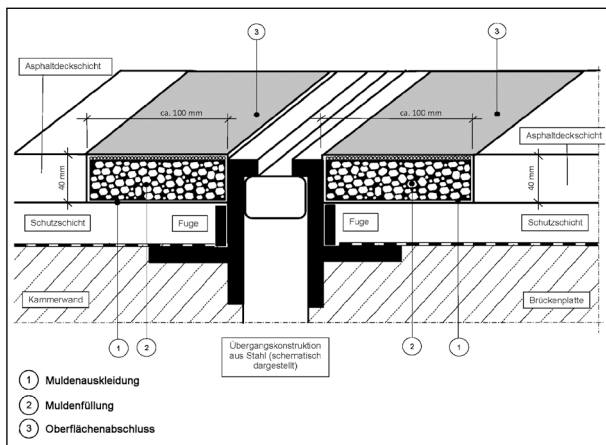


Bild 8: Belagsdehnfuge als Ersatz für den Fugenverguss entlang von Fahrbahnübergängen aus Stahl in der Deckschicht (2)

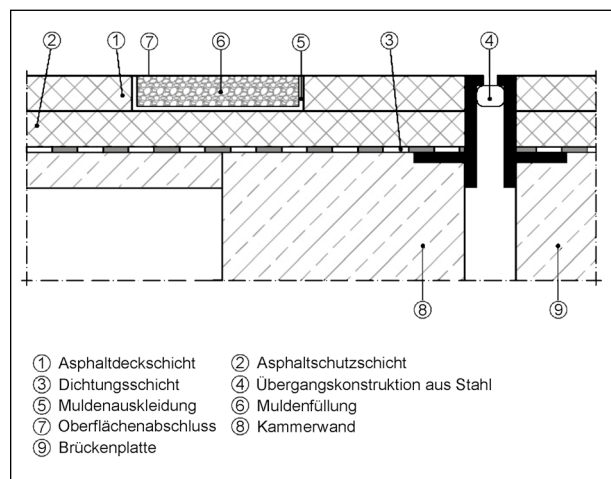


Bild 10: Belagsdehnfuge über einer Kammerwand (1)



## 4 Einbau

Der Einbau der Belagsdehnfuge ähnelt im Prinzip dem Einbau eines Fahrbahnübergangs aus Asphalt. Die Mulde ist allerdings schmaler und in der Regel nur so tief wie die Deckschicht dick ist. Auf weitere Einbauteile wie Abdeckblech, Trennlage oder Unterfüllung kann verzichtet werden.

In 2019/2020 wurden im Verlauf der Bundesstraße B 64 im Kreis Höxter in Nordrhein-Westfalen der Straßenbelag erneuert und die Überführungsbauwerke mit neuen Fahrbahnübergängen entweder aus Stahl oder aber aus Asphalt versehen. Bei Herste, einem Stadtteil von Bad Driburg, überquert die Bundesstraße B 64 einen Feldweg (Bild 11). Hier wurde im März 2020 eine Belagsdehnfuge in einer Breite von 36 cm eingebaut. Der Einbau wurde durch die BASt begleitet und wird im Folgenden, stellvertretend für die weiteren Bauwerke, beschrieben.

Im Zuge der Belagerneuerung auf der B 64 wurde der Fahrbahnbelag ohne Unterbrechung über das Überführungsbauwerk hinweg durchgehend eingebaut. Auf diese Weise wurden Unstetigkeitsstellen (Höhenversatz) im Bereich des Übergangs vermieden. Bevor die Belagsarbeiten ausgeführt wurden, war die Lage der späteren Belagsdehnfuge zu ermitteln und anzuzeichnen. In der Regel wird die Lage der Fugenachse vor dem Aufbringen des Fahrbahnbelages eindeutig und dauerhaft markiert. Fehlen diese Markierungen, muss die Lage der Fugenachse z. B. mittels Suchschlitze ermittelt werden. Um das Freilegen der Mulde zu erleichtern, sollte vor dem Asphaltieren eine Trennlage in dem Bereich der späteren Mulde eingebracht werden.



Bild 11: Überführung der Bundesstraße B 64 über einen Feldweg bei Herste (1)

Die Fugenmulde wurde anschließend ausgefräst (Bild 12). Alternativ sind auch ein Schneiden der Muldenflanken und Herausbrechen des Belages möglich. Die Muldenbreite betrug 36 cm und die Tiefe ca. 5 cm, was der Belagsdicke der Deckschicht entspricht (Bild 13). Die Belagsdehnfuge endet bei dem Bauwerk in Herste mit einer Abschrägung kurz vor der Brückenkappe (Bild 14). Sie kann aber auch über die Brückenkappen hinweg verlaufen, was nach dem Regelwerk die zu bevorzugende Variante darstellt. In diesem Fall wäre für den Einbau im Kappenbereich ein Abstellblech am Schrammbord erforderlich.



Bild 12: Ausfräsen der Fugenmulde entlang der Anzeichnung

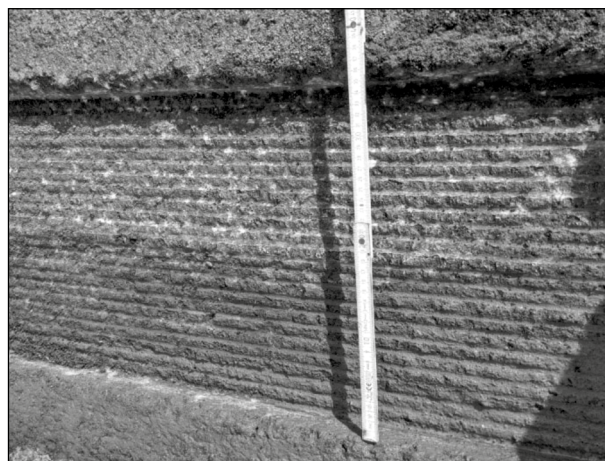


Bild 13: Ausgefräste Fugenmulde (1)



Nach ihrer Herstellung wurden die Fugenmulde und die angrenzenden Belagsoberflächen grob vorge-  
reinigt. Im Anschluss wurde die Fugenmulde mit fes-



Bild 14: Auslaufen der Fugenmulde an der Brückenkappe (1)



Bild 15: Sandstrahlen der Fugenmulde (1)

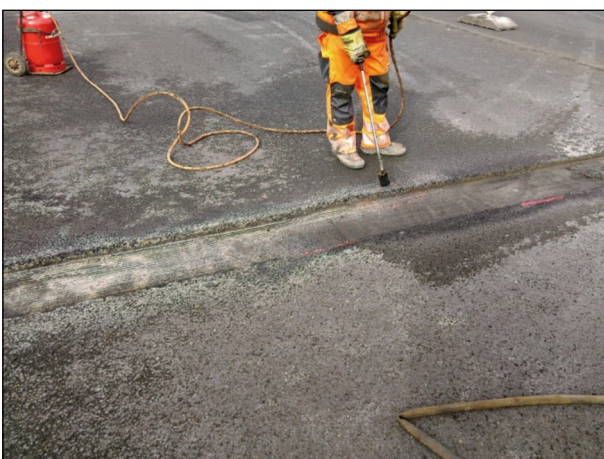


Bild 16: Vorwärmen der Unterlage und der Muldenflanken (1)

tem Strahlmittel gestrahlt und gründlich gereinigt, um eine ausreichende Haftung zu gewährleisten (Bild 15). Bei der Reinigung der Fugenmulde sowie der angrenzenden Arbeitsbereiche ist auf besondere Sorgfalt zu achten. Schmutz und Staub führen zu schädlichen Trennschichten und somit zu Störungen im Haftverbund der jeweiligen Flächen. Beim Sandstrahlen sowie bei dem späteren Entstauben mit Druckluft ist auf den Einsatz von ölfreier Druckluft zu achten. Bei Verwendung von ölhaltiger Druckluft werden feinste Ölpartikel auf die Oberfläche der Fugenmulde aufgebracht. Dies führt zur Störung des Haftverbundes zwischen der Fugenmulde und der Muldenauskleidung.

Bevor die Mulde mit der Tränkmasse ausgekleidet wurde, erfolgte eine Erwärmung der Unterlage und der Muldenflanken mittels eines Propanbrenners (Bild 16). Hierdurch wird die Haftung zur Unterlage verbessert. Bei der erforderlichen Verwendung von Handbrennern zum Trocknen und Erwärmen der Fugenmulde ist ebenfalls mit Sorgfalt vorzugehen. Ein zu hoher Eintrag von Wärme durch die Flamme der Handbrenner führt zu einer thermischen Schädigung des Bindemittels in den angrenzenden Asphalt-schichten. Hieraus resultieren Staub und Ruß, welche den Haftverbund verringern. Ein stetiges und schonendes Erwärmen der Oberflächen der angrenzenden Schichten verhindert, vor allen Dingen in den kälteren Jahreszeiten, ein schockartiges Abkühlen der Tränkmasse für die Muldenauskleidung und sorgt für eine dauerhafte Verklebung an den Kontaktflächen.

Beim Aufbringen der Muldenauskleidung ist auf eine vollständige Benetzung aller Kontaktflächen und auf die korrekte Verarbeitungstemperatur der Tränkmasse gemäß Ausführungsanweisung des Systemanbieters zu achten. Die hier verwendete Tränkmasse wurde in einem Kessel auf einer Temperatur von ca. 130 °C vorgehalten (Bild 17). Der Einbau erfolgte von Hand und die gleichmäßige Verteilung mit speziellen hitzebeständigen Wischern (Bild 18).

Beim nun folgenden Einbau der Muldenfüllung ist auf eine vollständige Durchtränkung des vorgelegten Gesteinskörnungsgewebes zu achten. Der Verstaubungsgrad der Gesteinskörnung ist mit dem Tape-Test zu prüfen und im Einbauprotokoll zu dokumentieren. Er darf die Stufe 2 nicht überschreiten (s. Anhang B zur ZTV-ING 8-2 [1]). Gesteinskörnungen mit den Verstaubungsstufen 3 und 4 nach ZTV-ING 8-2, Anhang B [1] sind für den Einbau in Fahr-



bahnübergängen aus Asphalt nicht geeignet. Der anhaftende Staub an der Gesteinskörnung bildet hier eine Trennschicht, welche eine vollständige Haftung zwischen der Tränkmassse und dem Gesteinskorn verhindert. Die Gesteinskörnung muss auf die Mindesteinbautemperatur der Tränkmassse erwärmt werden. Ist die Temperatur der Gesteinskörnungslagen zu gering, erfolgt eine zu schnelle Auskühlung der Tränkmassse, was den Haftverbund zwischen Tränkmassse und Gesteinskörnung verringert. Ebenso darf die Temperatur der vorgelegten



Bild 17: Erwärmung der Tränkmassse auf ca. 130 °C (1)



Bild 18: Auskleiden des Muldenbodens und der Muldenflanken mit der Tränkmassse (1)

Gesteinskörnung die maximale Verarbeitungstemperatur der Tränkmassse nicht überschreiten, da ansonsten eine Schädigung der in der Tränkmassse verarbeiteten Polymere einsetzen kann. Dies führt zu einer Versprödung der Tränkmassse mit negativen Auswirkungen auf die Flexibilität bei niedrigen Temperaturen. Bei dem Bauwerk in Herste wurde die Gesteinskörnung vor dem Einbau in einem Trommelmischer mithilfe eines Propanbrenners erhitzt (Bild 19). Als die gewünschte Temperatur erreicht war, wurde Tränkmassse hinzugegeben (Bild 20), um bereits vor dem Einbau eine vollständige Umhüllung der Gesteinskörnung mit Tränkmassse sicherzustellen und eventuell anfallenden Staub zu binden.

Die heiße und mit Tränkmassse umhüllte Gesteinskörnung wurde in die Mulde eingebracht und mit einem Schieber verteilt (Bild 21). Die einzelnen Körner der vorgelegten Gesteinskörnung wurden mit einer Rüttelplatte in ihre optimale Lage gebracht



Bild 19: Erwärmen der Gesteinskörnung (1)



Bild 20: Zuführung von Tränkmassse zu der Gesteinskörnung zur Umhüllung (1)





Bild 21: Einbau der Gesteinskörnung (1)

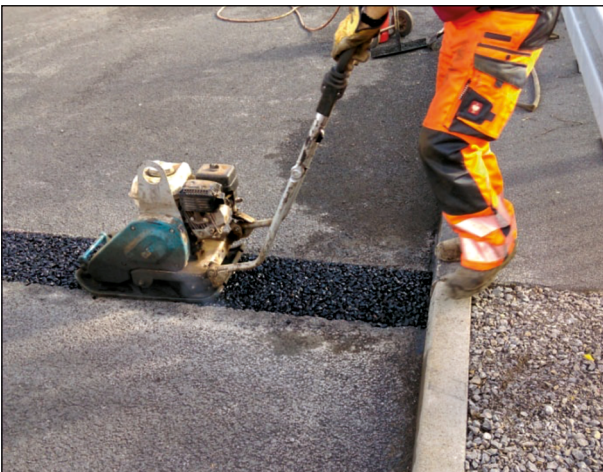


Bild 22: Verdichten der Gesteinskörnung (1)

(Bild 22). Somit wird sichergestellt, dass ein konstanter Korn-zu-Korn-Kontakt entsteht und das Gesteinskörnungsgerüst seine Funktion als Stützkorn einwandfrei erfüllt und die vertikalen Verkehrslasten sicher in den Untergrund abgeleitet werden können. Es erfolgte eine nochmalige Nacharbeit mit einem Handstamper und das Abkleben der Ränder entlang der Mulde mit einem Abstand von ca. 2 cm vom Rand (Bild 23). Anstatt mit einer Rüttelplatte kann die Gesteinskörnung auch komplett von Hand mit einem Handstamper in ihre optimale Lage gebracht werden. Die Hohlräume zwischen den so vorbereiteten und bis zur Muldenoberkante eingefüllten Gesteinskörnungen (Bild 24) wurden mit der ca. 130 °C heißen Tränkmasse verfüllt (Bild 25). Die Tränkung des Gesteinskörnungsgerüsts sollte an den Flankenbereichen zuerst erfolgen, da hier die Gesteinskörnung am schnellsten abkühlt. Weiterhin sollte die Tränkung zwar zügig, jedoch nur so schnell erfol-

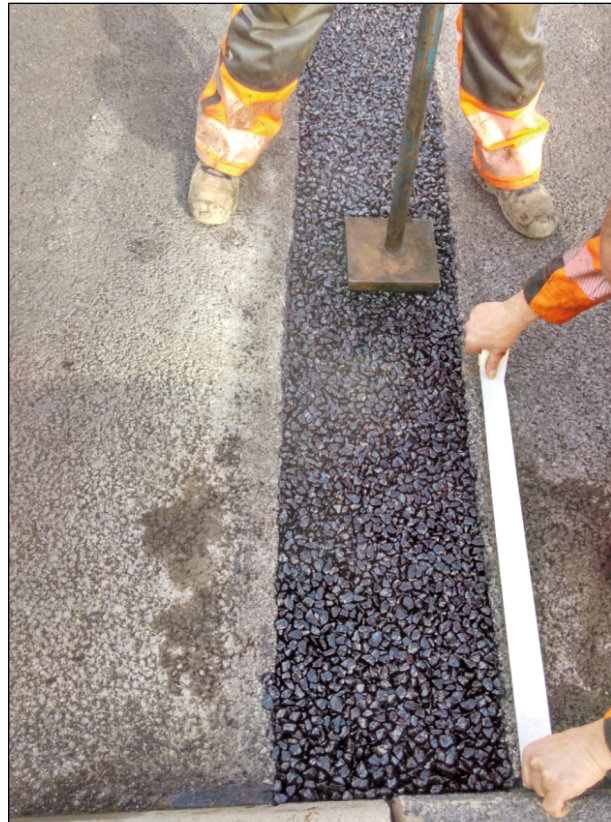


Bild 23: Nochmaliges händisches Verdichten und Abkleben der Ränder (1)



Bild 24: Fertiges Gesteinskörnungsgerüst vor dem Verfüllen mit der Tränkmasse (1)

gen, dass sämtliche Luft aus den Hohlräumen des Gesteinskörnungsgerüsts vollständig entweichen kann. Die flüssige Tränkmasse wurde mit einem speziellen Gummischieber verteilt (Bild 26). Nach einer Wartezeit, die von der Viskosität der Tränkmasse abhängig ist, zeigten sich an der Oberfläche, nachdem die Tränkmasse im Gesteinskörnungsgerüst nach unten gelaufen war, Hohlräume ohne Tränkmasse (Bild 27). Daher wurde der Vor-





Bild 25: Einbringen der heißen Tränkmasse (1)



Bild 27: Bildung von Hohlräumen durch Absacken der Tränkmasse im Gesteinskörnungsgüst (1)



Bild 26: Verteilen der Tränkmasse (1)



Bild 28: Komplett mit Tränkmasse gefülltes Gesteinskörnungsgüst der Muldenfüllung (1)

gang des Tränkens wiederholt, bis an der Oberfläche keine weiteren Hohlräume zu sehen waren und das Korngerüst mit Tränkmasse gesättigt war (Bild 28). Zum Abschluss erfolgte eine Abstreuerung, wobei das überschüssige, nicht eingebundene Abstreumaterial später abgekehrt wurde (Bild 29).

