

# **Erfahrungssammlung zu Fahrbahnübergängen aus Polyurethan**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Brücken- und Ingenieurbau Heft B 167**

**bast**

# **Erfahrungssammlung zu Fahrbahnübergängen aus Polyurethan**

von

Michael Staeck  
Manfred Eilers

Bundesanstalt für Straßenwesen

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Brücken- und Ingenieurbau Heft B 167**

**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 2213021**  
Erfahrungssammlung zu Fahrbahnübergängen  
aus Polyurethan

### **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 978-3-95606-589-7

Bergisch Gladbach, Juni 2021

## Kurzfassung – Abstract

### Erfahrungssammlung zu Fahrbahnübergängen aus Polyurethan

Während bei Brücken mit großen Spannweiten Fahrbahnübergänge aus Stahl zur Anwendung kommen, können für Brücken mit Dehnlängen bis ca. 50 m seit den 1980ern auch Fahrbahnübergänge aus Asphalt eingesetzt werden, die seit 2003 in den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten“ (ZTV-ING Teil 8 Abschnitt 2) [1] geregelt sind. Neben den geringeren Kosten liegen die Vorteile dieser Bauweise vor allen Dingen in der Schnelligkeit beim Einbau, der Möglichkeit der fahrstreifen-weisen Erneuerung sowie in der geringen Geräusentwicklung und dem Fahrkomfort bei den Überrollungen durch die Kraftfahrzeuge. Nachteilig ist die begrenzte Standfestigkeit des Fahrbahnübergangssystems, weshalb diese Fahrbahnübergänge nur begrenzt für Lkw-Fahrstreifen auf hochbelasteten Strecken geeignet sind.

Um diesen Nachteil auszugleichen wurden in den letzten Jahren Fahrbahnübergänge aus Polyurea oder Polyurethan entwickelt. Bei Fahrbahnübergängen aus Polyurethan handelt es sich um elastische Belagsdehnfugen, die in ihrer Funktionsweise weitgehend den in den ZTV-ING Teil 8 Abschnitt 2 geregelten Fahrbahnübergängen aus Asphalt entsprechen. Anstatt bitumenhaltiger Massen werden jedoch elastische Polymere auf der Basis von Polyurea oder Polyurethan verwendet. Auf diese Weise wird bei einer hohen Elastizität eine gute Standfestigkeit erreicht, die im Gegensatz zu Fahrbahnübergängen aus Asphalt weitgehend unabhängig von der Temperatur ist.

Bisher kommen Fahrbahnübergänge aus Polyurethan auf Brücken im Zuge von Bundesfernstraßen nur mit Zustimmung im Einzelfall des BMVI zum Einsatz. Grundlage für die Zustimmung im Einzelfall ist der prüftechnische Nachweis der Gleichwertigkeit zu den Fahrbahnübergängen aus Asphalt. Für die in diesem Projekt untersuchten Fahrbahnübergänge aus Polyurethan erfolgte dies durch die ETA-12/0260 [2]. In anderen Ländern wie z. B. Österreich, Schweiz oder den Niederlanden wird diese Bauart bereits seit einigen Jahren verwendet.

In dem nachfolgenden Bericht werden die Bauart sowie die Besonderheiten beim Einbau detailliert

beschrieben. Grundlage ist eine Erfahrungssammlung an 21 ausgesuchten Baumaßnahmen, die in den letzten fünf Jahren ausgeführt wurden. Bei sechs Baumaßnahmen wurde der Einbau begleitet, ebenso die spätere Instandsetzung an zwei dieser Bauwerke. An weiteren 11 Bauwerken wurden die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan nach mehrjähriger Liegezeit inspiziert und bei den vier restlichen Bauwerken erfolgte die Erfahrungssammlung auf der Grundlage von Erfahrungsberichten der zuständigen Verwaltungen.

Fahrbahnübergänge aus Polyurethan sind eine Alternative zu Fahrbahnübergängen aus Asphalt bei Bauwerken mit hoher Verkehrsbelastung bzw. ruhendem/stockendem Verkehr. Sie wurden außerdem als Ersatz für kleine, nicht mehr funktionstüchtige Fahrbahnübergänge aus Stahl eingesetzt, wenn eine schnelle Ausführung oder ein fahrstreifenweiser Einbau gefordert war bzw. ein Eingriff in den Konstruktionsbeton vermieden werden sollte. Aber auch wenn eine Lärminderung gefordert wird, stellen Fahrbahnübergänge aus Polyurethan eine Alternative zu Fahrbahnübergängen aus Stahl dar.

Von den 21 untersuchten Bauwerken mit Fahrbahnübergängen aus Polyurethan musste an sechs Bauwerken bereits nach kurzer Zeit eine Instandsetzung vorgenommen werden. Darunter befanden sich fünf Bauwerke im Zuge von Bundesautobahnen. Dies stellt eine Schadenshäufung bei Baumaßnahmen im Zuge von Bundesautobahnen dar. An den restlichen 15 Bauwerken sind bisher keine Schäden aufgetreten.

Wie die Erfahrungssammlung gezeigt hat, sind bei dem Einbau oftmals Fehler bzw. Ungenauigkeiten aufgetreten, die bei dem überwiegenden Teil der Schäden eine Rolle spielen. Diese wurden dokumentiert und sollen bei zukünftigen weiteren Pilotprojekten berücksichtigt werden. Eine endgültige Beurteilung der Praxistauglichkeit dieser Bauart ist daher erst nach Vorliegen der Ergebnisse dieser weiteren Pilotprojekte möglich.

### **Collection of experience on polyurethane expansion joints**

While steel expansion joints are used for bridges with large spans, since the 1980s asphalt expansion joints have also been used for bridges with expansion lengths of up to approx. 50 m, which have been regulated since 1998 in the „Additional Technical Terms of Contract and Guidelines for Civil Engineering Structures“ (ZTV-ING Part 8 Section 2) [1]. In addition to the lower costs, the advantages of this construction method are above all the speed of installation, the possibility of renewal on a lane by lane basis, as well as the low noise emission and driving comfort during vehicle rollovers. A disadvantage is the limited stability of the expansion joint system, which is why these expansion joints are only suitable to a limited extent for truck lanes on heavily trafficked routes.

To compensate for this disadvantage, expansion joints made of polyurea or polyurethane have been developed in recent years. Polyurethane expansion joints are elastic expansion joints which largely correspond in their function to the asphalt expansion joints regulated in ZTV-ING Part 8 Section 2. However, instead of bituminous materials, elastic polymers based on polyurea or polyurethane are used. In this way, a high degree of elasticity is combined with good stability which, in contrast to expansion joints made of asphalt, is largely independent of temperature.

Up to now, polyurethane expansion joints on bridges on federal highways have only been used with the approval of the BMVI in individual cases. The basis for approval in individual cases is proof of equivalence to asphalt expansion joints by means of testing. For the polyurethane expansion joints investigated in this project, this was done by ETA-12/0260 [2]. In other countries, such as Austria, Switzerland or the Netherlands, this design has been in use for several years.

In the following report, the design and the special features of installation are described in detail. It is based on a collection of experience gained from 21 selected construction projects carried out in the last five years. The installation was accompanied in six construction measures, as well as the later repair of two of these structures. On a further 11 structures, the polyurethane expansion joints were inspected after several years of service life, and for the four remaining structures, experience was gathered on

the basis of experience reports from the responsible authorities.

Polyurethane expansion joints are an alternative to asphalt expansion joints for structures with high traffic loads or slow-moving traffic. They have also been used to replace small, non-functional steel expansion joints when speedy execution or lane by lane installation was required, or when intervention in the structural concrete was to be avoided. But also, when noise reduction is required, polyurethane expansion joints are an alternative to steel expansion joints.

Of the 21 structures with expansion joints made of polyurethane investigated, 6 structures had to be repaired after a short time. These included 5 structures on federal motorways. This represents an accumulation of damage during construction work on federal motorways. No damage has occurred to the remaining 15 structures to date.

As the collection of experience has shown, errors or inaccuracies have often occurred during installation, which play a role in the majority of the damage. These have been documented and will be taken into account in future pilot projects. A final assessment of the practical suitability of this design is therefore only possible after the results of these further pilot projects are available.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	7	<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	42
<b>2</b>	<b>Aufbau</b> .....	7	<b>8</b>	<b>Risiken</b> .....	44
<b>3</b>	<b>Einbau</b> .....	10	<b>9</b>	<b>Fazit</b> .....	45
<b>4</b>	<b>Begleitete Einbauten</b> .....	14		<b>Literatur</b> .....	46
4.1	Allgemeines .....	14		<b>Bilder</b> .....	47
4.2	BAB A 70 bei Harsdorf .....	14		<b>Anlage: Referenzliste</b> .....	50
4.3	BAB A 5 bei Nieder-Gemünden .....	20			
4.4	BAB A 5 im Hattenbacher Dreieck .....	24			
4.5	Friedrich-Engels-Ring in Neubrandenburg .....	27			
4.6	BAB A 7 Elbtunnel in Hamburg .....	29			
4.7	B 27 in Neckarsulm .....	29			
<b>5</b>	<b>Begangene Bauwerke</b> .....	30			
5.1	BAB A 45 Dilltalbrücke bei Edingen .....	30			
5.2	Grüne Brücke in Hamburg .....	31			
5.3	Rudolf-Diesel-Straße in Schwerin .....	32			
5.4	B 192 Moorbrücke in Waren (Müritz) .....	32			
5.5	Schwabentorgarage in Freiburg .....	33			
5.6	Güterbahnbrücke in Freiburg .....	34			
5.7	B 463 bei Albstadt .....	34			
5.8	Köhlbrandbrücke in Hamburg .....	36			
5.9	Verschiebebahnhof in Neuss .....	36			
5.10	L 5 über die BAB A 57 bei Uedem .....	37			
5.11	B 9 bei Nieukerk .....	38			
<b>6</b>	<b>Weitere berücksichtigte Bauwerke</b> .....	38			
6.1	Allgemeines .....	38			
6.2	BAB A 39 bei Winsen .....	38			
6.3	BAB A 60 bei Gaulsheim .....	39			
6.4	BAB A 8 bei München .....	40			
6.5	BAB A 7 bei Wasserlosen .....	41			



## 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 zur Anwendung kommen, können für Brücken mit Dehnlängen bis ca. 50 m seit den 1980ern auch Fahrbahnübergänge aus Asphalt eingesetzt werden, die seit 1998 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 begrenzt für Lkw-Fahrstreifen auf hochbelasteten Strecken geeignet sind (Bild 1).

Um diesen Nachteil auszugleichen, wurden in den letzten Jahren Fahrbahnübergänge aus Polyurea



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

oder Polyurethan (im folgendem mit Fahrbahnübergänge aus Polyurethan bezeichnet) entwickelt, die seit 2013 im Rahmen von Pilotprojekten zum Einsatz kommen. Bei Fahrbahnübergängen aus Polyurethan handelt es sich um elastische Belagsdehnungen, die in ihrer Funktionsweise weitgehend den in den ZTV-ING Teil 8 Abschnitt 2 [1] geregelten Fahrbahnübergängen aus Asphalt entsprechen. Anstatt bitumenhaltiger Massen werden jedoch für die Muldenfüllung elastische Polymere auf der Basis von Polyurea oder Polyurethan verwendet. Auf diese Weise wird bei einer hohen Elastizität eine gute Standfestigkeit erreicht, die im Gegensatz zu Fahrbahnübergängen aus Asphalt weitgehend unabhängig von der Temperatur ist.

Je nach Aufbau und Einbaubreite sind die zurzeit zur Anwendung kommenden Fahrbahnübergänge aus Polyurethan für nominelle Dehnwege zwischen 15 mm und 135 mm geeignet.

Da bisher noch kein Regelwerk für Fahrbahnübergänge aus Polyurethan besteht, kommen diese auf Bundesfernstraßen nur mit einer Zustimmung im Einzelfall zum Einsatz. Hierfür müssen die Systeme in Anlehnung an die „Technischen Lieferbedingungen für die Baustoffe zur Herstellung von Fahrbahnübergängen aus Asphalt“ (TL-BEL-FÜ) [3] sowie die „Technischen Prüfvorschriften für Fahrbahnübergänge aus Asphalt“ (TP-BEL-FÜ) [4] geprüft werden und die funktionalen Systemanforderungen der TL-BEL-FÜ [3] erfüllen. Es können alternativ auch Systeme mit einer Europäischen Technischen Zulassung (ETZ bzw. ETA) in Anlehnung an die ETAG 032 [5] verwendet werden, wenn sie den Anforderungen der TL-BEL-FÜ [3] entsprechen. Insgesamt wurden in Deutschland bisher mindestens 2.200 lfm an Fahrbahnübergängen aus Polyurethan an ca. 70 Bauwerken eingebaut (Anlage Referenzliste). In anderen Ländern wie z. B. Österreich, Schweiz oder den Niederlanden wird diese Bauart bereits seit einigen Jahren verwendet.

## 2 Aufbau

Der Aufbau der Fahrbahnübergänge aus Polyurethan ähnelt im Prinzip dem Aufbau eines Fahrbahnüberganges aus Asphalt, unterscheidet sich im Detail aber von diesem wie im Folgenden beschrieben wird.

In den Bildern 2 bis 4 ist der prinzipielle Aufbau der verschiedenen Systemvarianten dargestellt. Hier-

bei handelt es sich um die Systeme eines Herstellers, allerdings kann davon ausgegangen werden, dass die grundsätzlichen Aussagen herstellerunabhängig sind und der Aufbau bei anderen Herstellern nur in Details abweicht. Der genaue Aufbau des verwendeten Fahrbahnüberganges aus Polyurethan ist der jeweiligen Ausführungsanweisung zu entnehmen.

Bei einem Neubau sollten der Boden der Fugenmulde und die Oberfläche des Fahrbahnbelages weitgehend parallel sein. Ist dies nicht der Fall, vor allem bei Bestandsbauwerken, können Ungleichmäßigkeiten z. B. durch Polymerbeton ausgeglichen werden.

Beim Bauen im Bestand kann der Fahrbahnübergang nach Rücksprache mit dem Hersteller in Grenzen an die Dicke des angrenzenden Fahrbahnbelages angepasst werden.

Die Muldenfüllung wird je nach System und Dehnweg in einer Einbaudicke von 40 bis 120 mm eingebaut, wobei diese Dicke unverändert über die gesamte Überbaubreite gewährleistet werden sollte (mit Ausnahme des Übergangs im Schrammbordbereich). Eine Höhendifferenz zum angrenzenden Belag wird durch einen geeigneten Unterbau wie Polymerbeton ausgeglichen.

Über dem Fugenspalt ist ein verzinktes Abdeckblech aus Stahl (mind. S235 JR) anzuordnen (Bild 2, Pkt. 3). Dies muss die Beanspruchungen aus

Verkehrslasten aufnehmen und das Eindringen der Muldenfüllung in den Fugenspalt verhindern. Es ist mittig über dem Fugenspalt anzuordnen und zu diesem Zweck mit Zentrierstiften versehen, die in die Fuge hineinragen und die zentrische Lage des Abdeckblechs über dem Fugenspalt sicherstellen (Bild 2, Pkt. 6). Die Dicke und die Breite des Abdeckbleches sind der maximalen Öffnung des Fugenspalts anzupassen.

Die Abdeckbleche erhielten zunächst am Rand eine Gummieinfassung als zusätzlichen Schutz gegen eine Geräuscentwicklung bedingt durch Kontakt des Abdeckbleches mit dem Untergrund bei Belastung durch Kfz-Verkehr (Bild 2, Pkt. 4). Da sich diese Gummieinfassung in einigen Fällen kurz nach dem Einbau gelöst hat bzw. aufgerieben wurde, was zu einem Klappern der Abdeckbleche führte, kamen bei späteren Baumaßnahmen keine Gummieinfassungen mehr zum Einsatz. Zukünftig soll generell darauf verzichtet werden.

Systembedingt werden parallel zu den Muldenflanken der vorhandenen Asphaltsschichten gelochte Stahlwinkel eingebaut (Bild 3, Pkt. 9), die bei dem späteren Einbau der Fugenfüllung in das System eingebettet werden. Diese werden mit einer Korrosionsschutzbeschichtung und einer Abstreuerung aus Quarzsand auf die Baustelle geliefert. An den späteren Verankerungspunkten in der Unterkonstruktion weisen diese eine Dopplung (Anordnung eines zusätzlichen unteren Blechstreifens) als Abstandhalter auf. Durch die gelochten Stahlwinkel werden

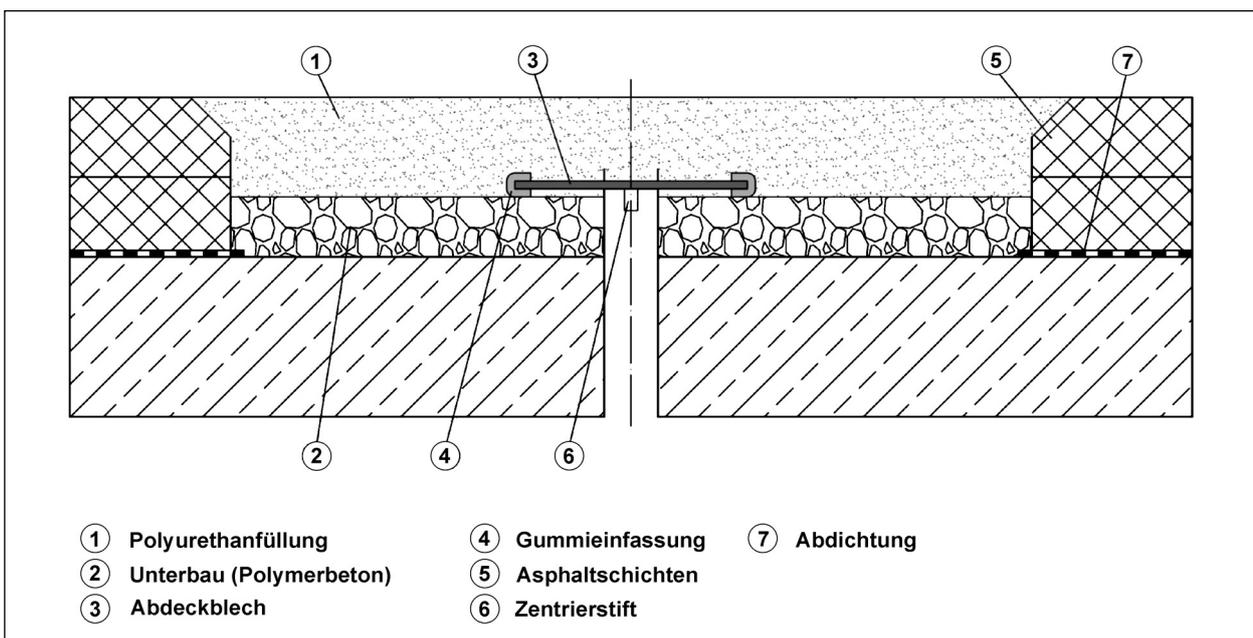


Bild 2: Einbau ohne zusätzliche Bauteile (1)

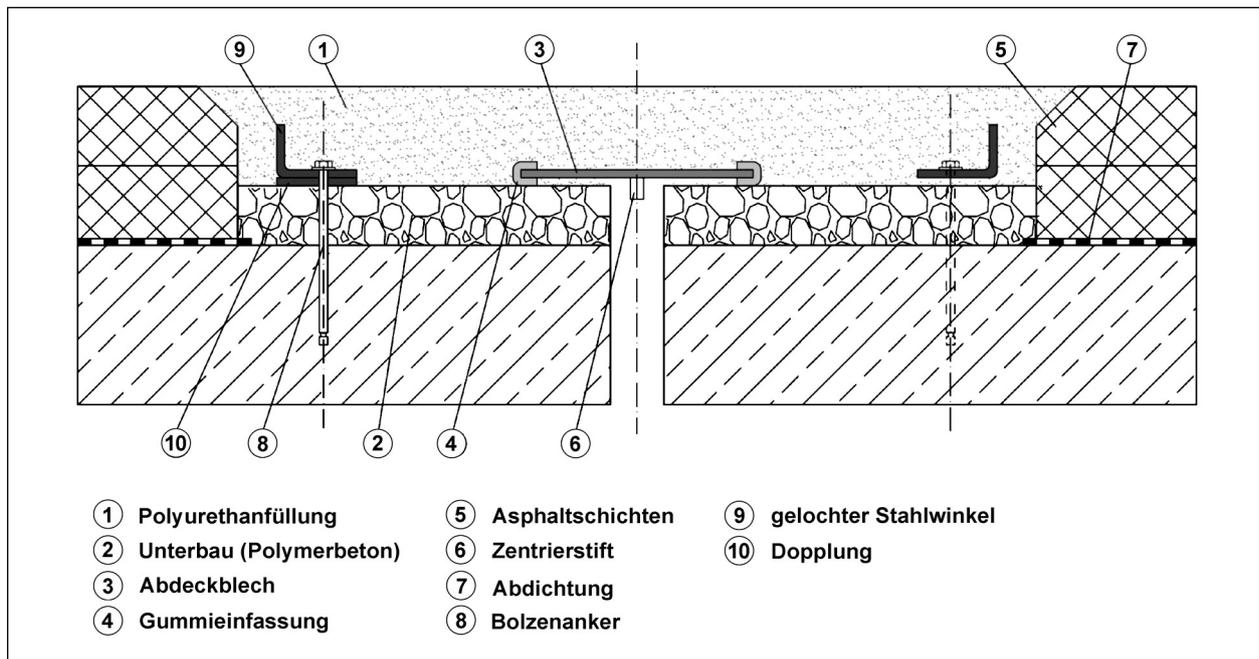


Bild 3: Einbau mit gelochtem Stahlwinkel (1)

