

Fugenbewegung an der Ruhrtalbrücke Mintard

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Brücken- und Ingenieurbau Heft B 90

The logo for the Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) is displayed in a stylized, lowercase, green font with a white outline. The letters are bold and modern, with the 'a' and 's' having a slightly rounded, friendly appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page.

Fugenbewegung an der Ruhrtalbrücke Mintard

von

Manfred Eilers
Bert Quaas
Michael Staeck

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Brücken- und Ingenieurbau Heft B 90

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 Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

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

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die Berichte der BAST zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BAST-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de/benutzung.php?la=de>

Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt F1100.2207013
des Arbeitsprogramms der Bundesanstalt für Straßenwesen:
Fugenbewegungen an der Ruhrtalbrücke Mintard
im Zuge der BAB A54**

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9293
ISBN 978-3-86918-264-3

Bergisch Gladbach, Oktober 2012

Kurzfassung – Abstract

Fugenbewegungen an der Ruhrtalbrücke Mintard

Auch wenn Kosten für die Fugenfüllungen der Randfugen auf Brücken beim Einbau des Belages nur eine untergeordnete Rolle spielen, so haben diese Fugenfüllungen einen großen Anteil an Schäden und den daraus resultierenden Instandsetzungsmaßnahmen. Für die Festlegung der Ausbildung der Fugenfüllungen (z. B. mit oder ohne Unterfüllstoff) und eine Optimierung der verwendeten Materialien ist es wichtig, die tatsächlichen Belastungen, also insbesondere die Fugenbewegungen, zu kennen.

Um die tatsächlich auftretenden Fugenbewegungen an der Ruhrtalbrücke Mintard im Zuge der BAB A 52 abschätzen zu können, wurden im Rahmen dieses BAST-Projektes kurzfristige tageszyklische sowie langfristige Fugenbewegungen an den Randfugen gemessen.

Dabei waren drei Gruppen von Fugenbewegungen zu unterscheiden:

- Fugenbewegungen infolge Tragwerksverformungen durch Verkehrslasten,
- tageszyklische Fugenbewegungen basierend auf Temperaturunterschieden zwischen dem Belag und der Unterlage oder zwischen der Kappe und der Unterlage sowie auf unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten des Belages und der Unterlage,
- langfristige bis jahreszyklische Fugenbewegungen, z. B. aus langfristigen bis jahreszeitlichen Temperaturschwankungen.

Für die Fugenbewegungen aus Verkehr ergaben sich Maximalwerte von ca. 16 μm . Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist eine Häufung der Fugenbewegungen aus Verkehr in dem Bereich zwischen 10 μm und 16 μm zu erkennen. Die Fugenbewegungen in diesem Bereich können zu einem großen Teil dem Fahrzeugtyp 10 (Sattelfahrzeug mit der Achsfolge 1+1+3) zugeordnet werden. Es ist anzunehmen, dass diese Fugenbewegungen also durch Fahrzeuge mit einem Gewicht im Bereich von 40 t verursacht werden. Der Verlauf der Fugenbewegungen entspricht einer Einflusslinie mit einer Frequenz von ca. 1,1 Hz.

Bei den tageszyklischen Fugenbewegungen ergaben sich für maximale tageszyklische Temperaturunterschiede von 11 K maximale Fugenbewegungen von 0,08 mm. Werden diese gemessenen Fugenbewegungen auf die bei maximal möglichen tageszyklischen Temperaturänderungen von 15 K zu erwartenden Werte extrapoliert, so ergeben sich für die Fugenbewegungen der Ruhrtalbrücke Mintard maximale Fugenbewegungen von 0,12 mm.

In einem zweiten Schritt wurden die langfristigen bis jahreszeitlichen Fugenbewegungen gemessen. Die gemessenen Fugenbewegungen lagen im Mittel bei 0,7 mm (wobei diese Messwerte aufgrund des Messverfahrens auch die Fugenbewegungen aus Verkehr sowie die tageszyklischen Fugenbewegungen enthalten). In einem Einzelfall wurde eine Fugenbewegung von 1,1 mm gemessen.

Bei den im Bereich der Bundesfernstraßen verwendeten Belägen und Abdichtungssystemen nach den ZTV-ING Teil 7, Abschnitt 4 (Abdichtungen im vollen Verbund) kann bei den Randfugen auf Stahlbrücken davon ausgegangen werden, dass die Fugenbewegungen (Summe aus langfristigen, tageszyklischen und verkehrsinduzierten Fugenbewegungen) im Regelfall 1 mm nicht überschreiten. Die tageszyklischen Fugenbewegungen liegen in einer Größenordnung von $< 0,2$ mm und die verkehrsinduzierten Fugenbewegungen in einer Größenordnung von $< 0,02$ mm.

Joint movements on the Mintard Ruhr Valley Bridge

Even though costs for the joint fillers of edge joints on bridges only play an insignificant role when it comes to installing the surface, a high proportion of damage and the resulting repair measures can be attributed to these joint fillers. When determining the design of the joint fillers (e.g. with or without underfill) and optimising the materials used, it is important to be aware of the actual loads, especially the joint movements.

In order to be able to estimate the joint movements that actually occur on the Mintard Ruhr Valley Bridge that forms part of the BAB A 52 Federal

motorway, short-term diurnal as well as long-term joint movements on the edge joints were measured within the context of this BAST project.

In doing so, it was possible to distinguish between three groups of joint movements:

- Joint movements as a result of supporting structure deformations caused by traffic loads,
- diurnal joint movements based upon differences in temperature between the surface and the base or between the cover and the base as well as the different expansion coefficients of the surface and the base,
- long-term to annual joint movements, e.g. as a result of long-term to seasonal temperature variations.

Maximum values of approx. 16 μm were measured for joint movements due to traffic. When observing the results, an accumulation of joint movements caused by traffic of between 10 μm and 16 μm can be seen. The majority of joint movements in this range can be attributed to vehicle type 10 (articulated vehicle with a 1+1+3 wheel arrangement). Therefore, it can be assumed that these joint movements are caused by vehicles with a weight amounting to approximately 40 t. The sequence of the joint movements corresponds to an influence line with a frequency of approx. 1.1 Hz.

With regard to the diurnal joint movements, the maximum joint movements amounted to 0.08 mm for maximum diurnal differences in temperature of 11 K. If these measured joint movements are extrapolated in order to calculate the expected values for the maximum possible diurnal differences at a temperature of 15 K, this results in maximum joint movements of 0.12 mm for the Mintard Ruhr Valley Bridge.

In a second step, the long-term to annual joint movements were measured. The measured joint movements averaged 0.7 mm (however, due to the manner in which these measurements were taken, these measured values also contain the joint movements caused by traffic and the diurnal joint movements). In one case, a joint movement of 1.1 mm was measured.

With regard to the surfaces and sealing systems in Federal arterial road areas in accordance with ZTV-ING Part 7 Section 4 (sealing systems in full composite), it can be assumed that the joint

movements on the edge joints on steel bridges (total of long-term, diurnal and traffic-induced joint movements) generally do not exceed 1 mm. The diurnal joint movements are on a scale of <0.2 mm and the traffic-induced joint movements are on a scale of <0.02 mm.

Inhalt

1	Einleitung, Aufgabenstellung	7
1.1	Allgemeines	7
1.2	Aufgabenstellung	8
2	Messverfahren	9
3	Bauwerk und Belag	11
4	Fugenbewegungen aus Verkehr	11
4.1	Allgemeines	11
4.2	Messergebnisse	12
5	Tageszyklische Fugen- bewegungen	15
5.1	Allgemeines	15
5.2	Messergebnisse	15
6	Langfristige und jahreszeitliche Fugenbewegungen	22
6.1	Allgemeines	22
6.2	Genauigkeit	22
6.3	Messergebnisse	22
7	Zusammenfassung	28
8	Literatur	28

1 Einleitung, Aufgabenstellung

1.1 Allgemeines

Das Merkblatt für die Fugenfüllungen in Verkehrsflächen aus Beton einschließlich der Lieferbedingungen für bituminöse Fugenvergussmassen (TL – bit Fug 82) aus dem Jahr 1982 wurde überarbeitet. Es entstanden die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugenfüllungen in Verkehrsflächen (ZTV Fug-Stb 01) [1] einschließlich der Technischen Lieferbedingungen (TL Fug-Stb 01) [2] und der Technischen Prüfvorschriften (TP Fug-Stb 01) [3], die mit dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau Nr. 29/2001 vom 31. Juli 2001 für den Bereich der Bundesfernstraßen eingeführt wurden. In den ZTV Fug-Stb 01 sind auch die nicht überfahrenen Fugen entlang der Schrammborde und Einbauten auf Brücken geregelt. Als Fugenfüllungen für die Fugen zwischen dem Asphaltbelag und dem Schrammbord werden in den ZTV Fug-Stb 01 heiß verarbeitbare elastische Fugenmassen vorgeschrieben. Diese elastischen Fugenmassen sind für Änderungen der Fugenspaltbreite bis 35 % ausgelegt. Die erforderlichen Fugenabmessungen in Abhängigkeit von der Änderung der Fugenspaltbreite sind in Tabelle 1 dargestellt.

Bei Fugenspaltbreiten ab 15 mm sind zwischen der Fugenfüllung neben der Schutzschicht und der Fugenfüllung neben der Deckschicht als Unterfüllstoff rechteckige Profile oder Trennstreifen vorzusehen. Die Art der Unterfüllung ist in der Leistungsbeschreibung anzugeben. Die Vergusstiefe muss mindestens das 1,5fache der Fugenspaltbreite betragen.

Die sich aus diesen Festlegungen ergebende Ausbildung einer Randfuge auf einem Bauwerk mit Schutzschicht und Deckschicht ist exemplarisch im Bild 1 dargestellt.

Änderung der Fugenspaltbreite [mm]	Fugenspaltbreite [mm]	Fugenspalttiefe [mm]
bis 3,5	10	35
bis 4,0	12	35
bis 5,0	15	35
bis 6,5	20	35

Tab. 1: Fugenspaltbreite und -tiefe bei elastischen Fugenmassen (aus [1])

In den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten Teil 7, Abschnitt 4 Brückenbeläge auf Stahl mit einem Dichtungssystem (ZTV-ING Teil 7, Abschnitt 4) [4] (alt: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Herstellung von Brückenbelägen auf Stahl (ZTV-BEL-ST)) [5] ist festgelegt, dass vor Schrammborden, Einbauten oder sonstigen Begrenzungen 2 cm breite – im Einzelfall auch geringfügig breitere – Fugen vorzusehen sind. Dies bedeutet, dass bei Verwendung der neuen elastischen Fugenmassen nach den TL Fug-Stb 01 Änderungen der Fugenspaltbreiten von mindestens 6,5 mm aufgenommen werden können.

Bei den Randfugen auf Stahlbrücken wird zwischen dem Fugenverguss in der Schutzschicht und dem Fugenverguss in der Deckschicht in der Regel ein Unterfüllstoff oder ein Trennstreifen eingelegt, der die Drei-Flanken-Haftung verhindern soll, da durch die Drei-Flanken-Haftung die Belastung der Fugenflanken vergrößert wird, was zu einem Ablösen der Fugenflanken führen könnte (Bild 1).

Des Weiteren wird bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin im Rahmen des Projektes „Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Kennzeichnung des Alterungsverhaltens von Fugenfüllungen in Verkehrsflächen“ eine Mess- und Belastungseinrichtung entwickelt, mit der die in der Praxis auftretenden Beanspruchungen von Fugenmassen labortechnisch nachgestellt werden können. Dabei sollen sowohl die Fugenbewegungen als auch die witterungsbedingten Beanspruchungen simuliert werden. Zur Kalibrierung dieser Mess- und Belastungseinrichtung wurden von der BAM im Rahmen des Projektes 05223 „Untersuchungen des Verhaltens von Fugenfüllungen in Erprobungsstrecken“ an dem im Rahmen dieses Pro-

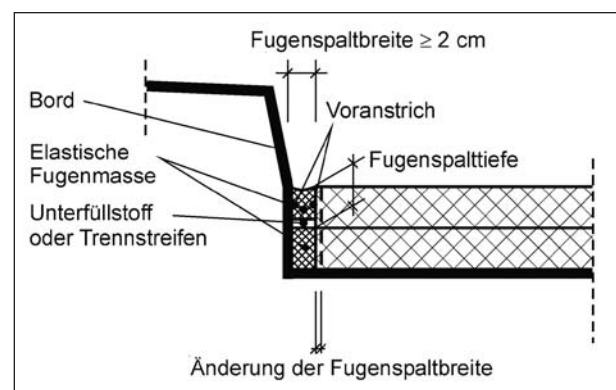


Bild 1: Randfuge auf einem Bauwerk mit Schutzschicht und Deckschicht aus Asphalt

jektet untersuchten Bauwerk verschiedene Fugenmassen eingebaut und über mehrere Jahre hinweg untersucht.

1.2 Aufgabenstellung

Um die tatsächlich auftretenden Fugenbewegungen an der Ruhrtalbrücke Mintard im Zuge der BAB A 52 abschätzen zu können, wurden im Rahmen dieses BAST-Projektes kurzfristige tageszyklische sowie langfristige Fugenbewegungen an den Randfugen gemessen.

Dabei waren drei Gruppen von Fugenbewegungen zu unterscheiden:

- Fugenbewegungen infolge Tragwerksverformungen durch Verkehrslasten,
- tageszyklische Fugenbewegungen basierend auf Temperaturunterschieden zwischen dem Belag und der Unterlage oder zwischen der Kappe und der Unterlage sowie auf unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten des Belages und der Unterlage,
- langfristige bis jahreszyklische Fugenbewegungen, z. B. aus langfristigen bis jahreszeitlichen Temperaturschwankungen.

Bei den Fugenbewegungen aus Verkehr hängt bei dem hier untersuchten Brückentyp die relative Fugenbewegung (Vorzeichen positiv oder negativ), wie in Bild 2 und 3 zu erkennen ist, davon ab, ob das Fahrzeug zwischen dem Hauptträger und dem Schrammbord oder außerhalb dieses Feldes fährt, und von der Lage des Schrammbordes zu dem Randlängsträger. Liegt der Schrammbord zwischen

dem Hauptträger und dem Randlängsträger, so gilt: Fährt das Fahrzeug außerhalb dieses Feldes (Bild 2), so wird die Fahrbahnplatte im Bereich des Schrammbordes aufgewölbt, und die Fuge öffnet sich. Fährt das Fahrzeug zwischen Hauptträger und Schrammbord (Bild 3), so wird die Fahrbahnplatte in diesem Bereich nach unten durchgebogen, und die Fuge schließt sich. Sind zwischen Hauptträger und Randlängsträger noch Streben wie im Fall der Ruhrtalbrücke Mintard vorhanden (siehe Bild 11), so kehren sich ab Strebenachse Richtung Brückenmitte die Verhältnisse um.

Die tageszyklischen Fugenbewegungen werden hauptsächlich durch zwei Einflüsse hervorgerufen, die sich addieren.

Bei steigenden Temperaturen werden der Fahrbahnbelag oder die Kappe durch die Sonneneinstrahlung stärker erwärmt als die Fahrbahnplatte. Diese Bauteile dehnen sich daher stärker aus, und die Fugenbreite verringert sich.