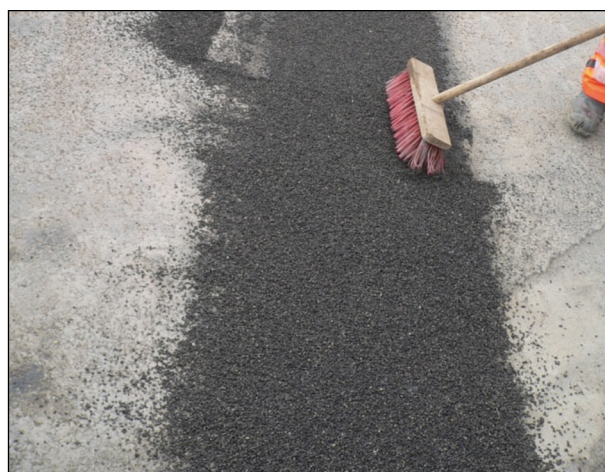


Bild 29: Abstreuen der Oberfläche (1)



## 5 Begangene Bauwerke

### 5.1 Überblick

Im Rahmen dieser Erfahrungssammlung wurden die Daten von 52 Bauwerken mit insgesamt 152 Belagsdehnfugen ausgewertet. Insbesondere wurden 20 ausgewählte Bauwerke nach längerer Nutzungsdauer im Sommer 2019 bereist und der aktuelle Zustand dokumentiert und bewertet. Grundlage war eine Referenzliste einer Firma, die bereits seit 2008 Belagsdehnfugen, hauptsächlich in Baden-Württemberg aber auch in Bayern, eingebaut hat. Im Zeitraum von 2008 bis 2016 wurden ca. 5.000 lfm Belagsdehnfugen durch diese Firma eingebaut.



Bild 30: ÜBF Feldweg über die B 312 (1)

### 5.2 ÜBF Feldweg über die B 312 bei Neckartenzlingen

In Neckartenzlingen überführt das Schrägstielrahmenbauwerk aus dem Jahr 2017 einen Feldweg über die Bundesstraße B 312 (Bild 30). Bei dieser wenig befahrenen Brücke kamen neben ca. 50 cm breiten Fahrbahnübergängen aus Asphalt in Querrichtung auch abschnittsweise Belagsdehnfugen in Längsrichtung entlang der Brückenkappen zur Anwendung (Bild 31). Diese sind ca. 13 cm breit und wurden anstatt der üblichen vergossenen Randfugen eingesetzt. Die Belagsdehnfugen sind bisher schadensfrei.

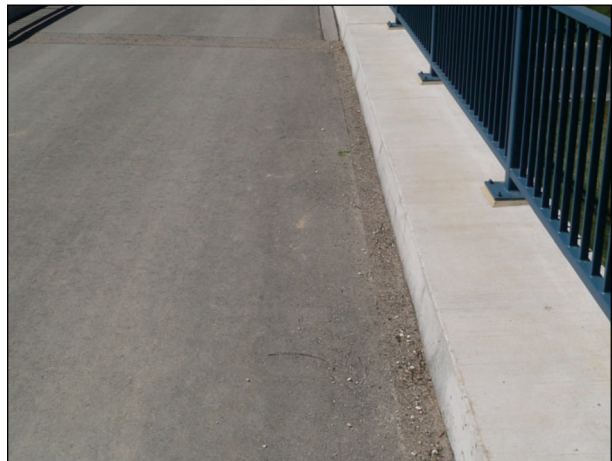


Bild 31: Belagsdehnfuge längs der Brückenkappe nach zwei Jahren Liegezeit (1)

### 5.3 Überführung der B 297 in Kirchheim unter Teck

In Kirchheim unter Teck wird die Bundesstraße B 297 innerorts durch ein Brückenbauwerk aus dem Jahr 1959 über die Tannenbergsstraße geführt (Bild 32). Im Jahr 2009 wurden die Brückenkappen und der Straßenbelag erneuert. In dem Zuge wurden als Fahrbahnübergänge Belagsdehnfugen in 20 cm Breite eingebaut. Die Deckschicht besteht aus Splittmastixasphalt und die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke beträgt 16.300 Kfz/Tag bei einem geringen Anteil an Schwerverkehr. Nach nunmehr 10-jähriger Liegezeit sind keine Schäden oder Verformungen erkennbar (Bild 33 + 34).



Bild 32: Überführung der B 297 über die Tannenbergsstraße in Kirchheim unter Teck (1)





Bild 33: 20 cm breite Belagsdehnfuge nach 10 Jahren unter Verkehr - keine Verformungen in Fahrtrichtung (1)

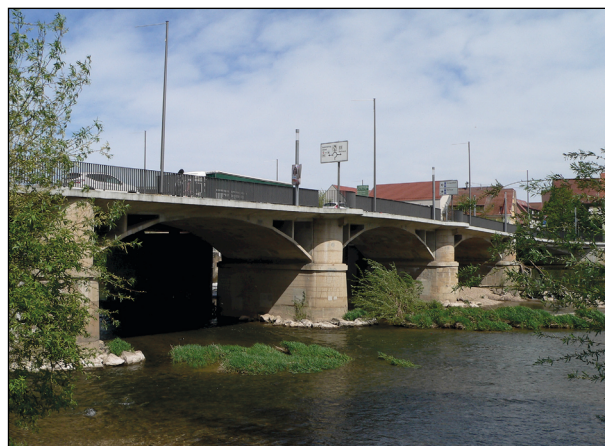


Bild 35: Brückenbauwerk über die Neckar in Nürtingen (1)



Bild 34: 20 cm breite Belagsdehnfuge nach 10 Jahren unter Verkehr - keine Verformung in Querrichtung (1)



Bild 36: Einbau der Belagsdehnfuge und der Fahrbahnübergänge aus Asphalt (3)

#### 5.4 Neckarbrücke in Nürtingen

Nahe dem Ortskern von Nürtingen in Baden-Württemberg befindet sich im Zuge der Galgenbergstraße eine Neckarbrücke. Bei dieser Neckarbrücke aus dem Jahr 1948 (Bild 35) wurde im Dezember 2009 eine 14 cm breite Belagsdehnfuge eingebaut (Bild 36). Außerdem befinden sich im Verlauf dieser Brücke weitere 10 Fahrbahnübergänge aus Asphalt in der Standardbreite von ca. 50 cm (Bild 37). Die beschriebenen Fahrbahnübergänge befinden sich alle in Fahrtrichtung stadteinwärts und gehen zum Teil auch über die Brückenkappen und Schrammborde hinweg (Bild 37). Bei dem Straßenbelag handelt es sich um einen Splittmastixasphalt. Ein Fahrbahnübergang aus Asphalt vor einem Fußgängerüberweg weist aufgrund der Einwirkungen durch das Bremsen, Halten und Anfahren der Kfz Spurrin-



Bild 37: Fahrbahnübergänge aus Asphalt in herkömmlicher Breite in Fahrtrichtung Innenstadt (1)

nen auf (Bild 38), die sich auch im Asphalt fortsetzen. Außerdem sind Verwalkungen in dem nicht befahrenen Randbereich zu erkennen (Bild 39). Die



Belagsdehnfuge mit einer Breite von ca. 14 cm hingegen weist bei ähnlicher Belastung unmittelbar vor der Ausfahrt in einen Kreisverkehr keine Verformungen auf (Bild 40).

Ansonsten sind die Fahrbahnübergänge aus Asphalt sowie die Belagsdehnfuge bisher schadensfrei.



Bild 38: 50 cm breiter Fahrbahnübergang aus Asphalt mit Spurrinnen (1)



Bild 39: Verwalkungen am Fahrbahnrand (1)



Bild 40: 14 cm breite Belagsdehnfuge vor einem Kreisverkehr nach 10 Jahren unter Verkehr ohne Verformungen (1)

## 5.5 Brücke über die Lauter bei Kirchheim unter Teck

Im Dezember 2015 wurde im Zuge der Landesstraße L 1200a (Nürtinger Straße) ein Brückenneubau über einen Abzweig der Lauter erstellt (Bild 41). Dabei wurde ein Fahrbahnübergang aus Asphalt in einer Breite von ca. 63 cm und eine Belagsdehnfuge in einer Breite von ca. 14 cm eingesetzt (Bild 42). Beide Fahrbahnübergänge sind bisher schadensfrei.



Bild 41: Brücke über die Lauter im Zuge der L 1200a (1)



Bild 42: 14 cm breite Belagsdehnfuge im Zuge der L 1200a nach 5 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (1)



## 5.6 Aichbrücke in Nürtingen

In der Ortsmitte von Nürtingen-Oberensingen überquert die Stuttgarter Straße (L 1205) die Aich (Bild 43). Im September 2012 wurden hier zwei ca. 20 cm breite Belagsdehnfugen in eine Deckschicht aus Splittmastixasphalt SMA 11 S (Bindemittel: 25/55-55 A) eingebaut (Bild 44). Bisher sind die Belagsdehnfugen schadensfrei (Bild 45).



Bild 43: Aichbrücke in Nürtingen-Oberensingen (1)

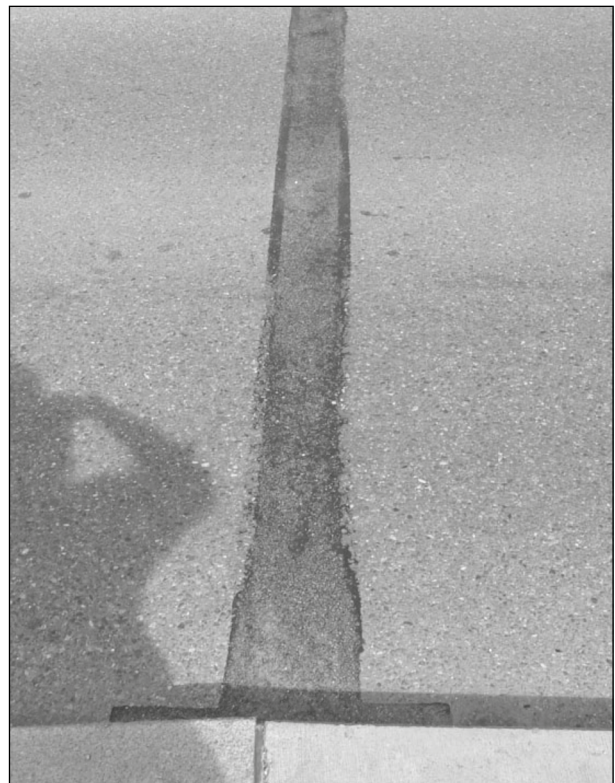


Bild 45: Belagsdehnfuge nach 7 Jahren unter Verkehr (2019) ohne Schäden (1)



Bild 44: Belagsdehnfuge bei Fertigstellung in 2012 (4)



## 5.7 Holzbrücke über die B 313 in Nürtingen

In Nürtingen-Unterensingen führt ein Geh- und Radweg über die Bundesstraße B 313. Dabei handelt es sich um eine Holzbrücke aus dem Jahr 2008 (Bild 46). An den Enden des Überbaus befindet sich jeweils ein herkömmlicher Fahrbahnübergang aus Asphalt nach den ZTV-ING 8-2 [1] in einer Breite von ca. 59 cm. Deck- und Schutzschicht wurden mit Gussasphalt ausgeführt. Etwa zwei Jahre nach Fertigstellung zeigten sich Querrisse im Gussasphalt über den Gelenken. Daraufhin wurde im Juli des Jahres 2012 der Asphalt an diesen Stellen entfernt und zwei Belagsdehnfugen eingebaut, deren Sollbreiten nach der Referenzliste 45 cm und 20 cm betragen. Bei der Begehung im Jahr 2019 betragen die gemessenen Breite 52 cm und 26 cm (Bild 47). Beide Belagsdehnfugen waren schadensfrei. Dies war zu erwarten, da die Verkehrsbelastung bei diesem Geh- und Radweg nur gering ist, sodass keine Verformungen zu befürchten sind. Die Spannungen



Bild 46: Holzbrücke über die B 313 in Nürtingen (1)



Bild 47: Belagsdehnfuge in 26 cm Breite nach 7 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (1)

aus den Bewegungen des Bauwerks über den Gelenken, die zu den Rissen im Asphaltbelag geführt hatten, werden von den Belagsdehnfugen schadensfrei aufgenommen.

## 5.8 Wirtschaftswegunterführung im Zuge der BAB A 81 in Herrenberg

Im Zuge der BAB A 81 bei Herrenberg, unmittelbar vor dem Schönbuchtunnel in Fahrtrichtung Stuttgart, wird ein Wirtschaftsweg unterführt (Bild 48). Bei dieser Einfeldbrücke aus dem Jahr 1978 wurden die einlammigen Fahrbahnübergänge aus Stahl (zwei in jeder Fahrtrichtung) durch Belagsdehnfugen ersetzt (Bild 49). Der Einbau erfolgte im November 2014 und Oktober 2015. Die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke beträgt ca. 69.000 Kfz/Tag bei einem Schwerververkehrsanteil von 10 %. Bei der Begehung im Jahr 2019 wurden keine Schäden festgestellt und die ermittelte Breite der Belagsdehnfugen betrug in Fahrtrichtung Herrenberg ca. 17 cm und in Fahrtrichtung Stuttgart 22 cm.



Bild 48: Wirtschaftswegunterführung im Zuge der BAB A 81 (1)



Bild 49: Belagsdehnfugen im Zuge der BAB A 81 bei Herrenberg nach 5 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (1)



## 5.9 Brücke über die Glems im Zuge der K 1011 bei Böblingen

Im Landkreis Böblingen verläuft die Brennerstraße (K 1011) zwischen der Autobahnanschlussstelle Leonberg-West und der Stadt Leonberg und überquert dabei die Glems (Bild 50). Auf diesem Brückenbauwerk kam im September 2018 eine Belagsdehnfuge in ca. 12 cm Breite zur Anwendung. Bei der Besichtigung im Jahr 2019 konnten keinerlei Schäden oder Veränderungen festgestellt werden (Bild 51).



Bild 50: Brücke über die Glems im Zuge der K 1011 (1)

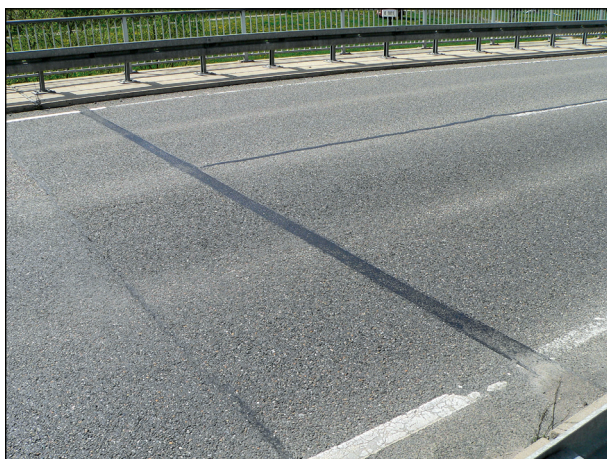


Bild 51: 12 cm breite Belagsdehnfuge auf der Brennerstraße nach 1 Jahr unter Verkehr ohne Schäden (1)

## 5.10 Fußgängerunterführung unter der L 562 in Ettlingen

In Ettlingen verläuft die Landesstraße L 562 parallel zu dem Verlauf der Alb und der Straßenbahn. In unmittelbarer Nähe zum Wattkopftunnel führt die L 562 über eine Fußgängerunterführung um den Zugang zur Straßenbahn zu ermöglichen (Bild 52). Aufgrund der geringen Spannweite des Bauwerks wurden im September 2016 zwei Belagsdehnfugen in ca. 14 cm Breite eingebaut. Diese weisen bisher keine Schäden oder Verformungen auf (Bild 53).