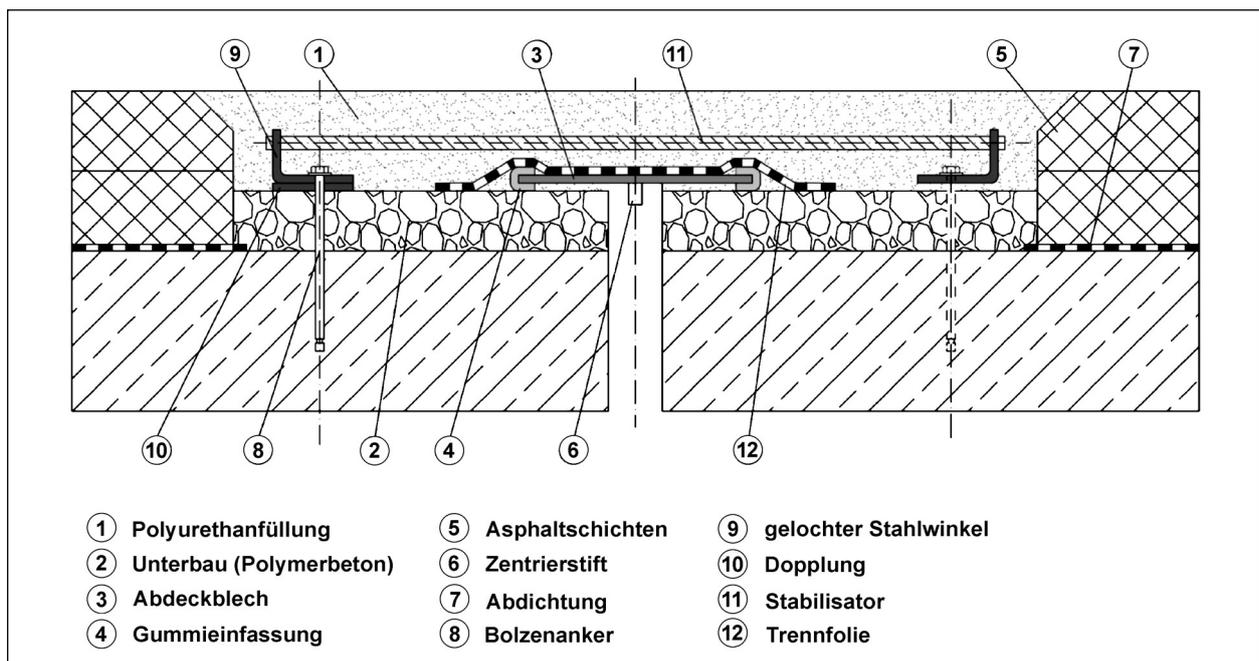


Bild 4: Einbau mit Stabilisatoren und Trennfolie (1)

die Flanken der Polymerdehnfuge zum anschließenden Belag, bei großer Fugenöffnung aufgrund einer niedrigen Bauwerkstemperatur, weitgehend von Rückstellkräften entlastet und somit die Gefahr der Flankenablösung minimiert. Zwischen den Muldenflanken und den Stahlwinkeln ist ein Abstand von ca. 15 mm einzuhalten.

Über den Abdeckblechen kann eine Trennlage angeordnet werden, die eine Haftung zur nachfolgenden

den Polyurethanfüllung verhindert und so für eine bessere Spannungsverteilung in der Muldenfüllung sorgt und lokalen Einschnürungen entgegenwirkt (Bild 4, Pkt. 12). Zukünftig wird diese zwingend vorgeschrieben.

Die Muldenfüllung muss wasserundurchlässig sein und dauerhaft festen Verbund mit den Flanken und ggf. teilweise mit der Unterlage haben. Bei den Bauarten ohne Stahlwinkel muss der Verbund zur Un-

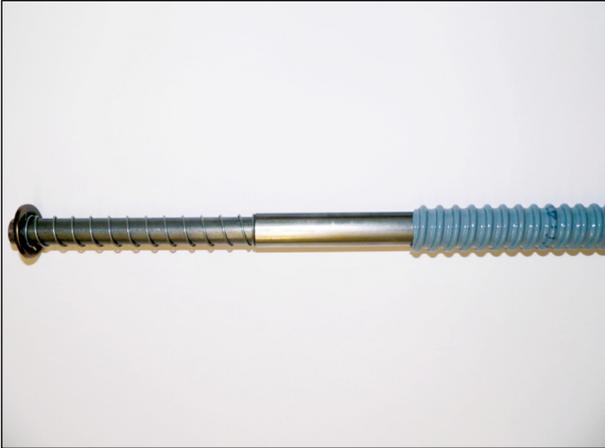


Bild 5: Stabilisator (1)

terlage auf jeweils mindestens einem Drittel der Breite der Mulde vorhanden sein, um einen ausreichenden Haftverbund zum Untergrund sicherzustellen.

Bei großen Einbaubreiten kommen Stabilisatoren zum Einsatz (Bild 4, Pkt. 11), die unabhängig von dem Fugenverlauf, immer parallel zur Fahrtrichtung eingesetzt werden müssen. Die Stabilisatoren bestehen aus einem Rundstahl der in einem Stahlrohr gleitet und mit einer Feder unter Spannung gehalten wird (Bild 5). Das Bauteil wird mit einem Kunststoff umhüllt und zwischen die Lochblechwinkel geklemmt. Durch die Stabilisatoren wird ein Aufwölben der Muldenfüllung bei Ausdehnung des Bauwerks verhindert.

Wenn möglich, sollten die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan über die gesamte Breite eingebaut werden, um Arbeitsnähte zu vermeiden. Unvermeidbare Arbeitsnähte sind parallel zur Bewegungsrichtung des Bauwerks auszubilden.

Fahrbahnübergänge aus Polyurethan können mit Quarzsand abgestreut werden, wobei mittlerweile dazu übergegangen wurde, der Muldenfüllung ein Gummigranulat beizumischen, wodurch eine gleichbleibende raue Struktur und Griffigkeit sichergestellt wird.

### 3 Einbau

Der hier beschriebene Einbau beruht auf den Erfahrungen der begangenen Baustellen. Da bei diesen Baustellen durchweg das System eines Herstellers eingebaut wurde, beziehen sich die Anga-



Bild 6: Lagebestimmung und Schneiden des Belages (1)

ben in erster Linie auf dessen System. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass die grundsätzlichen Aussagen systemunabhängig sind und der Einbau bei anderen Herstellern nur in Details abweicht.

Wie bei den Fahrbahnübergängen aus Asphalt wird beim Neubau, oder wenn der Einbau des Fahrbahnüberganges aus Polyurethan im Zuge einer Belagserneuerung erfolgt, der Fahrbahnbelag ohne Unterbrechung durchgehend aufgebracht. Die Fugenmulde wird anschließend aus dem Belag herausgeschnitten. Auf diese Weise werden Unstetigkeitsstellen (Höhenversatz) im Bereich des Übergangs vermieden.

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 mittels Suchschlitzen ermittelt werden (Bild 6). Um das Freilegen der Mulde zu erleichtern, sollte vor dem Asphaltieren eine Trennlage in dem Bereich der späteren Mulde eingebracht werden.

Nach dem Entfernen des Belages bis auf die Betonplatte wird die Mulde mittels Sandstrahlen gereinigt und sämtliche losen Bestandteile entfernt. Ursprünglich blieb die Dichtungsschicht dabei ca. 5 cm überlappend erhalten, aber mittlerweile wird auf diese Überlappung verzichtet, da meist keine Haftung zum Untergrund vorlag. Die Haftfestigkeit des Untergrundes muss mindestens  $1,5 \text{ N/mm}^2$  betragen, und die Einzelwerte dürfen  $1,0 \text{ N/mm}^2$  nicht unterschreiten. Im Abstand von ca. 3 cm von der Muldenflanke wird ein  $45^\circ$ -Schnitt im Asphalt (Anfasung) hergestellt, um die Haftung zwischen Asphalt und Polyurethanfüllung zu erhöhen (Bild 7).



Bild 7: Anfasen des Belages (1)



Bild 9: Anpassen und 1. Andübeln der Stahlwinkel (1)



Bild 8: Einbringen des Unterbaus aus Polymerbeton (1)



Bild 10: Zwischenreinigung des Untergrundes (1)

Der Füllvorgang muss bei trockener Witterung erfolgen, oder es ist eine dichte Einhausung vorzuhalten. Haftvermittler, Polymerbeton und Polyurethan sind auf jeden Fall vor Wasserbeaufschlagung während der Aushärtung zu schützen, da ansonsten die chemische Reaktion gestört wird. Die Temperatur der jeweiligen Unterlage muss mindestens 3 K über der Taupunkttemperatur der umgebenden Luft liegen, um Taubildung auf der Unterlage sicher auszuschließen. Außerdem muss die Untergrundtemperatur mindestens 5 °C betragen.

Vor dem Einbringen des Polymerbetons ist der Fugenspalt temporär z. B. mit Styropor zu verschließen. Auf den Muldengrund und den Flanken bis zur Einbauhöhe des Polymerbetons wird mittels Pinsel der 2-komponentige Haftvermittler aufgetragen. Die Wartezeit bis zur Verfüllung mit Polymerbeton beträgt ca. 30 Minuten. Bei dem Einbau des Polymerbetons sollte der Haftvermittler noch nicht vollständig ausgehärtet sein, um eine innige Verklebung zu gewährleisten.

Der 2-komponentige Polymerbeton wird bis auf die vorgesehene Einbauhöhe eingebracht, dabei erfolgt durch den Einbau mittels Fugenkelle eine gewisse Verdichtung des Materials (Bild 8).

Nach dem Aushärten des Polymerbetons werden die grundierten und abgestreuten Winkel zuerst in der Länge und Form den örtlichen Verhältnissen angepasst, dann mittels Befestigungsschrauben auf dem Untergrund provisorisch befestigt und wieder entnommen (Bild 9). Es ist wichtig, nach dem Bohren eine gründliche Reinigung des Untergrundes und der Bohrlöcher mittels Druckluft vorzunehmen, um den Bohrstaub vollständig zu entfernen (Bild 10).

Nach der Reinigung werden die Polymerbetonoberfläche und der Rest der Asphaltflanken mit einem 2-komponentigen Haftvermittler mittels Pinsel versehen, um eine gute Haftung zu der folgenden Muldenfüllung zu gewährleisten. Bei dem Einbringen der Muldenfüllung muss auf den richtigen Einbauzeitpunkt geachtet werden. Dieser ist dann ge-

geben, wenn die chemische Reaktion des Haftvermittlers erst gerade eingesetzt hat, daran erkennbar, dass dieser leichte Fäden zieht (Bild 11).

An dem Fugenspalt wird ein selbstklebendes Moosgummiband angebracht, um bei dem Aufbringen



Bild 11: Aufbringen des Haftvermittlers, Prüfen der Konsistenz (1)

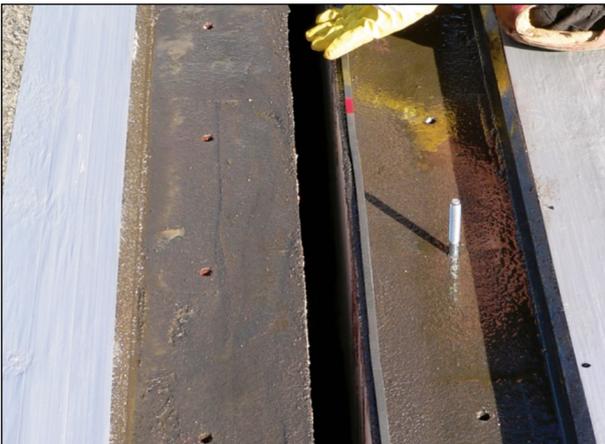


Bild 12: Anbringen des Moosgummis nach dem Auftragen des Haftvermittlers (1)



Bild 13: Einbau der gelochten Stahlwinkel (1)

der ersten dünnen Lage der Muldenfüllung ein Abfließen in den Fugenspalt zu verhindern (Bild 12). In diese dünne Lage der Muldenfüllung werden dann die Lochblechwinkel gelegt und mittels der Bolzenanker fest mit der Unterlage verbunden. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Winkel komplett von Polyurethan umschlossen sind und keine Hohlstellen verbleiben (Bild 13).

Über den offenen Spalt werden verzinkte Abdeckbleche mit Zentrierstiften und einer Gummieinfassung an den Rändern in die erste, dünne und noch frische Lage Polyurethan gelegt (Bild 14). Die im Bild erkennbaren Zentrierstifte müssen in Richtung Fugenspalt zeigen, um die Lage der Abdeckbleche über dem Fugenspalt zu gewährleisten. Diese zeigen in diesem Fall allerdings nach oben in Richtung Muldenfüllung.

Über den verzinkten Abdeckblechen wird im Ermessen des Herstellers eine Trennfolie vorgesehen, um eine Haftung zur darüberliegenden Polyurethanlage zu verhindern und so eine Spannungsverteilung auf der gesamten Fugenbreite zu erhalten (Bild 15).



Bild 14: Einsetzen der Abdeckbleche (entgegen der Vorgaben mit Anordnung der Zentrierstifte nach oben) (1)



Bild 15: Trennlage über den Abdeckblechen (1)

Die einzelnen Lagen Polyurethan werden frisch in frisch eingebracht. Bei Bedarf werden Stabilisatoren zwischen den beiden Stahlwinkeln eingeklemmt. Diese werden in das noch frische Polyurethan eingelegt, um Hohlstellen zu vermeiden (Bild 16). Wichtig ist, dass diese Stabilisatoren in Fahrtrichtung eingebaut werden, gleichgültig wie sich der Fugenverlauf darstellt.

Sollten zwischen dem Einbau einzelner Lagen mehr als 12 Stunden vergehen, muss die Oberfläche des Polyurethans mittels eines Haftvermittlers aktiviert werden (Bild 17). Auch dabei ist zu beachten, dass die anschließende Lage der Muldenfüllung dann auf den Haftvermittler aufgebracht wird, wenn dieser gerade am Beginn seiner chemischen Reaktion steht.

Am Ende wird eine letzte dünne Lage eingebracht und mit einem Glättwerkzeug abgezogen, um einen sauberen und ebenen Abschluss zu erhalten (Bild 18).

Es ist zwingend darauf zu achten, dass während des Einbaus und für mindestens zehn Stunden Aushärtezeit eine Wasserbeaufschlagung ausgeschlossen ist, da ansonsten die Aushärtung gestört wird (mangelnder Haftverbund, Aufschäumen des Haftvermittlers).

Eine Reinigung und Nachbehandlung bei vorzeitiger Wasserbeaufschlagung der beschichteten Oberfläche ist sehr mühsam und zeitaufwändig.

Grundsätzlich sind Arbeitsnähte zu vermeiden. Wenn aber ein fahstreifenweiser Einbau notwendig ist, um z. B. den Verkehrsfluss aufrecht zu erhalten, müssen die Anschlussstellen mit einem Rautenprofil versehen und die Kontaktflächen gründlich gereinigt und mit einem Haftvermittler aktiviert werden (Bild 19).



Bild 16: Einsetzen der Stabilisatoren (1)



Bild 18: Glätten der letzten Lage Polyurethanfüllung (1)



Bild 17: Haftvermittler bei Wartezeiten über 12 Stunden (1)



Bild 19: Arbeitsnahtausbildung (1)

## 4 Begleitete Einbauten

### 4.1 Allgemeines

Die Verwendung von Fahrbahnübergängen aus Polyurethan ist in Deutschland bisher nicht geregelt. Daher kommen Fahrbahnübergänge aus Polyurethan im Bereich der Bundesfernstraßen bisher nur mit einer Zustimmung im Einzelfall zum Einsatz. Grundlage für eine Zustimmung im Einzelfall ist der prüftechnische Nachweis der Gleichwertigkeit mit den üblicherweise für diesen Anwendungsfall verwendeten Fahrbahnübergängen aus Asphalt. Für das hier beschriebene System wurde dieser Nachweis durch eine Europäische Technische Zulassung: ETA-12/0260 [2] erbracht.

Zur Erfahrungssammlung wurde der Einbau bei einer Reihe der ausgeführten Objekte von der BAST begleitet sowie die Erfahrungen nach einer kurzen Nutzungsdauer gesammelt.

### 4.2 BAB A 70 bei Harsdorf

Die BAB A 70 ist mit ihrer Verlängerung über die Bundesstraße B 303 eine zentrale Ost-West-Verbindung nach Tschechien.

Der 7,6 Kilometer lange Abschnitt der BAB A 70 zwischen der Anschlussstelle Kulmbach und dem Autobahndreieck Bayreuth wurde in den Jahren 2013 und 2014 erneuert. In diesem Bereich beträgt die Verkehrsbelastung täglich ca. 21.500 Fahrzeuge, davon gehören ca. 3.500 Fahrzeuge zum Schwerverkehr.

Dieser Abschnitt der BAB A 70 wurde zum Teil in den Jahren 1937 bis 1939 gebaut und wies daher

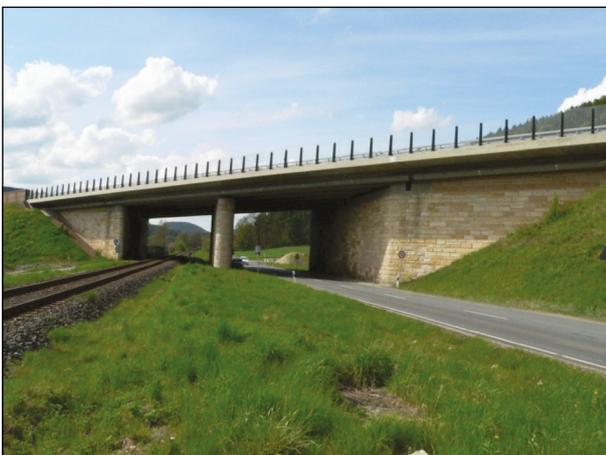


Bild 20: BAB A 70 bei Harsdorf (1)

aufgrund des Alters eine schlechte Bausubstanz auf. Außer der Fahrbahn wurden sämtliche Unterführungsbauwerke erneuert, ein neues Überführungsbauwerk errichtet, Lärmschutzeinrichtungen installiert und die Fahrbahnen um einen Standstreifen auf eine Breite von 11,5 Meter erweitert. Um die Lärmbelastung für die Anwohner zu minimieren, wurden an der Überführung über die Bahnstrecke/Landstraße bei Harsdorf (Bauwerk 116a) Fahrbahnübergänge aus Stahl durch Fahrbahnübergänge aus Polyurethan ersetzt (Bild 20).

Die Fahrbahnübergänge wurden in mehreren Bauabschnitten eingebaut, um den Bauablauf der unterschiedlichen Gewerke nicht zu beeinträchtigen.

Die ersten zwei Fahrbahnübergänge aus Polyurethan wurden im November 2013 in Fahrtrichtung Bamberg eingebaut, wobei der Einbau wegen Regen unterbrochen werden musste. Im Oktober 2014 wurden dann zwei Fahrbahnübergänge aus Polyurethan in der Gegenrichtung (Fahrtrichtung Hof) ebenfalls mit Regenunterbrechung eingebaut.

Der obere Teil des bisherigen Fahrbahnübergangs aus Stahl wurde brenngeschnitten, und der fest mit der Betonkonstruktion verbundene Teil wurde in der Betonplatte belassen (Bild 21). Es wurden zusätz-

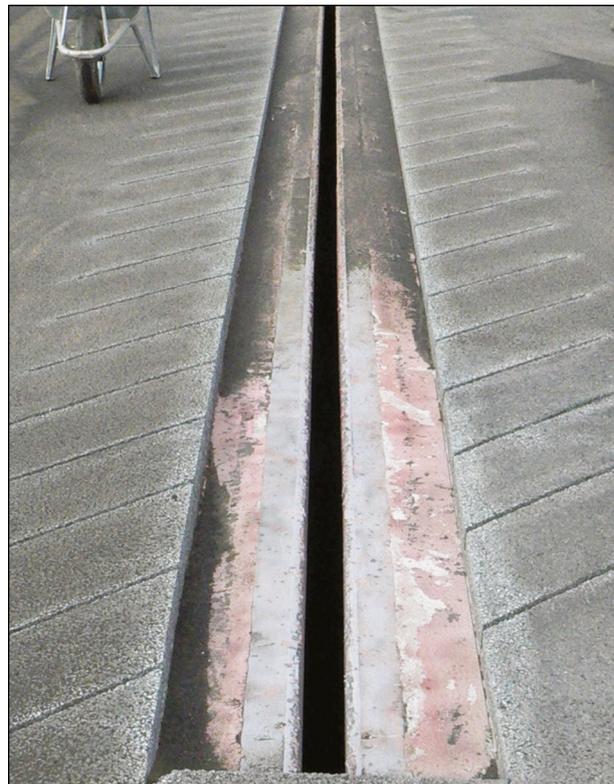


Bild 21: Verbleibende Stahlwinkel des Fahrbahnübergangs aus Stahl (1)

lich Stützrippen aus Polymerbeton in den Asphalt vor und hinter dem Fahrbahnübergang eingebracht, um so Spurrinnen im Asphalt zu vermeiden. Auf dem Unterbau aus Polymerbeton wurden Lochblechwinkel angebracht. Auf Stabilisatoren und eine Trennlage über den Abdeckblechen wurde aufgrund der nur geringen zu erwartenden Längenausdehnung verzichtet.