Bei Annahme eines eindimensionalen thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Asphaltes von ca. 30×10^{-6} [6] gegenüber dem des Betons oder Stahls von ca. 10×10^{-6} dehnt sich der Asphalt bei ansteigenden Temperaturen gegenüber der Unterlage stärker aus. Hierdurch wird ebenfalls eine Verringerung der Fugenbreite bei steigenden Temperaturen hervorgerufen. Die beiden Effekte addieren sich also.

Langfristige bis jahreszyklische Fugenbewegungen werden hauptsächlich durch den höheren Ausdehnungskoeffizienten des Asphaltes gegenüber dem Ausdehnungskoeffizienten des Stahls hervorgerufen. Im Sommer, bei hohen Temperaturen, verrin-

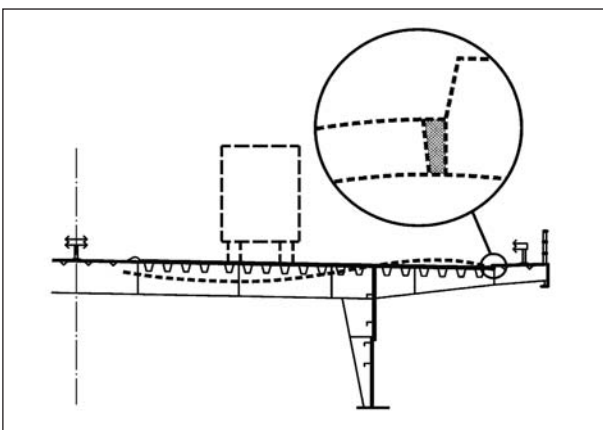


Bild 2: Fugenbewegung bei Belastung außerhalb des Feldes zwischen Hauptträger und Schrammbord

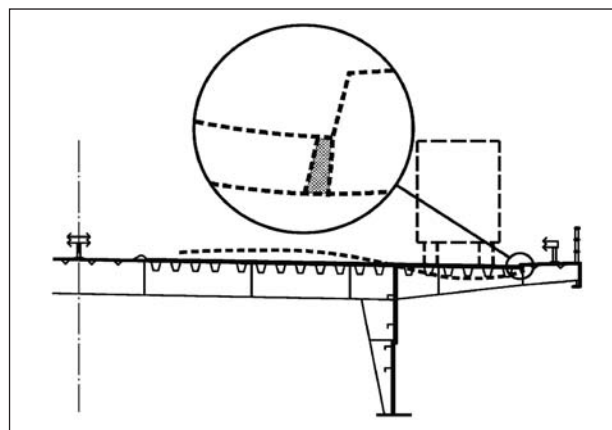


Bild 3: Fugenbewegung bei Belastung zwischen Hauptträger und Schrammbord

gert sich die Fugenbreite, und bei fallenden Temperaturen vergrößert sich die Fugenbreite.

Die größten tageszyklischen Temperaturschwankungen treten bei intensiver Sonneneinstrahlung und daher im Sommer bei hohen Temperaturen auf, während im Winter, bei niedrigen Temperaturen, eher geringe tageszyklische Temperaturschwankungen zu erwarten sind. Die beiden Effekte können sich überlagern, weshalb die langfristigen Fugenbewegungen und die tageszyklischen Fugenbewegungen für eine Abschätzung der maximal möglichen Fugenbewegungen addiert werden müssen.

Allerdings können sich diese Einflüsse nicht ungehindert auf die Fugenbewegung auswirken. Verhindert oder zumindest verringert werden die Auswirkungen dieser Einflüsse durch die Verklebung des Belages mit der Unterlage. Bei den Abdichtungen und Belägen auf Betonbrücken wird diese Verklebung mit der Unterlage durch die Prüfung der Schubfestigkeit geprüft, bei den Belägen auf Stahlbrücken durch die Prüfung des Wärmestandverhaltens. Die Einführung der Prüfung des Wärmestandverhaltens in den TP-BEL-ST von 1992 hat dazu geführt, dass die Standfestigkeit der Abdichtungssysteme deutlich verbessert wurde. In den Untersuchungen zu [7] wurden die Schubwiderstände und die Schubfestigkeiten bei verschiedenen Temperaturen im Versuch bestimmt. Eine detaillierte Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den verwendeten Abdichtungssystemen und dem Wärmestandverhalten wurde im Rahmen des BAST-Projektes 01220 „Standfestigkeiten der Abdichtungssysteme nach den ZTV-BEL-ST“ [8] durchgeführt.

Bei den meisten Stahlbrücken wird entlang der Schrammborde ein Gussasphalt-Randstreifen angeordnet. Dieser ist in der Regel ca. 50 cm breit und durch eine Fuge von dem eigentlichen Fahrbahnbelag getrennt. Auch aus diesem Grund sind eher kleinere Bewegungen der Randfugen zu erwarten.

2 Messverfahren

Die hier untersuchten Fugenbewegungen unterteilen sich in drei Hauptgruppen:

- hochfrequente Fugenbewegungen aus Verkehr,
- tageszyklische Fugenbewegungen,
- langfristige bis jahreszeitliche Fugenbewegungen.

Die Fugenbewegungen aus Verkehr und die tageszyklischen Fugenbewegungen wurden durch Dauermessungen mit induktiven Wegaufnehmern W5 mit Tastkopf der Firma Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM) gemessen. Die Messgenauigkeit der Wegaufnehmer ist besser als $1 \mu\text{m}$. Die Auflösung der Messwerte wurde mit $1 \mu\text{m}$ festgelegt. Als Messgerät diente ein digitaler Messverstärker DMC 9012A (mit DMV 50) der Firma Hottinger Baldwin Messtechnik. Die Steuerung des Messablaufs erfolgte mit DIA/DAGO-PC, einer Software der Gesellschaft für Strukturanalyse (GfS.), Aachen. Mit dieser Software wurde ebenfalls die Auswertung der erfassten Messdaten vorgenommen.

Die Wegaufnehmer wurden mittels einer einstellbaren Befestigungseinrichtung auf dem Asphalt im Bereich des Schrammbordes so befestigt, dass der Tastkopf die relativen Bewegungen des Asphalt gegenüber dem Schrammbord maß (Bild 4). Diese Messeinrichtungen wurden dann mittels aufgeschraubter Hauben vor eventuell überrollenden Fahrzeugen geschützt (Bild 5).



Bild 4: Messeinrichtung zur Messung der hochfrequenten Fugenbewegungen



Bild 5: Überrollschutz

Die Abtastfrequenz wurde nach Vorversuchen auf 50 Hz festgelegt. Diese Frequenz zeigte sich als vollkommen ausreichend, um die verkehrsbedingten Fugenbewegungen zu ermitteln. Eine höhere Abtastfrequenz hätte den Aufwand für die Datensicherung und die Auswertung unnötig erhöht.

Die Lufttemperaturen wurden an zwei Stellen im Schattenbereich der Brücke in unmittelbarer Nähe der Messstellen für die Messung der Fugenbewe-

gung unter Verwendung von Thermoelementen (NiCr-Ni) gemessen. Die Erfassung erfolgte mittels Datenlogger Almemo 2290-8 der Firma Ahlborn. Die im Rahmen anderer Untersuchungen festgestellte Genauigkeit der Temperaturmessungen beträgt $\leq 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ für die gemessene Absoluttemperatur und $\leq 0,2 \text{ K}$ für gemessene Temperaturdifferenzen.

Die langfristigen bis jahreszeitlichen Fugenbewegungen wurden mittels elektronischer Schieblehren



Bild 6: Messmarken für jahreszyklische Fugenbewegungen



Bild 8: Messung der jahreszyklischen Fugenbewegungen

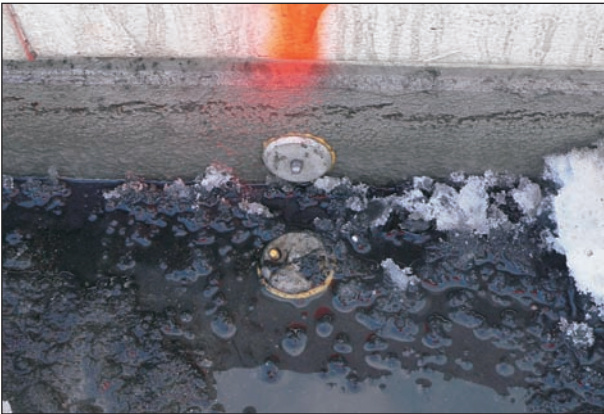


Bild 7: Messmarken für jahreszyklische Fugenbewegungen



Bild 9: Messung der jahreszyklischen Fugenbewegungen

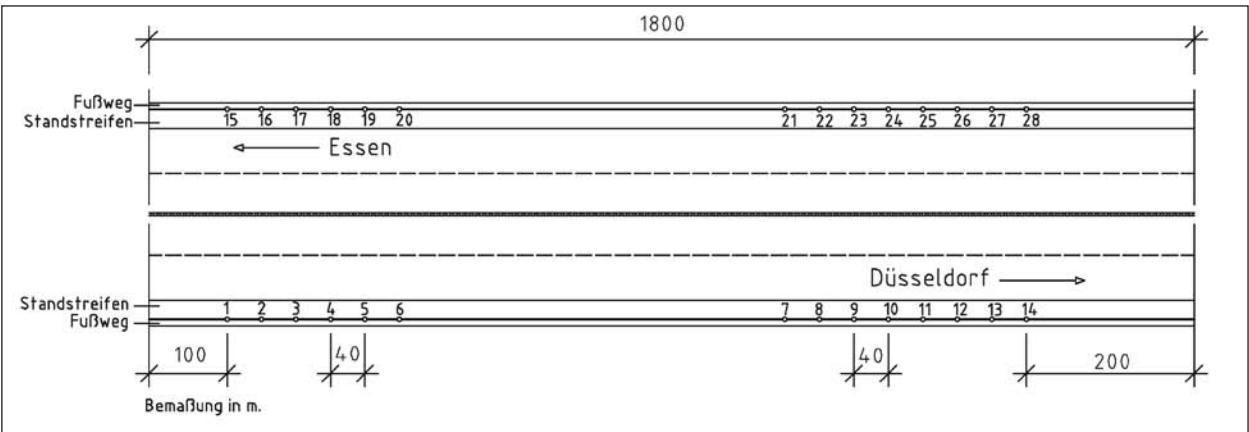


Bild 10: Einteilung und Lage der Messstrecken

gemessen. Hierzu wurden an vier Messstrecken im Abstand von 40 m gleichmäßig verteilte Messmarken auf den Belag und an den Schrammbord geklebt (Bild 6 und 7). Bei der auf den Belag geklebten Messmarke greift ein abgerundeter Konus der Schieblehre in eine Zentrierbohrung der Messmarke, wobei die Tiefenmessstange der Schieblehre gegen die auf den Schrammbord aufgeklebte Messmarke stößt (Bild 8 und 9). Durch Mehrfachmessungen wurden Ablesefehler vermieden und die Genauigkeit erhöht. Die Einteilung und Lage der Messstrecken ist in Bild 10 dargestellt.

3 Bauwerk und Belag

Die Ruhrtalbrücke Mintard im Zuge der BAB A 52 zwischen Düsseldorf und Essen ist eine Stahlbrücke mit einem Hohlkasten als Hauptträger und einer stählernen orthotropen Fahrbahnplatte. Die Längssteifen der orthotropen Fahrbahnplatte sind als V-Profile ausgebildet. Der Abstand der Längssteifenstege beträgt 300 mm.

Bild 11 zeigt eine Ansicht des Bauwerks, Bild 12 zeigt den Überbauquerschnitt.



Bild 11: Ruhrtalbrücke Mintard – Bauwerksansicht

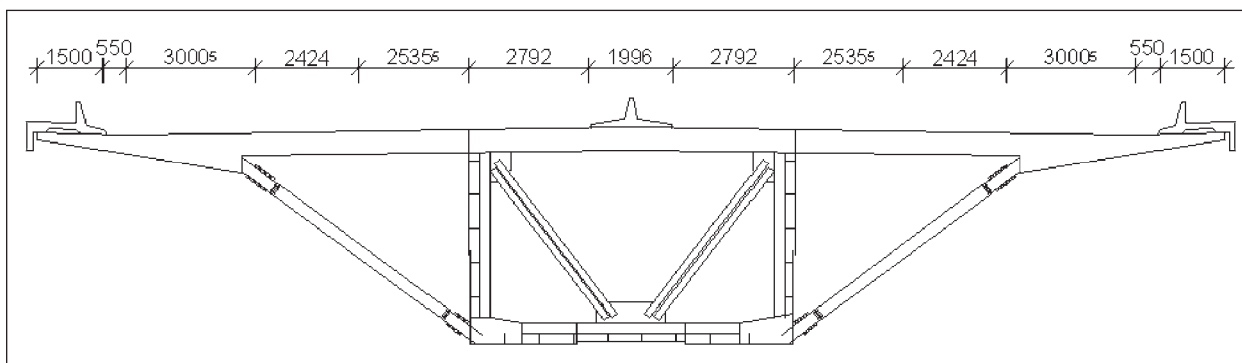


Bild 12: Ruhrtalbrücke Mintard – Überbauquerschnitt

Der Fahrbelag wurde wie folgt ausgeführt (Bauart 2 mit Bitumen-Dichtungsschicht, Variante 2):

- Grundierungs- und Haftschticht aus Okta-Haftmasse (ca. 600 μm),
- splittverfestigte Asphaltmastixschicht aus Okta-Asphalt 0/5 (ca. 10 mm),
- Schutzschicht aus Gussasphalt MA 11,
- Deckschicht aus Gussasphalt MA 11.

Die Dicken der Schutz- und der Deckschicht variieren aufgrund der Unebenheiten der orthotropen Fahrbahnplatte und wegen eines Ansteigens des Deckbleches im Bereich der Schrammborde. Der Fahrbelag schließt mit einem etwa 40 cm breiten Randstreifen an den Schrammbord an.

4 Fugenbewegungen aus Verkehr

4.1 Allgemeines

Zur Bestimmung der für die Durchführung der Messungen notwendigen Abtastfrequenz sind im Rahmen eines früheren Projektes [9] Untersuchungen mit einer Abtastfrequenz von 200 Hz durchgeführt worden. Hierbei zeigte sich, dass die hochfrequenten Schwingungen aus Verkehr (d. h. Schwingungen mit einer Frequenz höher als 0,5 Hz) bis auf einige Ausnahmen nur Amplituden von maximal 3 μm erreichten. Dies bestätigte sich auch bei den hier durchgeführten Messungen. Auf die Erfassung der hochfrequenten Schwingungen wurde daher bei der Dauermessung verzichtet, zumal die Auflösung der für die Dauermessungen eingesetzten Wegaufnahme 1 μm beträgt und sich die Amplituden die-

ser Schwingungen damit im Bereich der Messgenauigkeit bewegen.

Die Frequenz der Fugenbewegungen aus der Einflusslinie der Lkw-Überfahrten wurde mit ca. 1 Hz ermittelt. Die Abtastfrequenz bei der Dauermessung wurde daher auf 50 Hz festgelegt, um eine ausreichende Auflösung der Fugenbewegungen aus der Einflusslinie bei den Überfahrten zu gewährleisten.

Die Fugenbewegungen aus Verkehr sind nicht symmetrisch zur X-Achse der grafischen Darstellung, sondern haben die Form einer Einflusslinie. Eine Simulation dieser Fugenbewegungen mittels Sinus-Schwingungen entspricht daher nicht den tatsächlichen Gegebenheiten.