Bild 52: Fußgängerunterführung unter der L 562, Ettlingen (1)



Bild 53: 14 cm breite Belagsdehnfuge im Zuge der L 562 nach 3 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (1)



### 5.11 Federbachbrücke in Neuburgweiher im Zuge der L 566

Durch Rheinstetten verläuft die Landesstraße L 566. Am Ortseingang des Stadtteils Neuburgweiher überquert diese den Federbach (Bild 54). Daher der Name Federbachbrücke des 2015 errichteten Bauwerks. Direkt beim Neubau kamen hier im November 2015 zwei ca. 10 cm breite Belagsdehnfugen zum Einsatz. Diese durch Kfz recht gering belasteten Belagsdehnfugen sind bisher schadensfrei (Bild 55).



Bild 54: Federbachbrücke in Neuburgweiher (1)

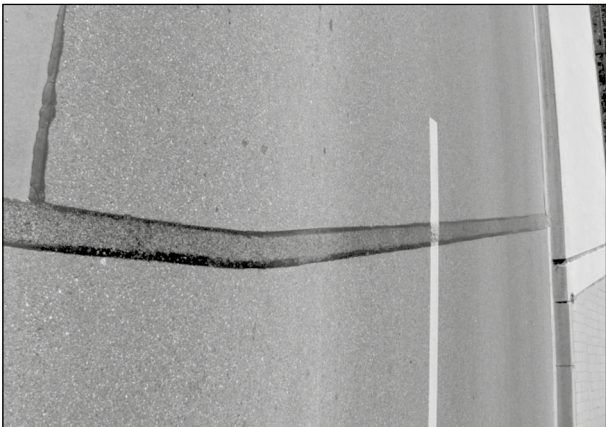


Bild 55: Schadensfreie Belagsdehnfuge auf der Federbachbrücke nach 5 Jahren unter Verkehr (1)

### 5.12 Kreisverkehr im Zuge der B 27 in Rottweil

In einem Kreisverkehr in Rottweil wurden im Jahr 2014 drei Belagsdehnfugen eingebaut (Bild 56). Diese befinden sich im Übergang von der Asphaltfahrbahn der Strecke zur Betonfahrbahn des Kreisverkehrs und sind in einer Breite von ca. 17 cm, 19 cm und 10 cm und in einer Dicke von 4 cm ausgeführt.

Die ca. 17 cm breite Belagsdehnfuge auf der Oberndorfer Straße weist keine Schäden auf (Bild 57). Die ca. 19 cm breite Belagsdehnfuge in der Bundesstraße B 27 in Fahrtrichtung Balingen weist geringfügige Enthaltungen zum Beton im mittleren Fahrbahnbereich vor einer Verkehrsinsel auf (Bild 58). Diese Belagsdehnfuge wird an dieser Stelle nicht durch direkten Kfz-Verkehr belastet. Die ca. 10 cm breite Belagsdehnfuge auf der Bundesstraße B 14 in Fahrtrichtung Dunningen weist Ablösungen zum Asphalt bis zu einer Länge von ca. 30 cm bei



Bild 56: Kreisverkehr im Zuge der B 27 in Rottweil (1)



Bild 57: Schadensfreie Belagsdehnfuge auf der kommunalen Oberndorfer Straße nach 5 Jahren unter Verkehr (1)



der Einfahrt in den Kreisverkehr auf (Bild 59). Außerdem ist bei dieser Belagsdehnfuge im Bereich der Rollspuren die Abstreifung herausgefahren und die Tränkmasse oberflächlich abgetragen, wodurch die grobe Gesteinskörnung an der Oberfläche sichtbar ist. (Bild 60). Die Funktionalität der Belagsdehnfugen ist weiterhin gegeben.



Bild 58: Geringfügige Ablösungen zum Beton in Fahrbahnmitte auf der B 27 nach 5 Jahren unter Verkehr (1)



Bild 59: Große Ablösungen zum Asphalt auf der Bundesstraße B 14 nach 5 Jahren unter Verkehr (1)

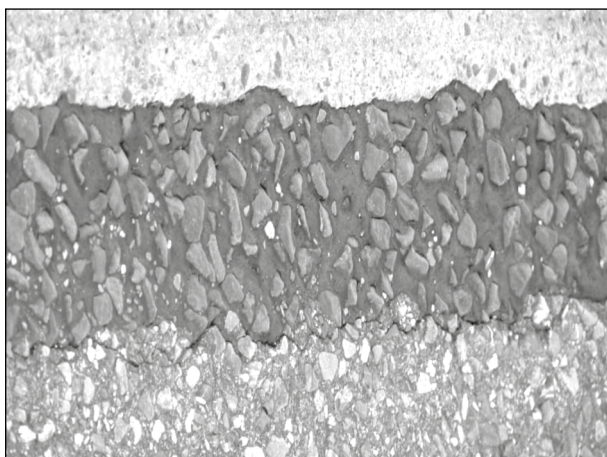


Bild 60: Freigelegte grobe Gesteinskörnung in der Rollspur der Bundesstraße B 14 nach 5 Jahren unter Verkehr (1)

### 5.13 Brücke im Zuge der B 462 in Rottweil-Hochwald

In Rottweil-Hochwald (Baden-Württemberg) führt die Bundesstraße B 462 mit jeweils einem Fahrstreifen je Fahrtrichtung über einen Wirtschaftsweg (Bild 61). An dieser Stahlbeton-Brücke aus dem Jahr 2016 kamen zwei Belagsdehnfugen mit Breiten von ca. 19 cm und ca. 20 cm zur Anwendung. Die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke beträgt 13.904 Kfz/Tag bei einem geringen Schwerverkehrsanteil. Die Belagsdehnfugen sind bisher schadensfrei und in einem sehr guten Zustand (Bild 62).



Bild 61: Überführung der Bundesstraße B 462 über einen Wirtschaftsweg (1)



Bild 62: 19 cm breite und schadensfreie Belagsdehnfuge nach 3 Jahren unter Verkehr (1)



## 5.14 Kreisverkehr im Zuge der B 14 bei Aldingen

In dem Kreisverkehr im Zuge der Bundesstraße B 14 in Höhe des Ortes Aldingen wurden im Jahr 2012 vier Belagsdehnfugen eingebaut (Bild 63). An dem kleineren, wenig befahrenen Abzweig der Rottweiler Straße ist die ca. 16 cm breite Belagsdehnfuge schadensfrei. Die ebenfalls ca. 16 cm breite Belagsdehnfuge auf der Rottweiler Straße in Richtung Aldingen weist eine kleine Ablösung/Riss zwischen Belagsdehnfuge und Betonfahrbahn auf (Bild 64). Zwischen der Betonfahrbahn des Kreisverkehrs und der ca. 12 cm breiten Belagsdehnfuge auf dem Abzweig der Bundesstraße B 14 in Richtung Tuttlingen zeigt sich eine ca. 30 cm lange Ablösung (Bild 65). Diese liegt in der nicht befahrenen Mitte der Straße vor einer Verkehrsinsel (Bild 66). Auf der Bundesstraße B 14 in der Fahrtrichtung Rottweil sind an der ca. 12 cm breiten Belagsdehnfuge Ablösungen/Risse zwischen Belagsdehnfuge und Beton

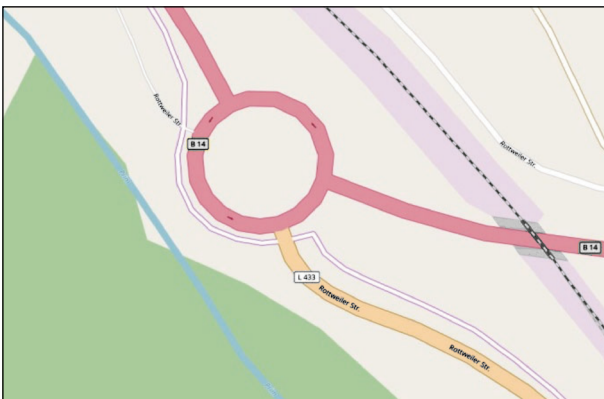


Bild 63: Kreisverkehr bei Aldingen mit vier Abgängen (4)



Bild 64: Riss an der Grenzfläche zum Beton am Abzweig Rottweiler Straße nach 7 Jahren unter Verkehr (1)

von ca. 30 cm Länge festzustellen (Bild 67). Diese liegen an den beiden Fahrbahnrandern und somit ebenfalls in Bereichen, in denen keine Überrollungen stattfinden. Die Belagsdehnfugen sind bisher weiter funktionsfähig.



Bild 65: Riss an der Grenzfläche zum Beton am Abzweig Fahrtrichtung Tuttlingen nach 7 Jahren unter Verkehr (1)



Bild 66: Verkehrsinsel vor dem Kreisverkehr (1)



Bild 67: Riss an der Grenzfläche zum Beton am Abzweig Fahrtrichtung Rottweil nach 7 Jahren unter Verkehr (1)



### 5.15 Schwenningerstraße in Villingen-Schwenningen

In Villingen-Schwenningen führt die Schwenningerstraße innerorts über den Fürstenbergring (Bild 68). Im April 2014 wurden an diesem Bauwerk zwei Belagsdehnfugen mit einer Breite von jeweils ca. 21 cm eingesetzt. Die zwei Belagsdehnfugen sind auf dieser viel befahrenen innerstädtischen Strecke bisher schadensfrei (Bild 69).



Bild 68: Überführung der Schwenningerstraße über den Fürstenbergring (1)

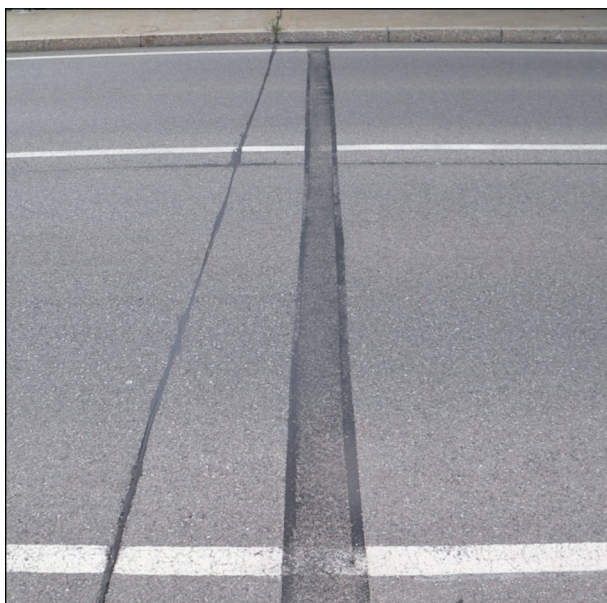


Bild 69: Schadensfreie ca. 21 cm breite Belagsdehnfuge nach 5 Jahren unter Verkehr (1)

### 5.16 Fußgängerunterführung in Villingen-Schwenningen

Der Außenring in Villingen-Schwenningen wird im Orts-Randbezirk über einen Fuß- und Radweg überführt (Bild 70). Hier wurden im April 2016 zwei Belagsdehnfugen in Breiten von ca. 16 cm und ca. 19 cm eingebaut. Diese sind noch funktionsfähig, allerdings wurde in den Rollspuren die Abstreifung herausgefahren und es zeigen sich Abtragungen des Bindemittels, wodurch die verwendete grobe Gesteinskörnung an der Oberfläche sichtbar ist (Bild 71).



Bild 70: Überführung des Außenringes in Villingen-Schwenningen über einen Fuß- und Radweg (1)



Bild 71: Freigelegte Gesteinskörnungen in der Rollspur der ca. 19 cm breiten Belagsdehnfuge nach 3 Jahren unter Verkehr (1)



### 5.17 Brücke über die Wutach im Zuge der L 170 bei Löffingen

Bei Löffingen überquert die Landesstraße L 170 in der Wutachschlucht den gleichnamigen Fluss Wutach (Bild 72). An diesem Brückenbauwerk wurden



Bild 72: Brücke über die Wutach (1)



Bild 73: Ablösungen zwischen Belagsdehnfuge und Asphalt nach 9 Jahren unter Verkehr (1)



Bild 74: Ablösungen zwischen Belagsdehnfuge und Asphalt nach 9 Jahren unter Verkehr (1)

im August 2010 zwei Belagsdehnfugen in einer Breite von ca. 12 cm eingebaut. Das Bauwerk liegt in einer wenig befahrenen 180°-Kehre. Während sich die Belagsdehnfuge in Fahrtrichtung Schweiz in einem einwandfreien Zustand befindet, weist die Belagsdehnfuge in Fahrtrichtung Stuttgart im Randbereich Ablösungen zwischen dem Asphaltbelag und der Belagsdehnfuge auf (Bilder 73 + 74). Dies kann unter anderem an der Lage in der 180°-Kehre liegen, wo sich die Einwirkungen des Kfz-Verkehrs bedingt durch Brems- und Radialkräfte verstärkt. Die Funktion der Belagsdehnfugen ist weiterhin gegeben.

### 5.18 Brücken im Zuge der B 500 in Waldshut, Schwarzwald

Die Bundesstraße B 500 führt über 233 Kilometer von Iffezheim über den Schwarzwald bis nach Waldshut. Auf dem südlichen Abschnitt bei Waldshut kamen im August 2015 an vier Brückenbauwerken insgesamt 9 Belagsdehnfugen in einer Breite von ca. 15 cm bis ca. 30 cm zur Anwendung. Die angrenzende Deckschicht ist ein Asphaltbeton 0/11 in einer Schichtdicke von ca. 4 cm. Die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke beträgt ca. 5.500 Kfz/Tag. Drei dieser Brücken wurden im Sommer 2019 besichtigt.

Die zwei Belagsdehnfugen im Zuge der B 500 über die K 6563 bei Gaiss mit einer Breite von ca. 15 cm weisen keinerlei Beschädigungen auf (Bilder 75 + 76).

Auf der Brücke im Zuge der B 500 über die K 6563 bei Waldkirch (Bild 77) ist in den Rollspuren bei einer der zwei ca. 15 cm breiten Belagsdehnfugen das Bindemittel an der Oberfläche teilweise herausgefahren und die grobe Gesteinskörnung erkennbar (Bild 78).

An der Brücke im Zuge der B 500 über den Anschlussast bei Gaiss (Bild 79) zeigen sich vom Fahrbahnrand ausgehend an einer der zwei ca. 15 cm breiten Belagsdehnfugen Risse in der Mitte der Belagsdehnfuge und oberflächliche Veränderungen (Bild 80).

An den besichtigten Belagsdehnfugen sind bisher keinerlei funktionale Schäden erkennbar.





Bild 75: Brücke im Zuge der B 500 über die K 6563 bei Gaiss (1)



Bild 78: Freigelegte grobe Gesteinskörnung in der Rollspur der Belagsdehnfuge bei Waldkirch nach 4 Jahren unter Verkehr (1)



Bild 76: Belagsdehnfuge auf der Brücke über die K 6563 bei Gaiss nach 4 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (1)



Bild 79: Brücke im Zuge der B 500 über den Anschlussast bei Gaiss (1)



Bild 77: Brücke im Zuge der B 500 über die K 6563 bei Gaiss (1)



Bild 80: Belagsdehnfuge am Anschlussast bei Gaiss mit oberflächennahen Rissen nach 4 Jahren unter Verkehr (1)



### 5.19 Brücken über die Steina im Zuge der BAB A 98 bei Lauchringen

Die Bundesautobahn A 98 verläuft im äußersten Süden von Baden-Württemberg in vier Teilstücken. Das dritte Teilstück zwischen Waldshut-Tiengen und Lauchringen dient als Umfahrung der Stadt Tiengen und der Gemeinde Lauchringen. Zwei Plattenbrückenbauwerke aus den Jahren 1989 und 1991 dienen dort zur Überquerung der Steina (Bild 81). Im Jahr 2008 erfolgte eine Fahrbahnerweiterung von zwei auf drei Fahrstreifen, in deren Zuge die vergossenen Fugen der Brückenbauwerke durch Belagsdehnfugen in ca. 10 cm Breite ersetzt wurden. Der angrenzende Fahrbahnbelag ist ein Splittmastixasphalt (SMA 0/11S) mit dem Bindemittel PmB 45. Die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke beträgt ca. 10.800 Kfz/Tag mit einem Schwerverkehrsanteil von 12 %.

Nach 10 Jahren unter Verkehr sind keine Schäden an den Belagsdehnfugen aufgetreten (Bilder 82 + 83).