Die Abdeckbleche wiesen eine Einfassung aus Gummi auf und wurden mit den Zentrierstiften nach oben eingesetzt, anstatt diese in die Fuge ragen zu lassen und so die Lage über den Fugenspalt zu gewährleisten (Bild 22). Die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan verlaufen durchgehend über die Brückenkappen, die Fahrbahn und die Mittelfuge zwischen den beiden Überbauten (Bilder 22 und 23). Damit werden Arbeitsnähte oder Materialwechsel an den Übergängen von der Fahrbahn zu den Kapfen vermieden, die oftmals Schwachstellen im System darstellen. Der Einbau erfolgte ohne Vorhal-



Bild 22: Mittelfuge mit gelochten Stahlwinkeln und Abdeckblechen (3)

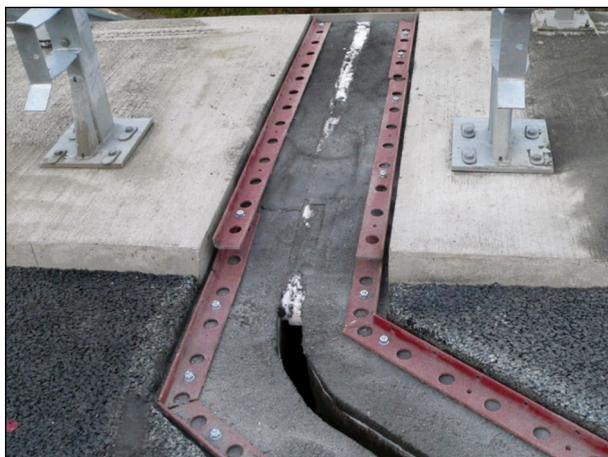


Bild 23: Durchgehender Verlauf über die Brückenkappen (1)

tung einer Einhausung und musste aus diesem Grund wetterbedingt unterbrochen werden.

Die Oberfläche wurde zum Abschluss abgestreut, um die Griffigkeit zu erhöhen und eine ähnlich raue Oberfläche wie die der Asphaltoberfläche zu erhalten (Bild 24).

Obwohl der Einbau nur innerhalb von niederschlagsfreien Zeiträumen durchgeführt und zur Sicherheit eine Trocknung der Unterlage mit einem Gasbrenner durchgeführt wurde, kam es dennoch zu einer vorzeitigen Feuchtigkeitsbelastung, denn der angrenzende Belag ist ein hohlraumreicher, lärmindernder Splittmastixasphalt, der in seinen Hohlräumen Wasser speichert. Dieses Wasser ist während der einzelnen Einbauphasen langsam ausgetreten (Bilder 25 und 26). Die für die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan verwendeten Reaktionsharze reagieren empfindlich auf Feuchtigkeitsbeanspruchung während der Aushärtung, vor allem auch der Haftvermittler zwischen Polymerbeton und Polyurethan (Bild 27). Der Kontakt mit Feuchtigkeit führte zu Aushärtungsstörungen und zu einem Aufschäumen des Materials.

Die Stützrippen sind zum Teil in einem sehr stumpfen Winkel zur Fahrtrichtung eingebaut worden,



Bild 24: Abstreuen der Oberfläche der letzten Polyurethanschicht (3)



Bild 25: Aus dem Belag austretende Feuchtigkeit auf der Betonunterlage (1)



Bild 26: Aus dem Belag austretende Feuchtigkeit auf dem Polymerbeton (1)



Bild 27: Reaktion des Haftvermittlers mit Feuchtigkeit und Einbringen der Polyurethanfüllung (2)

was eine unnötig hohe Belastung bei jeder Überrollung für die Stützrippen darstellt und zu einem vorzeitigen Versagen der Stützrippen bzw. einer Beeinträchtigung des Fahrkomforts durch Entstehung eines „Waschbretteffektes“ führen kann (Bild 28).

Nach einem Jahr Standzeit zeigten sich im November 2014 die ersten Ausbrüche im Splittmastixasphalt an der Grenzfläche zum Fahrbahnübergang aus Polyurethan bzw. zwischen den Stützrippen (Bild 29). Diese wurden mit Polyurethanvergussmasse ausgeflickt, aber der Schaden ist in dem folgenden Jahr weiter fortgeschritten (Bild 30).

Im April 2016 wurde im Bereich der Standstreifen und der Lkw-Fahrstreifen der Asphalt einschließlich der verbliebenen Stützrippen entfernt und durch Stützbalken vor und hinter dem Fahrbahnübergang aus Polyurethan ersetzt. Dabei wurden die Stützbalken in Fahrtrichtung Bamberg bereichsweise auf Polyurethanreste aus einer vorhergehenden In-



Bild 28: Schiefwinkliger Fahrbahnübergang aus Polyurethan mit Stützrippen in ca. 90° zur Fahrtrichtung (1)



Bild 29: Ausbrüche im Asphaltbelag an den Grenzflächen zum Fahrbahnübergang/Stützrippen (1)

standsetzung gesetzt (Bild 31). Es ist fraglich, ob es zu einem ausreichenden Verbund zwischen dem bestehenden Fahrbahnübergang aus Polyurethan und den angesetzten Polymerbetonbalken kommt, denn normalerweise wird das Polyurethan frisch an den ausgehärteten Polymerbetonbalken angebaut, um einen guten Haftverbund zu gewährleisten, was im Rahmen der Erstprüfung prüftechnisch nachgewiesen wurde. Der umgekehrte Fall ist prüftechnisch nicht erfasst.



Bild 30: Fortschreiten der Schäden trotz Ausbesserung (1)



Bild 31: Ersatz des an den Fahrbahnübergang angrenzenden Belages (einschließlich Stützrippen) durch Stützbalken aus Polymerbeton (3)

Bei dieser Instandsetzung fiel auch auf, dass eine Arbeitsnaht keinen bzw. einen unzureichenden Verbund aufwies (Bild 32). Dieser Bereich wurde daraufhin ebenfalls instandgesetzt (Bild 33). Nach einem Monat war die Arbeitsnaht wieder undicht (Bild 34).



Bild 32: Undichte Arbeitsnaht (3)



Bild 33: Instandsetzung der undichten Arbeitsnaht (3)



Bild 34: Feuchtigkeit an der Unterseite (3)

Im Juni 2016 traten dann Risse im Polymerbetonbalken auf, die auf den oben beschriebenen Einbau auf den elastischen Polyurethanrest unter dem Polymerbetonbalken zurückzuführen sind und eine weitere Instandsetzung nötig machten (Bild 35). Eine harte Schicht, wie sie der Polymerbetonbalken darstellt, sollte in keinem Fall auf eine elastische Unterlage eingebaut werden.

Desweiteren wurden Flankenenthaftungen zwischen der Polyurethanfüllung und dem Stützbalkenbalken sowie weitere Risse im Stützbalken festgestellt (Bild 36).

Im Juli 2016 kam es dann zu Lärmbelastungen für die Anwohner durch lautes Klappern der Abdeckbleche. Ursächlich hierfür war, dass sich das Moosgummi an den Kanten der Abdeckbleche aufgerieben hatte und die Abdeckbleche nun bei jeder Überrollung Schlaggeräusche erzeugten. Ende August 2016 wurden dann Ausbrüche im Polyurethan in

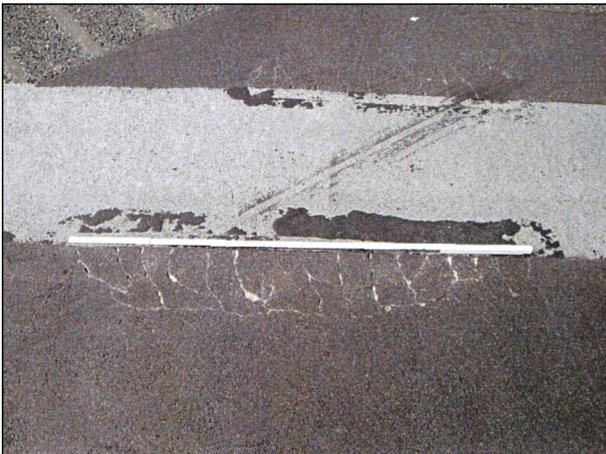


Bild 35: Risse im Stützbalken durch Einbau auf Polyurethanreste (3)

Fahrtrichtung Bayreuth festgestellt (Bild 37). Es handelte sich hierbei um den im April 2016 instandgesetzten Bereich an der undichten Arbeitsnaht. Mangelnde Haftung und die in den Polyurethan hineinragenden Fixierbolzen werden zu diesem Schaden beigetragen haben.

Als Sofortmaßnahme wurde die Schadstelle provisorisch verfüllt.

Im Oktober 2016 wurden die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan in Fahrtrichtung Bamberg komplett erneuert. Die Erneuerung der Fahrbahnübergänge in Fahrtrichtung Hof erfolgte im Jahr 2017.

Bei dem Ausbau des Fahrbahnübergangs aus Polyurethan zeigten sich wiederum Bereiche, in denen es aufgrund von vorzeitiger Feuchtigkeitsbelastung während des Einbaus zu einem Aufschäumen des Haftvermittlers gekommen ist (Bild 38).



Bild 37: Ausbrüche im Polyurethan im Bereich der instandgesetzten Arbeitsnaht (3)



Bild 36: Flankenenthaftungen (1)



Bild 38: Kristallisierter, aufgeschäumter Haftvermittler (1)



Bild 39: Einseitig fixierte Abdeckbleche (2)



Bild 41: Großer Höhenversatz in der Mulde (2)



Bild 40: Gummimatte unter den Abdeckblechen (3)

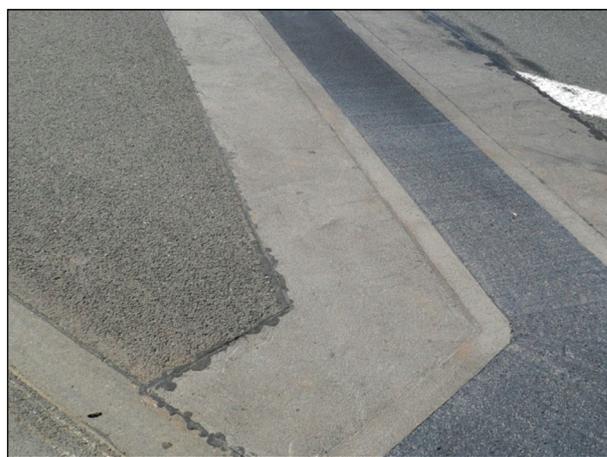


Bild 42: Neuer 60 cm breiter Stützbalken (1)

Bei dieser Kompletterneuerung kamen einseitig fixierte Abdeckbleche zum Einsatz (Bild 39). Die für die Fixierung erforderlichen Schweißbolzen wurden auf den verbliebenen Stahlwinkel des Fahrbahnübergangs aus Stahl aufgeschweißt.

In der Regel werden die Abdeckbleche in eine dünne Schicht Polyurethan eingelegt, um ein vollflächiges Aufliegen zu gewährleisten. In diesem Fall wurde allerdings unter den Abdeckblechen eine Gummimatte angeordnet. Wie in Bild 40 zu erkennen, ist die gewünschte vollflächige Auflage nicht gegeben.

Wie bei der Instandsetzung auf der BAB A 5 bei Nieder-Gemünden wurde auch hier auf den Unterbau aus Polymerbeton im Bereich der Abdeckbleche verzichtet. Allerdings führte dies bei dieser Baumaßnahme zu zwei starken Versprüngen in den

Einbaudicken, welche in der Regel gleichmäßig sein soll (Bild 41). Versprünge in der Einbaudicke führen zu Spannungsspitzen im Polyurethan, welche Ausgangspunkte für Risse sein können.

Desweiteren wurden neue breitere Stützbalken vor und hinter dem Fahrbahnübergang aus Polyurethan eingebaut (Bild 42).

Der theoretische Aufbau nach der Instandsetzung wird in Bild 43 verdeutlicht.

Bisher sind diese Fahrbahnübergänge aus Polyurethan intakt, aber es zeigen sich bereits Auflösungserscheinungen der Gummimatten in Form von Abrieb im Wiederlagerbereich, und die in Überbreite eingebauten 60 cm breiten Stützbalken zeigen Risse.

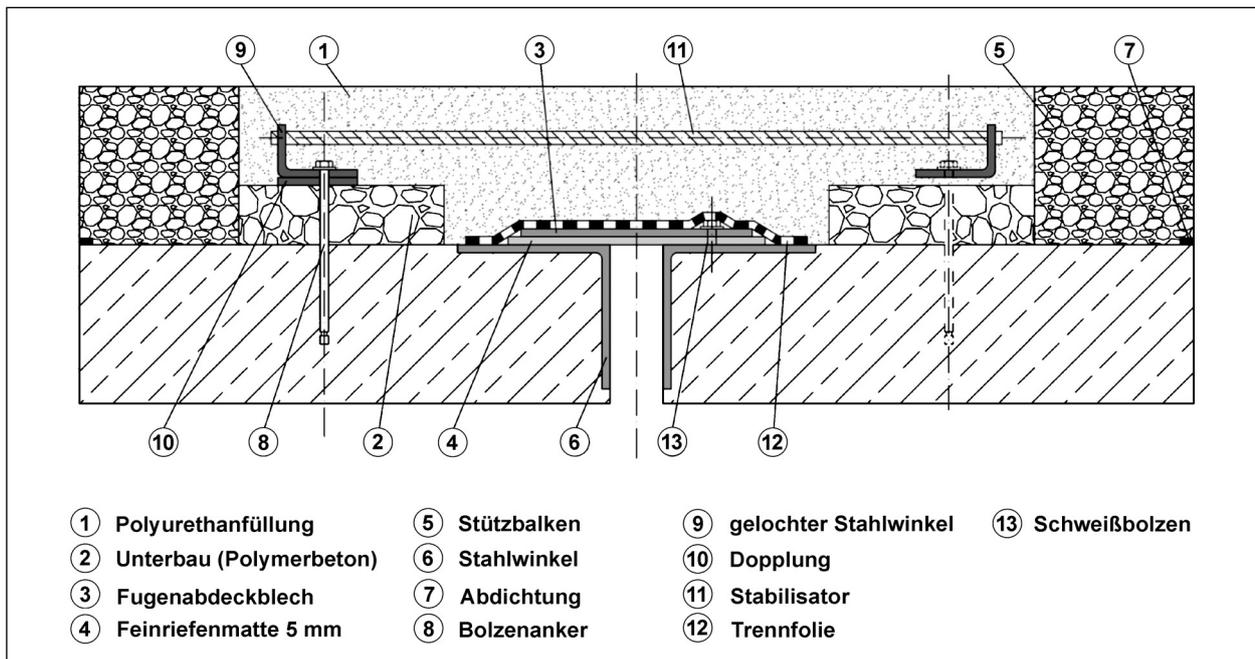


Bild 43: Prinzipskizze des Systemaufbaus bei der Instandsetzung A 70 Harsdorf (1)

### 4.3 BAB A 5 bei Nieder-Gemünden



Bild 44: BAB A 5 über die Ohm (1)

In Hessen verläuft die BAB A 5 vom Hattenbacher Dreieck in Richtung Frankfurt in der Höhe von Nieder-Gemünden über die Ohm (Bild 44). An dieser Stelle sind in jeder Fahrtrichtung zwei Fahrstreifen und ein Standstreifen mit einer Deckschicht aus Gussasphalt MA 11 S vorhanden. Im Jahr 2016 wurden alle vier defekten Fahrbahnübergänge aus Stahl gegen Fahrbahnübergänge aus Polyurethan getauscht.

Eine Vollsperrung wie bei einer Erneuerung mit einem neuen Fahrbahnübergang aus Stahl üblicherweise nötig kam aus verkehrstechnischer Sicht

nicht infrage. Zudem hätte eine solche Baumaßnahme einen erheblichen Eingriff in das Bauwerk und somit einen höheren Aufwand bedeutet.

Die aus dem Ausbau resultierenden Sanierungsarbeiten und die Instandsetzung der Abdichtung waren finanziell sowie zeitlich schwer zu kalkulieren, wobei auch die Fertigung und die Lieferung von neuen Fahrbahnübergängen aus Stahl ein größeres Zeitfenster benötigt hätten.

Um Kosten und vor allen Dingen Zeit einzusparen, war der Fahrbahnübergang aus Polyurethan eine erfolgversprechende Alternative. Es musste lediglich der Fahrbahnbelag in der Breite des späteren Fahrbahnüberganges aus Polyurethan entfernt werden. Der alte Fahrbahnübergang aus Stahl wurde oberhalb der Betonplatte durch Brennschneiden abgetrennt und die einbetonierten Reste der alten Konstruktion sind im Bauwerk verblieben (Bild 45).

Für jeden Teilabschnitt wurden ca. 3 Tage benötigt, wobei der Straßenverkehr unter einer 3+1-Verkehrsführung aufrecht gehalten werden konnte. Zusätzlich wurde ein ca. vier Meter breiter neuer Gussasphaltstreifen über der Fuge eingebaut, um einen standfesten Asphalt an der Grenzfläche zur Polyurethanfüllung sicherzustellen. Um die Standfestigkeit des angrenzenden Asphaltes zusätzlich zu erhöhen, wurden Stützrippen in den Asphalt eingebaut (Bild 45).



Bild 45: Verbleibende Stahlwinkel, Schlitze für Stützrippen im angrenzenden Gussasphalt (1)



Bild 46: Beimischung von Gummigranulat zum Polyurethan (1)

Desweiteren wurden die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan mit Stabilisatoren und einer Trennfolie über den Abdeckblechen versehen.

Abweichend von den Festlegungen der ETA-12/0260 [2] wurde die Oberfläche nicht abgestreut, sondern dem Polyurethan wurde ein Gummigranulat beim Mischvorgang hinzugefügt, um eine gleichbleibende Griffigkeit zu erzielen (Bild 46).

Bei der Oberflächenvorbereitung der Mulde wurde versäumt, den Brennschnitt an den verbleibenden



Bild 47: Unbearbeiteter Brennschnitt (1)



Bild 48: Polymerbetoneinbau in einer geringen Dicke (2)

Stahlwinkeln abzuschleifen. Somit entstand ein ca. 1 cm hoher Grad, der aus der Unterlage herausragte (Bild 47).

Es zeigte sich, dass die vorhandene Muldentiefe stellenweise nur geringfügig über der vorgeschriebenen Einbaudicke der Polyurethanfüllung lag und somit der Unterbau aus Polymerbeton nur in einer sehr geringen Dicke eingebaut werden konnte (siehe auch Bild 19). Das wiederum hatte zur Folge, dass der Stahlwinkel teilweise nur eine geringe bzw. keine Überdeckung mit Polymerbeton aufwies, besonders dort wo der Brennschnitt stark hervorragte (Bilder 47 und 48). Der gesamte Aufbau des Fahrbahnübergangs aus Polyurethan ist in der Systemskizze dargestellt (Bild 49).