4.2 Messergebnisse

Die Fugenbewegungen aus Verkehr wurden in dem Zeitraum vom 05.09.2006 bis zum 21.12.2006 mit kleinen Unterbrechungen kontinuierlich erfasst.

In den Bildern 13 bis 16 sind einige typische Lkw-Überfahrten exemplarisch dargestellt. Die Bilder 13 und 15 zeigen Messwerte der Messstelle 1, Bild 14 zeigt Messwerte der Messstelle 2 und Bild 16 zeigt Messwerte der Messstelle 3. Der Abstand zwischen den Messstellen betrug 30 m.

Die größten Fugenbewegungen aus Verkehr liegen in einem Bereich bis maximal 16 μm , wobei sich auch eine Häufung der gemessenen Fugenbewegungen in einem Bereich von 10 μm bis 16 μm zeigte. Die Konzentration der großen Fugenbewegungen auf diesen Bereich lässt darauf schließen, dass es sich hierbei um voll beladene Lkw mit einem Gewicht von ca. 40 t handelt.

Die Form und die Größe der Einflusslinien der Fugenbewegungen hängen bei orthotropen Fahrbahntafeln von mehreren Einflussfaktoren ab:

- Dicke des Fahrbahnbleches,
- Anordnung und Steifigkeit der Längssteifen,
- Abstand der Querträger,
- Lage des Hauptfahrstreifens zum Schrammbord und zum Hauptlängsträger,
- Dicke und Steifigkeit des Fahrbahnbelages.

Da diese Einflüsse bei den verschiedenen Stahlbrücken stark differieren, ist keine absolute Vergleichbarkeit der Fugenbewegungen aus Verkehr gegeben. Bei der Ruhrtalbrücke Mintard wurden etwas geringere Fugenbewegungen aus Verkehr gemessen als bei der Wiehltalbrücke. Die maximalen Fugenbewegungen aus Verkehr betragen etwa 70 % der bei der Wiehltalbrücke festgestellten Werte von 25 μm bis 30 μm . Die gemessenen Werte liegen damit ungefähr in dem Bereich der an dem Stahlteil der Rheinbrücke Emscher-Schnellweg festgestellten Fugenbewegungen von 15 μm bis 25 μm .

Im Bild 15 sind die einzelnen Phasen einer Lkw-Überfahrt zu erkennen. Belastet der Lkw die Felder vor dem Messfeld, so wird die Fuge im Messfeld geringfügig um maximal 4 μm geschlossen. Bei der anschließenden Belastung des Messfeldes wird die Fuge um bis zu 12 μm geöffnet. Dies liegt daran, dass der Schwerlastverkehr im Hauptfahrstreifen in Fahrtrichtung gesehen links neben dem Hauptträger läuft. Das Deckblech des Standstreifens bis zum Schrammbord wird daher bei der Vorbeifahrt des Lkw aufgewölbt. Bei der Belastung der Felder hinter dem Messfeld wird die Fuge wiederum um maximal 5 μm geschlossen. Die gesamte Fugenbewegung beträgt also 17 μm . Ein ähnliches Bild zeigt sich auch bei den Lkw-Überfahrten in den Bildern 13 bis 16.

Bild 13 und 14 sowie die Bilder 15 und 16 zeigen jeweils die Fugenbewegungen gemessen bei der Überfahrt desselben Lkw. Der Lkw erreicht die Messstelle 2 jeweils ca. 1,3 Sekunden nach Erreichen der Messstelle 1. Bei einem Abstand der Messstellen von 30 m lässt sich daraus eine Geschwindigkeit der Lkw von ca. 83 km/h errechnen. Für die in den Bildern 15 und 16 dargestellte Überfahrt eines Schwertransportes errechnete sich eine Geschwindigkeit von ca. 57 km/h.

Ebenso hängt die Frequenz der Fugenbewegungen aus Verkehr von der Geschwindigkeit der verursachenden Lkw ab. Im Normalfall fahren die Lkw auf der freien Strecke jedoch mit einer konstanten Geschwindigkeit zwischen 80 km/h und 90 km/h, sodass die in den Bildern 13 bis 16 ersichtliche Dauer des Einflusses der Lkw-Überfahrt von ca. 0,9 Sekunden und damit die Frequenz der Fugenbewegung aus Verkehr von ca. 1,1 Hz als repräsentativ angesehen werden kann. Diese Frequenz hängt auch von der Geometrie der Brücke (z. B. vom Querträgerabstand) ab und wird sich daher bei an-

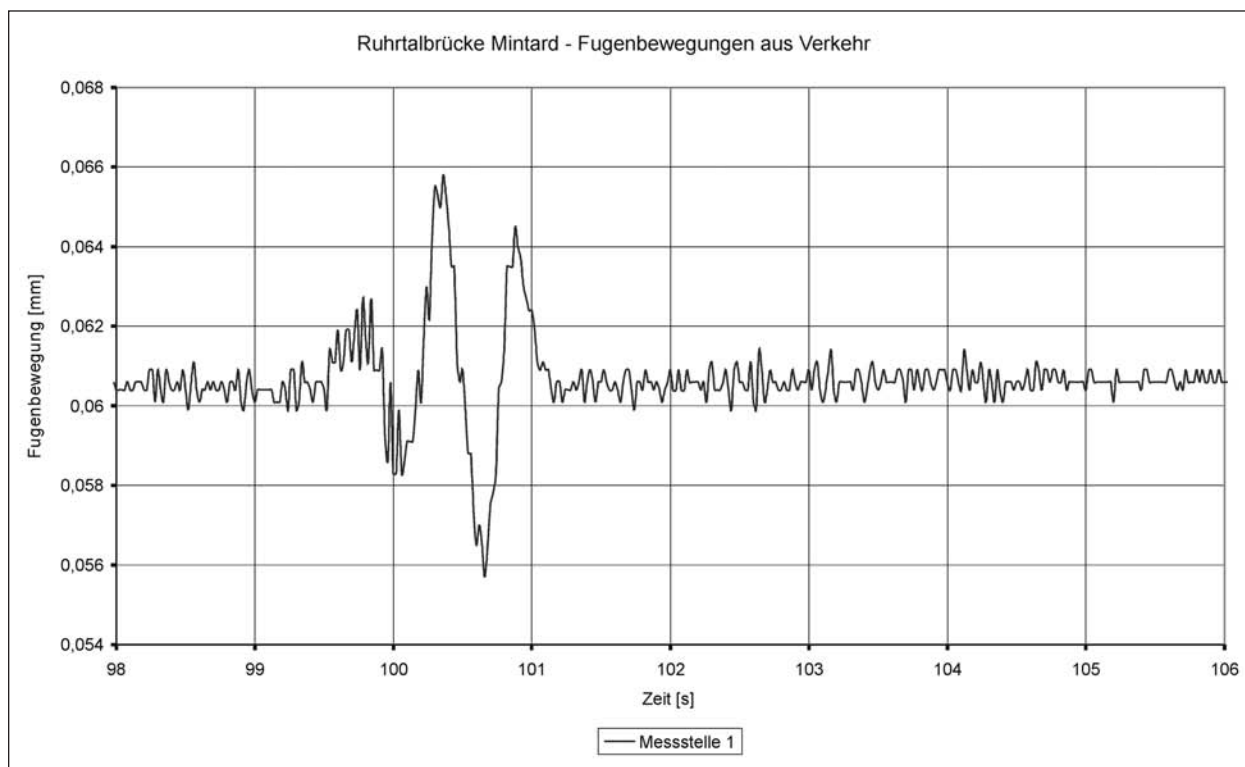


Bild 13: Beispiel für Fugenbewegungen aus Verkehr – Messreihe 1, Messstelle 1

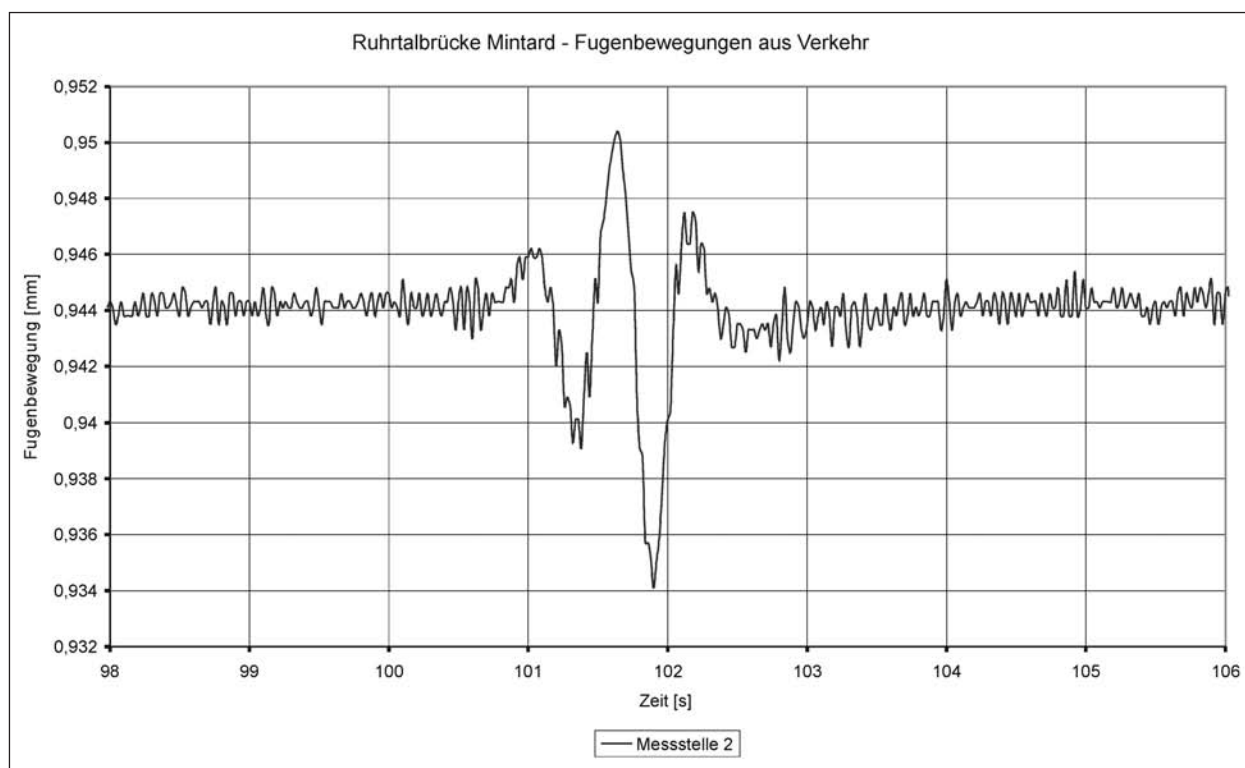


Bild 14: Beispiel für Fugenbewegungen aus Verkehr – Messreihe 1, Messstelle 2

deren Bauwerken geringfügig ändern. An der Wiehltalbrücke wurde im Rahmen einer Untersuchung [8] die Dauer der Überfahrt mit ca. 1,2 Sekunden gemessen, was einer Frequenz von ca.

0,8 Hz entspricht, bei dem Stahlteil der Rheinbrücke Emscher-Schnellweg wurde die Dauer der Überfahrt mit 1,0 bis 1,3 Sekunden bestimmt, was einer Frequenz von 0,75 bis 1 Hz entspricht.