Bild 81: Brücke über die Steina im Zuge der BAB A 98 (1)



Bild 82: Belagsdehnfuge der Brücke über die Steina im Zuge der BAB A 98 vor einem Stahlbahnübergang nach 10 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (6)



Bild 83: Belagsdehnfuge der Brücke über die Steina im Zuge der BAB A 98 nach 10 Jahren unter Verkehr ohne Schaden (6)

## 6 Weitere berücksichtigte Bauwerke

### 6.1 Überblick

Im Zuge dieser Erfahrungssammlung konnten nicht sämtliche Bauwerke mit Belagsdehnfugen besichtigt werden. Aus diesem Grund wurden bei den folgenden Bauwerken die für die Erfahrungssammlung relevanten Informationen bei den zuständigen Straßenbauverwaltungen eingeholt und in diese Erfahrungssammlung eingefügt. Für die Unterstützung durch die zuständigen Behörden bei der Recherche und die zur Verfügungstellung von Bildmaterial und weiteren Informationen möchten wir uns bedanken, ebenso für die Unterstützung durch die Mitarbeiter vor Ort.

### 6.2 Brücke im Zuge der BAB A 95 bei Achmühle

Die Bundesautobahn A 95 verläuft im äußersten Süden von Deutschland über eine Länge von 67,4 Kilometern von München bis Eschenlohe. Da die BAB A 95 nicht mit dem übrigen Autobahnnetz in Deutschland verbunden ist, hat sie überwiegend regionale Bedeutung. Im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen in Höhe Achmühle überquert die BAB A 95 die K 17 (Bild 84). Die Plattenbrücke aus dem Jahr 2014 ist mit einer Deckschicht aus Asphaltbeton und zwei Belagsdehnfugen in einer Breite von jeweils ca. 10 cm ausgestattet. Die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke liegt bei ca. 31.000 Kfz/Tag mit einem Schwerverkehrsanteil von 4 %. Bisher sind keine Schäden an den Belagsdehnfugen aufgetreten (Bild 85).



Bild 84: Überführungsbauwerk der BAB A 95 über die K 17 bei Achmühle (7)



Bild 85: Schadensfreie Belagsdehnfuge der Brücke im Zuge der BAB A 95 nach 5 Jahren unter Verkehr (6)



### 6.3 Hochbrücke Freimann BAB A 9

Die Bundesautobahn BAB A 9 ist mit 530 Kilometern Gesamtlänge eine der längsten Autobahnen in Deutschland. Sie verbindet die beiden Großstädte Berlin und München. Im Stadtteil Freimann in München verläuft die BAB A 9 mittels der Hochbrücke Freimann über Bahngleise, Straßen und Fußwege hinweg (Bild 86). Die 1960 errichtete Brücke musste aufgrund von Schäden, hauptsächlich verursacht durch eingedrungenes Salzwasser, ersetzt werden. An dem Ersatzneubau aus dem Jahr 2008 wurden sechs Belagsdehnfugen eingebaut. Im Juli 2009 erfolgte der Einbau der ersten drei Belagsdehnfugen und im August 2010 wurden drei weitere Belagsdehnfugen eingebaut. Die angrenzende Deckschicht besteht jeweils aus Splittmastixasphalt 0/11S. Die Belagsdehnfugen liegen zum Teil in unmittelbarer Nähe der Fahrbahnübergänge aus Stahl (Trägerrost-Dehnfugen D 160 mit Rautenelementen zur Lärminderung) über den Rändern der Kammerwände (Bild 87). Es hat sich gezeigt, dass die ursprünglich vorgesehenen vergossenen Fugen durch die auftretenden Setzungen des Bauwerks dazu neigen, sich von dem angrenzenden Asphaltbelag zu lösen. Belagsdehnfugen haben sich hier als dauerhafter erwiesen. Die Belagsdehnfugen

sind bisher funktionstüchtig, allerdings sind stellenweise Ablösungen zum Asphaltbeton zu erkennen (Bild 88). Die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke beträgt ca. 77.300 Kfz/Tag mit einem Schwerververkehrsanteil von etwa 7 %.

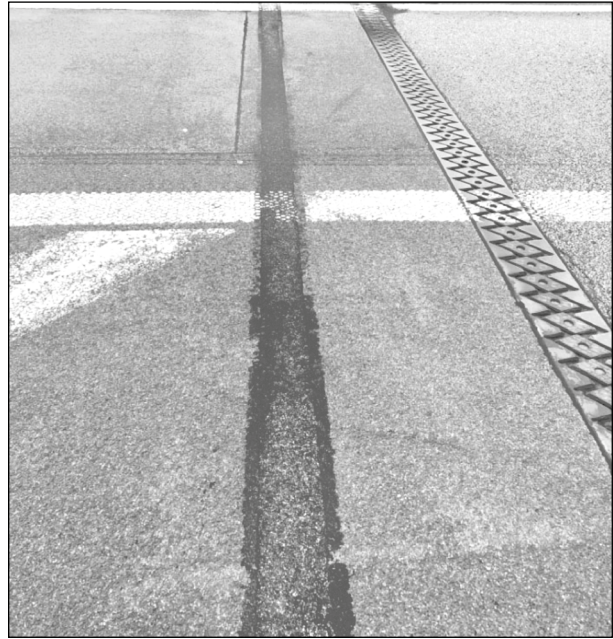


Bild 87: Belagsdehnfuge vor einer Trägerrost-Dehnfuge mit Rautenelementen nach 10 Jahren unter Verkehr (8)

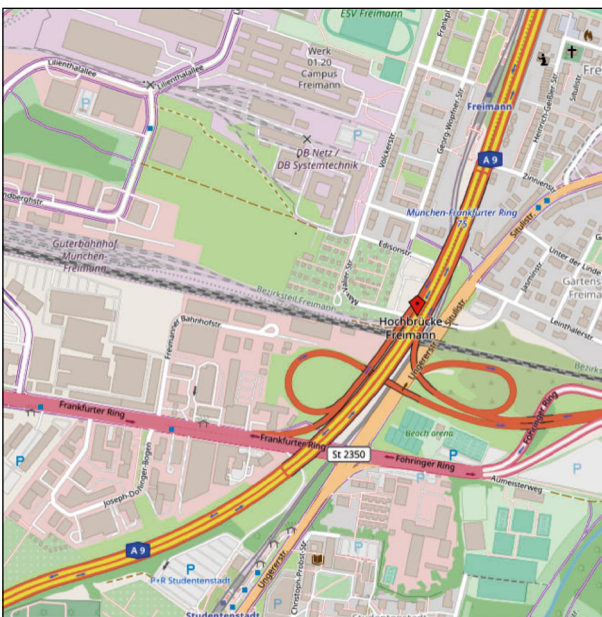


Bild 86: Hochbrücke Freimann im Zuge der BAB A 9 in München (4)



Bild 88: Belagsdehnfuge mit Ablösungen zum Asphalt nach 10 Jahren unter Verkehr (7)



## 6.4 Kreisverkehr im Zuge der B 28 in Altensteig

In Altensteig im Schwarzwald wurden im Juni 2011 Belagsdehnfugen im Zuge eines Kreisverkehrs im Verlauf der Bundesstraße B 28 eingebaut (Bild 89). Nach nunmehr 9 Jahren unter Verkehr sind die Belagsdehnfugen zwar funktionstüchtig, aber an einigen Stellen zeigen sich Veränderungen/Versprödungen an der Fugenfüllung (Bild 90). Des Weiteren sind Flankenabrissse zum Beton und zum Asphalt erkennbar sowie Verdrückungen im nicht

überfahrenen Bereich (Bild 91). Außerdem sind Risse im Asphalt aufgetreten und die Abstreuung ist in der Fahrspur nicht mehr vorhanden, sodass sich gut die Gesteinskörnung erkennen lässt (Bild 92).



Bild 89: Kreisverkehr im Zuge der B 28 in Altensteig (8)



Bild 91: Belagsdehnfuge mit Verdrückungen und Flankenabrissen nach 9 Jahren unter Verkehr (8)



Bild 90: Belagsdehnfuge mit Versprödungen nach 9 Jahren unter Verkehr (8)



Bild 92: Risse im angrenzenden Asphalt und erkennbares Korngerüst nach 9 Jahren unter Verkehr (8)



## 6.5 Wedelbrücke im Zuge der B 466

Im April 2008 wurden im Zuge des Ausbaus der Bundesstraße B 466 zwischen der K 3014 und der L 1165 im Bereich der Wedelbrücke Belagsdehnfugen in einer Breite von ca. 8 cm und einer Gesamtlänge von ca. 31 Metern eingebaut (Bild 93). Die angrenzende Asphaltdeckschicht besteht aus Splittmastixasphalt 0/11 S. Die Belagsdehnfugen liegen bisher schadensfrei.



Bild 93: Belagsdehnfuge an der Wedelbrücke im Zuge der B 466 (9)

## 6.6 Schillerbrücke in Göppingen

Die Bismarkstraße überquert mit der Schillerbrücke in Göppingen-Faurndau die Fils (Bild 94). Bei der Erneuerung der Schillerbrücke wurden im August 2011 zwei sechs Meter lange Belagsdehnfugen fahrstreifenweise eingebaut (Bild 95). Die 5 cm dicke Muldenfüllung wurde in zwei Lagen eingebracht. Gemäß dem Protokoll der letzten Bauwerksprüfung gab es keine Mängel an den Belagsdehnfugen. In der angrenzenden ca. 4 cm dicken Asphaltbetondeckschicht aus AC 11 D S mit Bitumen PmB 45 ist ein Riss aufgetreten.



Bild 94: Belagsdehnfuge, Schillerbrücke über die Fils (10)



Bild 95: Fahrstreifenweiser Einbau der Belagsdehnfugen (10)



Bild 96: 30 cm breite Belagsdehnfuge auf der Brücke Ulrich-Schweizer-Straße (11)

## 6.7 Brücke Ulrich-Schweizer-Straße in Deggingen

Der Einbau der Belagsdehnfugen auf der Brücke Ulrich-Schweizer-Straße in Deggingen erfolgte im März 2016. Die Belagsdehnfugen sind ca. 30 cm breit und ca. 4 cm dick und verlaufen nur innerhalb der Fahrbahn und nicht über die Brückenkappen hinweg (Bild 96). Die angrenzende Deckschicht ist eine Asphaltbetondeckschicht AC 11 D S mit Bitumen 50/70. Es wurden bisher keine Schäden an den Belagsdehnfugen gemeldet.

## 6.8 Busbahnhof ZUM in Kempten

In Kempten am Residenzplatz wurde im Jahr 2013 der Busbahnhof ZUM umgebaut. Die alten Asphaltfahrbahnen wurde gegen verschleißfeste Betonsegmente ausgetauscht (Bild 97). Vor und hinter den Betonfahrbahnsegmenten wurde an dem Übergang zur Asphaltfahrbahn jeweils eine Belagsdehnfuge in ca. 8 cm Breite eingebaut. Hierfür wurde auf Betonseite eine 4 x 4 cm große Schalungsausparung vorgesehen (Bild 98). Die Asphaltdeckschicht wurde bis an den Beton eingebaut und anschließend eine Mulde in gleicher Größe (4 x 4 cm) ausgeschnitten. Danach wurde die Mulde mit den entsprechenden Arbeitsschritten verfüllt. Nach sieben Jahren unter Verkehr zeigen sich die ersten Schäden. An der Grenzfläche zur Betonfahrbahn sind zum Teil Ablösungen/Risse in einer Länge von bis zu 60 cm aufgetreten (Bilder 99 und 100). An den unbefahrenen Stellen zeigen sich erste Versprödungen in Form von kleinen Rissen an der Oberfläche (Bild 101). In der Fahrspur sind keine Verdrückungen zu finden,



Bild 97: Betonsegment mit Belagsdehnfugen in der Busspur (12)



Bild 98: Aussparung in der Betonplatte für die spätere Belagsdehnfuge (12)



Bild 99: Belagsdehnfuge nach 7 Jahren unter Verkehr, mit ca. 60 cm langen Ablösung am Übergang zum Beton (12)

aber die Abstreuerung und das Bindemittel sind an der Oberfläche herausgefahren. Die freigelegte grobe Gesteinskörnung der Muldenfüllung lässt sich dort erkennen (Bild 102). Bisher ist die Funktion der Belagsdehnfugen weiterhin gegeben.





Bild 100: Ablösungen am Übergang zum Beton (12)



Bild 101: Versprödung und oberflächliche Risse (12)



Bild 102: Freigelegte grobe Gesteinskörnung der Muldenfüllung (12)

## 6.9 Brücke im Zuge der B 30 über die L 300 in Bad Waldsee

In Bad Waldsee im Landkreis Ravensburg verläuft die Bundesstraße B 30 über die Landesstraße L 300 hinweg. An der Spannbetonbrücke aus dem Jahr 1961 wurden Ende 2016 zwei nicht mehr funktionsfähige, vergossene Fugen nach der Richtzeichnung Abs. 4 [4] durch Belagsdehnfugen in einer Breite von ca. 10 cm und einer Tiefe von ca. 4 cm ersetzt. Der rechnerische Gesamtdehnweg von 13 mm war für die vergossenen Fugen zu groß. Der Einbau der Belagsdehnfugen erfolgte nur auf der Fahrbahn und endet an den Brückenkappen (Bild 103). Die angrenzende Asphaltdeckschicht ist ein Asphaltbeton AC 11 D S. Bisher sind keine Schäden bekannt.



Bild 103: Belagsdehnfuge bis zur Brückenkappe, nach 3 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (13)



## 6.10 Feldwegüberführung über die L 456 bei Sigmaringen

Bei Sigmaringen verläuft ein Feldweg über die Landesstraße L 456 (Bild 104). Wie in Bad Waldsee waren auch hier vergossene Fugen nach der Zeichnung Abs. 4 [4] eingebaut. Auch hier war der Gesamtdehnweg für diese Bauart zu groß und es kam zu Schädigungen. Daher wurde im November 2016 die Vergussfuge durch eine Belagsdehnfuge in einer Breite von ca. 12 cm und einer Dicke von ca. 3,5 cm ersetzt (Bild 105). Die angrenzenden Deckschichten sind auf dem Brückenbauwerk ein Gussasphalt MA 11 S und auf der Strecke ein Asphaltbeton AC 8 D N. Bisher sind keine Schäden aufgetreten.



Bild 104: Feldwegüberführung über die L 456 bei Sigmaringen (13)

## 6.11 Kreisverkehr B 19 in Ulm Ost

Im Zuge der Neukonzeption des Autobahnanschlusses Ulm-Ost der BAB A 8 wurden zwischen April und Juli 2013 an einem Kreisverkehr vier Belagsdehnfugen eingebaut (Bild 106). Diese vier Belagsdehnfugen in ca. 10 cm Breite und ca. 4 cm Dicke schließen an der einen Seite an die Betonfahrbahn des Verteilerkreises an und an der anderen Seite an den Splittmastixasphalt (SMA 8 S mit dem Bindemittel PmB 25/55-55) der Fahrbahn (Bild 107). Es zeigen sich im nicht überfahrenen Bereich Ablösungen, wohingegen der überfahrene Bereich intakt ist (Bild 108).



Bild 106: Belagsdehnfuge am Verteilerkreis direkt nach Fertigstellung (13)



Bild 105: Herausstemmen der Mulde für die spätere 12 cm breite Belagsdehnfuge (13)

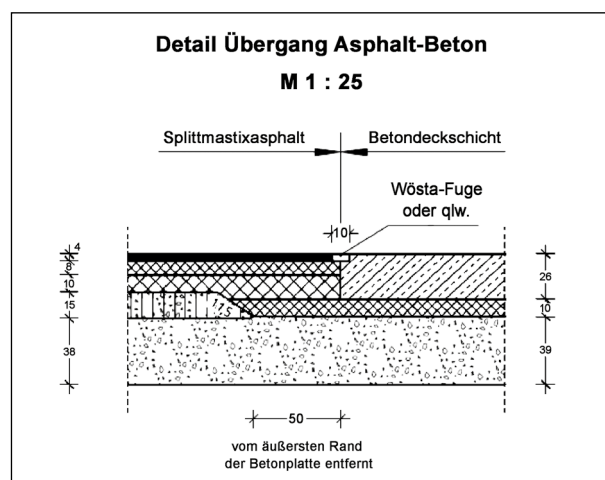


Bild 107: Prinzipskizze des Übergangs zum Verteilerkreis (13)





Bild 108: Enthaltungen zur Betonfahrbahn im nicht überfahrenen Bereich (13)



Bild 109: Belagsdehnfugen im Zuge der B 500 über den Rheinwasserkanal bei Wintersdorf nach 4-5 Jahren unter Verkehr ohne funktionale Schäden (14)

## 6.12 Brücken im Zuge der B 500 in Iffezheim

In Iffezheim im Regierungsbezirk Karlsruhe wurden an drei Bauwerken im Zuge der Bundesstraße B 500 Belagsdehnfugen eingesetzt. Dies wurde erforderlich, da die bisherigen vergossenen Fugen Risse und Ablösungen zeigten und ersetzt werden mussten. Für den Einsatz von Belagsdehnfugen sprach die schnelle und kostengünstige Umsetzung. Alle Belagsdehnfugen sind ca. 15 cm breit. Aufgrund der Nähe zu einem Grenzübergang nach Frankreich ist das Verkehrsaufkommen als hoch einzuschätzen.