Bei dem Einbau des Polymerbetons im Hochsommer wurde die Verarbeitungszeit des Materials durch die hohen Lufttemperaturen und die Lagerung des Materials in einem Container ohne gleichzeitige Kühlung reduziert. Zudem war auch der Ein-

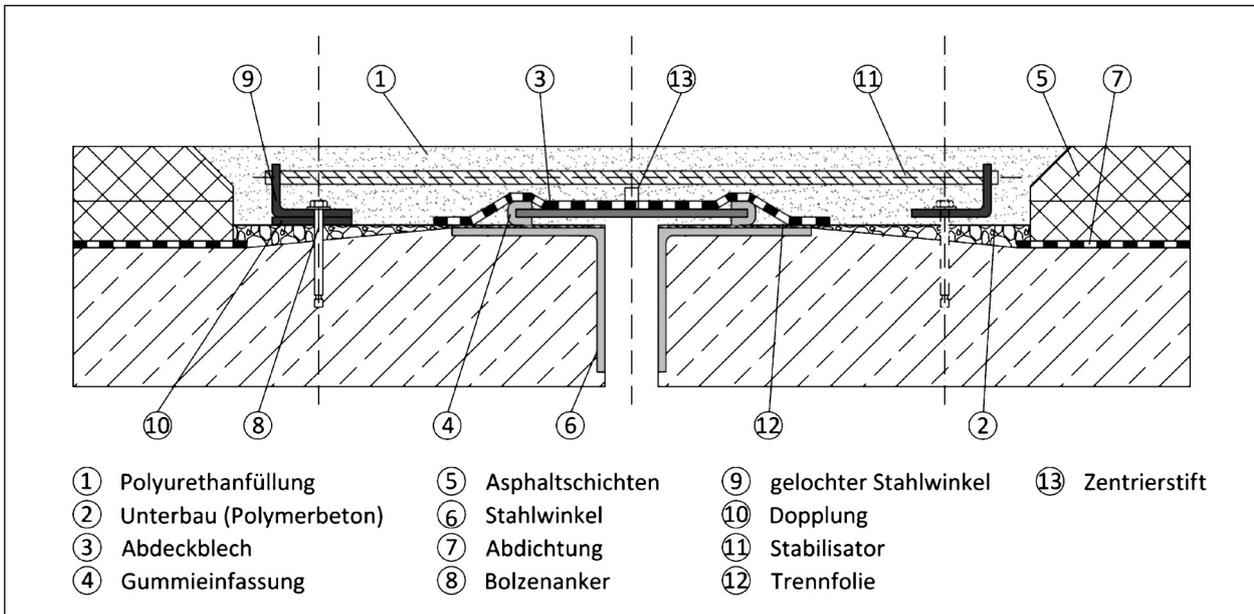


Bild 49: Einbau bei geringer Muldentiefe (1)



Bild 50: Arbeitsnaht in der Rollspur (1)

bau in einer nur geringen Schichtstärke auf die Masse gesehen zeitaufwändiger, da eine größere Fläche pro Gebinde verfüllt werden musste. Daher war ein schnelles und konzentriertes Arbeiten notwendig, ungünstigerweise reduzierte sich die Mitarbeiterzahl während des Einbaus von drei auf lediglich zwei Mitarbeiter, was einen reibungslosen Einbau erschwerte.

Auch hier wurden die Abdeckbleche in der falschen Lage mit den Zentrierstiften nach oben und mit Gummieinfassung eingesetzt.

Die durch den fahrstreifenweisen Einbau nötigen Arbeitsnähte lagen genau in einer Rollspur des ersten Fahrstreifens. Schon nach einem Jahr Standzeit zeigten sich die ersten Schäden an den Arbeitsnähten (Bild 50).

2017 kam es dann zu einer erheblichen Lärmbelästigung. Zum einen hatten sich die Gummieinfassungen an den Abdeckblechen gelöst, zum anderen hatte sich die dünne Schicht Polyurethan zwischen dem verbliebenen Stahlwinkel in der Unterlage und den Abdeckblechen aufgerieben und sich als Staub im Bereich der Widerlagerbank angesammelt. Das hatte zur Folge, dass die Abdeckbleche über dem Fugenspalt bei jeder Kfz-Überrollung auf den im Beton verbliebenen Stahlwinkel des alten Fahrbahnübergangs aus Stahl schlugen (Metall auf Metall).

Eine Arbeitsnaht öffnete sich vollständig, sodass an dieser Stelle der Fahrbahnübergang undicht wurde.

Im selben Jahr erfolgte die Erneuerung der Fahrbahnübergänge aus Polyurethan, ebenfalls bei einer 3+1-Verkehrsführung und dieses Mal mit einer sechsköpfigen Monteurskolonne.

Der Ausbau der Fahrbahnübergänge aus Polyurethan ist aufgrund der elastischen Polyurethanmasse sehr aufwändig und hat ca. einen Arbeitstag je Bauabschnitt in Anspruch genommen (Bild 51).

Es zeigte sich, dass ein Abdeckblech massiv beschädigt war und einer der Fixierstifte, die fälschlicherweise in die Polyurethanfüllung hineinragten, abgeschert war (Bild 52).

Nach dem Entfernen des defekten Fahrbahnübergangs aus Polyurethan und Sandstrahlen der Mulde wurden die Stahlwinkel des alten Fahrbahnüber-



Bild 51: Zeitaufwendiger Ausbau (1)



Bild 54: Schweißbolzen zur einseitigen Fixierung (1)



Bild 52: Beschädigtes Abdeckblech (1)



Bild 55: Abdeckblech mit Bohrungen anstelle von Zentrierstiften zur Fixierung (1)



Bild 53: Plangeschliffene Stahlwinkel (1)

gangs aus Stahl plangeschliffen, sodass kein hervorstehender Grat mehr vorhanden war (Bild 53).

Die Abdeckbleche wiesen bei dieser Erneuerung eine Breite von 250 mm auf anstatt der beim ersten Einbau verwendeten Abdeckbleche von 150 mm

Breite, da die Vermutung aufkam, dass diese zu gering dimensioniert waren.

Die Abdeckbleche wurden einseitig mittels Schweißbolzen, die auf dem Stahlwinkel des alten Fahrbahnübergangs aus Stahl geschweißt wurden, in ihrer Lage fixiert (Bild 54). Die Abdeckbleche wiesen daher keine Zentrierstifte auf, sondern Bohrungen für die Aufnahme der Schweißbolzen (Bild 55).

Unter der Polyurethanfüllung kam ein Unterbau aus Polymerbeton in einer geringen Einbauhöhe zum Einsatz, und der mittlere Bereich blieb ohne Polymerbeton. Anstelle einer dünnen Lage Polyurethan wurde dort eine Feinriefenmatte unter den Abdeckblechen angeordnet. Der weitere Aufbau entspricht dem üblichen Aufbau und ist in der Systemskizze dargestellt (Bild 56).

Die Muldenfüllung wurde nicht in grau, sondern in einer weniger auffälligen schwarzen Färbung ausgeführt, um sich besser in den Asphaltbelag einzu-

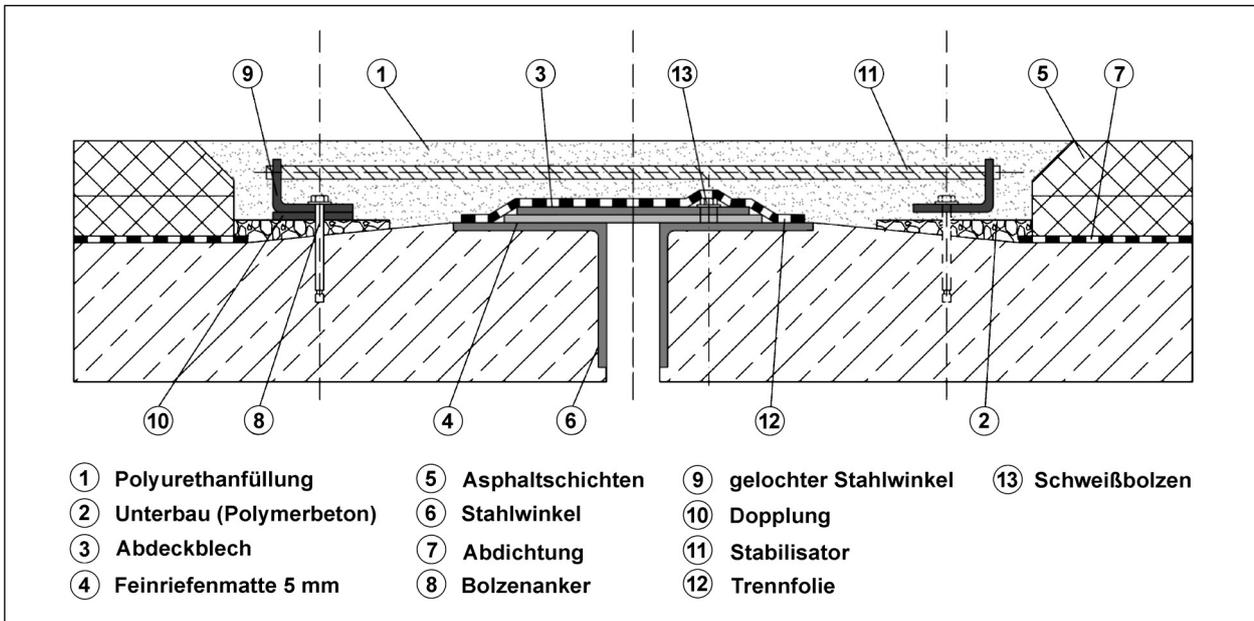


Bild 56: Instandsetzung mit einseitiger Fixierung (1)

fügen, wodurch die Gefahr einer Verunsicherung der Verkehrsteilnehmer bezüglich der Straßenführung vermieden werden sollte. Seit der Instandsetzung sind die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan schadenfrei.

#### 4.4 BAB A 5 im Hattenbacher Dreieck

Das Autobahndreieck verdankt seinen Namen dem angrenzenden Ortsteil Hattenbach in Hessen. Das Hattenbacher Dreieck in der Mitte von Deutschland gehört zu den am stärksten befahrenen Kreuzungspunkten in der Region. Hier treffen die Nord-Süd-Bundesautobahn A 7 (Hamburg-München), die BAB A 5 aus dem Westen (Frankfurt) und die BAB A 4 aus dem Osten (Dresden) aufeinander (Bild 57). Gerade nach der Wiedervereinigung hat hier der Verkehr deutlich zugenommen. Das Verkehrsaufkommen beträgt ca. 130.000 Fahrzeuge am Tag.

Im Jahr 2015 begann auf der A5/A7 am Hattenbacher Dreieck in Fahrtrichtung Gießen bei BAB-Kilometer 372,219 und BAB-Kilometer 373,741 der Einbau von Fahrbahnübergängen aus Polyurethan als Ersatz für Fahrbahnübergänge aus Asphalt. Im Jahr 2016 erfolgte dann der Einbau in der Gegenrichtung. Insgesamt wurden dort 640 lfm eingebaut.

Um den Verkehrsfluss aufrecht zu erhalten wurde fahrstreifenweise eingebaut, eine Vollsperrung wäre aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens nicht möglich gewesen.

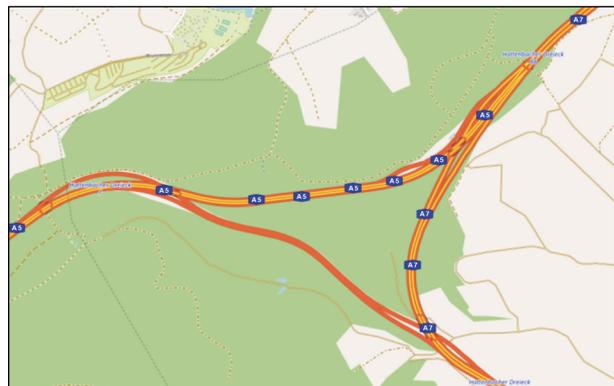


Bild 57: Hattenbacher Dreieck (8)

An dieser Baumaßnahme wird sehr eindrucksvoll dargestellt, wie individuell diese Bauart eingesetzt werden kann. Verschiedenste Geometrien wurden hier verwirklicht (Bild 58).

Aufgrund der hohen, nahezu temperaturunabhängigen Standfestigkeit ist ein senkrechter Einbau z. B. über die Brückenkappen/den Schrammbord hinweg möglich (Bild 59), ohne dass zusätzliche Blechkonstruktionen wie ein Schrammbordersatzblech nötig werden (Bild 60). Es wird nur temporär eingeschalt, gefüllt und am nächsten Tag wieder ausgeschalt (Bild 61).

Somit entstanden Fahrbahnübergänge, die über die Schrammborde und Brückenkappen hinweg eine durchgehende Konstruktion darstellen (Bild 62). Hierdurch sind die sonst üblichen Schwachstellen an den Übergängen zwischen zwei aneinander an-



Bild 58: Variable Geometrien (1)



Bild 61: Senkrechter Einbau (1)

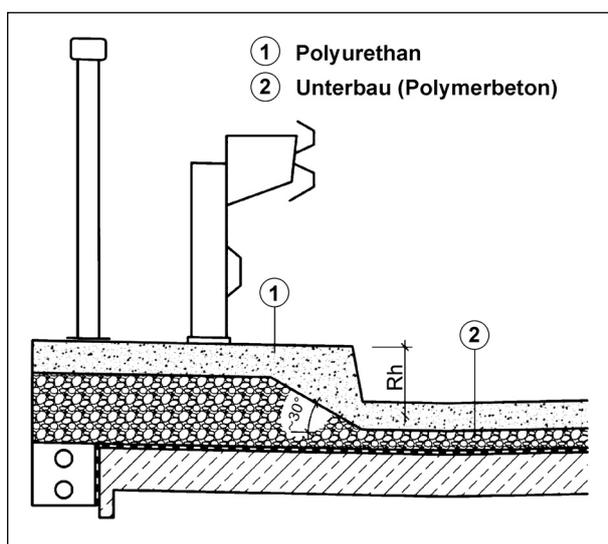


Bild 59: Ausführung im Brückenkapfenbereich (1)



Bild 62: Durchgehender Verlauf des Fahrbahnübergangs (1)



Bild 60: Schrammbord ohne Schrammbordersatzblech (1)



Bild 63: Schadtelle im Bereich Fahrbahnübergang/Schrammbord (1)

grenzenden Konstruktionen wie z. B. Fahrbahnübergang/Schrammbord nicht mehr gegeben (Bild 63).

Kurz nach dem Einbau zeigten sich bereits Poren im Polyurethan, und es wurde zum Teil der Versuch unternommen, diese zu verschließen (Bild 64). Die Poren sind vermutlich nur oberflächlich und daher wahrscheinlich unproblematisch, werden aber wei-



Bild 64: Poren in der Polyurethanfüllung (tlw. ausgebessert) (1)



Bild 65: Überschuss an Haftvermittler (1)

ter beobachtet. Ursächlich für die Porenbildung kann ein zu schnell drehendes Rührwerk gewesen sein. Hierdurch können beim Mischvorgang Luftblasen in dem Polyurethan entstanden sein, die aufgrund der Zähigkeit des Materials und der relativ schnellen Aushärtung nach dem Einbau nicht vollständig aus dem Material austreten konnten. Außerdem kam es zu einem überhöhten Auftrag des Haftvermittlers für die nachfolgende Polyurethanfüllung (Bild 65). Laut technischem Merkblatt des Herstellers ist eine restlose Verdunstung des enthaltenen Lösemittels aus dem Haftvermittler erforderlich, bevor das Polyurethan eingebaut werden darf. Bei der hohen Schichtdicke des Haftvermittlers kann es zu einer nachträglichen Lösemittelretention gekommen sein.

Unter Umständen hat der überhöhte Auftrag an Haftvermittler sich auch nachteilig auf den späteren Haftverbund ausgewirkt.

Bei dieser Baumaßnahme mussten einige Bolzenanker gekürzt werden, da ein Teil der Bohrungen nicht in der nötigen Tiefe ausgeführt werden konnten. Die abgeschnittenen Bolzen wurden zum Teil



Bild 66: Ungleichmäßiger Fugenverlauf (1)



Bild 67: Unterschiedliche, fehlerhafte Stützrippenverläufe (1)

nicht entfernt und verblieben oftmals in der Muldenfüllung.

Auch hier wurden die Abdeckbleche mit der Zentrierung nach oben eingesetzt, allerdings mit der sachlichen Begründung, dass der Fugenspalt einen sehr ungleichmäßigen Verlauf aufwies (Bild 66).

Weiterhin wurde auch bei dieser Baumaßnahme nicht genügend auf die Ausrichtung der Stützrippen geachtet. Deren Verlauf zur Fahrtrichtung sollte im Idealfall  $45^\circ$  betragen, liegt aber bei dieser Baumaßnahme zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  (Bild 67).

Im Jahr 2017 kam es zu einem Ausbruch des Polyurethans auf ca. einem Meter Länge (Bild 68). Bei der Instandsetzung zeigte sich, dass sich an der Ausbruchsstelle die Grundierung von den Stahlwinkeln komplett gelöst hatte (Bild 69). Dies ist vermutlich auf einen Beschichtungsfehler der Stahlwinkel zurückzuführen. Die Stahlwinkel weisen bei Anlieferung auf der Baustelle eine Beschichtung zum Schutz vor Korrosion auf. Diese ist mit Quarzsand abgestreut, um die Haftung zu der Polyurethanfüllung zu verbessern (Bild 70). Die Schadstelle wurde provisorisch mit Polymerbeton verschlossen.

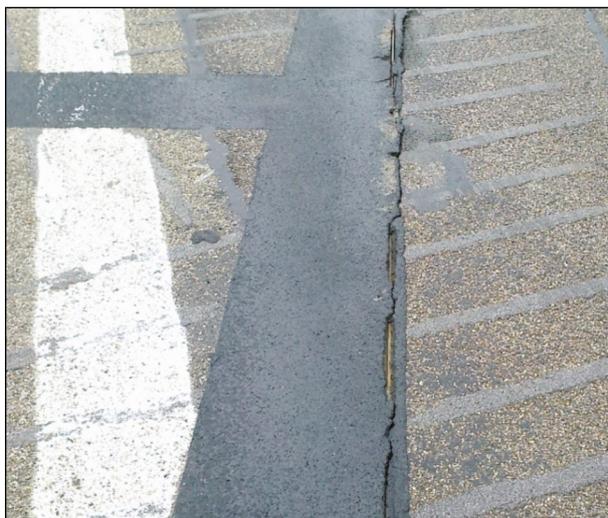


Bild 68: Risse im Polyurethan (7)



Bild 71: Haftstörung an einer Arbeitsnaht und den Flanken (1)



Bild 69: Abgelöste Polyurethanfüllung und metallisch blanke Lochblechwinkel (7)



Bild 70: Beschichtete Lochblechwinkel vor dem Einbau (1)

Bei einer Besichtigung im Dezember 2017 zeigten sich weitere Mängel an den Arbeitsnähten und der Grenzfläche zum Asphalt (Bild 71).

Es wurde eine weitere umfangreiche Instandsetzung im Jahr 2018 geplant.

#### 4.5 Friedrich-Engels-Ring in Neubrandenburg

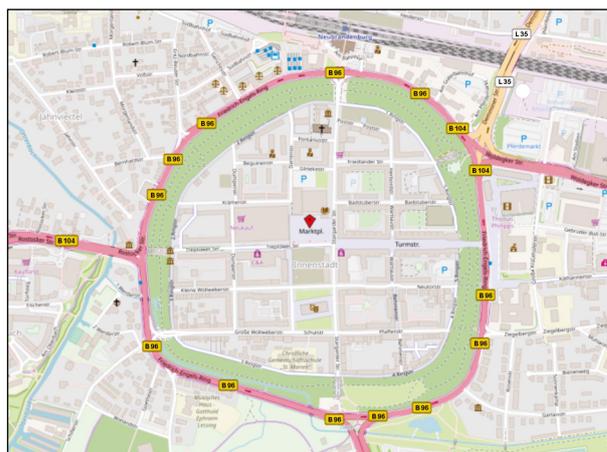


Bild 72: Historische Altstadt Neubrandenburg (8)

Der Friedrich-Engels-Ring umschließt die historische Altstadt von Neubrandenburg in Mecklenburg-Vorpommern (Bild 72). Der Straßenring ist vierstreifig ausgebaut, und das Verkehrsaufkommen liegt bei 35.000 Fahrzeugen am Tag, davon gehören 1.400 Fahrzeuge zum Schwerverkehr.

Da die Standsicherheit und die Dauerhaftigkeit mittelfristig nicht mehr gewährleistet werden konnte und es bereits zu einem Absacken des Radweges kam, wurde eine grundlegende Instandsetzung im Jahr 2015 notwendig.

In dem Abschnitt 162 der B 96 kamen für die Überführung der 210 m langen Moorstrecke an fünf Moorplatten und der Lindebachbrücke, die seit 1961 in Nutzung ist, Fahrbahnübergänge aus Polyurethan zum Einsatz.

Um die Lärmbelastung unter anderem für die historische Altstadt zu minimieren, waren bisher Fahrbahnübergänge aus Asphalt vorgesehen. Diese wiesen aufgrund der hohen Belastung, insbesondere auch durch den ruhenden/stockenden Verkehr, eine geringe Dauerhaftigkeit auf. Somit entschied man sich für Fahrbahnübergänge aus Polyurethan, um die Standzeiten zu erhöhen. Im September 2015 wurden im Zuge des ersten Bauabschnittes auf einem Fahrstreifen fünf Fahrbahnübergänge aus Polyurethan mit Nenn-Dehnwegen von 50 mm und 75 mm eingebaut. Der Einbau erfolgte fahrfstreifenweise, um den Baubetrieb nicht zu behindern und den Verkehrsfluß aufrecht zu halten. Zum Teil wurden Stützbalken aus Polymerbeton vor und hinter dem Fahrbahnübergang aus Polyurethan gesetzt, um die Standfestigkeit zu erhöhen (Bild 73).

Im Fall des Fahrbahnüberganges mit 75 mm Nenn-Dehnweg wurde eine Trennfolie über den Abdeckblechen eingebracht, und da die Abdeckbleche auch hier mit den Zentrierstiften nach oben eingesetzt wurden, musste diese Trennfolie eingeschnitten werden (Bild 74). Die Zentrierstifte sorgen in diesem Fall nicht für die Beibehaltung der Lage der Abdeckbleche über dem Fugenspalt, sondern wirken der Funktion der Trennfolie entgegen.