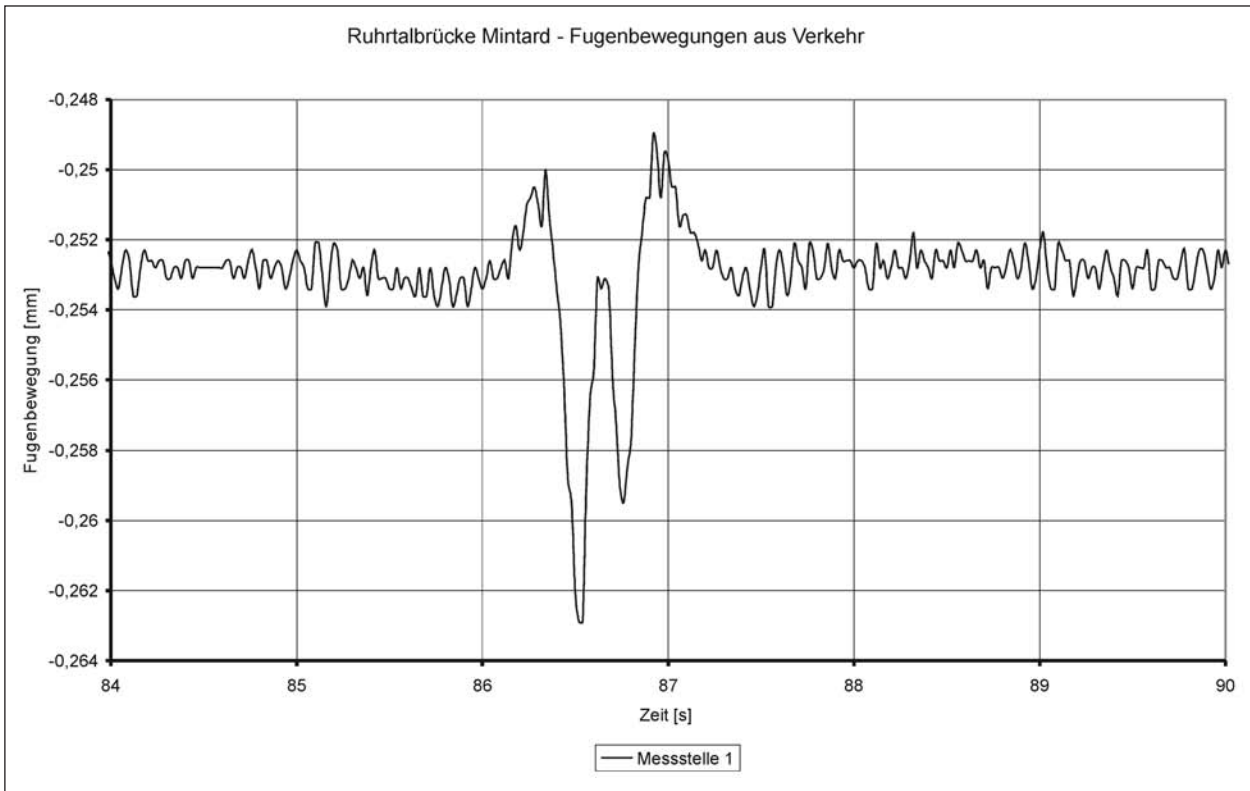


Bild 15: Beispiel für Fugenbewegungen aus Verkehr – Messreihe 12, Messstelle 1

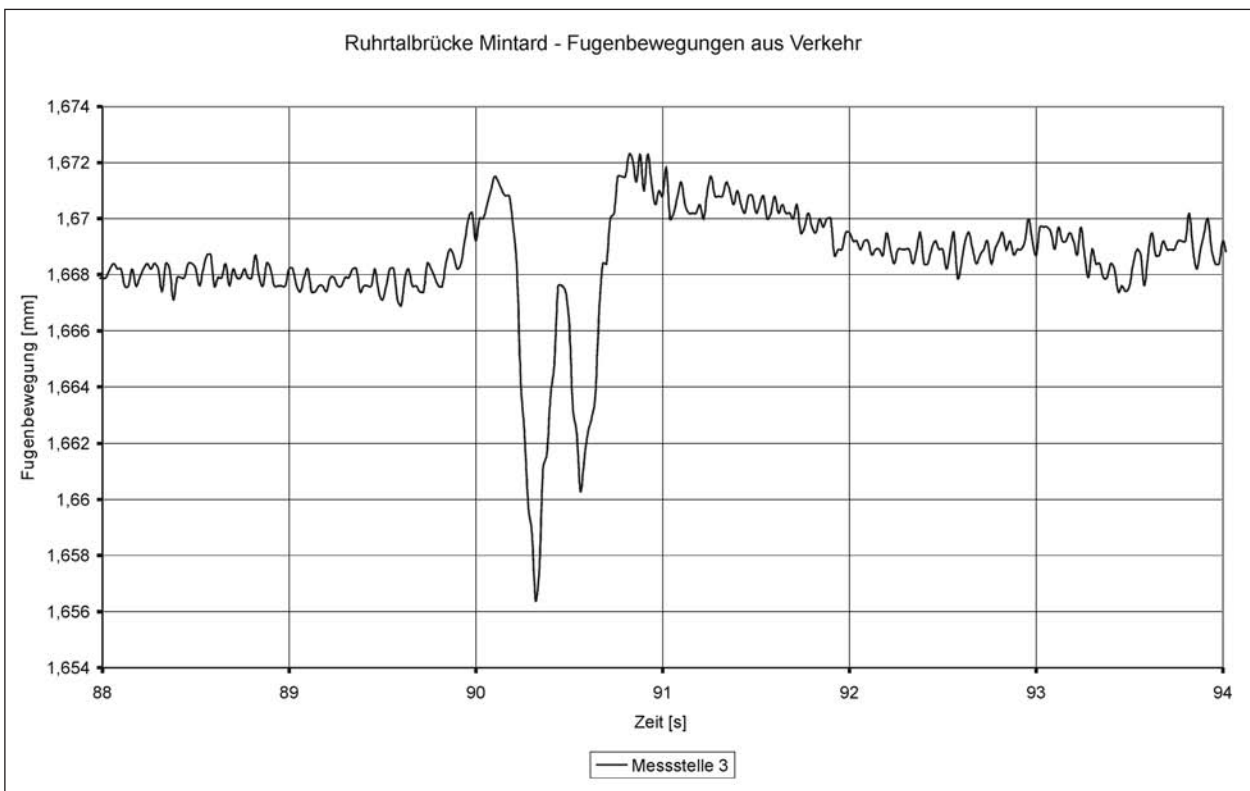


Bild 16: Beispiel für Fugenbewegungen aus Verkehr – Messreihe 12, Messstelle 3

5 Tageszyklische Fugenbewegungen

5.1 Allgemeines

Die Erfassung der Messdaten erfolgte, wie in Kapitel 4.1 beschrieben, mit einer Frequenz von 50 Hz, was sich bei Voruntersuchungen als ausreichend für die Bestimmung der Fugenbewegungen aus Verkehr und damit auch für die Bestimmung der tageszyklischen Fugenbewegungen herausgestellt hatte. Für die Auswertung und Darstellung der tageszyklischen Fugenbewegungen aus Temperaturänderungen wurde jeweils der Median für einen Messzeitraum von 10 Minuten verwendet. Auf diese Weise wurden die höherfrequenten Einflüsse aus den Fahrzeugauffahrten eliminiert.

Die tageszyklischen Fugenbewegungen wurden für den Zeitraum vom 05.09.2006 bis zum 21.12.2006 mit kleinen Unterbrechungen in 12 Messreihen von jeweils 7 bis 12 Tagen kontinuierlich erfasst. Parallel hierzu wurden die Lufttemperaturen an der Brücke erfasst, um die Abhängigkeit der Fugenbewegungen von den Temperaturänderungen darstellen zu können.

5.2 Messergebnisse

Exemplarisch werden hier einige dieser Messreihen dargestellt.

Im Bild 17 sind die Lufttemperaturen für die Messreihe 1 dargestellt. In den Bildern 18 und 19 sind die zugehörigen tageszyklischen Fugenbewegungen der Messstellen 1 und 2 für den gleichen Zeitraum dargestellt.

Wie aus den Bildern ersichtlich, stehen tageszyklischen Temperaturänderungen von 7 bis 11 K Fugenbewegungen von 0,05 bis 0,08 mm gegenüber.

Im Bild 20 sind die Lufttemperaturen für die Messreihe 2 dargestellt. In den Bildern 21 und 22 sind die dazugehörigen tageszyklischen Fugenbewegungen von zwei Messstellen für den gleichen Zeitraum dargestellt. Wie aus den Bildern ersichtlich, stehen tageszyklischen Temperaturänderungen von 5 bis 10 K Fugenbewegungen von 0,03 bis 0,06 mm gegenüber.

Im Bild 23 sind die Lufttemperaturen für die Messreihe 5 dargestellt. In den Bildern 24 und 25 sind die dazugehörigen tageszyklischen Fugenbewe-

gungen der drei Messstellen für den gleichen Zeitraum dargestellt. Wie aus den Bildern ersichtlich, stehen tageszyklischen Temperaturänderungen von 3 bis 11 K Fugenbewegungen von 0,02 bis 0,08 mm gegenüber.

Im Bild 26 sind die Lufttemperaturen für die Messreihe 8 dargestellt. In den Bildern 27 und 28 sind die dazugehörigen tageszyklischen Fugenbewegungen von zwei Messstellen für den gleichen Zeitraum dargestellt. Die Darstellung dieser Messreihe wurde bewusst ausgewählt, um die Fugenbewegungen bei geringen tageszyklischen Temperaturschwankungen zu zeigen. Wie aus den Bildern ersichtlich, stehen tageszyklischen Temperaturänderungen von 2 bis 5 K Fugenbewegungen von 0,02 bis 0,07 mm gegenüber.

Bei den weiteren Messreihen wurden kleinere tageszyklische Temperaturänderungen und daraus resultierend auch kleinere Fugenbewegungen gemessen. Auf eine Darstellung wird daher hier verzichtet.

Wenn die Fugenbewegungen auch, wie diese Grafiken gezeigt haben, in hohem Maße von den Temperaturen und den Temperaturänderungen abhängig sind, so gibt es auch andere Einflüsse auf die Fugenbewegungen. Dies können z. B. die Globalstrahlung oder auch Regenschauer sein.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass durch die Messreihen die Fugenbewegungen infolge tageszyklischer Temperaturänderungen von bis zu 11 K erfasst wurden. Dabei ergaben sich tageszyklische Fugenbewegungen von bis zu 0,08 mm. Die maximal möglichen tageszyklischen Temperaturänderungen von ca. 15 K, welche in den Monaten April/Mai oder September/Oktobre auftreten können [10, 11], wurden bei den durchgeführten Messungen nicht erfasst. Für eine Abschätzung der maximalen tageszyklischen Fugenbewegungen (Extrapolation von 11 K auf 15 K) kann mit ausreichender Genauigkeit ein linearer Zusammenhang zwischen der Lufttemperatur und der Fugenbewegung angenommen werden. Unter dieser Annahme errechnen sich die maximalen tageszyklischen Fugenbewegungen der Ruhrtalbrücke für eine maximale tageszyklische Temperaturänderung von 15 K zu ca. 0,12 mm.

Die hier gemessenen tageszyklischen Fugenbewegungen stimmen in der Größenordnung und im Verlauf sehr gut mit den im Rahmen des Projektes 98222 „Bewegungen von Randfugen auf Brücken“ [9] an der Wiehltalbrücke festgestellten tageszykli-

schen Fugenbewegungen überein. Für den Stahlteil der Rheinbrücke Emscher-Schnellweg waren seinerzeit geringfügig größere tageszyklische Fugenbewegungen gemessen worden.