Bei der Überführung der Bundesstraße B 500 über den Rheinwasserkanal bei Wintersdorf zwischen dem Grenzübergang Iffezheim und der L 78 A wurden im April 2015 und im April 2016 Belagsdehnfugen eingebaut. Die angrenzende Asphalttragschicht ist ein AC 32 T S, die Asphaltbinderschicht ein AC 16 B S und die Asphaltdeckschicht ein AC 11 D S. Die Belagsdehnfugen sind funktional intakt, aber es lassen sich Verwalkungen und Reifenabdrücke erkennen (Bild 109).

Der angrenzende Belag bei den im Juni 2013 auf der Überführung der Bundesstraße B 500 über den Sandbach bei Iffezheim (Fahrbahndeckenerneuerung Staustufe) eingebauten Belagsdehnfugen besteht aus einer Asphalttragschicht aus AC 32 T S, einer Asphaltbinderschicht aus AC 16 B S und einer Asphaltdeckschicht aus SMA 8 S. Die Lage der Belagsdehnfugen unmittelbar vor einem Fahrbahnübergang aus Stahl lässt darauf schließen, dass sich darunter eine Kammerwand befindet und die Belagsdehnfugen angeordnet wurden, um Rissbildung im Belag an dieser Stelle vorzubeugen (Bild 110). Die Belagsdehnfugen sind intakt.



Bild 110: Belagsdehnfugen im Zuge der B 500 über den Sandbach bei Iffezheim nach 6 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (14)



Bild 111: Belagsdehnfugen im Zuge der B 500 über einen Baggersee bei der Schleuse Iffezheim nach 6 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (14)

Ebenfalls im Juni 2013 wurden an der Überführung der Bundesstraße B 500 über einen Baggersee bei der Schleuse Iffezheim (FDE Staustufe Nachberechnung) Belagsdehnfugen eingebaut. Der angrenzende Belag ist ebenfalls eine Asphalttragschicht aus AC 32 T S, eine Asphaltbinderschicht aus AC 16 B S und eine Asphaltdeckschicht aus SMA 8. Auch hier sind die Belagsdehnfugen intakt (Bild 111).



### 6.13 Bauwerke mit Belagsdehnfugen im Landkreis Böblingen

In Böblingen kamen in den letzten 10 Jahren an mehreren kommunalen Straßen Belagsdehnfugen zum Einsatz. Es wurde diese Bauart mit geringerer Breite gewählt, da es sich oftmals um den Übergang zu Kreisverkehren handelte und dort mit einer hohen Belastung durch Brems- und Beschleunigungskräften aus dem Kfz-Verkehr gerechnet wurde. Zudem ist der Anteil an Schwerverkehr hoch.

Die ersten Belagsdehnfugen wurden 2009 in einem Kreisverkehr im Zuge der Kommunalstraße K 1081 eingebaut (Bilder 112 und 113). Nach 10 Jahren unter Verkehr sind diese funktional intakt, auch wenn das Bindemittel in den Fahrspuren leicht ausgefahren ist, sodass sich das Korngerüst erkennen lässt. Es sind auch leichte (oberflächennahe) Flankenenthaftungen aufgetreten, die sich aber im Sommer größtenteils durch die Überrollungen der Kfz wieder verschließen.

In insgesamt drei Kreisverkehren im Zuge der Kommunalstraße K 1030 wurden im Jahr 2013 12 Belagsdehnfugen eingebaut. Diese zeigten bereits nach 2 Jahren unter Verkehr starke Flankenenthaftungen und ausgefahrenes Bindemittel, sodass diese 12 Belagsdehnfugen nach insgesamt fünf Jahren wieder ausgetauscht wurden. Die 12 neuen inzwischen zwei Jahre alten Belagsdehnfugen sind bisher intakt.

Auf der Kommunalstraße K 1060 in Renningen wurden im April 2014 Belagsdehnfugen an Kreisverkehren in Breiten von ca. 7 cm und ca. 10 cm eingebaut. Diese sind bisher funktional intakt, auch wenn sich leichte Flankenablösungen im Winter zeigen und das Bindemittel in den Rollspuren leicht ausgefahren ist.

Auf der Kommunalstraße K 1077 wurden im Oktober 2012 bei der Sanierung des Abschnitts zwischen dem Ortsteil Hulb in Böblingen und der Bundesautobahn A 81 Belagsdehnfugen eingebaut.

In den darauffolgenden Jahren 2013 und 2014 wurden in jeweils einem Kreisverkehr im Zuge der Kommunalstraße K 1077 weitere Belagsdehnfugen in ca. 10 cm Breite eingebaut.

Auch hier ist bedingt durch ausgefahrenes Bindemittel das Korngerüst in der Fahrspur zum Teil zu erkennen und es ist zu Flankenenthaftungen ge-



Bild 112: Vorbereitete Mulde zwischen Asphalt- und Betonfahrbahn (15)



Bild 113: Verfüllen mit Tränkmasse (15)

kommen. Die Belagsdehnfugen sind aber weiterhin funktional intakt.

Bei der Sanierung der Wurmtalbrücke in Ehningen im Zuge der Kommunalstraße K 1002 (K 1001) wurden im September 2010 zwei ca. 10 cm breite Belagsdehnfugen eingebaut. Die angrenzenden Asphaltdeckschichten bestehen aus Asphaltbeton. Bisher wurden keine Mängel gemeldet.

In Herrenberg Gültstein wurden im August 2016 auf einem Brückenbauwerk im Zuge der Kommunalstraße K 1036 zwei ca. 10 cm breite Belagsdehnfugen eingebaut. Auch diese sind bisher funktionsfähig.

Im Ortsteil Malsheim in Renningen wurden im November 2013 im Zuge der Ortskernsanierung auf der Calwerstraße zwei Belagsdehnfugen in einer Breite von ca. 7 cm eingebaut. Die angrenzende Asphaltdeckschicht besteht aus Asphaltbeton AC 11 D S. Die Belagsdehnfugen sind bisher funktional intakt, auch wenn die Abstreuerung und teilweise das Bindemittel in den Rollspuren an der Oberfläche herausgefahren wurde.

Gleiches gilt für die Belagsdehnfugen, die im September 2011 im Zuge der Kommunalstraße K 1015 eingebaut wurden. Auch hier zeigen sich oberflächliche Abnutzungen in den Rollspuren, wobei die Belagsdehnfugen funktional intakt sind. Auch hier besteht die angrenzende Asphaltdeckschicht aus Asphaltbeton AC 11 D S.

Im Zuständigkeitsbereich des Landratsamtes Böblingen wurde eine Vielzahl an Baumaßnahmen mit Belagsdehnfugen, über die in der Referenzliste genannten Bauwerke hinaus, in den letzten 10 Jahren durchgeführt. Im Rahmen der Bauüberwachung wurden auch Erfahrungen mit verschiedenen Auftragnehmern gemacht. Dabei ist der Eindruck entstanden, dass die Qualität der Belagsdehnfugen im starken Maße von der Ausführungsqualität bzw. der Erfahrung der ausführenden Firma mit dieser Bauart abhängt.

Um der Entstehung von Setzungsrisse zwischen der starren Betonfahrbahn und der Asphaltfahrbahn/Belagsdehnfuge bei Neubauten entgegenzuwirken, wurde versuchsweise an einigen Kreisverkehren bei Fertigstellung ein Fugenverguss vorgesehen, der erst später, als die Gefahr von Setzungsrisse geringer war, durch Belagsdehnfugen ersetzt wurde.

### 6.14 Weitere Bauwerke mit Belagsdehnfugen

Bei der Instandsetzung der Schussenbrücke im Zuge der Bundesstraße B 32 in Ravensburg wurden im September 2014 zwei Belagsdehnfugen eingebaut. Der Einbau erfolgte ausschließlich im Kapfenbereich. Die Belagsdehnfugen sind bisher schadensfrei.

Im März 2008 wurden auf dem Trogbauwerk im Zuge der Kurt-Schumacher-Straße in Esslingen Belagsdehnfugen eingebaut. Auf einer Unterlage mit Segmenten aus Stahlbeton mit Blockfugen wurde eine Schutzschicht aus Gussasphalt eingebaut. Die Deckschicht besteht aus Asphaltbeton. Über den Blockfugen wurden ca. 15 cm breite Belagsdehnfugen angeordnet. Innerhalb der Verjährungsfrist für die Gewährleistung wurden keine Schäden gemeldet.

Im Oktober 2010 wurden in einem Kreisverkehr im Zuge der Bundesstraße B 466 in Heidenheim Belagsdehnfugen in ca. 9 cm Breite eingebaut. Die angrenzende Asphaltdeckschicht besteht aus Splittmastixasphalt. Es wurden bisher keine Mängel gemeldet.

## 7 Auswertung

### 7.1 Gesamtbetrachtung

Von den insgesamt 50 Bauwerken, die nach 2 bis 10 Jahren unter Verkehr im Rahmen dieser Erfahrungssammlung untersucht wurden, waren 32 Brückenbauwerke und 18 Kreisverkehre sowie ein Busbahnhof. Da an jedem Bauwerk in der Regel mehrere Belagsdehnfugen eingebaut wurden, beläuft sich die Anzahl der untersuchten Belagsdehnfugen auf 152. Bei den festgestellten Schäden handelt es sich überwiegend um Ablösungen zwischen Belagsdehnfuge und Asphaltdeckschicht bzw. Betonfahrbahn oder um abgetragenes Bindemittel in den Rollspuren der Belagsdehnfuge.

Insgesamt wiesen von den 152 untersuchten Belagsdehnfugen 25 Belagsdehnfugen (ca. 16 %) Schäden in Form von Ablösungen an den Fugenflanken auf. Diese 25 Flankenenthaltungen waren auf 12 Bauwerke verteilt. Bei 19 Belagsdehnfugen (ca. 13 %) war die Abstreuerung in den Rollspuren herausgefahren und die Tränkmass an der Oberfläche abgetragen. Hierdurch wurde die grobe Gesteinskörnung der Muldenfüllung an der Oberfläche sichtbar, wobei die Funktionalität der Belagsdehnfugen noch gegeben war. Teilweise waren Kombinationen beider Schadensbilder, Ablösungen an den Muldenflanken sowie ein Herausfahren der Abstreuerung des Bindemittels, festzustellen. An einer Belagsdehnfuge wurden örtlich begrenzte, oberflächliche Risse in der Mitte der Belagsdehnfuge festgestellt. Die festgestellten Schäden waren in

den meisten Fällen geringfügig, sodass die Funktionalität der Belagsdehnfugen noch gegeben war.

An keiner Belagsdehnfuge waren große Verdrückungen festzustellen.

Für die Beurteilung der Bauweise ist es notwendig, die Schadensmechanismen gesondert zu untersuchen, um durch die Bauart bedingte, systematische Probleme der Bauart auszuschließen. Dabei kommen folgende Schadensmechanismen infrage:

- Ablösungen an den Muldenflanken oder komplettes Versagen des Haftverbundes der Muldenfüllung an den Kontaktflächen zu den angrenzenden Schichten aufgrund erhöhter Rückstellkräfte infolge der verringerten Breiten der Belagsdehnfugen.
- Risse in der Mitte der Belagsdehnfuge, hervorgerufen durch die Konzentration der durch die Fugenbewegung bedingten Spannungen über der Trennfuge, da bei dieser Bauweise üblicherweise das Abdeckblech und die spannungsverteilende Trennlage über der Trennfuge weggelassen werden.
- Verformungen der Belagsdehnfuge, insbesondere in den Rollspuren durch die Belastungen aus den überrollenden Reifen.

Wie vorne beschrieben, wiesen ca. 16 % der untersuchten Belagsdehnfugen Ablösungen an den Muldenflanken auf, wobei diese Ablösungen örtlich begrenzt waren. In keinem Fall wurde ein komplettes Versagen des Haftverbundes an einer Muldenflanke festgestellt. Werden nur die Brückenbauwerke betrachtet, so weisen nur ca. 3 % der Belagsdehnfugen Flankenenthaftungen auf, weshalb für die untersuchten Fälle ein systematischer Fehler der Bauweise aufgrund erhöhter Rückstellkräfte infolge der verringerten Einbaubreiten ausgeschlossen werden kann. Allerdings zeigte sich, dass die Schäden bei Brückenbauwerke in einem deutlich geringeren Ausmaß auftreten als bei Kreisverkehren, weshalb eine differenzierte Auswertung erfolgte (siehe Kapitel 7.2).

Risse in der Mitte der Belagsdehnfuge wurden nur bei einer Belagsdehnfuge auf einem Brückenbauwerk festgestellt. Die Risse waren örtlich begrenzt am Fahrbahnrand der Belagsdehnfuge. Es konnte nicht untersucht werden, ob sich die Risse bedingt durch die Bewegungen der Fuge von unten nach oben entwickelt haben oder ob es sich nur um Risse

an der Oberfläche handelt. Augenscheinlich handelt es sich jedoch um oberflächennahe Risse. Da nur eine Belagsdehnfuge einen Schaden dieser Art zeigte, kann daraus geschlossen werden, dass es bei dieser Bauweise bei den untersuchten Fällen kein systematisches Problem gibt (trotz des Weglassens des Abdeckbleches und der Trennlage).

Ein sehr positives Ergebnis ist, dass es in keinem Fall zu größeren Verformungen in den Belagsdehnfugen gekommen ist. Ein Hauptgrund für den Einsatz von Belagsdehnfugen (anstatt eines Fahrbahnübergangs aus Asphalt nach den ZTV-ING 8-2 [1]) ist neben der Wirtschaftlichkeit die Annahme, dass durch die Verringerung der Einbaubreite Verformungen minimiert werden können. Diese Annahme wurde durch die Untersuchungen bestätigt. Selbst unter großer Belastung, wie z. B. durch den langsamen oder ruhenden Verkehr an dem Busbahnhof, wurden keine nennenswerten Verdrückungen in den Rollspuren festgestellt.

Die angrenzenden Asphaltdeckschichten waren bei 43 Belagsdehnfugen auf den untersuchten Bauwerken Asphaltbeton und in 26 Fällen aus Splittmastixasphalt. Bei 81 Belagsdehnfugen war allerdings die Art der angrenzenden Asphaltdeckschichten nicht bekannt. Bei einem der untersuchten Brückenbauwerke ist die angrenzende Asphaltdeckschicht ein Gussasphalt, wie es zukünftig nach den Festlegungen im Entwurf der überarbeiteten ZTV-ING 8-2 [1] zwingend vorgeschrieben ist. An den Belagsdehnfugen an diesem Bauwerk sind keine Flankenabrisse aufgetreten. Der Einbau an Walzasphalt-Deckschichten wird bei der Regelbauweise nach den ZTV-ING 8-2 [1] zukünftig nicht mehr zulässig sein. Besteht die vorhandene Asphaltdeckschicht aus Walzasphalt, muss zukünftig vor und hinter dem Fahrbahnübergang aus Asphalt ein mindestens 1 Meter breiter Streifen aus Gussasphalt eingebaut werden. Eine statistische Auswertung der Abhängigkeit der Flankenenthaftungen von der Art der angrenzenden Asphaltdeckschicht konnte aufgrund der geringen Anzahl an Asphaltdeckschichten aus Gussasphalt und der oftmals unbestimmten Asphaltart der Deckschicht nicht vorgenommen werden. Ein signifikanter Einfluss der Asphaltart der angrenzenden Deckschicht auf die Häufigkeit von Flankenabrissen bei Belagsdehnfugen konnte nicht festgestellt werden.