Einige der Bohrlöcher für die Bolzenanker konnten nicht tief genug gebohrt werden, da man auf Be-



Bild 73: Fahrbahnübergang aus Polyurethan mit Stützbalken (1)

wehrung stieß. Daher wurden an diesen Stellen die Bolzenanker im Nachhinein gekürzt (Bild 75).

Es kamen Stabilisatoren in der Polyurethanfüllung zum Einsatz. Auf eine Abstreuerung konnte verzichtet werden, da dem Polyurethan wie bereits bei den letzten Baumaßnahmen ein Gummigranulat beigemischt wurde. Bereits nach fünf Tagen konnte der Fahrstreifen für den Verkehr wieder freigegeben und die Baustellenführung für den nächsten Bauabschnitt umgesetzt werden.

Die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan weisen bisher keine Schäden auf und sind ebenso verformungsfrei.



Bild 74: Zentrierstifte durchstoßen Trennfolie (1)



Bild 75: Kürzen der Bolzenanker (1)

## 4.6 BAB A 7 Elbtunnel in Hamburg

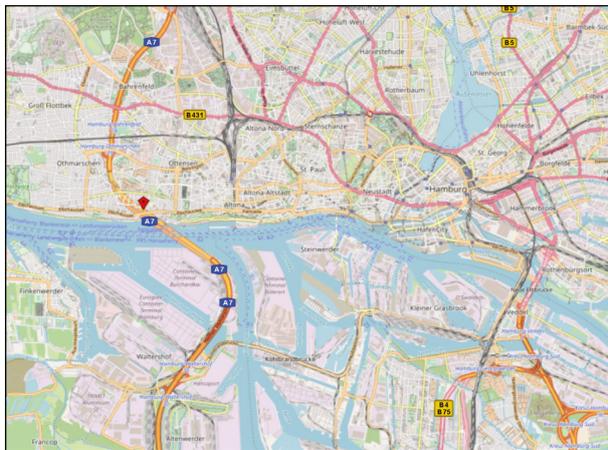


Bild 76: Elbtunnel Hamburg (8)

Dem Elbtunnel in Hamburg kommt eine zentrale Rolle als Verbindung zwischen Skandinavien und Deutschland zu. Im Zuge der BAB A 7 durchqueren ca. 120.000 Kfz am Tag dieses Nadelöhr, davon sind ca. 20 % Güterverkehr (Bild 76). Der Verkehr verteilt sich auf 4 Röhren mit jeweils 2 Fahrstreifen. In der Hauptverkehrszeit unterqueren 15.000 Kfz/h die Elbe.

Auch im Elbtunnel in Hamburg werden Fahrbahnübergänge aus Asphalt eingesetzt, diese weisen aber aufgrund der hohen Verkehrsbelastung eine geringe Standzeit auf. Gerade im Lkw-Fahrstreifen kommt es sehr schnell zur Bildung von Spurrinnen, sodass eine häufige Erneuerung und somit eine Sperrung einer der vier Röhren notwendig wird.

Um dies zukünftig erst in größeren Intervallen nötig werden zu lassen, wurden im Sommer 2017 in der 1. Röhre (Oströhre) Fahrtrichtung Norden Fahrbahnübergänge aus Polyurethan eingebaut. Dies erfolgte im Zuge der Erneuerung des Gussasphaltbelages. Es wurden keine Stabilisatoren und keine Trennfolie eingebaut, da mit nur geringen Fugenbewegungen zu rechnen ist. Es wurden Stützrippen vor und hinter dem Fahrbahnübergang in den Gussasphalt eingebaut (Bild 77). Der Einbau benötigt allerdings zwei Tage, wogegen der Austausch der ursprünglichen Fahrbahnübergänge aus Asphalt in der Vergangenheit innerhalb eines Tages ausgeführt werden konnte. Wenn es nötig wird, diese Fahrbahnübergänge aus Polyurethan zu erneuern, ist mit einem weiteren Tag für den aufwändigeren Ausbau der elastischen Polyurethanfüllung zu rechnen.



Bild 77: Fahrbahnübergang aus Polyurethan mit Stützrippen im Asphalt (2)



Bild 78: Innerstädtische Brücke in Neckarsulm (1)

Nach 17 Monaten Beanspruchung wurde an einem der beiden Fahrbahnübergänge aus Polyurethan in dem Lkw-Fahrstreifen eine Veränderung wahrgenommen, die eventuell auf eine Haftstörung hindeutet. Eine nachfolgende Untersuchung kam zu dem Schluss, dass es sich um eine Wölbung bei dem Zusammenziehen der Fuge handelt. Somit sind die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan schadensfrei.

## 4.7 B 27 in Neckarsulm

Im August 2014 wurden im Stadtbereich von Neckarsulm auf der Bundesstraße B 27 Sanierungsarbeiten ausgeführt (Bild 78). Die Verkehrsbelastung liegt bei ca. 36.000 Fahrzeugen am Tag und einem Schwerververkehrsanteil von 5 %.

Neben lärmindernden Belägen, um die innerstädtische Lärmbelastung um 4 dB(A) zu verringern,

wurde auch ein Fahrbahnübergang aus Polyurethan eingebaut. Der bisher eingesetzte Fahrbahnübergang aus Stahl war innerhalb von drei Jahren bereits zweimal gebrochen.

Hauptgrund für den Einsatz eines Fahrbahnüberganges aus Polyurethan war die Begrenzung des vorgegebenen Zeitfensters für die Verkehrsspernung auf drei Wochen. Die Baumaßnahme musste innerhalb der dreiwöchigen Betriebsruhe des anässigen Automobilwerkes erfolgen. Der Einbau eines Fahrbahnüberganges aus Stahl wäre in diesem engen Zeitrahmen nur schwer und vor allen Dingen nicht kurzfristig zu realisieren gewesen.

Der angrenzende lärmindernde Belag ist auf diesem Brückenbauwerk ein Splittmastixasphalt



Bild 79: Einbau über den gesamten Bauwerksquerschnitt (1)



Bild 80: Trennfolie durchstoßen von Zentrierstiften (1)

SMA 8 LA. Der Einbau erfolgte mit Stützrippen im Asphalt und über die Brückenkappen hinweg, um eine durchgehende Konstruktion zu erhalten (Bild 79).

Es kamen Stabilisatoren und eine Trennfolie zum Einsatz, wobei die Zentrierstifte wieder nach oben wiesen (Bild 80).

Bisher ist der Fahrbahnübergang aus Polyurethan schadensfrei.

## 5 Begangene Bauwerke

### 5.1 BAB A 45 Dilltalbrücke bei Edingen

Die Dilltalbrücke Edingen im Zuge der BAB A 45 in Hessen, überquert die Dill und die Bundesstraße B 277. Das Bauwerk wurde 1990 errichtet, ist 262 m lang und besitzt je Fahrtrichtung einen separaten Überbau, ausgebildet als Spannbetonhohlkasten (Bild 81). In den Jahren 2004/05 erfolgte eine grundlegende Instandsetzung, unter anderem mit einer Verstärkung durch den Einsatz externer Vorspannung innerhalb des Hohlkastenquerschnittes.

Im Jahr 2012 erfolgte der Ersatz des Fahrbahnübergangs aus Stahl, da dieser defekt war. Die Stahlkonstruktion war gerissen, und ein Teil hatte sich aufgrund von Spannungen so verbogen, dass dieser ca. 30 cm in die Höhe ragte. Eine schnelle Instandsetzung wurde erforderlich, und man entschied sich für einen Fahrbahnübergang aus Polyurethan. Dieser wurde in Fahrtrichtung Gießen mit einem Nenn-Dehnweg von 50 mm und in einer Einbaulänge von 36 m eingebaut. Eine Belagserneuerung erfolgte nicht.



Bild 81: Dilltalbrücke Edingen (1)

In den folgenden Jahren kam es zu Ausbrüchen im Gussasphalt an der Grenzfläche zum Fahrbahnübergang aus Polyurethan. Ursächlich war unter anderem die Vorschädigung des alten Asphaltbelages, der 2012 nicht erneuert wurde. Die Ausbrüche wurden provisorisch ausgebessert (Bild 82).

Im weiteren Verlauf löste sich die Polyurethanfüllung an mehreren Stellen in dem 1. Fahrstreifen (Lkw-Fahrstreifen) bis zu einer Länge von ca. einem Meter an den Muldenflanken ab und musste kurzfristig instandgesetzt werden. Die schadhaften Stellen wurden entfernt und provisorisch mit Polymerbeton aufgefüllt (Bild 83).

Ursächlich für das Ablösen des Polyurethans war vermutlich eine Einbauunterbrechung von zwei Ta-



Bild 82: Ausbrüche und Flicker in der Grenzfläche zum Asphalt (1)



Bild 83: Provisorische Instandsetzung mit Polymerbeton (1)

gen bei dem Einbau der Polyurethanfüllung und ein unzureichendes Aufbringen bzw. Fehlen des Haftvermittlers auf der Unterlage vor dem Weiterarbeiten.

Es wurde eine vollständige Instandsetzung mit dem zusätzlichen Einsatz von Stützbalken für 2016 vorgesehen. Da es immer wieder zu Verschiebungen kam, wurde die Instandsetzung für 2018 vorgesehen.

## 5.2 Grüne Brücke in Hamburg

Die Grüne Brücke in Hamburg befindet sich im Ortsteil Billbrock im Zuge der Großmannstraße/ Billwerder Steindamm und verdankt ihren Namen ihrer Farbgestaltung (Bild 84). Es handelt sich um eine zweistreifige, innerstädtische Brücke über die Bille, inmitten eines Industriegebietes. Aufgrund der Lage ist von einem hohen Anteil an Schwerverkehr und einem zeitweise stockenden Verkehr auszugehen.

Im August 2013 kamen an dem bestehenden Bauwerk vier Fahrbahnübergänge aus Polyurethan mit einer Gesamtlänge von 30 Metern zum Einsatz. Die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan erstreckten sich über die gesamte Bauwerksbreite inklusive der Brückenkappen. Vor und hinter einem Fahrbahnübergang wurden zusätzlich Stützrippen vorgesehen.

Nach zwei Jahren Standzeit zeigten sich die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan ohne jegliche plastische Verformungen, Flankenenthaftungen oder sonstige Schäden (Bild 85).



Bild 84: Grüne Brücke in Hamburg (1)



Bild 85: Durchgehender Fahrbahnübergang, ohne plastische Verformung oder offene Nähte (1)



Bild 87: Fahrbahnübergang aus Polyurethan ohne Schäden (1)

### 5.3 Rudolf-Diesel-Straße in Schwerin



Bild 86: Brückenbauwerk im Zuge der Rudolf-Diesel-Straße über die Straßenbahn (1)

Im Jahr 2014 wurde im Zuge der Rudolf-Diesel-Straße in Schwerin der Abriss und Neubau eines Brückenbauwerkes vollzogen. Dieses Verbundbrückenbauwerk stellt eine Verbindung zu dem Industriepark Schwerin dar und überführt die Straßenbahn (Bild 86).

Auch hier kamen Fahrbahnübergänge aus Polyurethan zum Einsatz. Diese sind für einen nominalen Dehnweg von 30 mm konzipiert und wurden im Bereich der Fahrbahn in einer Gesamtlänge von 19 m eingebaut, aber ohne die Brückenkappen einzubeziehen (Bild 87).

Bisher sind keine Schäden oder Verformungen an den Fahrbahnübergängen oder an dem angrenzenden Asphalt zu erkennen.

### 5.4 B 192 Moorbrücke in Waren (Müritz)



Bild 88: Moorbrücke in Waren Müritz (1)

In Mecklenburg-Vorpommern verläuft die 160 km lange Bundesstraße B 192 von Zurow durch die Mecklenburgische Seenplatte bis nach Neubrandenburg. In Waren (Müritz), wo die B 192 ein Moorgebiet mithilfe von zwei Brückenbauwerken überquert, weist die Fahrbahn in einer Fahrtrichtung drei Fahrstreifen und in der Gegenrichtung zwei Fahrstreifen mit einem Radweg auf (Bild 88). Die Verkehrsbelastung liegt bei ca. 20.000 Kfz am Tag, davon gehören ca. 1.300 zum Schwerverkehr.

Auf diesen zwei Brückenbauwerken wurden 2005/2006 die Fahrbahnübergänge erneuert, sodass Fahrbahnübergänge aus Stahl mit einer Lamelle

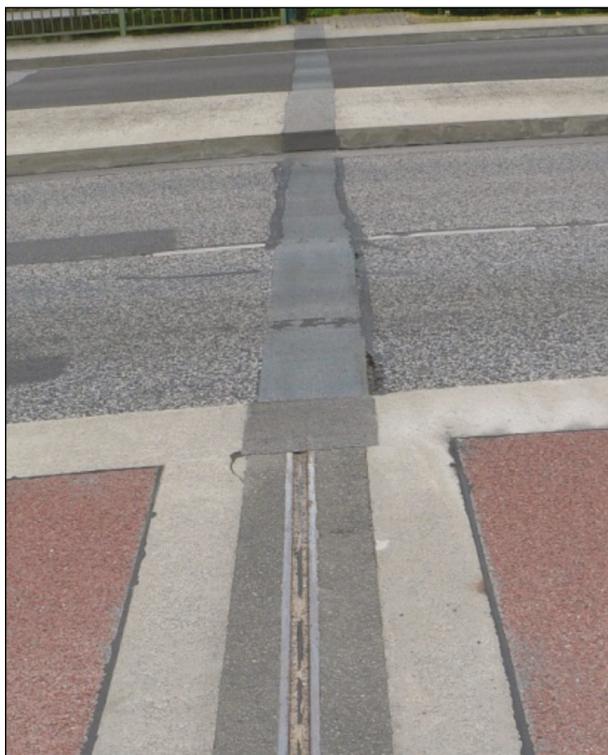


Bild 89: Durchgehender Fahrbahnübergang aus Polyurethan mit restlichem Fahrbahnübergang aus Stahl (1)

und Fahrbahnübergänge aus Asphalt vorlagen. Die Fahrbahnübergänge aus Stahl entsprachen nicht den Vorgaben der herkömmlichen Fahrbahnübergänge aus Stahl (Übe 1), sondern mussten aufgrund der Konstruktion der Moorbrücken diesen angepasst werden.

2012 wurden die Fahrbahnübergänge aufgrund von Schäden durch Fahrbahnübergänge aus Polyurethan ersetzt. Diese wurden durchgehend bis in den Kappenbereich hinein eingebaut, wobei Reste der alten Fahrbahnübergänge aus Stahl im Brücken-kappenbereich verblieben sind (Bild 89). Bei der Instandsetzung wurden nur die Fahrbahnübergänge getauscht, aber der bereits vorgeschädigte Belag aus Splittmastixasphalt ist verblieben. Wahrscheinlich aus diesem Grund zeigten sich bereits im darauf folgenden Jahr Ausbrüche im Asphalt (Bild 90). Mittlerweile wurde der Asphalt an dieser Stelle erneuert.

In den Bereichen vor einer Ampelanlage, in denen der Fahrbahnübergang und der angrenzende Belag durch Abbrems- und Beschleunigungskräfte, aber auch durch den stehenden Verkehr besonders stark beansprucht werden, wurden Stützrippen in den Belag eingelassen, um die Standfestigkeit des an den Fahrbahnübergang aus Polyurethan angren-



Bild 90: Ausbrüche im vorgeschädigten Splittmastixasphalt (1)

zenden Belages zu erhöhen und Ausbrüche im Belag zu verhindern. Auch hier kam es zu Ausbrüchen im Splittmastixasphalt und zwar zwischen den Stützrippen. Im Herbst 2016 wurde daher der Belag mit den Stützrippen vor und hinter dem Fahrbahnübergang gegen einen neuen Gussasphalt getauscht und anstelle von Stützrippen Stützbalken eingesetzt. Dabei wurden die Stützbalken an die bereits bestehende Polyurethanfüllung angebaut. Es ist fraglich, ob es hier zu einer ausreichenden und dauerhaften Haftung zwischen dem Polyurethan der Muldenfüllung und dem Stützbalken kommt, denn normalerweise wird das Polyurethan frisch an den ausgehärteten Polymerbetonbalken angebaut, um einen guten Haftverbund zu gewährleisten.

Bisher zeigen sich keine weiteren Schäden an den Fahrbahnübergängen aus Polyurethan, und auch die Grenzflächen zwischen Stützbalken und Polyurethanfüllung sind unauffällig.

## 5.5 Schwabentorgarage in Freiburg

Auf der innerstädtischen Leo-Wohleb-Brücke über den Dreisam in Freiburg musste der Fahrbahnübergang zur Schwabentorgarage erneuert werden. Hierbei handelte es sich um einen Fahrbahnübergang aus Stahl, an dem außer dem Dehnprofil auch die obere Stahlwinkelkonstruktion ausgetauscht werden musste.

Da ein solcher Eingriff in das bestehende Bauwerk mit Ausstemmen der bestehenden Verankerung aus dem Beton nicht infrage kam, wurde alternativ der Einsatz eines Fahrbahnübergangs aus Polyurethan gewählt. Dieser hatte den Vorteil, dass die Instandsetzung ohne Schädigung des Bauwerks



Bild 91: Fahrbahnübergang aus Polyurethan Schwalbentor-garage, schadensfrei (1)

durchgeführt werden konnte. Zudem ist der Fahrbahnübergang aus Polyurethan standfest, sodass auf Dauer keine plastischen Verformungen zu erwarten sind.

Die Baulänge des Fahrbahnübergangs beträgt 11 Meter, und es wird mit einem maximalen Dehnweg von 30 mm gerechnet. Der Einbau erfolgte im Oktober 2013 über die Schrammborde hinweg mittels senkrechten Einbaus in diesem Bereich (Bild 91).

Bei einer Besichtigung im Oktober 2015 konnten keine Schäden oder plastischen Verformungen festgestellt werden.

## 5.6 Güterbahnbrücke in Freiburg

Im Jahr 2013 wurde in Freiburg der Ersatzneubau einer Rad- und Fußwegbrücke über die Güterbahnstrecke am Mühlenweg errichtet (Bild 92). Für den im September 2014 eingebauten Fahrbahnübergang aus Polyurethan anstelle eines Fahrbahnübergangs aus Stahl sprach die wartungsfreie und höhengleich durchgehende Oberfläche des Fahrbahnübergangs aus Polyurethan, sodass sich dort weniger Verunreinigungen ansammeln können. Außerdem ist eine teilweise (fahrstreifenweise) Instandsetzung möglich. Gegenüber Fahrbahnübergängen aus Asphalt wird durch die eingesetzten ge-



Bild 92: Güterbahnbrücke „Unterer Mühlenweg“ in Freiburg (1)



Bild 93: Brücke über die Schmiecha (1)

lochten Stahlwinkel eine bessere Flankenhaftung erwartet. Die Gefahr von plastischen Verformungen ist bei der geringen Verkehrsbelastung kaum gegeben und durch den Einsatz eines Fahrbahnübergangs aus Polyurethan ausgeschlossen.

Es wurden 16 lfm eingebaut und der zu erwartende Dehnweg beträgt 50 mm. Bisher ist der Fahrbahnübergang aus Polyurethan schadensfrei.

## 5.7 B 463 bei Albstadt

Nach Abschluss von Belagsarbeiten auf der Bundesstraße B 463 im Jahr 2013 wurden im Juni 2013 Instandsetzungsarbeiten an der Brücke über die Schmiecha in Höhe des Klärwerks Ebingen (Albstadt) durchgeführt (Bild 93). Das Bauwerk wurde 1962 errichtet und im Jahr 1980 bereits einmal saniert.

Die Verkehrsbelastung liegt bei ca. 10.000 Kfz am Tag, davon sind ca. 1.100 Kfz Schwerverkehr. Die relativ hohe Verkehrsbelastung ist dem Umstand



Bild 94: Spitzwinkliger Fugenverlauf (1)

geschuldet, dass keine alternative Autobahnverbindung in den Süden oder Osten besteht.

Neben der Behebung von Betonabplatzungen und der Veränderung der Hohlkästen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes wurde 2013 auch ein Fahrbahnübergang aus Polyurethan eingebaut. Unter anderem wegen der Geometrie des Fugenverlaufs kam diese Bauart zum Einsatz, denn Fahrbahnübergänge aus Asphalt sind bei sehr schräg zur Fahrtrichtung laufenden Übergängen nur begrenzt einsetzbar (Bild 94). Der schräge Verlauf des Fahrbahnübergangs bewirkt eine deutlich größere Überrolllänge, die zu Verformungen im Fahrbahnübergang aus Asphalt führen kann.

Der Streckenabschnitt liegt auf 750 Metern über dem Meeresspiegel, und im Winter sind mit Temperaturen bis  $-18\text{ °C}$  zu rechnen, was ebenfalls bei der Wahl des Fahrbahnüberganges berücksichtigt werden musste.

Der Einbau erfolgte unter Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses mit einer halbseitigen Straßenspernung.