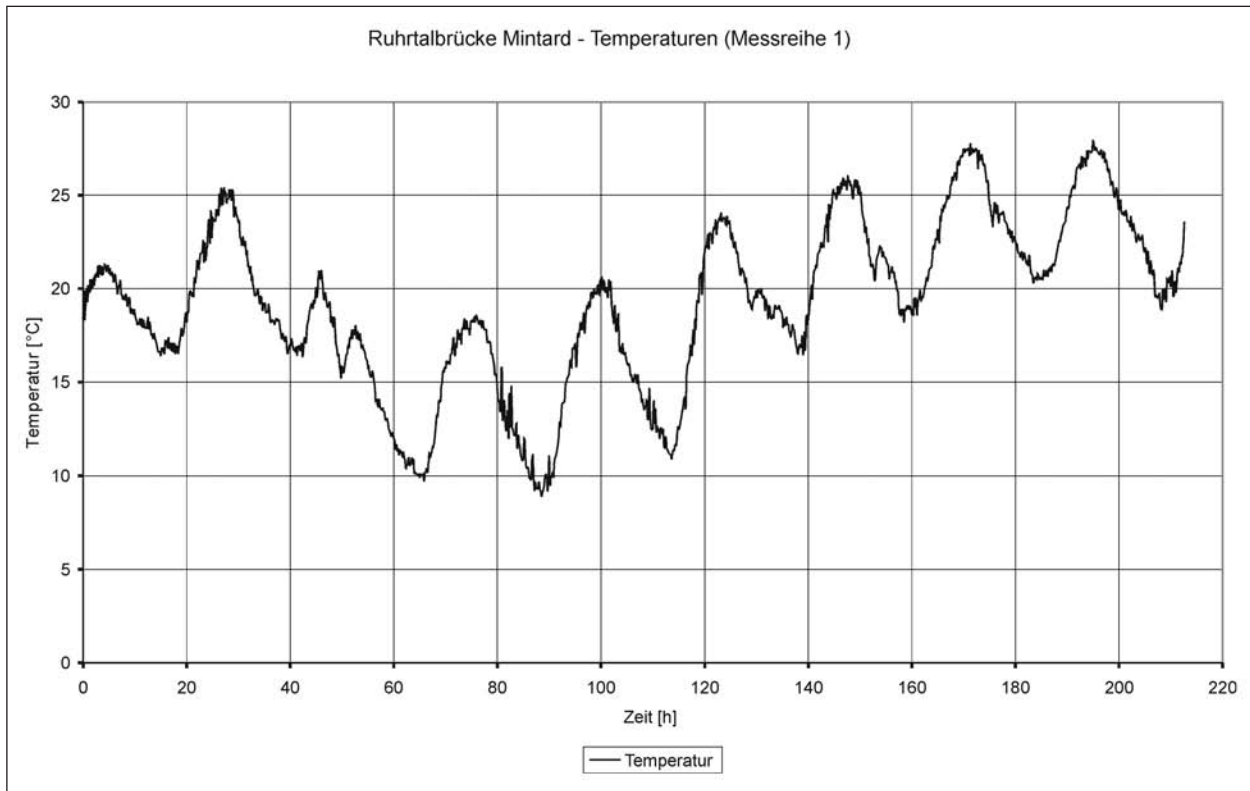


Bild 17: Temperaturen Messreihe 1 vom 05.09.2006-14.09.2006

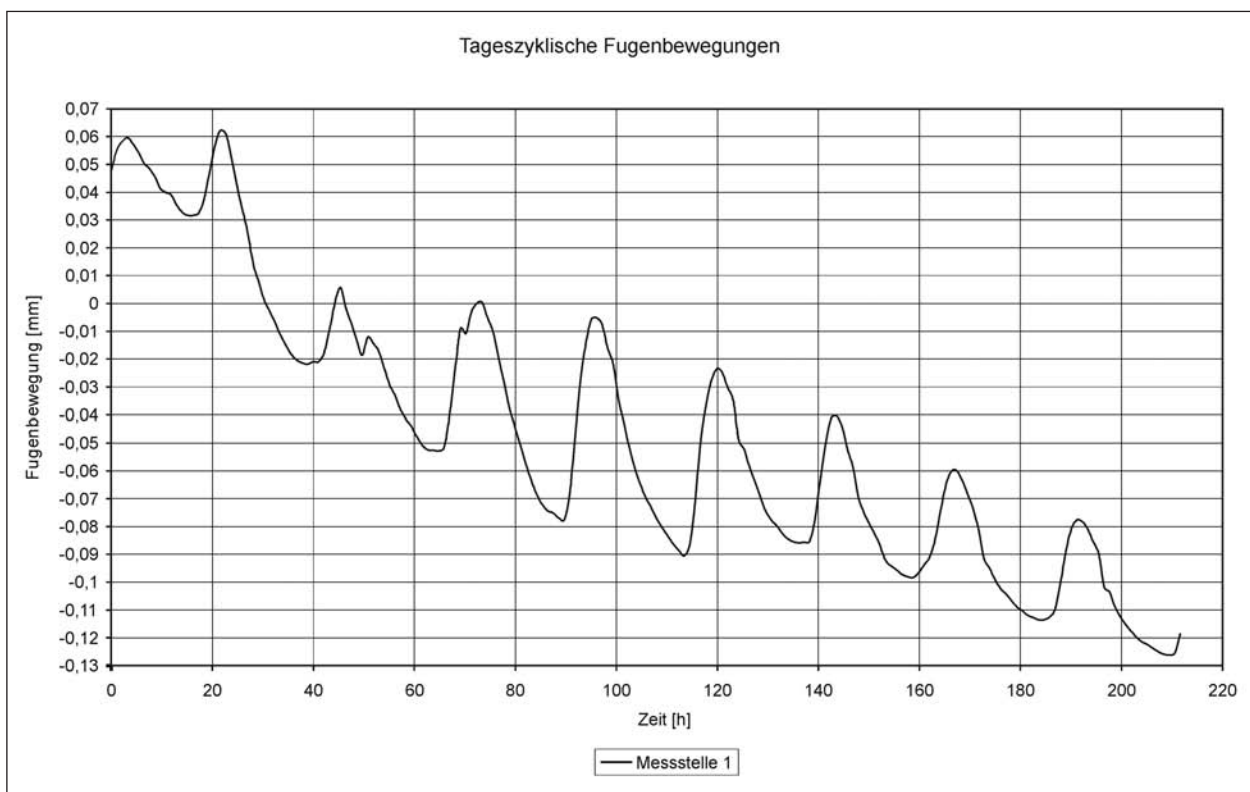


Bild 18: Fugenbewegungen Messreihe 1 vom 05.09.2006-14.09.2006

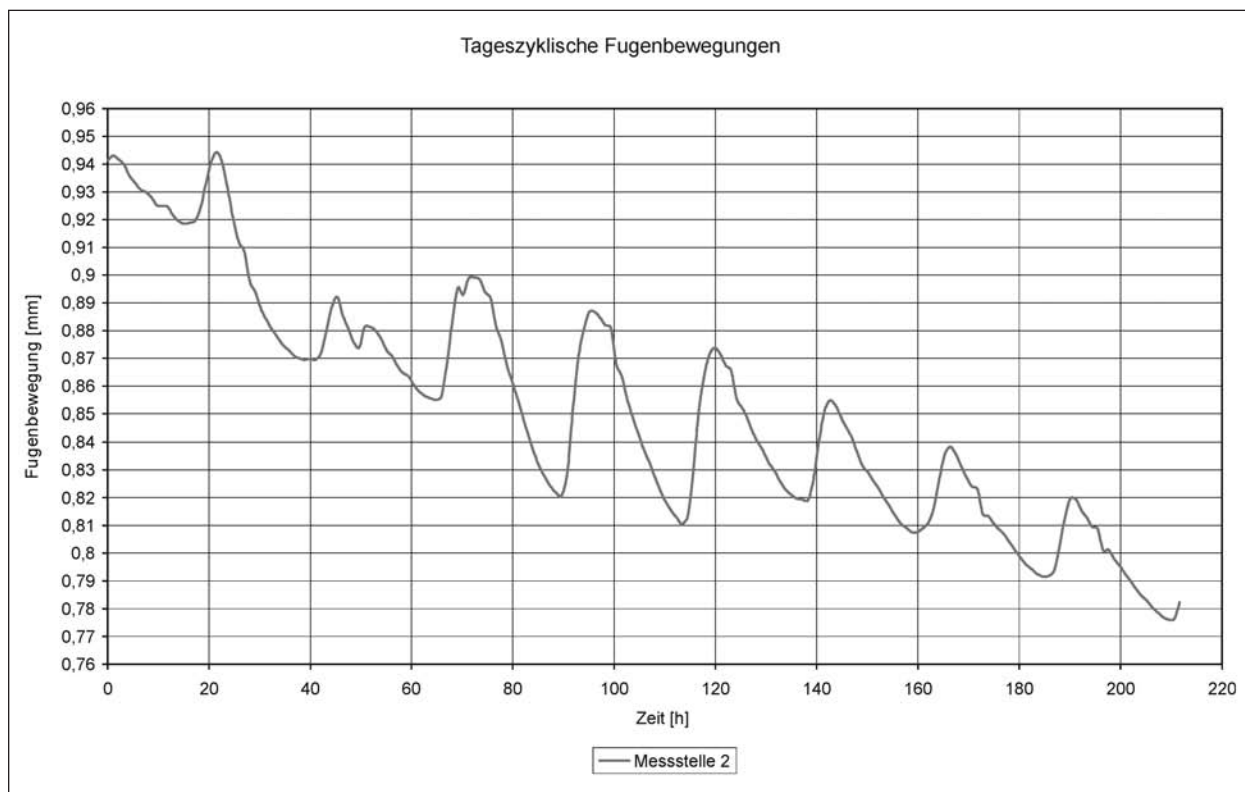


Bild 19: Fugenbewegungen Messreihe 1 vom 05.09.2006-14.09.2006

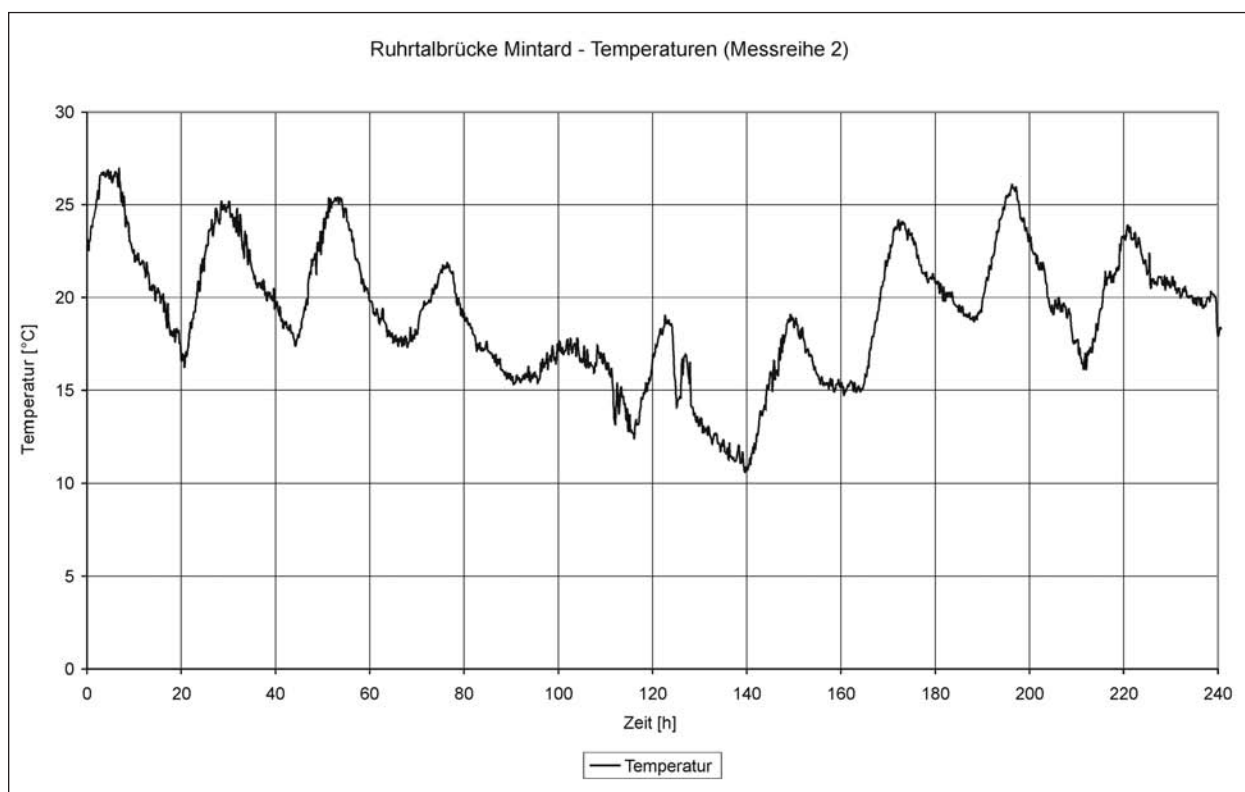


Bild 20: Temperaturen Messreihe 2 vom 14.09.2006-24.09.2006

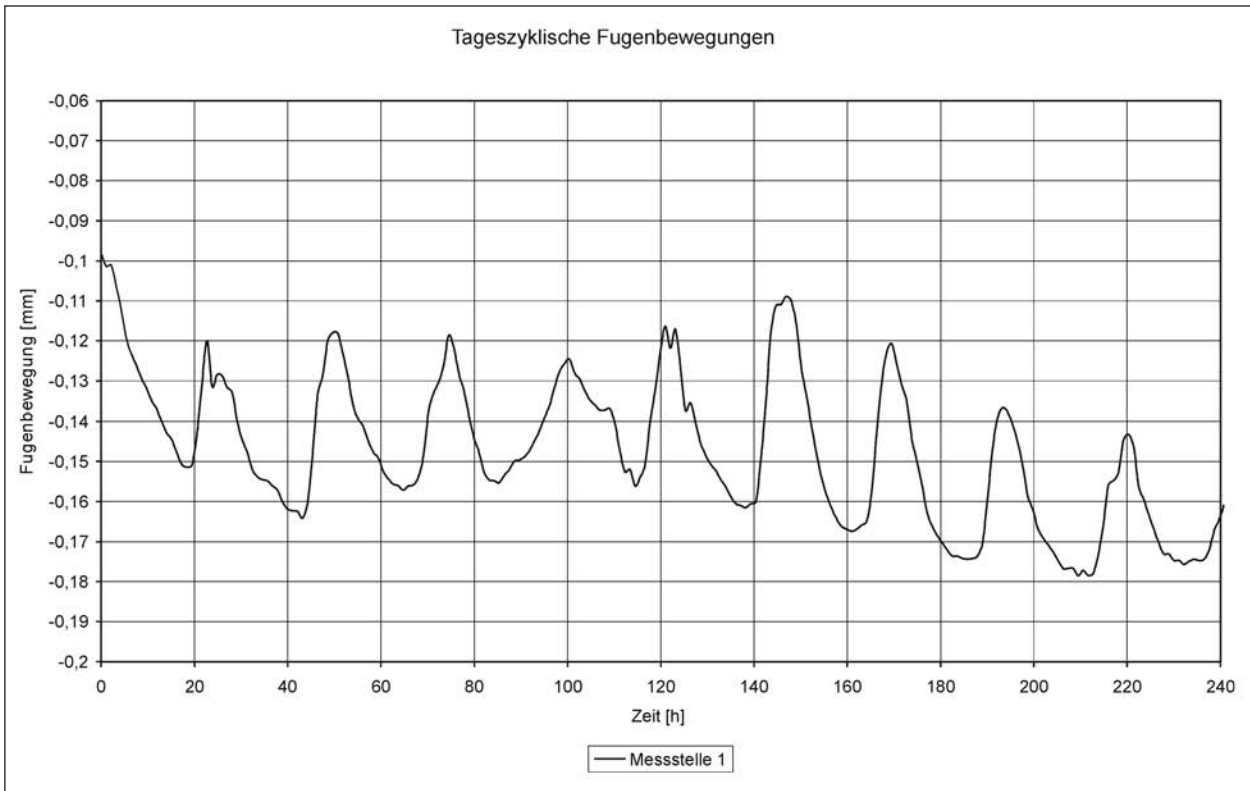


Bild 21: Fugenbewegungen Messreihe 2 vom 14.09.2006-24.09.2006

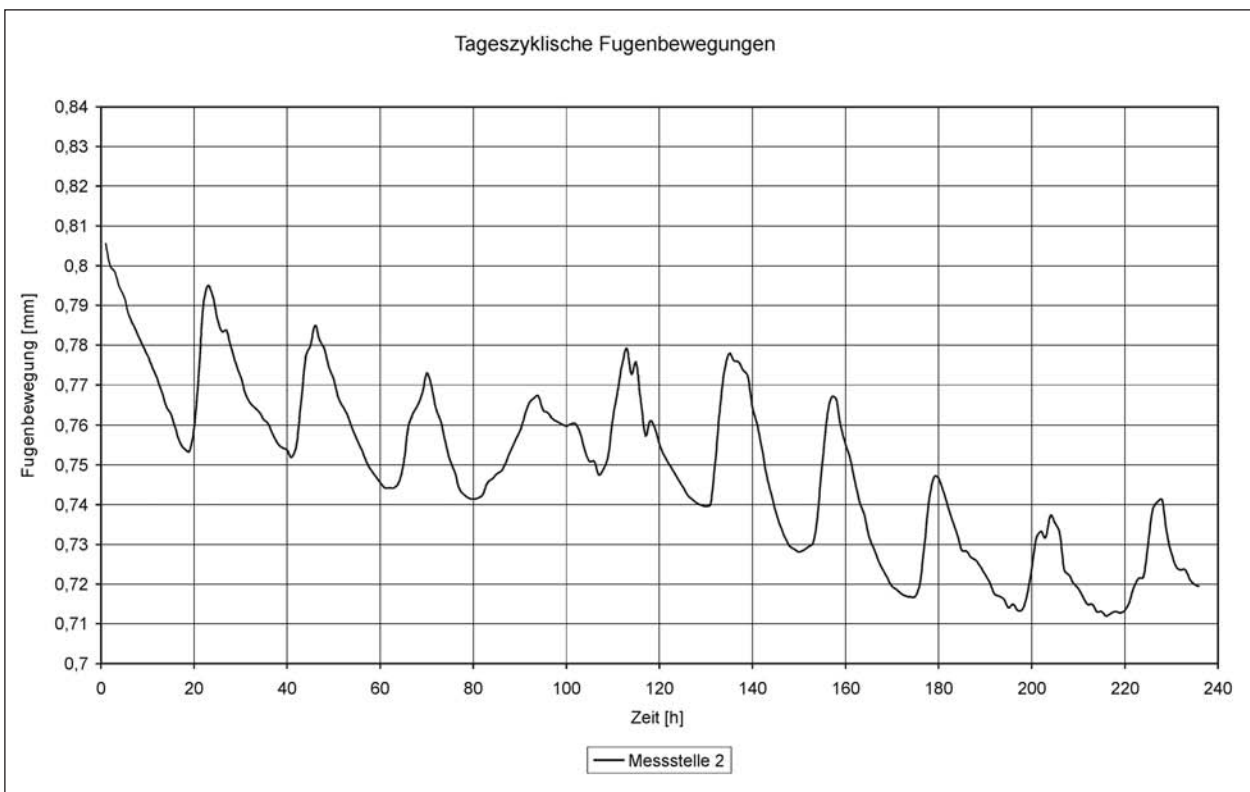


Bild 22: Fugenbewegungen Messreihe 2 vom 14.09.2006-24.09.2006

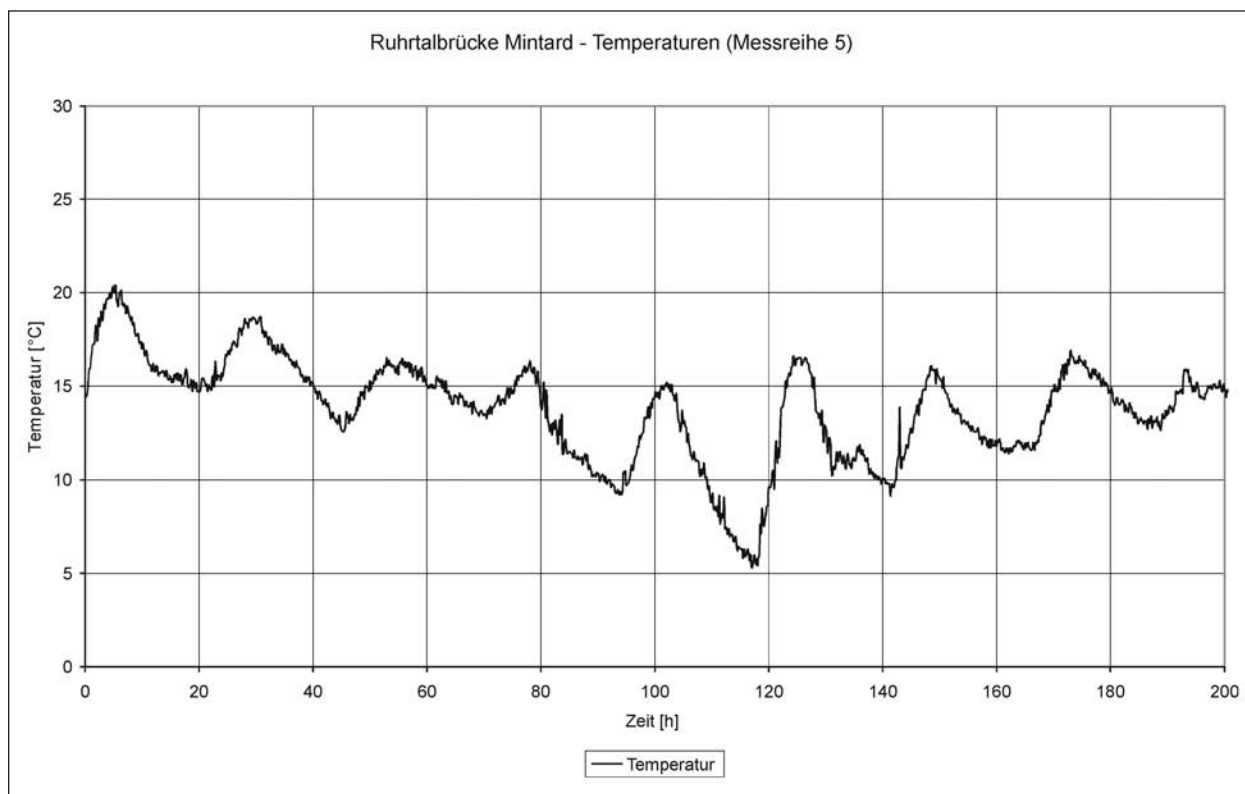


Bild 23: Temperaturen Messreihe 5 vom 11.10.2006-20.10.2006

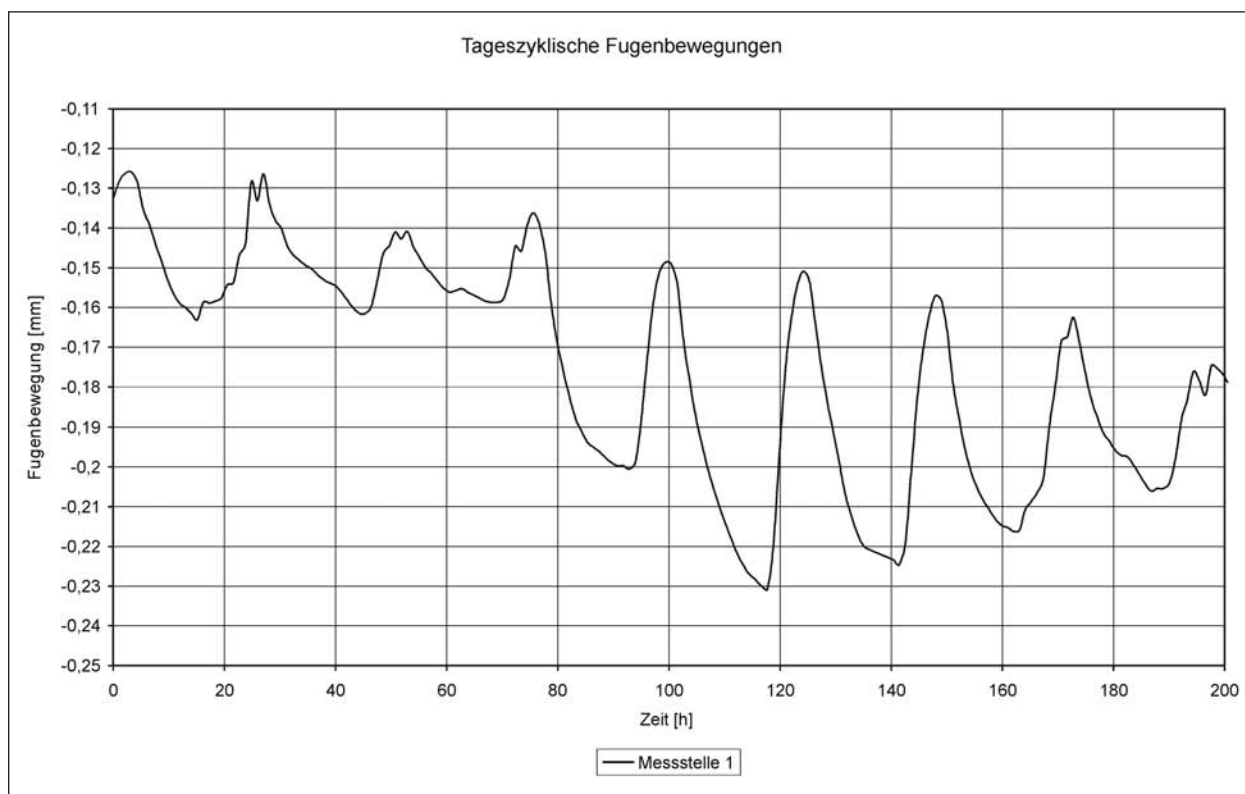


Bild 24: Fugenbewegungen Messreihe 5 vom 11.10.2006-20.10.2006

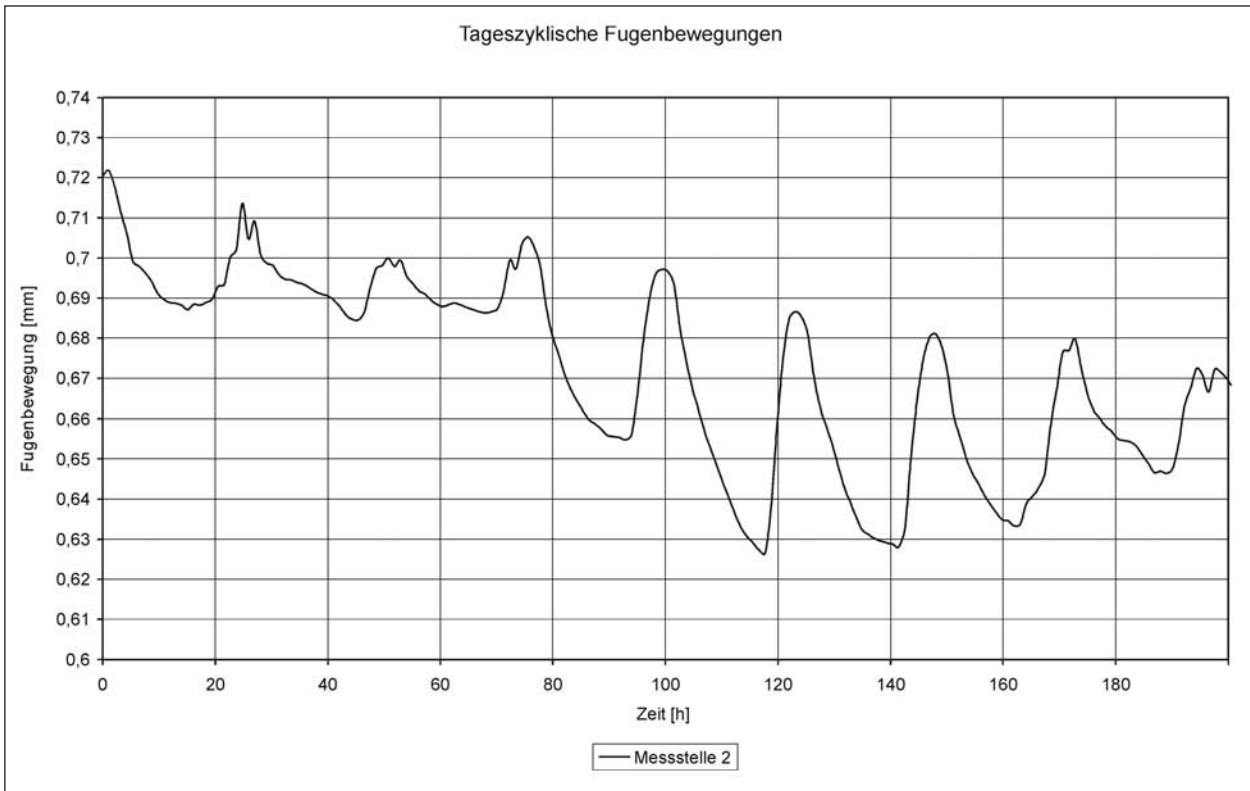


Bild 25: Fugenbewegungen Messreihe 5 vom 11.10.2006-20.10.2006

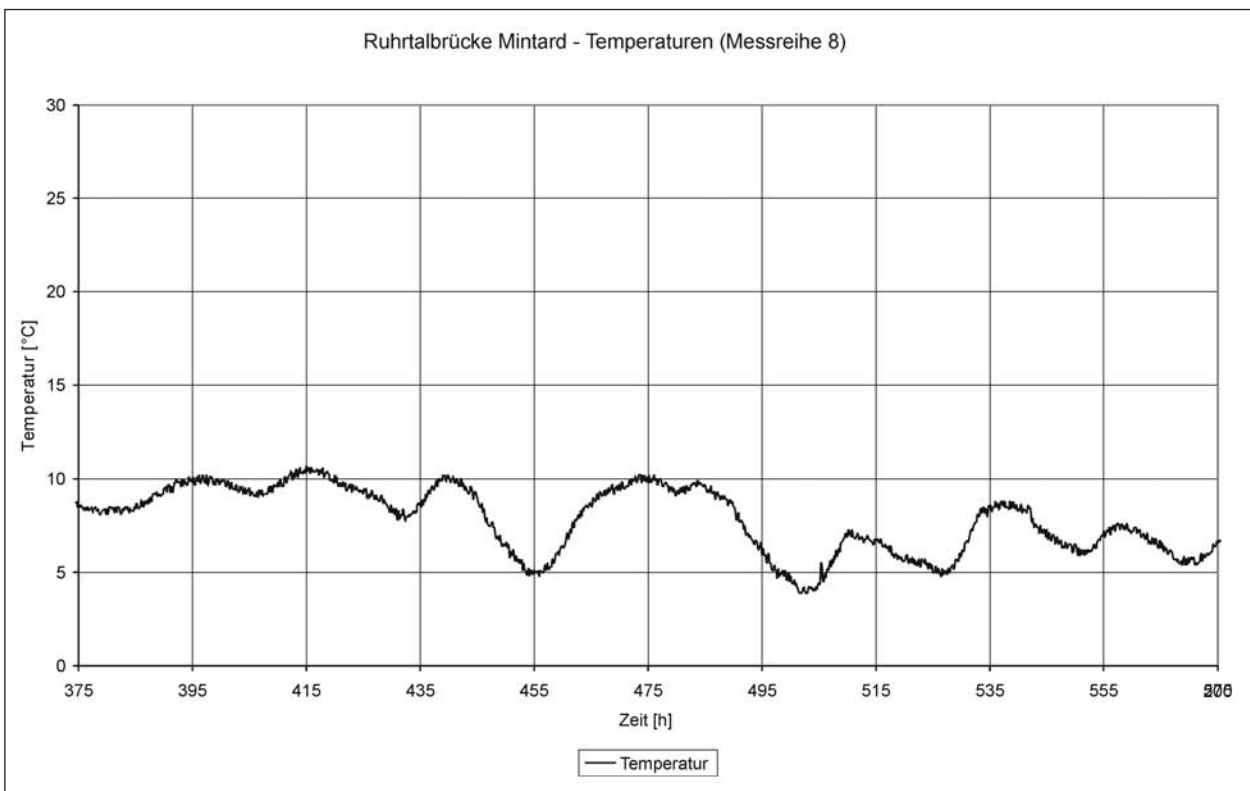


Bild 26: Temperaturen Messreihe 8 vom 02.11.2006-11.11.2006

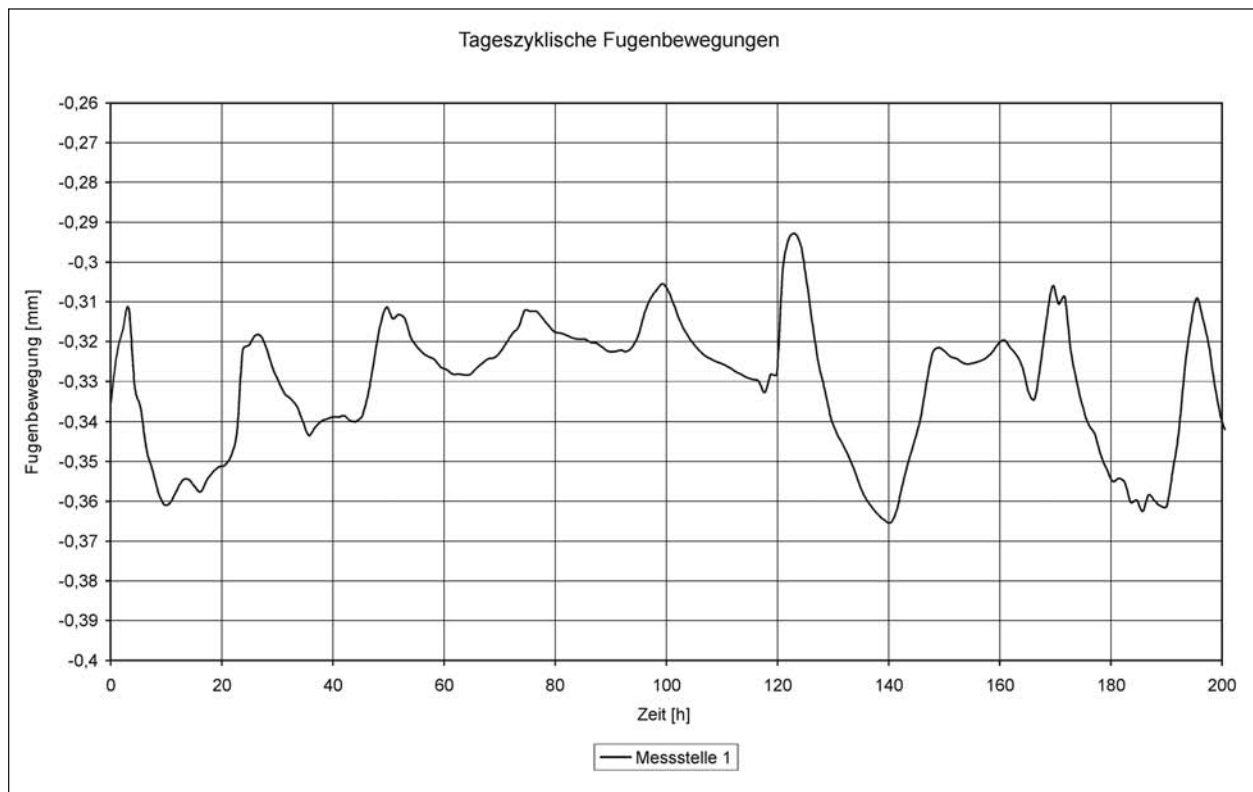