Innerhalb des dokumentierten Einbauzeitraums von 10 Jahren ist keine Zunahme an Schäden in Abhängigkeit von der Liegezeit unter Verkehrsbelastung



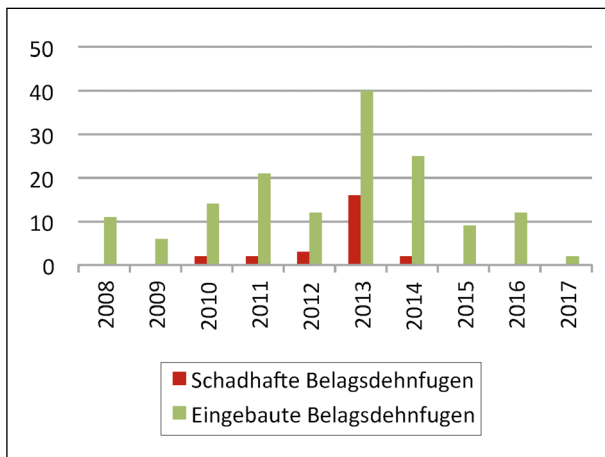


Bild 114: Anzahl der Schäden nach Einbaujahr (1)

zu erkennen (Bild 114). Vielmehr zeigt sich eine Häufung von Schäden in den Einbaujahren 2012 und 2013 (im Verhältnis zu der Anzahl der jeweils eingebauten Belagsdehnfugen). Somit sind die Ursachen für die aufgetretenen Schäden nicht auf eine unzureichende Dauerhaftigkeit zurückzuführen.

Allerdings zeigte sich, dass Brückenbauwerke und Kreisverkehre in einem sehr unterschiedlichen Ausmaß von Schäden betroffen sind. Auffällig war, dass der überwiegende Teil der Schäden bei den Belagsdehnfugen im Zuge von Kreisverkehren festgestellt wurde, bei denen in der Regel der Übergang von einer Asphaltfahrbahn der freien Strecke zu einer Betonfahrbahn im Kreisverkehr überbrückt wird. Daher wurde die Schadenshäufigkeit für die Einsatzbereiche Brücke und Kreisverkehr und der Art der angrenzenden Schichten differenziert betrachtet.

## 7.2 Differenzierte Betrachtung

Die Erfahrungen mit Belagsdehnfugen auf Brückenbauwerken sind grundsätzlich positiv. Der überwiegende Teil der Belagsdehnfugen zeigt keine Schäden. Von den dokumentierten 69 Belagsdehnfugen auf 32 Brückenbauwerken weisen nur zwei Belagsdehnfugen (ca. 3 %) an zwei Bauwerken Flankenenthaftungen auf (Bild 115). Genauso verhält es sich mit herausgefahrenem Abstreuer und herausgefahrenem Bindemittel (ca. 3 %). Die geringe Anzahl an Schadensfällen auf Brücken zeigt, dass bei diesem Einsatzzweck kein systematischer Fehler der Bauweise besteht (z. B. aufgrund erhöhter Rückstellkräfte infolge der verringerten Breite der Belagsdehnfuge).

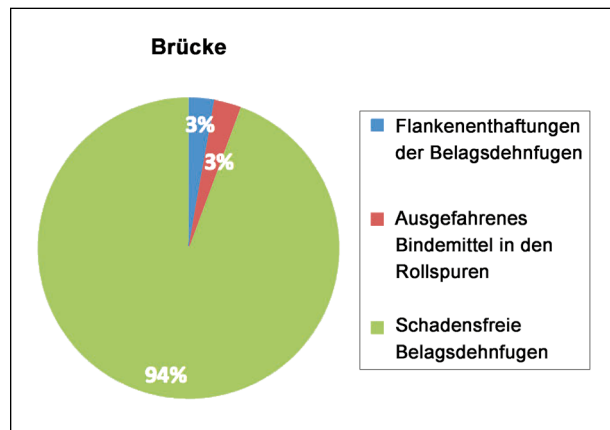


Bild 115: Prozentualer Anteil der Belagsdehnfugen mit Schäden bei Brücken (1)

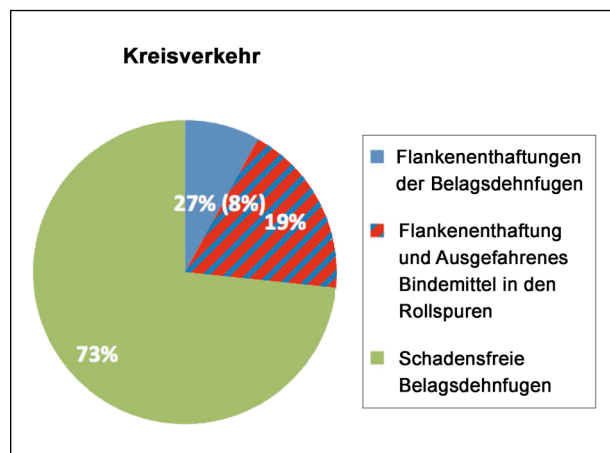


Bild 116: Prozentualer Anteil der Belagsdehnfugen mit Schäden bei Kreisverkehren (1)

Bei den Belagsdehnfugen im Zuge von Kreisverkehren ist hingegen eine Häufung an Flankenenthaftungen und an ausgefahrenen Bindemitteln festzustellen. Hier wiesen 20 von insgesamt 75 Belagsdehnfugen (ca. 27 %) bei 7 verschiedenen Bauwerken Flankenenthaftungen auf. Zudem wiesen 14 dieser Belagsdehnfugen (ca. 19 %) zusätzlich oberflächlich ausgefahrenes Bindemittel in den Rollspuren auf (Bild 116). Ein ähnliches Bild zeigte sich an den Belagsdehnfugen des Busbahnhofs.

Bei den beiden begangenen Kreisverkehren in Aldingen und Rottweil war festzustellen, dass sich an den stärker befahrenen Abgängen der Kreisverkehre zu den Bundesstraßen vermehrt Flankenenthaftungen zeigten, wohingegen die geringer befahrenen Abzweige zu Landes- oder Kreisstraßen nur geringe bzw. keine Ablösungen zeigten. Die starken Belastungen durch das Abbremsen bzw. das Beschleunigen des Kfz-Verkehrs (insbesondere des

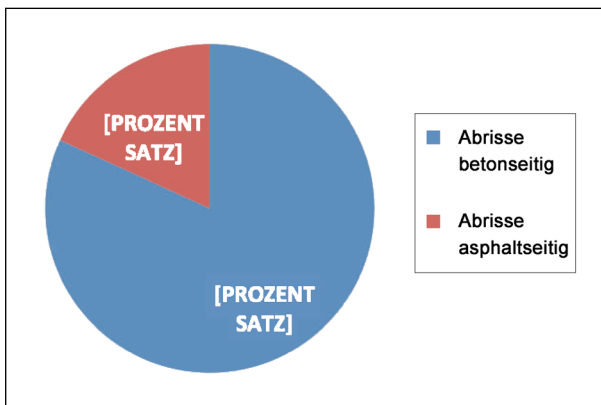


Bild 117: Verteilung der Flankenenthaltungen von Belagsdehnfugen an den Übergängen von Asphaltfahrbahnen zu Betonfahrbahnen (1)

Schwerverkehrs) vor den Verteilerkreisen scheinen u. a. ein Grund für die Häufung der Schäden beim Einsatz im Zuge von Kreisverkehren zu sein.

Bei den Flankenabrissen an Belagsdehnfugen im Zuge von Kreisverkehren und dem Busbahnhof, wo die Belagsdehnfugen an einer Seite an Asphalt und an der anderen Seite an Beton angebaut wurden, erfolgte der überwiegende Anteil der Ablösungen zwischen Beton und Belagsdehnfuge (Bild 117). Die Grenzfläche zwischen Belagsdehnfuge und Beton scheint eine Schwachstelle darzustellen, die insbesondere in Verbindung mit einer hohen Verkehrsbelastung zu Flankenenthaltungen neigt. In dieser Auswertung sind die 12 bereits innerhalb der Gewährleistung instandgesetzten Belagsdehnfugen der drei Kreisverkehre im Zuge der K 1030 bei Böblingen nicht enthalten, da hier die Lage der Flankenabriss nicht bekannt ist.

Unter Einbeziehung der Ergebnisse bei der Betrachtung der Schadensfälle auf den Brücken kann davon ausgegangen werden, dass die vermehrten Ablösungen an den Muldenflanken zu den Betonflächen hin nicht durch die Bauart bedingt sind, sondern in erster Linie auf die Material- und Oberflächeneigenschaften dieser Grenzfläche zurückzuführen sind. Um einen dauerhaften Verbund sicherzustellen, muss die Betonoberfläche intensiv abtragend vorbereitet, gründlich gesäubert und am besten mit einer Versiegelung nach den ZTV-ING 7-1 [9] behandelt werden. Dies wird zukünftig in den ZTV-ING 8-2 [1] für die Regelbauweise der Fahrbahnübergänge aus Asphalt vorgeschrieben und sollte auch bei der hier beschriebenen Bauweise dementsprechend ausgeführt werden.

## 8 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Erfahrungssammlung wurden die Daten von 50 Bauwerken mit insgesamt 152 Belagsdehnfugen ausgewertet. Grundlage war eine Referenzliste eines Herstellers, der bereits seit 2008 Belagsdehnfugen hauptsächlich in Baden-Württemberg eingebaut hat.

Im Sommer 2019 wurden 20 Bauwerke mit Belagsdehnfugen bereist und der Zustand nach bis zu 10-jähriger Verkehrsbelastung dokumentiert und bewertet. Dabei wurde darauf geachtet, dass möglichst alle Anwendungsbereiche in der Auswertung vertreten sind. Bei weiteren 30 Bauwerken wurden die für die Erfahrungssammlung relevanten Informationen bei den zuständigen Straßenbauverwaltungen eingeholt und in diese Erfahrungssammlung eingefügt. Wir bedanken uns für die Unterstützung durch die zuständigen Behörden und Mitarbeiter vor Ort.

Außerdem wurde im März 2020 der Einbau einer Belagsdehnfuge im Zuge der Bundesstraße B 64 im Kreis Höxter in Nordrhein-Westfalen durch die BAST begleitet und dokumentiert. Anhand dieser Baumaßnahme werden exemplarisch die Besonderheiten im Aufbau und beim Einbau dieser Bauart beschrieben.

Bei den untersuchten Bauwerken handelt es sich um 32 Brückenbauwerke, 18 Kreisverkehre und einen Busbahnhof. Die Belagsdehnfugen kamen meist als Ersatz für Vergussfugen nach den TL Fug-StB [8], die wiederholt schadhaft wurden, zum Einsatz. Teilweise wurden aber auch direkt bei einem Neubau Belagsdehnfugen anstatt vergossener Fugen eingeplant, um die Gefahr von Schäden und kostenintensiven Instandsetzungsmaßnahmen sowie Sperrzeiten zu minimieren.

Weitere Belagsdehnfugen wurden am Übergang von Beton- zu Asphaltfahrbahnen bei Kreisverkehren oder auch bei einem Busbahnhof eingesetzt, auch hier in der Regel als Ersatz für die üblicherweise dort verwendeten Vergussfugen nach den ZTV Fug-StB [2].

Ebenfalls wurden Belagsdehnfugen als Ersatz von Längsfugen am Schrammbord nach RiZ-ING Dicht 9 [4] in der Deckschicht eingebaut oder parallel zu den Randprofilen bei Fahrbahnübergängen aus Stahl nach den ZTV-ING 8-1 [7]. Weitere Belagsdehnfugen wurden am Übergang des Belages der

Strecke zu Kammerwänden oder Betonbalken vor Fahrbahnübergängen aus Stahl eingesetzt.

Wie erhofft, zeigten die Belagsdehnfugen so gut wie keine Verdrückungen in den Rollspuren bedingt durch Kfz-Verkehr, wie es bei herkömmlichen Fahrbahnübergängen aus Asphalt in der Regeleinbaubreite vorkommen kann, vor allem bei hohen Belastungen aus Schwer- oder ruhendem Verkehr. Auch bei großen Belastungen wie z. B. bei einem Busbahnhof konnten keine nennenswerten Verdrückungen in den Rollspuren festgestellt werden.

Der Großteil der Belagsdehnfugen zeigte sich auch nach mehrjähriger Verkehrsbelastung in einem guten Zustand. An 10 Bauwerken zeigten sich jedoch Flankenenthaftungen, wovon an 3 Kreisverkehren bereits während der Verjährungsfrist für die Gewährleistung eine Erneuerung der Belagsdehnfugen notwendig wurde. An 9 Bauwerken war die Abstreuerung und das Bindemittel an der Oberfläche in den Rollspuren abgetragen, sodass die grobe Gesteinskörnung der Muldenfüllung zu erkennen war.

Die Belagsdehnfugen auf den Brückenbauwerken waren größtenteils in einem guten Zustand. Es wurden lediglich an ca. 3 % der Belagsdehnfugen Flankenenthaftungen oder oberflächlich ausgefahrenes Bindemittel in den Rollspuren festgestellt. Dagegen war eine Häufung an Flankenenthaftungen und an oberflächlich abgetragenem Bindemittel mit freigelegter grober Gesteinskörnung der Muldenfüllung an Belagsdehnfugen in Kreisverkehren festzustellen. Hier wiesen ca. 27 % der Belagsdehnfugen Flankenenthaftungen und ca. 19 % oberflächlich ausgefahrenes Bindemittel auf. Auffällig war, dass sich ein Großteil der Flankenenthaftungen an den Flanken zu den Betonfahrbahnen befand. Ein ähnliches Bild zeigte sich an dem Busbahnhof. Auch hier traten an einigen Belagsdehnfugen Flankenenthaftungen und ausgefahrenes Bindemittel auf.

## 9 Fazit

Belagsdehnfugen sind eine Alternative zu herkömmlichen Fahrbahnübergängen aus Asphalt bei Bauwerken mit geringen freien Dehnlängen.

Sehr vielversprechend ist, dass Verformungen der Belagsdehnfugen in den Rollspuren, die bei Fahr-

bahnübergängen aus Asphalt in einigen Fällen ein Problem darstellen, hier nicht vorgefunden wurden. Durch die Verringerung der Einbaubreite konnten die Einwirkungen der Kfz-Überrollungen auf die Belagsdehnfugen verringert werden. Das wird besonders deutlich bei Strecken mit einem hohen Anteil an Schwerverkehr bzw. bei einem Busbahnhof, wo trotz des teilweise langsamen oder sogar ruhenden Busverkehrs keine nennenswerten Verdrückungen feststellbar waren.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Fahrbahnübergängen aus Asphalt wird die Belagsdehnfuge nur in etwa in der Dicke der Asphaltdeckschicht eingebaut (Bild 3). Durch die geringere Einbautiefe können eventuell vorhandene T-Profile gemäß RiZ-ING Abs 4 [4] am Bauwerk verbleiben und auch der hochstehende Schenkel muss nicht zwangsläufig gekürzt werden, solange dieser nicht in die Muldenfüllung hineinragt (Bild 4). Außerdem kann in der Regel auf die Verwendung eines Unterfüllstoffs, einer Fugenmasse und eines Abdeckstreifens verzichtet werden (die dazu dienen, dass weder Tränkmasse noch Gesteinskörnung während des Einbaus oder die Fugenfüllung bei der späteren Verkehrsbelastung in den Fugenspalt gelangen (Bilder 2 und 3)). Aufgrund der im Vergleich zu herkömmlichen Fahrbahnübergängen aus Asphalt deutlich geringeren Muldentiefe (ca. halbe Muldentiefe) ist in der Regel ein einlagiger Einbau möglich. Das alles beschleunigt den Bauablauf und verringert nötige Sperrzeiten im Vergleich zu herkömmlichen Fahrbahnübergängen aus Asphalt.

Die Erfahrungen beim Einsatz im Zuge von Brückenbauwerken waren positiv. Hier wurden Belagsdehnfugen unter anderem als Ersatz für Vergussfugen zwischen Brückenbauwerken und den Streckenbelägen bzw. entlang von Brückenkappen sowie vor Fahrbahnübergängen aus Stahl und über Kammerwänden eingebaut. Nennenswerte Verdrückungen in den Rollspuren wurden an keiner Belagsdehnfuge festgestellt. Großflächige Ablösungen an den Muldenflanken oder komplettes Versagen des Haftverbundes der Muldenfüllung an den Kontaktflächen der angrenzenden Schichten aufgrund erhöhter Rückstellkräfte infolge der verringerten Breiten der Belagsdehnfugen konnten nicht festgestellt werden, genauso wenig vermehrt Risse in der Mitte der Belagsdehnfuge, durch den Verzicht auf Abdeckbleche und Trennlagen über der Fuge. Daher stellen Belagsdehnfugen auf Brückenbauwerken als Ersatz für Vergussfugen, die an ihre



Leistungsgrenze stoßen, eine vielversprechende Alternative dar, die im Vergleich zu herkömmlichen Fahrbahnübergängen aus Asphalt Kosten und Sperrzeiten verringern und Verdrückungen vermeiden kann.