Bei dem Einbau in Fahrtrichtung Straßberg im Juni 2014 herrschten sehr hohe Tagestemperaturen, die eine Reduzierung der Verarbeitungszeit verursachten. Um die Reaktionszeit des Materials zu verlängern, wurde die Temperaturabsenkung in den Abendstunden für den Einbau genutzt.

Der Einbau erfolgte ohne Stützrippen oder Stützbalken im angrenzenden Walzasphalt, und die Zentrierstifte der Abdeckbleche zeigten wieder in Richtung Fahrbahnoberfläche, obwohl der Fugenverlauf keinen Anlass hierfür lieferte (Bild 95). Die Zentrierstifte der Abdeckbleche müssen immer in die Fuge zeigen, denn nur so können diese ihre Aufga-



Bild 95: Gleichmäßiger Fugenverlauf (2)



Bild 96: Verschiedene Abstreungen (1)

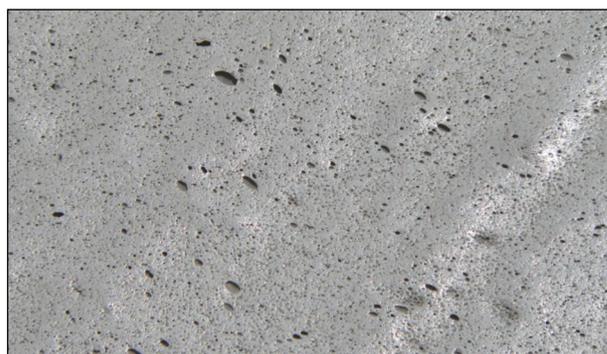


Bild 97: Poren in der Oberfläche (1)

be, die Sicherstellung der Lage der Abdeckbleche über dem Fugenspalt, erfüllen.

Die Oberflächen der beiden Bauabschnitte wurden mit unterschiedlichen Körnungen abgestreut. Bereits nach einem Jahr Standzeit war die Abstreuerung in Fahrtrichtung Albstadt aus dem Jahr 2013 stark abgenutzt (Bild 96). An einigen Stellen waren deutliche Poren an der Oberfläche zu erkennen (Bild 97).



Bild 98: Köhlbrandbrücke (1)



Bild 99: Fahrbahnübergänge aus Polyurethan mit Stützbalken (1)



Bild 100: Fahrbahnübergang aus Polyurethan vor einer Ampelanlage im Anstieg (1)

Bisher sind keine Schäden an dem Fahrbahnübergang aus Polyurethan aufgetreten.

## 5.8 Köhlbrandbrücke in Hamburg

Die Köhlbrandbrücke ist eine Schrägseilbrücke aus dem Jahr 1974 und ein weit sichtbares Wahrzeichen Hamburgs (Bild 98). Die Brücke hat vier Fahrstreifen und eine Gesamtlänge von 3618 Metern. Die Köhlbrandbrücke verbindet die östliche Hafenseite mit der BAB A 1 und die westliche Hafenseite mit der BAB A 7. Von den ca. 37.000 Fahrzeugen, die pro Tag die Brücke überqueren, sind etwa 36 % Schwerverkehr.

Von 2014 bis 2016 wurde die Köhlbrandbrücke umfassend saniert. Dabei wurden der Asphaltbelag sowie die Fahrbahnübergänge erneuert. 2016 kamen an der Ostrampe Fahrbahnübergänge aus Polyurethan mit Stützbalken aus Polymerbeton vor und hinter dem Fahrbahnübergang zum Einsatz (Bild 99).

Trotz der großen Belastung durch den hohen Anteil an Schwerverkehr und der Lage in einer Steigung vor einer Ampelanlage (Bild 100) zeigen sich an den Fahrbahnübergängen aus Polyurethan nach einem Jahr Standzeit keine Schäden oder plastische Verformungen. Ebenso weist der angrenzende Asphaltbelag keine Flankenenthaftungen auf.

## 5.9 Verschiebebahnhof in Neuss

In Neuss führt die innerstädtische Düsseldorfstraße über den Verschiebebahnhof. Zum einen weist das Verkehrsaufkommen an dem Verschiebebahnhof einen hohen Anteil an Schwerverkehr auf, zum anderen befindet sich am Ende des Brückenbauwerks eine Ampelanlage, wodurch die Fahrzeuge gezwungen sind, im Gefälle die Geschwindigkeit zu reduzieren oder aber anzuhalten. Hierdurch wirken große Kräfte auf das Bauwerk, den Straßenbelag und die Fahrbahnübergänge (Bild 101).

Im Jahr 2016 wurden die vorhandenen vergossenen Fugen durch Fahrbahnübergänge aus Polyurethan ersetzt. Die Fahrbahnübergänge konnten aufgrund des geringen nominellen Dehnweges von 30 mm ohne Stabilisatoren eingebaut werden. In Anbetracht der oben beschriebenen hohen Verkehrsbelastungen wurden Stützrippen in den Gussasphalt beiderseits des Fahrbahnübergangs eingebracht (Bild 102).



Bild 101: Ampelanlage am Ende eines Gefälles (1)



Bild 103: Überführungsbauwerk im Zuge der L 5 über die BAB A 57 (1)



Bild 102: Fahrbahnübergänge aus Polyurethan mit Stützrippen im angrenzenden Belag (1)

Die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan sind bisher schadensfrei.

## 5.10 L 5 über die BAB A 57 bei Uedem

Am Niederrhein bei Uedem/Weeze führt die Landstraße L 5 über die BAB A 57. Im Jahr 2014 wurde an dem Plattenbalkenbrückenbauwerk aus dem Jahr 1976 mit zwei Fahrstreifen und einem Fußweg ein Fahrbahnübergang aus Polyurethan mit einem Nenn-Dehnweg von 75 mm eingesetzt. Zur Verstärkung wurden Stützrippen in den Fahrbahnbelag aus Splittmastixasphalt vor und hinter dem Fahrbahnübergang aus Polyurethan eingebracht. Diese galten als Nebengebot zu den Fahrbahnübergängen aus Stahl (Übe 1). Das Alternativangebot war kos-



Bild 104: Ausbruch im Asphalt an der Grenzfläche zum Fahrbahnübergang aus Polyurethan (1)

tengünstiger und schneller zu realisieren. Der Einbau erfolgte über die Brückenkappen hinweg (Bild 103).

Werden Fahrbahnübergänge aus Polyurethan an Fahrbahnbeläge aus Splittmastixasphalt angebaut, so birgt das zwei Gefahren. Zum einen sind Beläge aus Splittmastixasphalt oftmals nicht wasserdicht bzw. wasserführend. Dadurch kann Wasser an die Grenzfläche zwischen dem Fahrbahnübergang und dem Belag herangeführt werden und dort Schäden verursachen. Zum anderen verliert der Splittmastixasphalt an dem Übergangsbereich zu der Polyurethanfüllung seine Standfestigkeit, da er dort an eine elastische Stütze angebaut wird. Daher ist es nicht verwunderlich, dass bei einer Besichtigung nach drei Jahren Standzeit in diesen Bereichen Ausbrüche im Belag zu erkennen waren (Bild 104).

Der Fahrbahnübergang aus Polyurethan an sich war schadensfrei.

## 5.11 B 9 bei Nieukerk

Die Bundesstraße B 9 führt bei Nieukerk am Niederrhein über eine Bahnstrecke hinweg. An der Plattenbrücke aus dem Jahr 1975 musste der bisherige 1-profilige Fahrbahnübergang aus Stahl (Übe 1) ersetzt werden. Nicht zuletzt um die Lärmbelästigung für die Anwohner zu reduzieren, fiel die Entscheidung zu Gunsten eines Fahrbahnübergangs aus Polyurethan. Dieser ist für einen Nenn-Dehnweg von 75 mm ausgelegt und es kamen Stabilisatoren und Trennfolie zum Einsatz.

Er wurde in 2016 in zwei Bauabschnitten mit einer dreiwöchigen Unterbrechung und anschließender Aktivierung der Arbeitsnaht eingebaut (Bild 105).

In den Splittmastixasphalt wurden Stützrippen eingesetzt. Der Belag ist sehr hohlraumreich zusammengesetzt, und es sind deutlich Poren in dem Asphalt auszumachen (Bild 106). Bisher sind weder im Fahrbahnübergang noch im angrenzenden Asphaltbelag Schäden aufgetreten.



Bild 105: Arbeitsnaht (1)



Bild 106: Poren im Splittmastixasphalt (1)

## 6 Weitere berücksichtigte Bauwerke

### 6.1 Allgemeines

Im Zuge dieser Erfahrungssammlung konnten nicht sämtliche Bauwerke mit Fahrbahnübergängen aus Polyurethan bei deren Einbau begleitet bzw. anschließend besichtigt werden. Aus diesem Grund wurden bei einigen Bauwerken die für die Erfahrungssammlung relevanten Informationen bei den zuständigen Straßenbauverwaltungen eingeholt. Hierbei wurden insbesondere Baumaßnahmen auf Bundesautobahnen berücksichtigt.

### 6.2 BAB A 39 bei Winsen

Im Landkreis Hamburg in Niedersachsen, nahe der Stadt Winsen an der Luhe, überquert die BAB A 39 eine Bahnstrecke. Das Bauwerk ML 20 aus dem Jahr 1993 besitzt in jeder Fahrtrichtung zwei Fahrstreifen mit zusätzlichem Standstreifen. Das Verkehrsaufkommen beträgt am Tag ca. 31.000 Fahrzeuge, davon zählen ca. 3.000 zum Schwerverkehr.

Im Jahr 2016 wurden als Ersatz für die Fahrbahnübergänge aus Stahl (Übe1) Fahrbahnübergänge aus Polyurethan eingebaut. An den vorherigen Fahrbahnübergängen aus Stahl hatten sich die Bolzen gelöst, wodurch es zu einer Lärmbelästigung für die Anwohner und einer Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit kam.

Der vorhandene Fahrbahnübergang aus Stahl wurde über der Betonplatte mittels Brennschneiden abgetrennt und angeschliffen, sodass kein Eingriff in den Konstruktionsbeton vorgenommen werden musste.

Vor und hinter dem Fahrbahnübergang aus Polyurethan wurden Streifen des vorhandenen Belages durch Gussasphalt ersetzt, in den außerdem Stützrippen eingebaut wurden. Unter den Abdeckblechen, die hier richtigerweise mit den Fixierbolzen nach unten eingesetzt wurden, wurden Gummieinlagen aufgelegt, die wahrscheinlich als Ersatz für die Gummieinfassung der Abdeckbleche dienen (Bild 107).

Die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan verlaufen durchgehend über die Brückenkappen hinweg (Bild 108)



Bild 107: Aufbau mit Gummieinlagen (4)



Bild 109: Durchgehender Fahrbahnübergang aus Polyurethan über die Brückenkappe (6)



Bild 108: Brückenkappe/Schrammbord (4)

Bisher sind die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan schadensfrei, allerdings ist ein leichtes Klappern unter Verkehr wahrzunehmen.

### 6.3 BAB A 60 bei Gaulsheim

Das zweite Teilstück der BAB A 60, die Rhein-Main-Strecke, beginnt bei Bingen in Rheinland Pfalz und endet bei Rüsselsheim in Hessen. Bei Gaulsheim überquert die BAB A 60 eine Bahnstrecke und eine Landstraße mithilfe von zwei Brückenbauwerken. Diese weisen zwei Fahrstreifen und einen Standstreifen in jeder Fahrtrichtung auf. Das Verkehrsaufkommen liegt bei ca. 54.000 Kfz am Tag, davon gehören ca. 5.000 zum Schwerverkehr.

2014 wurde in Fahrtrichtung Mainz der Fahrbahnübergang aus Asphalt ausgetauscht, da sich dieser vor allem im ersten Fahrstreifen (Lkw-Fahrstreifen)

plastisch verformt hatte. Um der Gefahr einer erneuten frühzeitigen plastischen Verformung entgegenzuwirken, wurde in diesem Fall ein Fahrbahnübergang aus Polyurethan eingesetzt. Der Einbau erfolgte ohne Arbeitsnaht in einem Stück und über die Brückenkappen hinweg (Bild 109). Der angrenzende Belag ist ein Gussasphalt, und es wurden weder Stützrippen noch Stützbalken verwendet.

Der Fahrbahnübergang aus Polyurethan ist nach vier Jahren seit der Erstellung ohne plastische Verformungen oder sonstige Beschädigungen.

Im Anschluss an diese Baumaßnahme wurde in der entgegengesetzten Fahrtrichtung in der gleichen Bauart eine Längsfuge zwischen dem 1. und 2. Fahrstreifen über die gesamte Bauwerkslänge erstellt. Die BAB A 60 war ursprünglich eine Bundesstraße, und dieses Bauwerk wies zwei getrennte Überbauten und nur einen Fahrstreifen je Fahrtrichtung auf. Mit Umwandlung zur BAB A 60 wurden in Fahrtrichtung Mainz zwei neuen Fahrstreifen angebaut, die Fahrtrichtung Bingen besteht seither aus zwei Überbauten mit einer Längsfuge.

Die Unterlage war, zum Zeitpunkt als der Haftvermittler aufgebracht wurde, nicht ausreichend trocken (Bild 110). Die starke gelbe Färbung des Haftvermittlers nach dem Auftrag lässt auf eine zu frühe Feuchtigkeitsbelastung schließen (Bild 111).



Bild 110: Haftvermittlerauftrag auf Restfeuchtigkeit (6)



Bild 112: Überasphaltierter Fahrbahnübergang aus Stahl mit Ausbrüchen (2)



Bild 111: Reaktion des Haftvermittlers mit Feuchtigkeit (6)



Bild 113: Abgetrennter und gestrahlter Stahlwinkel im Beton (2)

## 6.4 BAB A 8 bei München

Die BAB A 8 gehört zu den wichtigsten Ost-West-Verbindungen und wurde bereits in den 1930ern gebaut und fertiggestellt. Da die alte Trassenführung dem wachsenden Verkehrsaufkommen sowie den aktuellen Ausstattungskriterien nicht mehr gerecht wurde, sind bereits große Teile erneuert worden.

An dem Brückenbauwerk über die Stoisser Ache kurz vor Österreich aus dem Jahr 1937 ist die Straßenführung noch immer in jeder Fahrtrichtung zweistreifig ohne Standstreifen. Das Verkehrsaufkommen liegt hier bei ca. 40.000 Kfz am Tag.

Der Fahrbahnübergang aus Stahl war defekt und wurde bei der letzten Belagserneuerung mit Asphalt überzogen. Diese provisorische Lösung hielt erwartungsgemäß nur für kurze Zeit, bis der Asphalt herausbrach (Bild 112).

Im Jahr 2016 wurde der alte Fahrbahnübergang aus Stahl (Übe 1) durch einen Fahrbahnübergang aus Polyurethan ersetzt.

Der Belag aus Splittmastixasphalt wurde in einer Breite von 840 mm entfernt und der defekte Fahrbahnübergang aus Stahl oberhalb der Betonplatte entfernt. Der Rest des Fahrbahnübergangs aus Stahl verblieb im Konstruktionsbeton (Bild 113). Vor und hinter dem späteren Fahrbahnübergang aus Polyurethan wurde jeweils ein Stützbalken aus Polymerbeton eingebracht. Der Fahrbahnübergang aus Polyurethan wurde in einer Breite von 600 mm eingebaut, wobei der Unterbau aus Polymerbeton bei dieser Baumaßnahme nicht über die gesamte Muldenbreite eingebaut wurde, sondern der mittlere Bereich frei blieb und die Flanken angeschrägt wurden. Unter den Abdeckblechen kam eine Feinriefenmatte zum Einsatz anstatt einer dünnen Lage Polyurethan (Bild 114). Die Abdeckbleche wurden mittels Schweißbolzen einseitig in ihrer Lage fixiert.

In der Muldenfüllung kamen Stabilisatoren zum Einsatz. Die Muldenfüllung wurde in grau ausgeführt, wobei das Finish schwarz ausgeführt wurde, um sich farblich besser an den Straßenbelag anzupassen. Der gesamte Aufbau ist im Bild 115 dargestellt.

Im Winter 2016/2017 wurde der Fahrbahnübergang aus Polyurethan von einem Schneepflug beschädigt. Infolgedessen erfolgte 2017 eine Instandsetzung des Fahrbahnübergangs aus Polyurethan. Dieses Mal wurde zusätzlich eine größere Fläche des Belages aus Splittmastixasphalt ersetzt, um einen ebenen Einbau des Fahrbahnübergangs aus Polyurethan zu gewährleisten. Im Winter darauf wurde der Fahrbahnübergang aus Polyurethan



Bild 114: Feinriefenmatte, angeschrägter Unterbau, Schweißbolzen zur Fixierung (2)

abermals durch einen Schneepflug beschädigt. Ungünstigerweise wies der Schneepflug den gleichen Winkel wie der Fahrbahnübergang aus Polyurethan auf. Da der Schaden keine Verkehrsgefährdung darstellt und in den nächsten Jahren ohnehin eine grundlegende Erneuerung des Bauwerks ansteht, ist keine direkte Instandsetzung geplant.

## 6.5 BAB A 7 bei Wasserlosen

Als Nord-Süd-Achse von der dänischen bis zur österreichischen Grenze ist die BAB A 7 mit 962,3 Kilometern die längste deutsche Bundesautobahn und die zweitlängste durchgehende nationale Autobahn Europas.

Zwischen 1965 und 1968 wurde der Abschnitt von Bad Hersfeld bis Würzburg erstellt. Es bestehen in jeder Fahrtrichtung zwei Fahrstreifen und ein Standstreifen. Die Verkehrsbelastung beträgt 44.800 Kfz am Tag, davon gehören 9.800 Fahrzeuge zum Schwerverkehr.

An der Autobahnanschlussstelle Wasserlosen bei Würzburg in Bayern führt die BAB A 7 mithilfe einer Plattenbrücke über die Bundesstraße B 303.

Das Bauwerk stammt aus dem Jahr 1967 und hat eine Gesamtlänge von 27,63 Metern. Der Gesamtdenweg von 45 mm wurde mit einem Rollverschluss (Schleppblech) aus dem Einbaujahr 1966

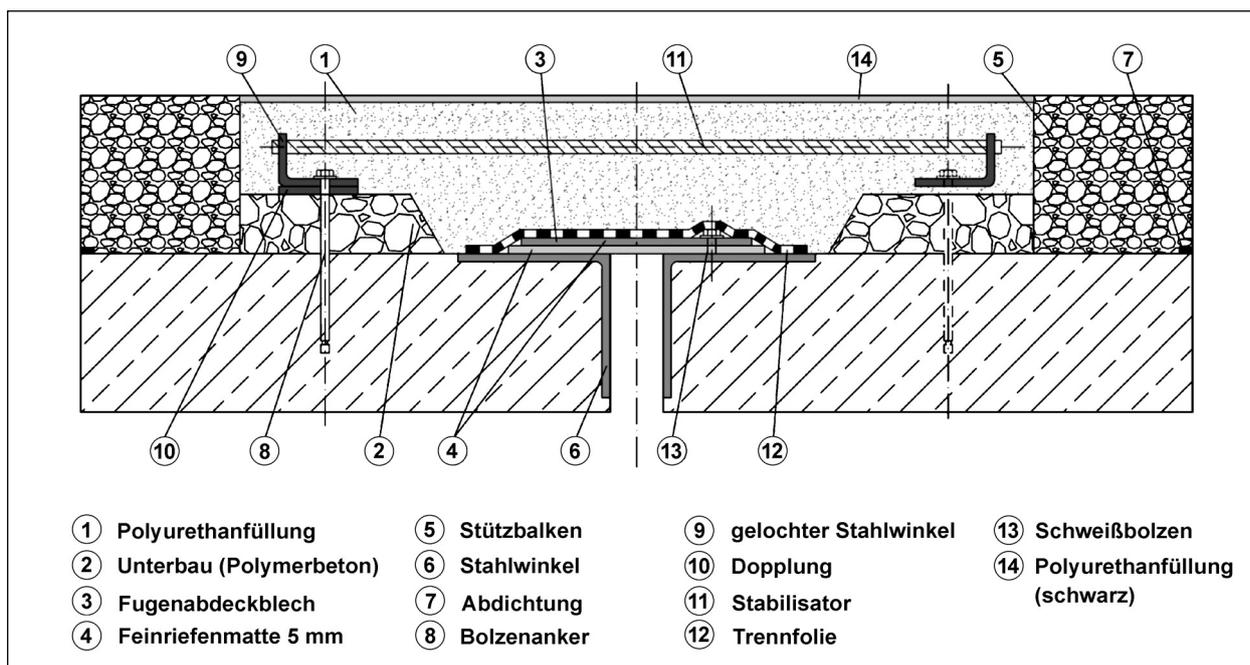


Bild 115: Aufbau mit angeschrägten Unterbau aus Polymerbeton (1)

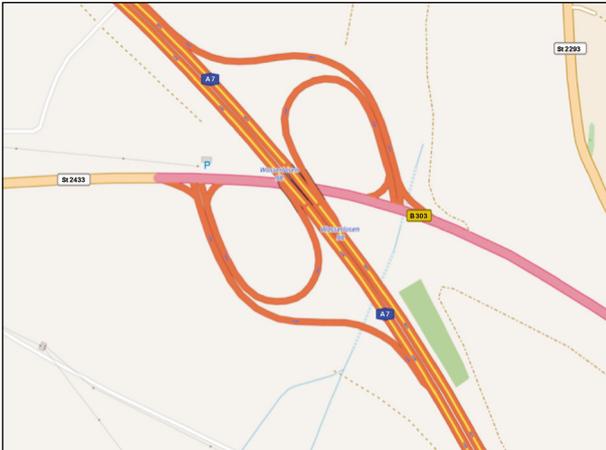


Bild 116: Autobahnanschlussstelle Wasserlosen mit Fahrbahnübergang im Autobahnab- und -auffahrtsbereich (8)



Bild 117: Instandgesetzte Unterlage mit Schweißbahn (5)

gewährleistet. Dieser Rollverschluss war wasser-durchlässig und stark korrodiert und musste ersetzt werden. Da in dem Autobahnab- und -auffahrtsbereich zusätzliche Verzögerungs- und Beschleunigungskräfte aufkommen, wurde anstatt des ursprünglich vorgesehenen Fahrbahnübergangs aus Asphalt ein standfester Fahrbahnübergang aus Polyurethan eingesetzt (Bild 116).