Bild 27: Fugenbewegungen Messreihe 8 vom 02.11.2006-11.11.2006

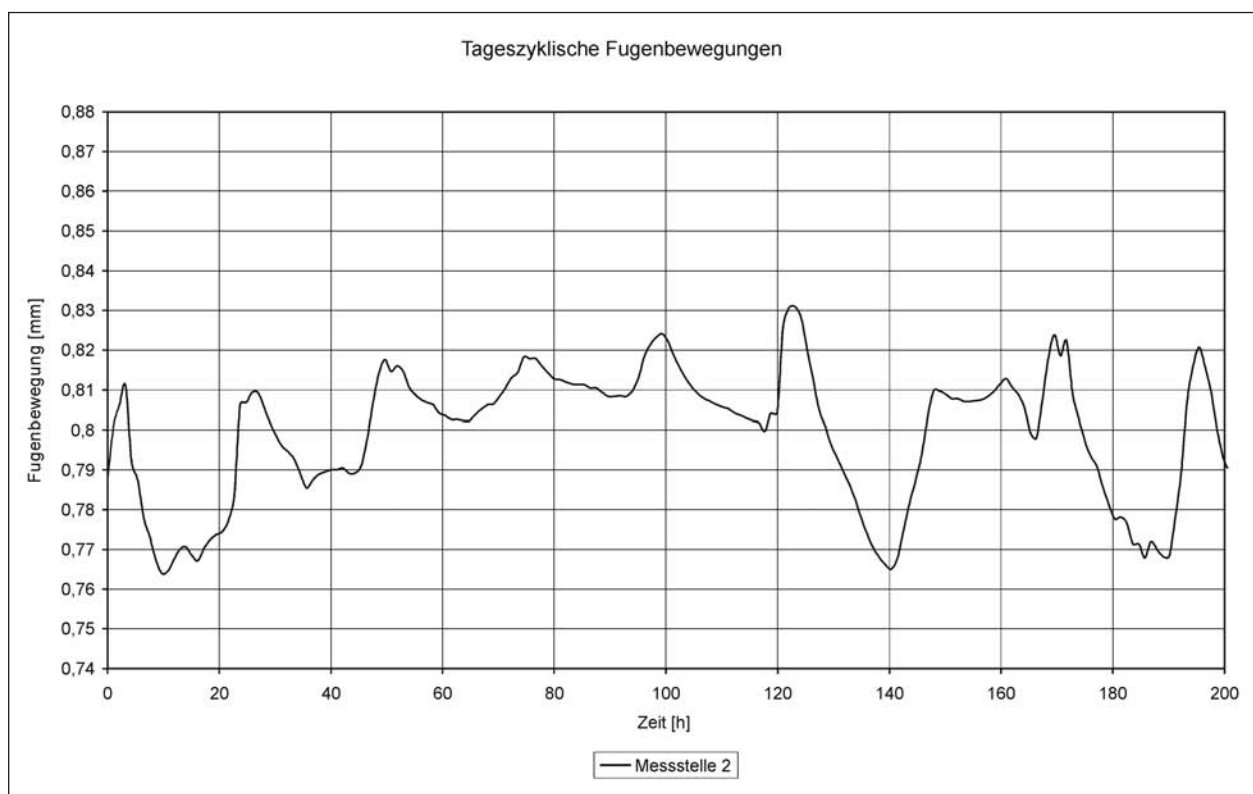


Bild 28: Fugenbewegungen Messreihe 8 vom 02.11.2006-11.11.2006

6 Langfristige und jahreszeitliche Fugenbewegungen

6.1 Allgemeines

Um die langfristigen bis jahreszeitlichen Fugenbewegungen zu erfassen, wurden in dem Zeitraum vom 19.10.2009 bis zum 09.06.2011 Messungen der Fugenöffnungsweiten bei unterschiedlichen Temperaturen (Oberflächentemperaturen des Belages) durchgeführt. Es konnten die Fugenbewegungen für einen Temperaturbereich von $-8,1^{\circ}\text{C}$ bis $+34,8^{\circ}\text{C}$ erfasst werden. Aufgrund von Bauarbeiten wurden die Messstellen 7 bis 14 und 21 bis 28 zu einem späteren Zeitpunkt am 15.06.2010 installiert, die Messungen erfolgten also für den Zeitraum vom 15.06.2010 bis zum 09.06.2011. Da einige Messstellen baustellenbedingt bzw. bedingt durch Schneehaufen im Winter zeitweise unzugänglich waren, weisen die Messreihen einige Lücken auf, aufgrund der hohen Anzahl der Messstellen haben diese Lücken in den Messreihen aber keine Auswirkungen auf die Gesamtaussage.