Anders stellen sich die Erfahrungen mit Belagsdehnfugen im Zuge von Kreisverkehren dar. Da herkömmliche Vergussfugen hier an ihre Leistungsgrenze stoßen und vermehrt Schädigungen aufweisen, wurden alternativ dazu Belagsdehnfugen eingesetzt. Hier wirken besonders starke Belastungen durch das Abbremsen bzw. das Beschleunigen des Kfz-Verkehrs sowie die Radialkräfte aufgrund der oftmals engen Kurvenradien. Die Belagsdehnfugen zeigten einen erhöhten Anteil an Flankenenthaltungen, wodurch hier Schadstoffe wie Salze eindringen können und gefrierende Nässe zu Abplatzungen führen kann. Besonders auffällig war, dass sich der überwiegende Teil der Flankenenthaltungen zwischen der Belagsdehnfuge und der Betonfahrbahn zeigte (Bild 116). Die Betonoberfläche scheint eine besonders kritische Kontaktfläche für die Tränkmasse der Belagsdehnfuge zu sein. Um dem entgegenzuwirken, wird in dem Hinweisblatt zu Fahrbahnübergängen aus Asphalt [11] als Maßnahme zur Verbesserung des Haftverbundes zu Betonflächen festgelegt, dass die gestrahlte Betonoberfläche vor dem Aufbringen der Muldenauskleidung mit einer Versiegelung nach den ZTV-ING 7-1[9] behandelt werden soll.

Es wird angeregt, in Folgeprojekten zwei weitere mögliche Ansätze zur Verbesserung der Ausführungsqualität dieser kritischen Kontaktfläche zu untersuchen.

Es sollte überprüft werden, ob der Haftverbund durch eine definierte Abstreuerung der Versiegelung nochmals verbessert werden kann.

Daneben sollte auch untersucht werden, ob anstatt der üblicherweise verwendeten Epoxidharz-Versiegelungen auch Versiegelungen auf der Basis von Polymethylmethacrylat (PMMA) verwendet werden können. Die langen Aushärtezeiten der Epoxidharz-Versiegelungen führen zu einer unerwünschten Verlängerung der Bauzeit weshalb in der Praxis oftmals, z. B. bei Tagesbaustellen, auf den Einbau der Versiegelung verzichtet wird (mit der oben beschriebenen negativen Auswirkung auf den Haftverbund). Hier könnten Versiegelungen auf der Basis von PMMA Abhilfe schaffen, da dieses Reaktions-

harz so eingestellt werden kann, dass es in ca. 2 Stunden aushärtet und somit auch bei Tagesbaustellen verwendet werden könnte. Da sich bei der Aushärtung von PMMA an der Oberfläche ein Paraffinfilm bildet, der zu Verbundstörungen führen kann, müsste auch untersucht werden, wie die mit PMMA versiegelte Oberfläche zu behandeln ist (z. B. Abflämmen des Paraffinfilms mit einem Propangasbrenner), um einen optimalen Verbund sicherzustellen.

Die herausgefahrene Abstreuerung und das ausgefahrene Bindemittel an der Oberfläche der Belagsdehnfugen, welche zum Großteil an den Kreisverkehren vorgefunden wurden, stellen keine Beeinträchtigung der Funktionalität dar, solange nicht ein Teil der Gesteinskörnung ebenfalls herausgefahren wird und eine Vertiefung entsteht. Dieses Schadensbild wurde bei den untersuchten Bauwerken bisher aber nicht festgestellt.

Wie bei der Standardbauweise der Fahrbahnübergänge aus Asphalt ist auch bei den Belagsdehnfugen auf eine besondere Sorgfalt beim Einbau zu achten, um Schäden in Form von Flankenabrissen aber auch Bindemittelaustrag in den Rollspuren zu minimieren.

Aufgrund der überwiegend positiven Ergebnisse der Erfahrungssammlung, insbesondere bei den Brückenbauwerken, kann der vom FGSV AK 7.7.4 „Fahrbahnübergänge aus Asphalt“ vorgeschlagenen Aufnahme dieser Bauart als Sonderbauweise in den Entwurf der „Hinweise und Erläuterungen zu den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 8 Bauwerksausstattung, Abschnitt 2 Fahrbahnübergänge aus Asphalt (ZTV-ING 8-2)“ [11] zugestimmt werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die untersuchten Belagsdehnfugen lediglich von einer im süddeutschen Raum ansässigen Firma ausgeführt wurden. Es wird vorgeschlagen, die Erfahrungssammlung fortzuschreiben, wenn eine ausreichende Anzahl an Baumaßnahmen auf Grundlage des oben genannten Entwurfs eingebaut wurde.

## Literatur

- [1] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 8 Bauwerksausstattung, Abschnitt 2 Fahrbahnübergänge aus Asphalt (ZTV-ING Teil 8 Abschnitt 2) Ausgabe 2003 (FGSV Nr. 782/7)
- [2] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (ZTV Fug-StB 15) (FGSV Nr. 897/1)
- [3] Technische Lieferbedingungen für die Baustoffe zur Herstellung von Fahrbahnübergängen aus Asphalt (TL-BEL-FÜ) (FGSV Nr. 780/2)
- [4] Richtzeichnungen für Ingenieurbauten (RiZ-ING) Stand 02/2019
- [5] Zusammenstellung der geprüften Fahrbahnübergänge aus Asphalt nach den TL BEL-FÜ; <https://www.bast.de>
- [6] Technische Prüfvorschriften für Fahrbahnübergänge aus Asphalt (TP-BEL-FÜ) (FGSV Nr. 780/3)
- [7] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten ZTV-ING Teil 8 Bauwerksausstattung Abschnitt 1 Fahrbahnübergänge aus Stahl und aus Elastomer (ZTV-ING Teil 8 Abschnitt 1) Stand 12/2012
- [8] Technische Lieferbedingungen für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen (TL Fug-StB 15) (FGSV Nr. 897/2)
- [9] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten Teil 7 Brückenbeläge, Abschnitt 1 Brückenbeläge auf Beton mit einer Dichtungsschicht aus einer Bitumen-Schweißbahn (ZTV-ING 7-1) Stand 01/03 (FGSV Nr. 782/2)
- [10] STAECK, M.: Belagsdehnfugen in der Praxis, Strassen- & Tiefbau 06/2020, Giesel Verlag GmbH
- [11] Hinweise und Erläuterungen zu den Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 8 Bauwerksausstattung, Abschnitt 2 Fahrbahnübergänge aus Asphalt (ZTV-ING 8-2) sowie den TL BEL-FÜ und den TP BEL-FÜ (H ZTV-ING 8-2), FGSV Entwurf 09.2019

## Bildnachweise

- (1) Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
- (2) Autobahndirektion Südbayern, Dienststelle München, Bahnhofstr. 23, 82216 Maisach
- (3) Stadt Nürtingen, Tiefbauamt Bauleitung, Nürtingen
- (4) © Open StreetMap und Mitwirkender, CC-BY-SA, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de>
- (5) Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung Straßenwesen und Verkehr, Bad Säckingen
- (6) Otto Alter-Teigeler GmbH, Obere Hardt 13, Bietigheim
- (7) Regierungspräsidium Stuttgart, Abteilung Straßenwesen und Verkehr, Baureferat Ost, Ellwangen
- (8) Stadtverwaltung Göppingen, Referat Tiefbau, Göppingen
- (9) Technisches Amt/Bauhof, Gemeinde-Deggingen
- (10) Stadt Kempten, Amt für Tiefbau und Verkehr, Kempten (Allgäu)
- (11) Regierungspräsidium Tübingen, Referat Ingenieurbau, Tübingen
- (12) Regierungspräsidium Karlsruhe, Abteilung Straßenwesen und Verkehr, Referat Ingenieurbau, Karlsruhe
- (13) Landratsamt Böblingen, Straßenbauamt, Böblingen
- (14) Amt der Tiroler Landesregierung, Sachgebiet Brücken- und Tunnelbau, Innsbruck

## Bilder

- Bild 1: Verformung in einem Fahrbahnübergang aus Asphalt (1)
- Bild 2: Aufbau eines herkömmlichen Fahrbahnübergangs aus Asphalt im Fahrbahnbereich (Prinzipskizze) (1)



- Bild 3: Aufbau einer Belagsdehnfuge im Fahrbahnbereich (Prinzipskizze) (1)
- Bild 4: Ungekürztes T-Profil ragt in die Fugenmulde (Prinzipskizze) (1)
- Bild 5: Belagsdehnfuge, Übergang von der Brücke zur freien Strecke (2)
- Bild 6: Belagsdehnfuge, Ersatz der Fuge vor einem Schrammbord nach RiZ-ING Dicht 9 in der Deckschicht (2)
- Bild 7: Belagsschäden entlang eines Fahrbahnübergangs aus Stahl (14)
- Bild 8: Belagsdehnfuge als Ersatz für den Fugenverguss entlang von Fahrbahnübergängen aus Stahl in der Deckschicht (2)
- Bild 9: Belagsdehnfuge, Übergang zwischen Asphalt- und Betonfahrbahnen (2)
- Bild 10: Belagsdehnfuge über einer Kammerwand (1)
- Bild 11: Überführung der Bundesstraße B 64 über einen Feldweg bei Herste (1)
- Bild 12: Ausfräsen der Fugenmulde entlang der Anzeichnung
- Bild 13: Ausgefräste Fugenmulde (1)
- Bild 14: Auslaufen der Fugenmulde an der Brückenkappe (1)
- Bild 15: Sandstrahlen der Fugenmulde (1)
- Bild 16: Vorwärmen der Unterlage und der Muldenflanken (1)
- Bild 17: Erwärmung der Tränkmasse auf ca. 130 °C (1)
- Bild 18: Auskleiden des Muldenbodens und der Muldenflanken mit der Tränkmasse (1)
- Bild 19: Erwärmen der Gesteinskörnung (1)
- Bild 20: Zuführung von Tränkmasse zu der Gesteinskörnung zur Umhüllung (1)
- Bild 21: Einbau der Gesteinskörnung (1)
- Bild 20: Zuführung von Tränkmasse zu der Gesteinskörnung zur Umhüllung (1)
- Bild 21: Einbau der Gesteinskörnung (1)
- Bild 22: Verdichten der Gesteinskörnung (1)
- Bild 23: Nochmaliges händisches Verdichten und Abkleben der Ränder (1)
- Bild 24: Fertiges Gesteinskörnungsgerüst vor dem Verfüllen mit der Tränkmasse (1)
- Bild 25: Einbringen der heißen Tränkmasse (1)
- Bild 26: Verteilen der Tränkmasse (1)
- Bild 27: Bildung von Hohlräumen durch Absacken der Tränkmasse im Gesteinskörnungsgerüst (1)
- Bild 28: Komplett mit Tränkmasse gefülltes Gesteinskörnungsgerüst der Muldenfüllung (1)
- Bild 29: Abstreuen der Oberfläche (1)
- Bild 30: ÜBF Feldweg über die B 312 (1)
- Bild 31: Belagsdehnfuge längs der Brückenkappe nach zwei Jahren Liegezeit (1)
- Bild 32: Überführung der B 297 über die Tannenbergsstraße in Kirchheim unter Teck (1)
- Bild 33: 20 cm breite Belagsdehnfuge nach 10 Jahren unter Verkehr – keine Verformungen in Fahrtrichtung (1)
- Bild 34: 20 cm breite Belagsdehnfuge nach 10 Jahren unter Verkehr – keine Verformung in Querrichtung (1)
- Bild 35: Brückenbauwerk über die Neckar in-Nürtingen (1)
- Bild 36: Einbau der Belagsdehnfuge und der Fahrbahnübergänge aus Asphalt (3)
- Bild 37: Fahrbahnübergänge aus Asphalt in herkömmlicher Breite in Fahrtrichtung Innenstadt (1)
- Bild 38: 50 cm breiter Fahrbahnübergang aus Asphalt mit Spurrinnen (1)
- Bild 39: Verwalkungen am Fahrbahnrand (1)
- Bild 40: 14 cm breite Belagsdehnfuge vor einem Kreisverkehr nach 10 Jahren unter Verkehr ohne Verformungen (1)

- Bild 41: Brücke über die Lauter im Zuge der L 1200a (1)
- Bild 42: 14 cm breite Belagsdehnfuge im Zuge der L 1200a nach 5 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (1)
- Bild 43: Aichbrücke in Nürtingen-Oberensingen (1)
- Bild 44: Belagsdehnfuge bei Fertigstellung in 2012 (4)
- Bild 45: Belagsdehnfuge nach 7 Jahren unter Verkehr (2019) ohne Schäden (1)
- Bild 46: Holzbrücke über die B 313 in Nürtingen (1)
- Bild 47: Belagsdehnfuge in 26 cm Breite nach 7 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (1)
- Bild 48: Wirtschaftswegunterführung im Zuge der BAB A 81 (1)
- Bild 49: Belagsdehnfugen im Zuge der BAB A 81 bei Herrenberg nach 5 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (1)
- Bild 50: Brücke über die Glems im Zuge der K 1011 (1)
- Bild 51: 12 cm breite Belagsdehnfuge auf der Brennerstraße nach 1 Jahr unter Verkehr ohne Schäden (1)
- Bild 52: Fußgängerunterführung unter der L 562, Ettlingen (1)
- Bild 53: 14 cm breite Belagsdehnfuge im Zuge der L 562 nach 3 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (1)
- Bild 54: Federbachbrücke in Neuburgweiher (1)
- Bild 55: Schadensfreie Belagsdehnfuge auf der Federbachbrücke nach 5 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 56: Kreisverkehr im Zuge der B 27 in Rottweil (1)
- Bild 57: Schadensfreie Belagsdehnfuge auf der kommunalen Oberndorfer Straße nach 5 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 58: Geringfügige Ablösungen zum Beton in Fahrbahnmitte auf der B 27 nach 5 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 59: Große Ablösungen zum Asphalt auf der Bundesstraße B 14 nach 5 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 60: Freigelegte grobe Gesteinskörnung in der Rollspur der Bundesstraße B 14 nach 5 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 61: Überführung der Bundesstraße B 462 über einen Wirtschaftsweg (1)
- Bild 62: 19 cm breite und schadensfreie Belagsdehnfuge nach 3 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 63: Kreisverkehr bei Aldingen mit vier Abgängen (4)
- Bild 64: Riss an der Grenzfläche zum Beton am Abzweig Rottweiler Straße nach 7 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 65: Riss an der Grenzfläche zum Beton am Abzweig Fahrtrichtung Tuttlingen nach 7 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 66: Verkehrsinsel vor dem Kreisverkehr (1)
- Bild 67: Riss an der Grenzfläche zum Beton am Abzweig Fahrtrichtung Rottweil nach 7 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 68: Überführung der Schwenningerstraße über den Fürstenbergring (1)
- Bild 69: Schadensfreie ca. 21 cm breite Belagsdehnfuge nach 5 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 70: Überführung des Außenringes in Villingen-Schwenningen über einen Fuß- und Radweg (1)
- Bild 71: Freigelegte Gesteinskörnungen in der Rollspur der ca. 19 cm breiten Belagsdehnfuge nach 3 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 72: Brücke über die Wutach (1)
- Bild 73: Ablösungen zwischen Belagsdehnfuge und Asphalt nach 9 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 74: Ablösungen zwischen Belagsdehnfuge und Asphalt nach 9 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 75: Brücke im Zuge der B 500 über die K 6563 bei Gaiss (1)