Vor dem Einbau musste der korrodierte Rollverschluss ausgebaut und der durch Chloridbelastung geschädigte Beton mittels Hochdruckwasserstrahlen entfernt und Beton sowie Abdichtung instandgesetzt werden (Bild 117).

Der Einbau des Fahrbahnübergangs aus Polyurethan erfolgte im Jahr 2016 in zwei Abschnitten je Fahrtrichtung mit jeweils einer Arbeitsnaht, sodass der Kfz-Verkehr aufrechterhalten werden konnte.

Vor und hinter dem Fahrbahnübergang aus Polyurethan wurden ca. ein Meter breite Gussasphalt-



Bild 118: Fahrbahnübergang aus Polyurethan, beidseitig mit Stützbalken und Gussasphaltstreifen (5)

streifen und Stützbalken eingebracht, um einen standfesten Belagsanschluss zu gewährleisten (Bild 118).

Bisher sind keine Schäden an dem Fahrbahnübergang aus Polyurethan oder der Grenzfläche zum Asphalt bekannt.

## 7 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Erfahrungssammlung wurden die Daten von 21 Bauwerken mit Fahrbahnübergängen aus Polyurethan ausgewertet. An fünf Brückenbauwerken und dem Elbtunnel in Hamburg konnte der Einbau begleitet werden. Zudem wurden bei den Autobahnbrücken bei Harsdorf und bei Nieder-Gemünden die Instandsetzungen begleitet. Bei diesen beiden Bauwerken wiesen die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan bereits nach kurzer Zeit Schäden auf und machten eine Instandsetzung notwendig. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse wurden zusammengefasst und sollen einen Überblick über die bisherigen Erfahrungen mit Fahrbahnübergängen aus Polyurethan auf deutschen Straßen verschaffen. Eine vollständige Referenzliste des Herstellers mit den bisher in Deutschland eingesetzten Fahrbahnübergängen aus Polyurethan (Stand 2017) befindet sich im Anhang.

Theoretisch sind Fahrbahnübergänge aus Polyurethan aufgrund der Materialeigenschaften im Ver-

gleich zu Fahrbahnübergängen aus Asphalt standfester und unterliegen so gut wie keiner plastischen Verformung. Somit wären Fahrbahnübergänge aus Polyurethan für den Einsatz auf Bauwerken mit hohem Verkehrsaufkommen, aber auch bei stockendem/ruhendem Verkehr wie z. B. im Elbtunnel Hamburg geeignet. Allerdings konnte dieser Vorteil im Rahmen der hier vorgestellten Erfahrungssammlung aufgrund der Vielzahl der einbaubedingten Schäden nicht eindeutig herausgearbeitet werden. Außerdem stehen diesem Vorteil deutlich höhere Kosten und ein größerer Zeitaufwand für den Ein- sowie Ausbau verglichen mit Fahrbahnübergängen aus Asphalt gegenüber.

Oft wurden Fahrbahnübergänge aus Polyurethan als Ersatz von kleineren Fahrbahnübergängen aus Stahl auf Betonbrücken eingesetzt, wie z. B. auf der BAB A 5 bei Nieder-Gemünden oder der B 27 in Neckarsulm. Hierbei ließ sich der Einbau der Fahrbahnübergänge aus Polyurethan ohne kompletten Ausbau der defekten Fahrbahnübergänge aus Stahl bewerkstelligen. Es wurde lediglich der obere Teil der Stahlkonstruktion über der Betonplatte abgetrennt. Da der Rest im Konstruktionsbeton verblieb, war kein Herausstemmen der alten Stahlkonstruktion nötig, und der Konstruktionsbeton blieb unversehrt, was Zeit und Kosten einsparte. Fahrbahnübergänge aus Polyurethan ermöglichen gegenüber herkömmlichen Fahrbahnübergängen aus Stahl eine wesentlich kürzere Einbauzeit. Je nach Größe und Randbedingungen kann der Fahrbahnübergang aus Polyurethan bei kleinen Brücken theoretisch innerhalb eines Wochenendes eingebaut werden.

Unter anderem am Hattenbacher Dreieck sowie auf dem Friedrich-Engels-Ring in Neubrandenburg erfolgte der Einbau fahrstreifenweise. Somit konnte der Kfz-Verkehr während des Einbaus aufrecht erhalten bleiben. Der Anschluss wurde durch Ausarbeitung eines „Schwalbenschwanzes“ an der späteren Anschlussstelle bewerkstelligt. Es hat sich als problematisch erwiesen, wenn die Arbeitsnaht in der Rollspur liegt wie auf der BAB A 5 in Nieder-Gemünden. Dort hat sich die Arbeitsnaht geöffnet und wurde dadurch wasserdurchlässig.

Am Hattenbacher Dreieck ließen sich mit Fahrbahnübergängen aus Polyurethan außergewöhnliche Geometrien wie schräge bzw. spitzwinklige Fugenverläufe realisieren. Die sich daraus ergebenden größeren Überrolllängen haben aufgrund der Materialeigenschaften keinen relevanten Einfluss auf die

Standfestigkeit des Systems, wie es bei Fahrbahnübergängen aus Asphalt der Fall ist. Selbst eine senkrechte Ausbildung des Fahrbahnübergangs im Bereich des Schrammbordes war ohne Verwendung eines Schrammbordersatzbleches möglich. Es war lediglich eine temporäre Einschaltung für den Einbau notwendig, und es entstand ein durchgehender Fahrbahnübergang ohne Schwachstelle an dem Übergang zum Schrammbord.

Zur Minimierung von Überfahrgeräuschen, wie sie bei herkömmlichen Fahrbahnübergängen aus Stahl auftreten und von Anwohnern als besonders störend empfunden werden, wurden Fahrbahnübergänge aus Polyurethan z. B. in Neubrandenburg im innerstädtischen Friedrich-Engels-Ring eingesetzt sowie bei der ebenfalls innerstädtischen Brücke in Neckarsulm. Aufgrund des mit dem Belag bündigen Abschlusses und der durchgehenden Struktur entstehen durch diese Fahrbahnübergänge keine Unstetigkeitsstellen, und der Fahrbahnübergang wird bei der Überrollung nicht wahrgenommen.

Es zeigte sich auch, dass Fahrbahnübergänge aus Polyurethan sehr empfindlich auf Unregelmäßigkeiten im Einbauablauf reagieren. In Harsdorf kam es zu einer vorzeitigen Feuchtigkeitsbelastung während des Einbaus und infolge dessen zu einem Aufschäumen des Haftvermittlers, wodurch der Haftverbund gestört wurde. Am Hattenbacher Dreieck lag ein ungleichmäßiger Fugenverlauf vor, woraufhin die Abdeckbleche nicht mit den Zentrierbolzen in Richtung Fugenspalt eingesetzt werden konnten. Außerdem erfolgte ein überhöhter Auftrag an Haftvermittler, was zu Störungen im Haftverbund führen kann. In Nieder-Gemünden war die Muldentiefe nur gering, infolgedessen der Unterbau aus Polymerbeton eine nur sehr geringe Einbaudicke hatte. Dies führte in kurzer Zeit zu einem Klappern der Abdeckbleche. In Waren (Müritz) und Edingen wurde jeweils ein alter, teilweise vorgeschädigter Asphalt am Übergangsbereich zu dem Fahrbahnübergang aus Polyurethan belassen, und in Harsdorf lag ein hohlraumreicher, lärmindernder Splittmastixasphalt Asphalt vor. In allen drei Fällen führte dies zu späteren Ausbrüchen im angrenzenden Asphalt.

Von den 21 untersuchten Bauwerken mit Fahrbahnübergängen aus Polyurethan musste an sechs Bauwerken bereits nach kurzer Zeit eine Instandsetzung vorgenommen werden, davon sind fünf Bauwerke im Zuge von Bundesautobahnen. An den restlichen 15 Bauwerken sind bisher keine Schäden

aufgetreten. Zudem ist bei dem Fahrbahnübergang aus Polyurethan auf der BAB A 39 bei Winsen ein leichtes Klappern wahrnehmbar, welches aber bisher keine Konsequenzen hat. Im Elbtunnel in Hamburg ist an einem Fahrbahnübergang aus Polyurethan nach 17 Monaten Standzeit eine Veränderung aufgefallen, die auf eine Haftstörung hindeuten kann.

## 8 Risiken

Die Erfahrungen mit dem Baustoff Polyurethan, auch im Rahmen anderer Anwendungsbereiche, haben gezeigt, dass dieser empfindlich auf die teilweise ungünstigen Einbaubedingungen bei Brückenbaustellen reagieren kann. Anders als bei Fahrbahnübergängen aus Asphalt, die heiß eingebaut werden und hierdurch grundsätzlich als unempfindlicher gegenüber schlechten Einbaubedingungen einzustufen sind, können bereits kleinste Abweichungen von den notwendigen Einbaubedingungen bei Fahrbahnübergängen aus Polyurethan zu Schäden führen.

Es handelt sich hierbei um ein 2-komponentiges Reaktionsharz, bei dem Mischungsverhältnisse und Topfzeiten zwingend exakt eingehalten werden müssen, genauso wie die vorgeschriebenen Wartezeiten zwischen den Arbeitsschritten und die Schichtstärken. Feuchtigkeit auf der Unterlage, auch durch Taupunktunterschreitungen, oder eine vorzeitige Wasserbeaufschlagung durch z. B. Niederschlag während des Einbaus ist auf jeden Fall zu vermeiden.

Es hat sich gezeigt, dass ein hohlraumreicher Asphalt wie z. B. ein lärmindernder Splittmastixasphalt an der Grenzfläche zu dem Fahrbahnübergang aus Polyurethan aus zweierlei Gründen ungünstig ist. Zum einen kann dieser Asphalt Feuchtigkeit in seinen Poren speichern bzw. an die Mulde weiterleiten, wodurch eine Feuchtigkeitsbelastung während des Einbaus erfolgen kann, obwohl die Wetterbedingungen für einen Einbau geeignet sind. Desweiteren neigt die hohlraumreiche Struktur an der Grenzfläche aufgrund der Elastizität der Polyurethanfüllung zu Ausbrüchen im Asphalt. Das gleiche Problem zeigt sich bei dem Belassen eines alten, eventuell vorgeschädigten Asphaltes unmittelbar an der Polyurethanfüllung. Auch hier ist die Gefahr von Ausbrüchen im angrenzenden Asphalt gegeben.

Arbeitsnähte sind grundsätzlich möglich, stellen aber trotzdem eine Schwachstelle dar. Daher ist auf eine gründliche Reinigung und Aktivierung der Anschlussstelle zu achten. Außerdem hat sich gezeigt, dass es ungünstig ist, diese Arbeitsnaht in eine Rollspur zu legen, wo die höchsten Belastungen auftreten.

Es wurden oftmals die Abdeckbleche fälschlicherweise mit den Zentrierstiften nach oben eingesetzt. Das hatte zur Folge, dass die zentrische Lage der Abdeckbleche über den Fugenspalt nicht sichergestellt war. Stattdessen erfolgte durch dieses Vorgehen eine formschlüssige Verbindung zur Polyurethanfüllung, die nicht gewünscht ist und zu Spannungsspitzen im Polyurethan führt, welche Ausgangspunkte für Risse sein können.

Es kam in einigen Fällen zu Schäden aufgrund von Qualitätsmängeln an den Einbauteilen. So haben sich in Nieder-Gemünden die Gummieinfassungen von den Abdeckblechen gelöst und ein Verschieben und Klappern der Abdeckbleche verursacht. Inzwischen werden diese Gummieinfassungen nicht mehr verwendet. Am Hattenbacher Dreieck hat sich die werksseitige Beschichtung von den gelochten Stahlwinkeln gelöst und somit zu einem Verlust des Haftverbundes der Polyurethanfüllung zu den Stahlwinkeln und in Folge dessen zu einem kompletten Ablösen der Polyurethanfüllung geführt (Bild 69).

Grundsätzlich soll die Mulde vor dem Einbau der Polyurethanfüllung einen ebenen Untergrund aufweisen, um Spannungsspitzen im Polyurethan zu vermeiden. Bei der nur teilweisen Einbringung eines Unterbaus aus Polymerbeton und dem Freilassen des mittleren Bereiches unter den Abdeckblechen, wie z. B. bei der Instandsetzung auf der BAB A 70 bei Harsdorf, entstehen Stufen im Untergrund (Bild 42). Der entstandene Versprung im Untergrund führt zu Spannungsspitzen und kann einen Ausgangspunkt für Risse in der Polyurethanfüllung darstellen.

Bei der Auswertung der Erfahrungssammlung im Rahmen dieses Projektes hat sich eine Schadenshäufung bei dem Einsatz von Fahrbahnübergängen aus Polyurethan auf Bundesautobahnen gezeigt. Von den neun Bauwerken im Zuge von Bundesautobahnen mussten an fünf Bauwerken die Fahrbahnübergänge aus Polyurethan innerhalb weniger Jahre instandgesetzt werden. An einem weiteren Fahrbahnübergang ist ein Klappern der Abdeckbleche wahrnehmbar, jedoch ist eine Instandsetzung bisher nicht nötig.

## 9 Fazit

Jede der drei Ausführungsarten von Fahrbahnübergängen (Stahl, Asphalt oder Polyurethan) zeichnet sich durch Vor- und Nachteile aus. In Abhängigkeit von dem jeweiligen Bauwerk und den örtlichen Randbedingungen sowie unter Berücksichtigung der entstehenden Kosten für den Einbau und die Instandhaltung muss daher das jeweils am besten geeignete System ausgewählt werden.

Fahrbahnübergänge aus Polyurethan sind theoretisch aufgrund ihrer hohen Standfestigkeit und der relativ kurzen Einbauzeiten in der Lage, eine Lücke zwischen den Anwendungsbereichen der Fahrbahnübergänge aus Stahl und der Fahrbahnübergänge aus Asphalt zu schließen. Damit wären Fahrbahnübergänge aus Polyurethan eine Alternative für Fahrbahnübergänge aus Asphalt bei Brücken mit hoher Verkehrsbelastung bzw. ruhendem/stockendem Verkehr. Ebenso könnten sie als Ersatz für kleine, nicht mehr funktionstüchtige Fahrbahnübergänge aus Stahl eingesetzt werden, wenn eine schnelle Ausführung oder ein fahrstreifenweiser Einbau gefordert ist.

Wie die Erfahrungssammlung gezeigt hat, ist eine zwingende Voraussetzung hierfür, dass ein unter Baustellenbedingungen zielsicherer Einbau gewährleistet werden kann. So ist nur geschultes Personal, das Erfahrung mit dieser Bauart besitzt, mit den Arbeiten zu betrauen. Aus diesem Grund soll ein Lehrgang entwickelt werden, den der verantwortliche Mitarbeiter auf der Baustelle nachzuweisen hat.

Auf der Baustelle hat eine vollständige Ausführungsanweisung nach Vorgabe des Entwurfs des Hinweisblattes „Hinweise für die Herstellung von Fahrbahnübergängen aus Polyurea oder Polyurethan für Ingenieurbauten“ [8] vorzuliegen.

Wenn nicht bereits ein Gussasphaltbelag in gutem bis neuwertigem Zustand vorliegt, ist ein mindestens ein Meter breiter Streifen Gussasphalt vor und hinter dem Fahrbahnübergang vorzusehen, um einen standfesten und dichten Straßenbelag an der Grenzfläche zu der Polyurethanfüllung zu gewährleisten. Ansonsten ist die Gefahr von Ausbrüchen im angrenzenden Asphalt bzw. einer vorzeitigen Feuchtigkeitsbelastung durch einen wasserführenden Asphaltbelag gegeben.

Die Betonoberfläche muss abtragend vorbereitet werden (z. B. Trockenstrahlen). Alle losen Teile

müssen entfernt werden. Reste von Beschichtungen und Abdichtungen, die den Verbund beeinträchtigen, müssen entfernt werden. Nach Vorbereitung und Vorbehandlung der Betonunterlage muss diese so beschaffen sein, dass ein fester und dauerhafter Verbund entsteht.

Um eine vorzeitige Feuchtigkeitsbelastung auszuschließen, ist ein Einbau ausschließlich bei garantiert niederschlagsfreier Wetterlage sowie Einhaltung des Taupunktabstandes vorzusehen. Ist abzusehen, dass die Arbeiten bei ungünstigen Witterungsbedingungen ausgeführt werden müssen, sollten hierfür Schutzeinrichtungen analog zu den ZTV-ING Teil 6 Abschnitt 3 [10] vorgesehen werden.

Es ist eine gründliche Reinigung der Oberflächen mittels Druckluft vor dem Einbringen des Unterbaus aus Polymerbeton und der Polyurethanfüllung vorzunehmen. Anschließend sind die Oberflächen mit den jeweiligen Haftvermittlern zu versehen. Die Polyurethanfüllung sollte durchgehend ohne Unterbrechung „frisch in frisch“ eingebracht werden. Somit erübrigt sich der Einsatz von Haftvermittlern zwischen den Polyurethanschichten, und die Gefahr von Verbundstörungen wird minimiert. Bei Unterbrechungen im Einbau hat eine ausreichende Aktivierung der ausgehärteten Oberflächen entsprechend der Ausführungsanweisung zu erfolgen.

Das Einbringen einer Trennfolie zwischen Abdeckblech und Polyurethanfüllung soll zukünftig zwingend gefordert werden, um eine Haftung der Polyurethanfüllung zu den Abdeckblechen zu verhindern. Auf diese Weise wird eine ausreichende Spannungsverteilung in der Polyurethanfüllung gewährleistet, und Risse infolge von Spannungsspitzen in der Polyurethanfüllung werden vermieden.

Wenn bei Instandsetzungen Stahlwinkel eines alten Fahrbahnübergangs aus Stahl im Untergrund verbleiben, sind diese durch Anschleifen von Brennschnitten zu befreien, um die geforderte glatte und ebene Unterlage zu gewährleisten.

Arbeitsnähte sind möglichst zu vermeiden. Sind diese unvermeidbar, sollte so geplant werden, dass sie außerhalb der Radlaufspur und parallel zur Bewegungsrichtung des Bauwerks liegen. Unmittelbar vor dem Einbau ist die Flanke der schon eingebauten Muldenfüllung zu säubern und entsprechend den Angaben des Herstellers zu aktivieren.

Die Abdeckbleche müssen mit den Fixierstiften in Richtung Fugenspalt eingesetzt werden, da nur

so die zentrische Lage über der Fuge sichergestellt werden kann. Alternativ können die Abdeckbleche einseitig fixiert werden. Abdeckbleche müssen aus feuerverzinktem oder aus nicht rostendem Stahl bestehen.

Die Einbauteile müssen einer Qualitätsüberwachung unterzogen werden, damit z. B. die Beschichtung auf den Stahlwinkeln eine ausreichende Haftung zum Stahl aufweist.

Die Muldenfüllung muss wasserundurchlässig sein und dauerhaft festen Verbund mit den Flanken und ggf. teilweise mit der Unterlage haben.

Im Arbeitskreis AK 7.7.4 „Fahrbahnübergänge aus Asphalt“ der FGSV wurde der Entwurf eines Hinweisblattes „Hinweise für die Herstellung von Fahrbahnübergängen aus Polyurea oder Polyurethan für Ingenieurbauten“ [8] erarbeitet, in den die Erfahrungen der Materialhersteller, der einbauenden Firmen und dieser Erfahrungssammlung eingeflossen sind.

Die Einführung dieses Hinweisblattes wurde aufgrund der Vielzahl von aufgetretenen Schäden auf Bundesautobahnen bis auf Weiteres zurückgestellt. Zunächst sollen weitere Pilotprojekte, in denen die oben angeführten Maßnahmen für einen zielsicheren Einbau Berücksichtigung finden, durchgeführt werden. Erst wenn sich zeigt, dass die Umsetzung dieser Maßnahmen zu einem erfolgreichen Einsatz von Fahrbahnübergängen aus Polyurethan auch auf Bundesautobahnen führt, ist ein Einsatz als Regelbauweise zu verantworten.