Die Messungen erfolgten wie in Kapitel 2 beschrieben als punktuelle Messungen mittels elektronischer Schieblehren.

Aufgrund der punktuellen Messungen sind in den Messergebnissen auch die Fugenbewegungen aus Verkehr sowie die tageszyklischen Fugenbewegungen enthalten.

6.2 Genauigkeit

Im Zuge der ersten Messung wurde auch eine Abschätzung der zu erwartenden Genauigkeit vorgenommen. Hierzu wurden die Messstellen unter erneutem Ansetzen der Schieblehre mehrfach abgelesen. Ebenso wurde bei den weiteren durchgeführten Messungen jede Messstelle jeweils drei Mal gemessen. Die Auswertung ergab eine Messgenauigkeit einer Einzelmessung von $\pm 0,3$ mm (95 % Vertrauensbereich). Für den Messwert als Mittelwert aus drei Einzelmessungen ergibt sich damit eine Messgenauigkeit von $\pm 0,2$ mm.

6.3 Messergebnisse

Die Ergebnisse der Messungen der langfristigen Fugenbewegungen sind in den Bildern 29 bis 32 aufgeteilt nach den vier Messstrecken dargestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Messun-

gen gemittelt und die jeweiligen Messwerte auf den Mittelwert bezogen dargestellt. Die dargestellten Messwerte stellen also die Fugenbewegungen um den Mittelwert bei den verschiedenen Oberflächentemperaturen des Belages dar (auf eine Messung der Temperaturen im Belag wurde verzichtet, da dies nur unter Beschädigung des Belages möglich gewesen wäre).

In der Messstrecke 1 (Bild 29) mit sechs Messstellen konnte ein Temperaturbereich von $-8,1^{\circ}\text{C}$ bis $+34,8^{\circ}\text{C}$ erfasst werden, also eine Temperaturspanne von 42,9 K. Die kleinste gemessene Fugenbewegung (Messstelle 6) betrug 0,1 mm, die größte Fugenbewegung (Messstelle 3) betrug 0,86 mm. Die mittlere Fugenbewegung ergab sich zu 0,64 mm (geometrisches Mittel).

Bei der Messstrecke 2 (Bild 30) mit 8 Messstellen wurde ein Temperaturbereich von $-3,1^{\circ}\text{C}$ bis $+34,8^{\circ}\text{C}$ erfasst, also eine Temperaturspanne von 37,9 K. Bei den Messstellen 7, 12 und 13 wurden mit 0,42 mm die kleinsten Fugenbewegung, bei der Messstelle 10 mit 0,76 mm die größte Fugenbewegung gemessen. Die mittlere Fugenbewegung ergab sich zu 0,59 mm.

Bei der Messstrecke 3 (Bild 31) mit 5 Messstellen wurde ein Temperaturbereich von $-8,1^{\circ}\text{C}$ bis $+34,8^{\circ}\text{C}$ erfasst, also eine Temperaturspanne von 42,9 K. Bei der Messstelle 18 wurde mit 0,57 mm die kleinsten Fugenbewegung, bei der Messstelle 20 mit 1,1 mm die größte Fugenbewegung gemessen. Die mittlere Fugenbewegung ergab sich zu 0,86 mm.

Bei der Messstrecke 4 (Bild 32) mit 8 Messstellen wurde ein Temperaturbereich von $+11,6^{\circ}\text{C}$ bis $+34,8^{\circ}\text{C}$ erfasst, also eine Temperaturspanne von 23,2 K. Bei der Messstelle 21 wurde mit 0,10 mm die kleinsten Fugenbewegung, bei der Messstelle 22 mit 0,86 mm die größte Fugenbewegung gemessen. Die mittlere Fugenbewegung ergab sich zu 0,49 mm.

Die an den Randfugen der Ruhrtalbrücke Mintard im Zuge BAB A 52 über einen Zeitraum von ca. 1,5 Jahren und einen Temperaturbereich von bis zu 43 K gemessenen Fugenbewegungen liegen im Mittel bei 0,7 mm. Die größte gemessene Fugenbewegung betrug 1,1 mm, die kleinste Fugenbewegung 0,1 mm.

Bei der Darstellung der Fugenbewegungen in Abhängigkeit von der Temperatur in den Bildern 29 bis

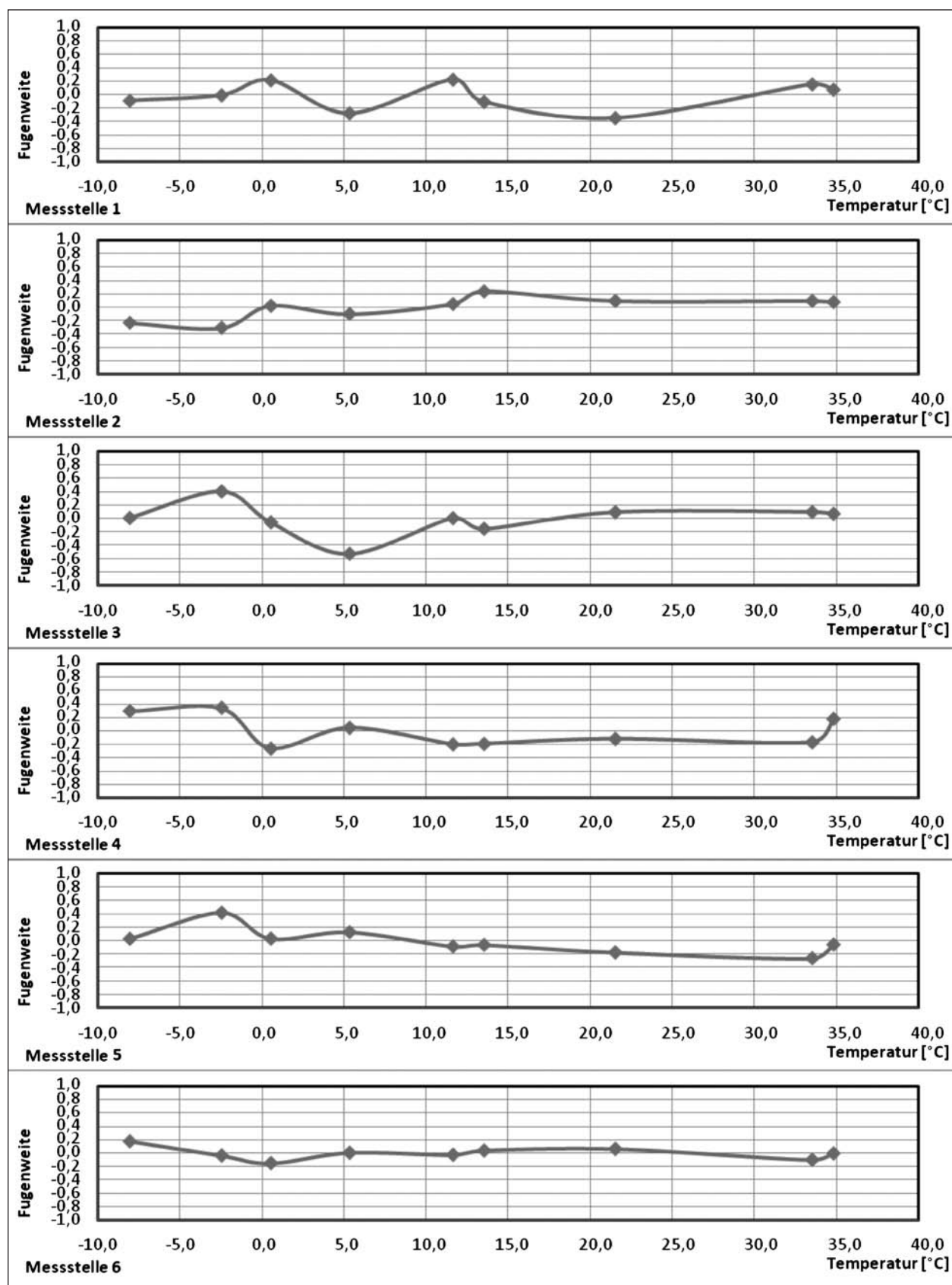


Bild 29: Fugenbewegungen der Messstellen 1 bis 6 (Fahrtrichtung Essen) – Temperaturbereich von -8,1 °C bis +34,8 °C

32 ist zu beachten, dass die dort dargestellten Messwerte von den tageszyklischen Fugenbewegungen

überlagert sind und die Messgenauigkeit der dargestellten Werte in einem Bereich von $\pm 0,2$ mm liegt.

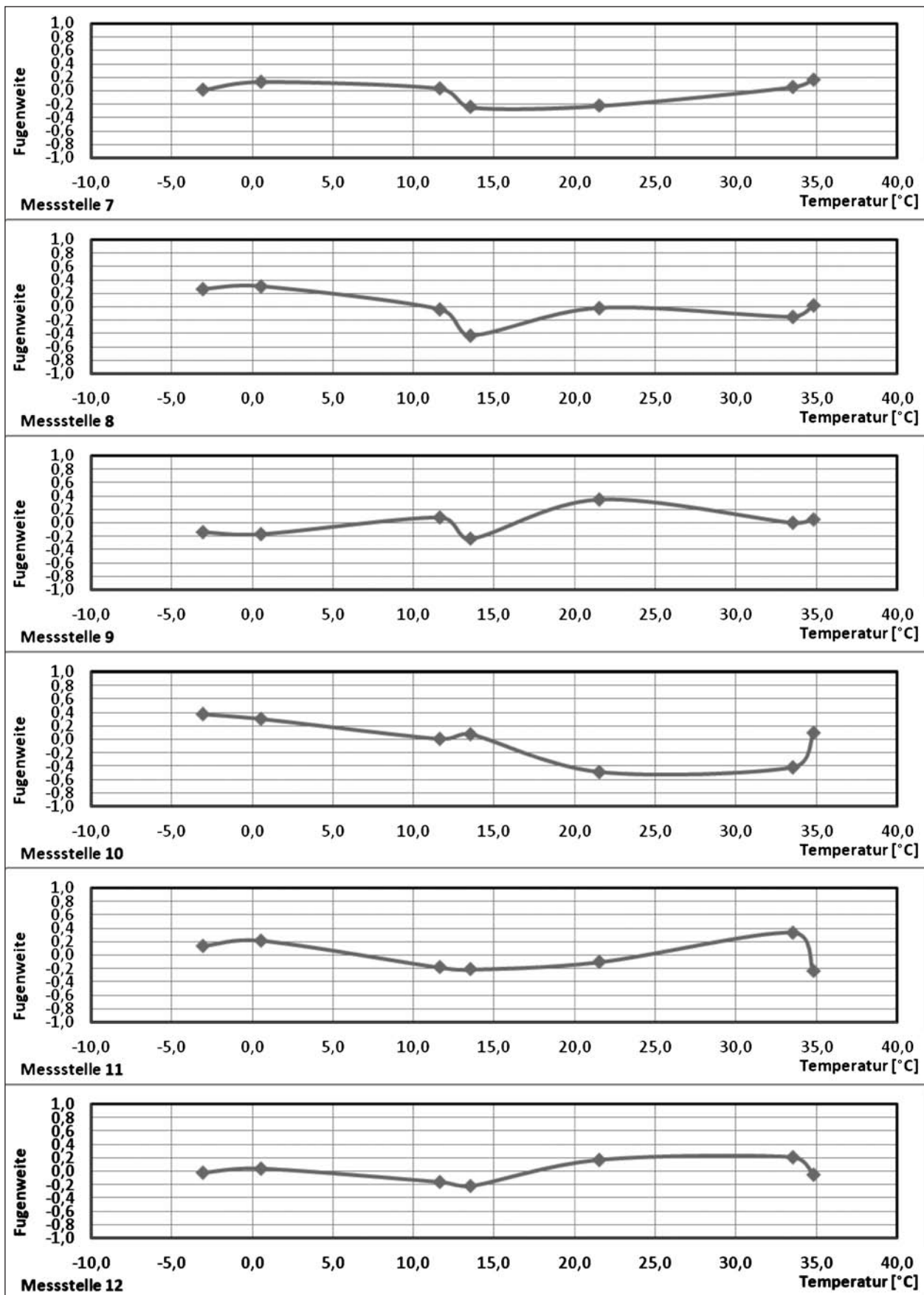


Bild 30: Fugenbewegungen der Messstellen 7 bis 14 (Fahrtrichtung Essen) – Temperaturbereich von -3,1 °C bis +34,8 °C