- Bild 76: Belagsdehnfuge auf der Brücke über die K 6563 bei Gaiss nach 4 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (1)
- Bild 77: Brücke im Zuge der B 500 über die K 6563 bei Waldkirch (1)
- Bild 78: Freigelegte grobe Gesteinskörnung in der Rollspur der Belagsdehnfuge bei Waldkirch nach 4 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 79: Brücke im Zuge der B 500 über den Anschlussast bei Gaiss (1)
- Bild 80: Belagsdehnfuge am Anschlussast bei Gaiss mit oberflächennahen Rissen nach 4 Jahren unter Verkehr (1)
- Bild 81: Brücke über die Steina im Zuge der BAB A 98 (1)
- Bild 82: Belagsdehnfuge der Brücke über die Steina im Zuge der BAB A 98 vor einem Stahlfahrbahnübergang nach 10 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (6)
- Bild 83: Belagsdehnfuge der Brücke über die Steina im Zuge der BAB A 98 nach 10 Jahren unter Verkehr ohne Schaden (6)
- Bild 84: Überführungsbauwerk der BAB A 95 über die K 17 bei Achmühle (7)
- Bild 85: Schadensfreie Belagsdehnfuge der Brücke im Zuge der BAB A 95 nach 5 Jahren unter Verkehr (6)
- Bild 86: Hochbrücke Freimann im Zuge der BAB A 9 in München (4)
- Bild 87: Belagsdehnfuge vor einer Trägerrost-Dehnfuge mit Rautenelementen nach 10 Jahren unter Verkehr (7)
- Bild 88: Belagsdehnfuge mit Ablösungen zum Asphalt nach 10 Jahren unter Verkehr (7)
- Bild 89: Kreisverkehr im Zuge der B 28 in Altensteig (8)
- Bild 90: Belagsdehnfuge mit Versprödungen nach 9 Jahren unter Verkehr (8)
- Bild 91: Belagsdehnfuge mit Verdrückungen und Flankenabrissen nach 9 Jahren unter Verkehr (8)
- Bild 92: Risse im angrenzenden Asphalt und erkennbares Korngerüst nach 9 Jahren unter Verkehr (8)
- Bild 93: Belagsdehnfuge an der Wedelbrücke im Zuge der B 466 (9)
- Bild 94: Belagsdehnfuge, Schillerbrücke über die Fils (10)
- Bild 95: Fahrstreifenweiser Einbau der Belagsdehnfugen (10)
- Bild 96: 30 cm breite Belagsdehnfuge auf der Brücke Ulrich-Schweizer-Straße (11)
- Bild 97: Betonsegment mit Belagsdehnfugen in der Busspur (12)
- Bild 98: Aussparung in der Betonplatte für die spätere Belagsdehnfuge (12)
- Bild 99: Belagsdehnfuge nach 7 Jahren unter Verkehr, mit ca. 60 cm langen Ablösung am Übergang zum Beton (12)
- Bild 100: Ablösungen am Übergang zum Beton (12)
- Bild 101: Versprödung und oberflächliche Risse (12)
- Bild 102: Freigelegte grobe Gesteinskörnung der Muldenfüllung (12)
- Bild 103: Belagsdehnfuge bis zur Brückenkappe, nach 3 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (13)
- Bild 104: Feldwegüberführung über die L 456 bei Sigmaringen (13)
- Bild 105: Herausstemmen der Mulde für die spätere 12 cm breite Belagsdehnfuge (13)
- Bild 106: Belagsdehnfuge am Verteilerkreis direkt nach Fertigstellung (13)
- Bild 107: Prinzipskizze des Übergangs zum Verteilerkreis (13)
- Bild 108: Enthaltungen zur Betonfahrbahn im nicht überfahrenen Bereich (13)
- Bild 109: Belagsdehnfugen im Zuge der B 500 über den Rheinwasserkanal bei Wintersdorf nach 4-5 Jahren unter Verkehr ohne funktionale Schäden (14)

- Bild 110: Belagsdehnfugen im Zuge der B 500 über den Sandbach bei Iffezheim nach 6 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (14)
- Bild 111: Belagsdehnfugen im Zuge der B 500 über einen Baggersee bei der Schleuse Iffezheim nach 6 Jahren unter Verkehr ohne Schäden (14)
- Bild 112: Vorbereitete Mulde zwischen Asphalt- und Betonfahrbahn (15)
- Bild 113: Verfüllen mit Tränkmasse (15)
- Bild 114: Anzahl der Schäden nach Einbaujahr (1)
- Bild 115: Prozentualer Anteil der Belagsdehnfugen mit Schäden bei Brücken (1)
- Bild 116: Prozentualer Anteil der Belagsdehnfugen mit Schäden bei Kreisverkehren (1)
- Bild 117: Verteilung der Flankenenthaftungen von Belagsdehnfugen an den Übergängen von Asphaltfahrbahnen zu Betonfahrbahnen (1)



## Anhang: Referenzliste (Auszug)

Nr.	Jahr	Land	Bauvorhaben	Soll – Maße [mm]
5.2	2017	BW	ÜBF Feldweg bei Neckartenzlingen	
5.3	2009	BW	UF Tannenbergr. in Kirchheim	
5.4	2009	BW	Neckarbrücke in Nürtingen	120 x 40
5.5	2015	BW	Brücke L 1200a Kirchheim unter Teck	100 x 50
5.6	2012	BW	Aichbrücke in Nürtingen	150 x 50
5.7	2012	BW	Holzbrücke über B 313 in Nürtingen	
5.8	2014	BW	Wirtschaftswegunterführung im Zuge der BAB A 81 in Herrenberg	100 x 50
5.9	2008	BW	K 1011, Brücke über die Glems bei Böblingen	
5.10	2016	BW	Fußgängerunterführung unter der L 562 in Ettligen	100 x 45
5.11	2015	BW	Federbachbrücke L 566 Rheinstetten-Neuburgweier	90 x 70
5.12	2014	BW	Kreisverkehr Rottweil B 27	100 x 40
5.13	2016	BW	B 462 über einen Wirtschaftsweg in Rottweil-Hochwald	100 x 45
5.14	2012	BW	Kreisverkehr B 14 bei Aldingen	
5.15	2014	BW	Überführung der Schwenninger Straße in Villingen-Schwenningen	150 x 50
5.16	2016	BW	Fußgängerunterführung in Villingen-Schwenningen	100 x 45
5.17	2010	BW	Brücke im Zuge der L 170 über die Wutach bei Löffingen	
5.18	2015	BW	B 500 Waldshut – Oberalpfen	150 x 65
5.18	2015	BW	B 500 Waldshut – Gaiss	150 x 45
5.18	2015	BW	B 500 Waldshut – Brücke über den Anschlussast bei Gaiss	150 x 45
5.18	2015	BW	B 500 Waldshut – Talbrücke Waldkirch	150 x 45
5.19	2009	BW	Brücken im Zuge der BAB A 98 über den Steina bei Lauchringen	
6.2	2014	BY	A 95 Wolfratshausen, BAB-km 28,152; BW 36	100 x 40
6.3	2010	BY	A 9, BW 140, Hochbrücke Freimann, München	160 x 40
6.4	2011	BW	Kreisverkehr im Zuge der B 28 in Altensteig	80 x 40
6.5	2008	BW	B 466, Ausbau zwischen K 3014 und L 1165, Wedelbrücke	
6.6	2011	BW	Brückenerneuerung 2011, BW 125 Schillerbrücke in GP-Faurndau	250 x 50
6.7	2016	BW	Deggingen, Ulrich-Schweizer-Straße	300 x 100
6.8	2013	BY	Busbahnhof ZUM Kempten	80 x 40
6.9	2016	BW	B 30 Bad Waldsee, Brücke ü. d. L 300	100 x 40
6.10	2016	BW	Feldwegüberführung L 456 bei Sigmaringen	120 x 35
6.11	2013		Kreisverkehr B 19, Ulm Ost	
6.12	2015	BW	B 500 Iffezheim, zwischen B 36 und L 78A	150 x 50
6.12	2013	BW	B 500, FDE Staustufe Iffezheim	150 x 40
6.13	2010	BW	K 1002, Sanierung Wurmthalbrücke, Ehningen	100 x 40
6.13	2016	BW	K 1036 Sanierung IG Herrenberg-Gültstein	100 x 40
6.13	2014	BW	K 1060 Renningen	100 x 40
6.13	2012	BW	K 1077, Sanierung zwischen der A 81 u. Böblingen-Hulb	100 x 40
6.13	2013	BW	Renningen OT Malmshem, Calwer Str. Ortskernsanierung	70 x 40
6.13	2011	BW	Verlegung K 1015 i. Z. d. Bes. BU in Renningen	100 x 40
6.13	2010		KVB Böblingen K 1081	
6.13	2013		KVB Böblingen K 1030	
6.13	2014	BW	K 1077 Gärtringen, Umbau und Sanierung	100 x 40
6.13	2013	BW	K 1077/ K 1001 Ehningen, Sanierung VKP	100 x 40
6.14	2008	BW	Esslingen, Trogbauwerk Kurt-Schumacher-Str., Brückeninstands. Ulmer Str.	150 x 50
6.14	2014	BW	B 32, Inst. Schussenbrücke Deissenfang, Ravensburg	100 x 40
6.14	2011	BW	B 466, Kreisverkehr in Heidenheim, Grundwasserwanne	90 x 30

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Brücken- und Ingenieurbau“

### 2017

**B 135: Wirksamkeit automatischer Brandbekämpfungsanlagen in Straßentunneln**

Kohl, Kammerer, Leucker, Leismann, Mühlberger, Gast  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 136: HANV als Verstärkung von Stahlbrücken mit Kategorie-1-Schäden**

Stranghöner, Lorenz, Raake, Straube †, Knauff  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 137: Verstärkung von Stahlbrücken mit hochfestem Beton**

Mansperger, Lehmann, Hofmann, Krüger, Lehmann € 14,50

**B 138: Rückhaltesysteme auf Brücken – Einwirkungen aus Fahrzeuganprall und Einsatz von Schutzeinrichtungen auf Bauwerken**

Mayer  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 139: Unterstützung der Bauwerksprüfung durch innovative digitale Bildauswertung – Pilotstudie**

Sperber, Gößmann, Reget, Müller, Nolden, Köhler, Kremkau € 16,50

**B 140: Untersuchungen zum Beulnachweis nach DIN EN 1993-1-5**

U. Kuhlmann, Chr. Schmidt-Rasche, J. Frickel, V. Pourostad  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 141: Entwurf von hydrogeothermischen Anlagen an deutschen Straßentunneln**

Moormann, Buhmann  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 142: Einsatz von offenporigen Belägen in Einhausungs- und Tunnelbauwerken**

Baltzer, Riepe, Zimmermann, Meyer, Brungsberg, Mayer, Brennberger, Jung, Oeser, Meyer, Koch, Wienecke  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### 2018

**B 143: Analyse des menschlichen Verhaltens bei Aktivierung von stationären Brandbekämpfungsanlagen in Straßentunneln**

Mühlberger, Gast, Plab, Probst € 15,50

**B 144: Nachrechnung von Stahl- und Verbundbrücken – Systematische Datenauswertung nachgerechneter Bauwerke**

Neumann, Brauer € 16,50

**B 145: 8. BAST-Tunnelsymposium vom 6. Juni 2018 in der Bundesanstalt für Straßenwesen Bergisch Gladbach – Tagungsband**

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### 2019

**B 147: Vorbereitung von Großversuchen an Stützkonstruktionen aus Gabionen**

Blosfeld, Schreck, Decker, Wawrzyniak  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### 2020

**B 146: Beurteilung der Ermüdungssicherheit von vollverschlossenen Seilen mit Korrosionsschäden**

Paschen, Dürer, Gronau, Rentmeister  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 148: Übergreifungslängen von Betonstahlbewehrung Maßgebende Einflussparameter in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit**

Maurer, Bettin  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 149: Untersuchungen zum Einfluss von Modellparametern auf die Lebensdauerprognose für Brückenbauwerke**

Keßler, Gehlen € 16,00

**B 150: Beurteilung der Querkraft- und Torsionstragfähigkeit von Brücken im Bestand – erweiterte Bemessungsansätze**

Hegger, Herbrand, Adam, Maurer, Gleich, Stuppak, Fischer, Schramm, Scheufler, Zilch, Tecusan  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 151: Verfahren und Modelle zur Quantifizierung der Zuverlässigkeit von dauerüberwachten Bestandsbrücken**

Ralbovsky, Prammer, Lachinger, Vorwagner  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 152: Bemessung von Kopfbolzendübeln in Randlage unter Vermeidung eines Versagens infolge Herausziehens**

Kuhlmann, Stempniewski  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 153: Kanalbrücke Berkenthin mit temperierter Fahrbahn – Pilotprojekt**

Eilers, Friedrich, Quaas, Rogalski € 15,00

**B 154: Korrosionsschutz von Brückenseilen – Wickelverfahren mit Korrosionsschutzbändern**

Friedrich € 9,00

**B 155: Innovativer und nachhaltiger Ersatzneubau von Betonbrücken**

Wirker, Donner  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 156: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Monitoringmaßnahmen – Entwicklung eines Konzepts für die Analyse von Nutzen und Kosten**

Schubert, Faber, Betz, Straub, Niemeier, Ziegler, Walther, Majka  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 157: 9. BAST-Tunnelsymposium – Tagungsband**

€ 16,00

**B 158: Beanspruchung orthotroper Fahrbahnplatten infolge der Erneuerung des Brückenbelags**

Friedrich, Eilers, Quaas, Robrecht, Schamne, Staack  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

**B 159: Lebenszyklusmanagement für Bauwerke der Verkehrsinfrastruktur – Entwicklung eines verkehrsträgerübergreifenden, indikatorgestützten Systems**

Lebhardt, Seiler, Gerdes € 15,50



## 2021

### B 160: Digitales Testfeld Autobahn – Intelligente Brücke – Datenerfassungsstrategien und Datenanalyse für intelligente Kalottenlager

Butz

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 161: Lagerwege von Brücken

Butz, Mack, Krawtschuk, Maldonado

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 162: Druckgurtanschluss in Hohlkastenbrücken – Ingenieurmodelle zur wirklichkeitsnahen Ermittlung der Tragfähigkeit

Müller

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 163: Dauerüberwachung von Bestandsbrücken – Quantifizierung von Zuverlässigkeit und Nutzen

Hindersmann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 164: Intelligente Bauwerke – Verfahren zur Auswertung, Verifizierung und Aufbereitung von Messdaten

Kleinert, Sawo

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 165: Reaktions- und Wiederherstellungsprozess für die Straßeninfrastruktur nach disruptiven Ereignissen

Deublein, Roth, Bruns, Zulauf

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 166: Verfahren und Modelle zur Quantifizierung der Verfügbarkeit und Sicherheit von Elementen der Straßeninfrastruktur bei außergewöhnlichen Ereignissen

Finger, Stolz, Fischer, Hasenstein, Rinder

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 167: Erfahrungssammlung zu Fahrbahnübergängen aus Polyurethan

Staeck, Eilers

€ 15,50

### B 168: Digitales Testfeld Autobahn – Intelligente Brücke Messtechnische Erfassung von Verkehrsdaten auf der Basis von instrumentierten Fahrbahnübergängen

Rill

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 169: Entwicklung von Bemessungshilfen für bestehende Stahlbetonkragarme auf Basis nichtlinearer Berechnungen

Neumann, Brauer

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 170: Feuerverzinken als dauerhafter Korrosionsschutz für Stahlverbundbrücken – Praxisbericht zum Pilotprojekt

Ansorge, Franz, Düren-Rost, Friedrich, Huckshold, Lebelt, Rademacher, Ungermann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 171: Bauwerksprüfung gemäß DIN 1076 – Unterstützung durch (halb-) automatisierte Bildauswertung durch UAV (Unmanned Aerial Vehicles – Unbemannte Fluggeräte)

Morgenthal, Rodehorst, Hallermann, Debus, Benz

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 172: Querkrafttragfähigkeit von Spannbetonbrücken – Erfassung von Spannungszuständen in Spannbetonversuchsträgern mit Ultraschallsensoren

Niederleithinger, Werner, Galindo, Casares, Bertschat, Mierschke, Wang, Wiggenhauser

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 173: Vermeidung chloridinduzierter Korrosion in Tunnelnenschalen aus Stahlbeton

Rudolph, Orgass, Schneider, Lorenz, Reichel, Schmidt

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2022

### B 174: Kunststoffabdichtungen unter Brückenbelägen

Dudenhöfer, Rückert

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 175: Statische Vergleichsberechnung von gemauerten Gewölbebrücken zur Validierung des Entwurfs der neuen Nachrechnungsrichtlinie (Mauerwerk)

Purtak, Möbius

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

### B 176: Erfahrungssammlung zu Fahrbahnübergängen aus Asphalt in geringen Abmessungen – Belagsdehnfugen

Staeck

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

---

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG  
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen  
Tel.+(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-48

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.