## Literatur

- [1] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 8 Bauwerksausstattung, Abschnitt 2 Fahrbahnübergänge aus Asphalt (ZTV-ING Teil 8 Abschnitt 2) Stand 01/2003
- [2] Europäische technische Zulassung ETA-12/0260, Gültigkeitsdauer 26.07.2012 – 25.07.2017
- [3] Technische Lieferbedingungen für die Baustoffe zur Herstellung von Fahrbahnübergängen aus Asphalt (TL-BEL-FÜ)
- [4] Technischen Prüfvorschriften für Fahrbahnübergänge aus Asphalt (TP-BEL-FÜ)
- [5] Guideline for European Technical Approval of Expansions Joints for Road Bridges (ETAG 032) Stand Mai 2013
- [6] Fahrbahnübergänge in Brücken und Betonbahnen, Bauverlag GmbH Wiesbaden-Berlin, 1965
- [7] EILERS, M.; STAECK, M.: Übergänge – Standfest und geräuscharm, Straßen- und Tiefbau, 2017/2
- [8] Hinweise für die Herstellung von Fahrbahnübergängen aus Polyurea oder Polyurethan für Ingenieurbauten (FGSV, Entwurf 09.2017)
- [9] STAECK, M.: Fahrbahnübergänge aus Polyurethan, Fachgespräch Stahlbrückenbau, 27. September 2017, BASt
- [10] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 6 Bauverfahren, Abschnitt 3 Schutzeinrichtungen gegen Witterungseinflüsse (ZTV-ING Teil 6 Abschnitt 3) Stand 12/2012

## Bildnachweis

- (1) Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
- (2) Mageba GmbH, Göttingen
- (3) Autobahndirektion Nordbayern, Dienststelle Bayreuth
- (4) Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr, Geschäftsbereich Verden, Autobahnmeisterei Hittfeld
- (5) Autobahndirektion Nordbayern, Dienststelle Würzburg
- (6) LBM Autobahnamt Montabaur
- (7) Hessen Mobil Straßen- und Verkehrsmanagement Kassel Dezernat Bau BAB Nord
- (8) © Open StreetMap und Mitwirkender, CC-BY-SA, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de>

## Bilder

- Bild 1: Verformung in dem Fahrbahnübergang aus Asphalt (1)
- Bild 2: Einbau ohne zusätzliche Bauteile (1)
- Bild 3: Einbau mit gelochtem Stahlwinkel (1)
- Bild 4: Einbau mit Stabilisatoren und Trennfolie (1)
- Bild 5: Stabilisator (1)
- Bild 6: Lagebestimmung und Schneiden des Belags (1)
- Bild 7: Anfassen des Belages (1)
- Bild 8: Einbringen des Unterbaus aus Polymerbeton (1)
- Bild 9: Anpassen und 1. Andübeln der Stahlwinkel (1)
- Bild 10: Zwischenreinigung des Untergrundes (1)
- Bild 11: Aufbringen des Haftvermittlers, Prüfen der Konsistenz (1)
- Bild 12 : Anbringen des Moosgummis nach dem Auftragen des Haftvermittlers (1)
- Bild 13: Einbau der gelochten Stahlwinkel (1)
- Bild 14: Einsetzen der Abdeckbleche (entgegen der Vorgaben mit Anordnung der Zentrierstifte nach oben) (1)
- Bild 15: Trennlage über den Abdeckblechen (1)
- Bild 16: Einsetzen der Stabilisatoren (1)
- Bild 17: Haftvermittler bei Wartezeiten über 12 Stunden (1)
- Bild 18: Glätten der letzten Lage Polyurethanfüllung (1)
- Bild 19: Arbeitsnahtausbildung (1)
- Bild 20: BAB A 70 bei Harsdorf (1)
- Bild 21: Verbleibende Stahlwinkel des Fahrbahnübergangs aus Stahl (1)
- Bild 22: Mittelfuge mit gelochten Stahlwinkeln und Abdeckblechen (3)
- Bild 23: Durchgehender Verlauf über die Brückenkappen (1)
- Bild 24: Abstreuen der Oberfläche der letzten Polyurethanschicht (3)
- Bild 25: Aus dem Belag austretende Feuchtigkeit auf der Betonunterlage (1)
- Bild 26: Aus dem Belag austretende Feuchtigkeit auf dem Polymerbeton (1)
- Bild 27: Reaktion des Haftvermittlers mit Feuchtigkeit und Einbringen der Polyurethanfüllung (2)
- Bild 28: Schiefwinkliger Fahrbahnübergang aus Polyurethan mit Stützrippen in ca. 90° zur Fahrtrichtung (1)
- Bild 29: Ausbrüche im Asphaltbelag an den Grenzflächen zum Fahrbahnübergang/ Stützrippen (1)
- Bild 30: Fortschreiten der Schäden trotz Ausbesserung (1)
- Bild 31: Ersatz des an den Fahrbahnübergang angrenzenden Belages (einschließlich Stützrippen) durch Stützbalken aus Polymerbeton (3)
- Bild 32: Undichte Arbeitsnaht (3)
- Bild 33: Instandsetzung der undichten Arbeitsnaht (3)
- Bild 34: Feuchtigkeit an der Unterseite (3)
- Bild 35: Risse im Stützbalken durch Einbau auf Polyurethanreste (3)
- Bild 36: Flankenenthaftungen (1)
- Bild 37: Ausbrüche im Polyurethan im Bereich der instandgesetzten Arbeitsnaht (3)
- Bild 38: Kristallisierter, aufgeschäumter Haftvermittler (1)
- Bild 39: Einseitig fixierte Abdeckbleche (2)
- Bild 40: Gummimatte unter den Abdeckblechen (3)
- Bild 41: Großer Höhenversatz in der Mulde (2)
- Bild 42: Neuer 60 cm breiter Stützbalken (1)

- Bild 43: Prinzipskizze des Systemaufbaus bei der Instandsetzung A 70 Harsdorf (1)
- Bild 44: BAB A 5 über die Ohm (1)
- Bild 45: Verbleibende Stahlwinkel, Schlitz für Stützrippen im angrenzenden Gussasphalt (1)
- Bild 46: Verbleibende Stahlwinkel, Schlitz für Stützrippen im angrenzenden Gussasphalt (1)
- Bild 47: Unbearbeiteter Brennschnitt (1)
- Bild 48: Polymerbetoneinbau in einer geringen Dicke (2)
- Bild 49: Einbau bei geringer Muldentiefe (1)
- Bild 50: Arbeitsnaht in der Rollspur (1)
- Bild 51: Zeitaufwendiger Ausbau
- Bild 52: Beschädigtes Abdeckblech (1)
- Bild 53: Plangeschliffene Stahlwinkel
- Bild 54: Schweißbolzen zur einseitigen Fixierung (1)
- Bild 55: Abdeckblech mit Bohrungen anstelle von Zentrierstiften zur Fixierung (1)
- Bild 56: Instandsetzung mit einseitiger Fixierung (1)
- Bild 57: Hattenbacher Dreieck (8)
- Bild 58: Variable Geometrien (1)
- Bild 59 : Ausführung im Brückenkapfenbereich (1)
- Bild 60: Schrammbord ohne Schrammbordersatzblech (1)
- Bild 61: Senkrechter Einbau (1)
- Bild 62: Durchgehender Verlauf des Fahrbahnübergangs (1)
- Bild 63: Schadstelle im Bereich Fahrbahnübergang/Schrammbord (1)
- Bild 64: Poren in der Polyurethanauffüllung (tlw. Ausgebessert) (1)
- Bild 65: Überschuss an Haftvermittler (1)
- Bild 66: Ungleichmäßiger Fugenverlauf (1)
- Bild 67: Unterschiedliche, fehlerhafte Stützrippenverläufe (1)
- Bild 68: Risse im Polyurethan (7)
- Bild 69: Abgelöste Polyurethanfüllung und metallisch blanke Lochbleichwinkel (7)
- Bild 70: Beschichtete Lochbleichwinkel vor dem Einbau (1)
- Bild 71: Haftstörung an einer Arbeitsnaht und den Flanken (1)
- Bild 72: Historische Altstadt Neubrandenburg (8)
- Bild 73: Fahrbahnübergang aus Polyurethan mit Stützbalken (1)
- Bild 74: Zentrierstifte durchstoßen Trennfolie (1)
- Bild 75: Kürzen der Bolzenanker (1)
- Bild 76: Elbtunnel Hamburg (8)
- Bild 77: Fahrbahnübergang aus Polyurethan mit Stützrippen im Asphalt (2)
- Bild 78: Innerstädtische Brücke in Neckarsulm (1)
- Bild 79: Einbau über den gesamten Bauwerksquerschnitt (1)
- Bild 80: Trennfolie durchstoßen von Zentrierstiften (1)
- Bild 81: Dilltalbrücke Edingen (1)
- Bild 82: Ausbrüche und Flecken in der Grenzfläche zum Asphalt (1)
- Bild 83: Provisorische Instandsetzung mit Polymerbeton (1)
- Bild 84: Grüne Brücke in Hamburg (1)
- Bild 85: Durchgehender Fahrbahnübergang, ohne plastische Verformung oder offene Nähte (1)
- Bild 86: Brückenbauwerk im Zuge der Rudolf-Diesel-Straße über die Straßenbahn (1)
- Bild 87: Fahrbahnübergang aus Polyurethan ohne Schäden (1)
- Bild 88: Moorbrücke in Waren Müritz (1)
- Bild 89: Durchgehender Fahrbahnübergang aus Polyurethan mit restlichem Fahrbahnübergang aus Stahl (1)

- Bild 90: Ausbrüche im vorgeschädigten Splittmastixasphalt (1)
- Bild 91: Fahrbahnübergang aus Polyurethan Schwalbentorgarage, schadensfrei (1)
- Bild 92: Güterbahnbrücke „Unterer Mühlenweg“ in Freiburg (1)
- Bild 93: Brücke über die Schmiecha (1)
- Bild 94: Spitzwinkliger Fugenverlauf (1)
- Bild 95: Gleichmäßiger Fugenverlauf (2)
- Bild 96: Verschiedene Abstreuerungen (1)
- Bild 97: Poren in der Oberfläche (1)
- Bild 98: Köhlbrandbrücke (1)
- Bild 99: Fahrbahnübergänge aus Polyurethan mit Stützbalken (1)
- Bild 100: Fahrbahnübergang aus Polyurethan vor einer Ampelanlage im Anstieg (1)
- Bild 101: Ampelanlage am Ende eines Gefälles (1)
- Bild 102: Fahrbahnübergänge aus Polyurethan mit Stützrippen im angrenzenden Belag (1)
- Bild 103: Überführungsbauwerk im Zuge der L 5 über die BAB A 57 (1)
- Bild 104: Ausbruch im Asphalt an der Grenzfläche zum Fahrbahnübergang aus Polyurethan (1)
- Bild 105: Arbeitsnaht (1)
- Bild 106: Poren im Splittmastixasphalt (1)
- Bild 107: Aufbau mit Gummieinlagen (4)
- Bild 108: Brückenkappe/Schrammbord (4)
- Bild 109: Durchgehender Fahrbahnübergang aus Polyurethan über die Brückenkappe (6)
- Bild 110: Haftvermittlerauftrag auf Restfeuchtigkeit (6)
- Bild 111: Reaktion des Haftvermittlers mit Feuchtigkeit (1)
- Bild 112: Überasphaltierter Fahrbahnübergang aus Stahl mit Ausbrüchen (2)
- Bild 113: Abgetrennter und gestrahlter Stahlwinkel im Beton (2)
- Bild 114: Feinriefenmatte, angeschrägter Unterbau, Schweißbolzen zur Fixierung (2)
- Bild 115: Aufbau mit angeschrägten Unterbau aus Polymerbeton (1)
- Bild 116: Autobahnanschlussstelle Wasserlosen mit Fahrbahnübergang im Autobahnab- und -auffahrtsbereich (8)
- Bild 117: Instandgesetzte Unterlage mit Schweißbahn (1)
- Bild 118: Fahrbahnübergang aus Polyurethan, beidseitig mit Stützbalken und Gussasphaltstreifen (5)

## Anlage: Referenzliste

Ort	F.-Typ	L (m)	Straße	Bauwerk	Einbau
Harsdorf	70	41	BAB 70	Bahn/Straßenüberführung, BW116a	Nov 2013
Nieder-Gemünden	75	32	BAB 5	Brücke über den Ohm, ASB5220-536 km411,582	2016
Hattenbach	30	640	BAB 5	BW1032 und 1033; Hattenbacher Dreieck,	Jun 2015
Neubrandenburg	75	59	B 96	Friedrich-Engels-Ring, Moor und Lindenbach- brücke	Sep 2015
Hamburg	40	15	BAB 7	Elbtunnel	Jun 2017
Neckarsulm	90	12	B 27	Unterführung Spitalstraße	Aug 2014
Edingen	50	36	BAB 45	Dilltalbrücke	Sep 2012
Hamburg		30	Groß- mannstr.	Grüne Brücke Hamburg	Aug 2013
Schwerin	30	10	Rudolf- Diesel-Str.	BW47, Brücke ü.d. Straßenbahn in Schwerin	Aug 2014
Waren (Müritz)	40	32	B 192	Moorbrücke 1 u. 2, Waren Müritz	2012
Freiburg	40	7	B 31	Sanierung Üko Schwabentorgarage	Okt 2013
Freiburg		16	Unterer Mühlenweg	Güterbahnbrücke unterer Mühlenweg	Sep 2014
Albstadt		11	B 463	Brücke über die Schmiecha bei Albstadt	Jun 2013
Hamburg	50	33	Roßdamm	Köhlbrandbrücke Ost + Westrampe Hamburg	2016
Neuss	30	20	Düssel- dorferstr.	Verschiebebahnhof Neuss	2016
Uedem	75	42	L 5	L 5 Uedem, Brücke über die A 57	2014
Nieukerk	75	17	B 9	Nieukerk	2016
Winsen	80	27	BAB 39	BW ML20 zw. Maschen u. Lüneburg	2016
Gaulsheim	30	87	BAB 60	bei Gaulsheim, 2 BW	2014
München	75	10	BAB 8	BW 202 ü.d. Stoisser Ache	Sep 2016
Wasserlosen	50	61	BAB 7	A 7 Fulda-Würzburg bei Wasserlosen	2016
Berlin	40	8	BAB 111	Stolpe, BW3 Ü5 ,km 8,59 , RF Berlin	Okt 16
Aachen	15	17		Sanierung Buswaschstraße der ASEAG	2014
Ailringen	75	10		Brücke ü.d. Jagst in Ailringen	März 2016
Heilbronn	60	44		Neubau BW 225 Bleichinselbrücke	Okt 15
Augsburg	50	3		Tiefgarage hinter der Metzg	Nov 2016
Aulendorf	75	12		Sanierung der Brücke über die DB. in Aulen- dorf L285 1.15	Nov 2015
Bad Dübren	50	7	B 107	BW 27c,d,e - 3 ÜF westl. Eilenburg	Okt 2016
Bad Hindelang	50	5		Ostrachbrücke Hornweg, Bad Hindelang	2014
Berlin	75	7		Fußgängerweg Innsbrucker Platz Berlin	Apr 2017
Biskirchen	50	14	B 49	bei Wetzlar / Biskirchen	Jun 2017
Bonn	50	34		Sanierung Rampe Bonn	2015
Deggendorf	30	16		ÜF Donauislar-Klinikum, Deggendorf	2016
Dormagen	15	5		Sachtlebenstr. 1, 41541 Dormagen	2014
Offenbach	135	12		Inselbrücken Hafen Offenbach a. Main	Mai 2015
Düsseldorf	30	10		Rampensan. Fritz-Vomfelde-Str.	-----
Düsseldorf	50	6		Forum Derendorf, Parkdeck	2016
Düsseldorf	30	7	BAB 46	Tunnel Wersten, FR Neuss	2014

Elbingerode	30	7		Brückensanierung Felswerke AG, Elbingerode	2014
Ellwangen		18		Ellwangen Neunheim ÜF Objekt 579 und 578	Aug 2013
Ergoldingen	75	35	B 299	Piflas	Okt 2015
Eschwege	60	4	B 27	NB Bushaltestelle GrundIS der Werrabrücke Werleshausen,	Dez 2016
Essen	15	17		Garagenanlage, Kerckhoffstr. 158 in Essen	2016
Esslingen	40	13		Hans Martin Schleyer Brücke	Aug 2017
Frohburg	80	14	B 2	ÜF BW 34 und HWW 1 und 2, Gaschwitz	Mai 2017
Hamburg	50	62		Finkenwerder Brücke Hamburg	2014
Hamburg	15	5		Straßenbrücke Hamburg	Sep 2017
Hannover	30	104		Messeschnellweg Weidetorkreisel Hannover	Jul 2016
Hannover	60	8		Stadtbrücke Hannover	Apr 2017
Hartenstein	60	22		BW 1 in 08118 Hartenstein VE 75, K 9309 Brücke ü. Mulde	2013
Heilbronn	50	46		Stadtbrücke Heilbronn Fügenstraße	Jun 2017
Herford	50	16		Hansastraße Herford Stadtbrücke	Jun 2017
Hessen		13		Firma Seeberger	Mai 2013
Leverkusen	75	13		Brücke Wilmersdorfer Str. / Ophovener Weiher	2014
Markranstädt	15	90	B 183a	Delitzsch, FBE Trogbauwerk	Sep 2016
München		8		Wiedehofweg, Stahlbetonbrücke	Aug 2012
Freiburg	50	11		Abbruch u. Neubau der Güterbahnbrücke in Freiburg	Jul 2017
Nideggen	60	16		Brücke	Dez 2017
Niederwerth	75	6		K 82 Instandsetzung Rheinbrücke Niederwerth	-----
Oftersheim		14		Sanierung Dehnungsfugen BW Wingertsbuckel	Mai 2013
Patersdorf	75	26	B 85	BW über Regentalbahn	Sep 2016
Salzburg	60	20	B 414	Salzburger Kreuz, IS BW 5314 670	Okt 2015
Siegburg	50	8	BAB 560	Brückensanierung. Oberdollendorf Siegburg	2014
Sindelfingen	75	13		WWÜ Rotes Steigle	Dez 2016
Solingen	30	13		LKW-Überfahrt Beethovenstr. Solingen	2014
Waren		16		Moorbrücke	Sep 2014
Warngau	50	8		LL8 Sanierung der Lechbrücke Epfach an der Kreisstraße	Nov 2015
Anklam	30	41	B 109	B 109, IS Brücke ü. d. DBAG bei Anklam	Apr 2017
Wittenförden	40	41		Arbeiten an Bauwerken im Zuge von B-Straßen	Mai 2017
Wolfsburg	15	41	B 188	B 188 Oebisfelder Str. Wolfsburg	2015
Zossen	30	27		ABS Berlin-Dresden	Aug 2017

Tab. A-1: Referenzliste der bisher in der BRD eingesetzten Fahrbahnübergänge aus Polyurethan

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Brücken- und Ingenieurbau“

#### 2016

B 123: **Nachrechnung bestehender Stahl- und Verbundbrücken – Restnutzung**  
Geißler, Krohn € 15,50

B 124: **Nachrechnung von Betonbrücken – Systematische Datenauswertung nachgerechneter Bauwerke**  
Fischer, Lechner, Wild, Müller, Kessner  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 125: **Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien für Infrastrukturbauwerke im Hinblick auf Nachhaltigkeit**  
Mielecke, Kistner, Graubner, Knauf, Fischer, Schmidt-Thrö  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 126: **Konzeptionelle Ansätze zur Nachhaltigkeitsbewertung im Lebenszyklus von Elementen der Straßeninfrastruktur**  
Mielecke, Graubner, Roth  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 127: **Verstärkung von Stahlbrücken mit Kategorie-2-Schäden**  
Kuhlmann, Hubmann € 21,50

B 128: **Verstärkung von Stahlbrücken mit Kategorie-3-Schäden**  
Ungermann, Brune, Giese € 21,00

B 129: **Weiterentwicklung von Verfahren zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Verkehrsinfrastrukturen**  
Schmellekamp  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 130: **Intelligente Straßenverkehrsinfrastruktur durch 3D-Modelle und RFID-Tags**  
Tulke, Schäfer, Brakowski, Braun  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 131: **Pilotstudie zum Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus**  
Schmidt-Thrö, Mielecke, Jungwirth, Graubner, Fischer, Kuhlmann, Hauf  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 132: **Pre-Check der Nachhaltigkeitsbewertung für Brückenbauwerke**  
Graubner, Ramge, Hess, Ditter, Lohmeier  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 133: **Anforderungen an Baustoffe, Bauwerke und Realisierungsprozesse der Straßeninfrastrukturen im Hinblick auf Nachhaltigkeit**  
Mielecke, Graubner, Ramge, Hess, Pola, Caspari  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

B 134: **Nachhaltigkeitsbewertung für Erhaltungs- und Erhaltungskonzepte von Straßenbrücken**  
Gehrlein, Lingemann, Jungwirth  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

#### 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, Brenberger, 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, Dürrer, 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, Staeck  
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**

Lehardt, 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

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.