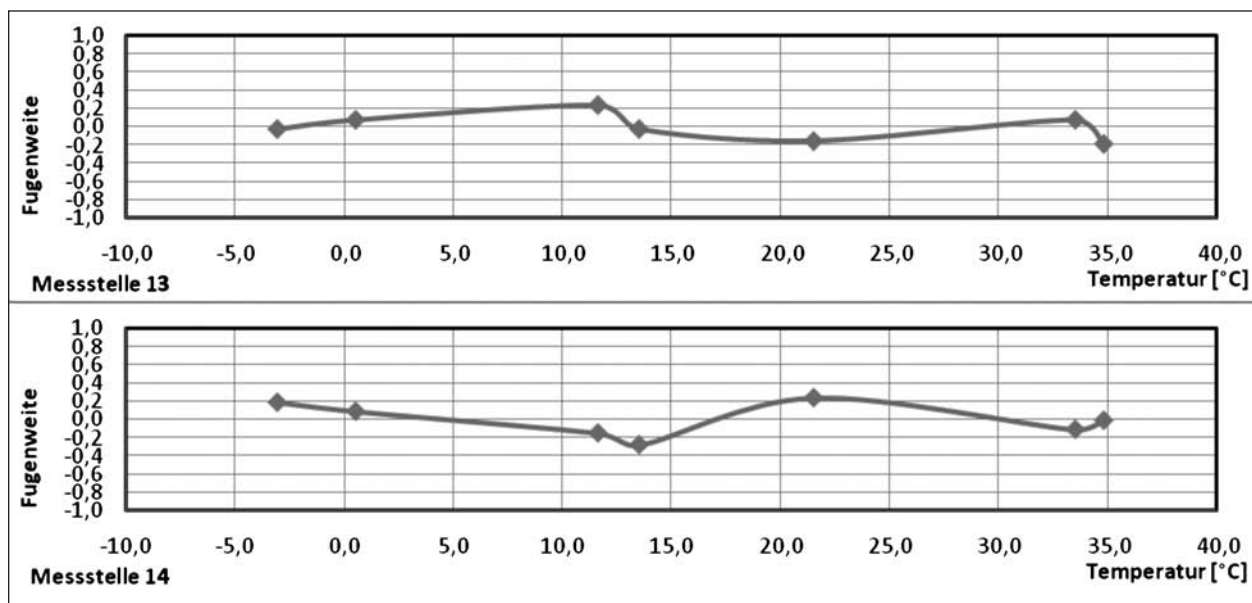


Bild 30: Fortsetzung

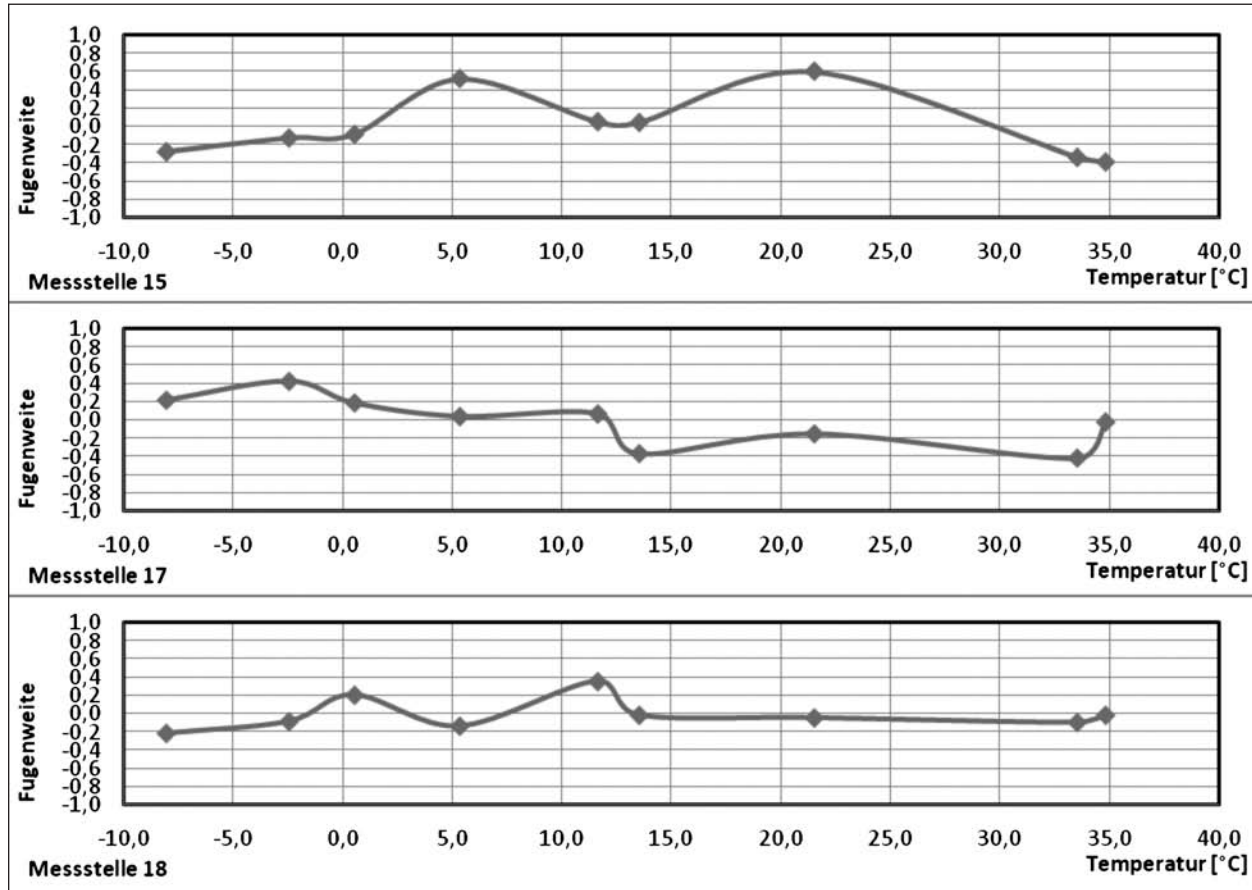


Bild 31: Fugenbewegungen der Messstellen 15 bis 20 (Fahrtrichtung Düsseldorf) – Temperaturbereich von -8,1 °C bis +34,8 °C

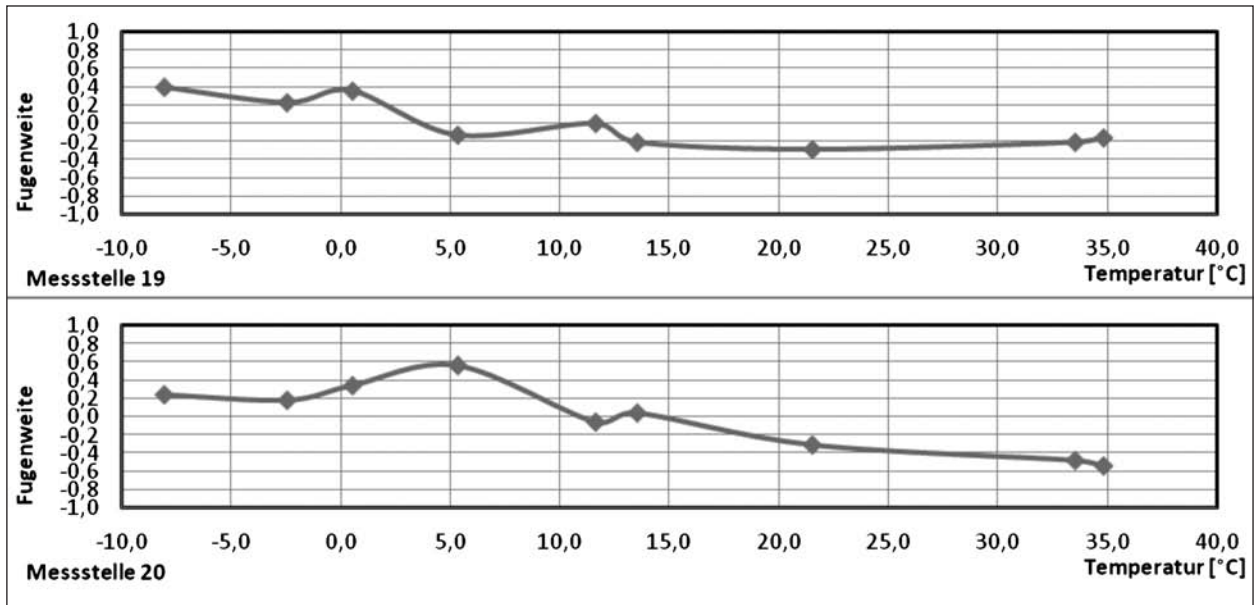


Bild 31: Fortsetzung

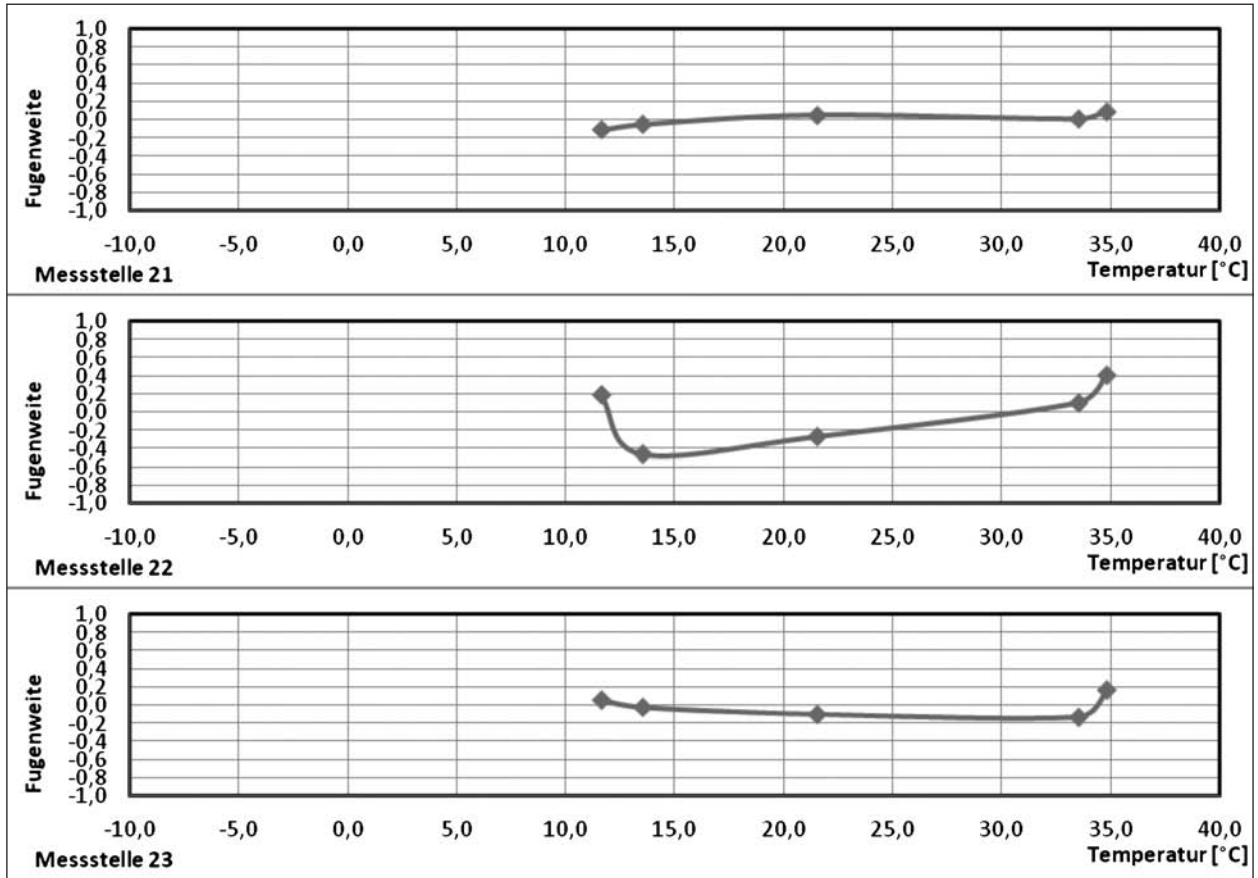


Bild 32: Fugenbewegungen der Messstellen 21 bis 28 (Fahrtr. Düsseldorf) – Temperaturbereich von +11,6 °C bis +34,8 °C

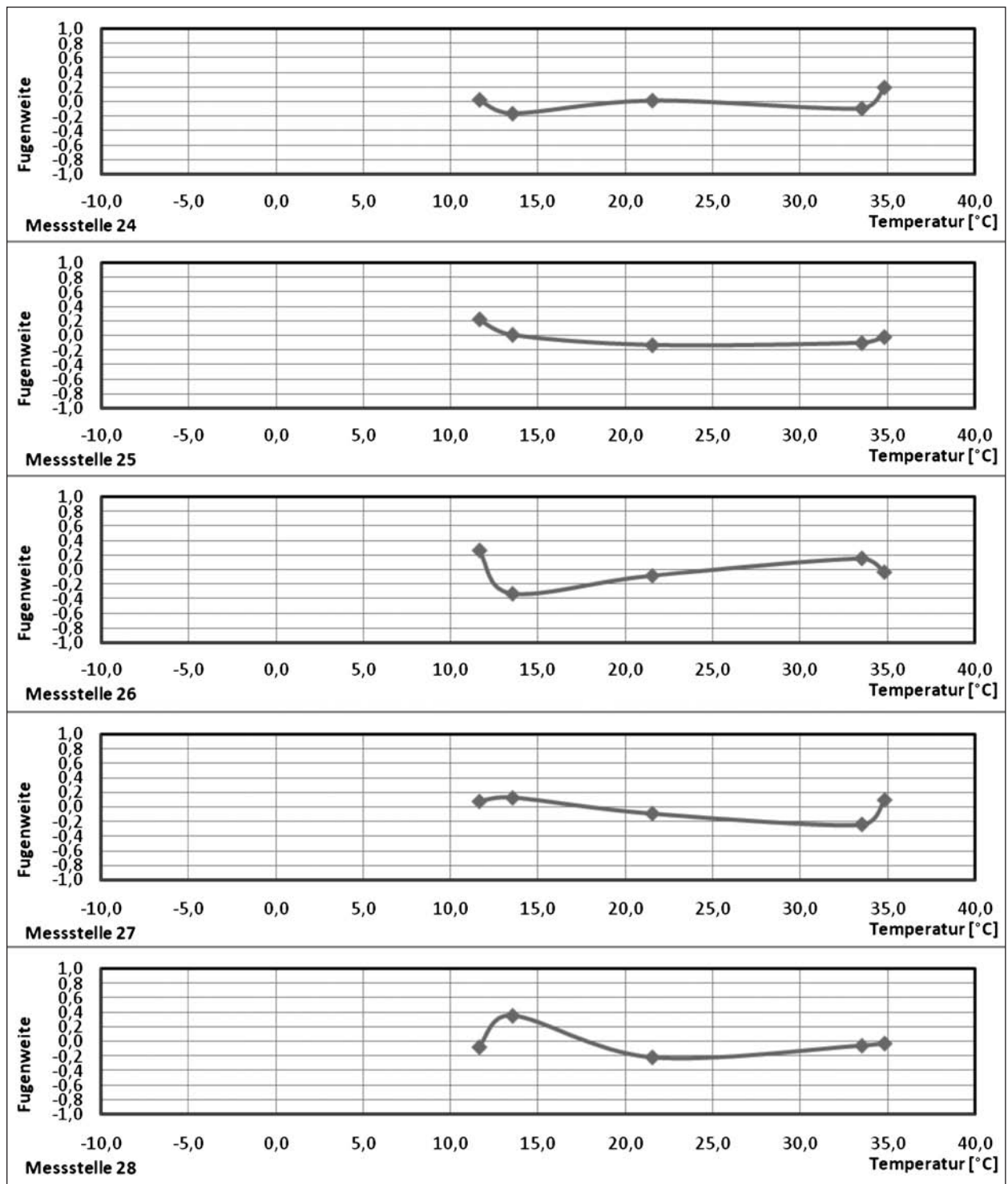


Bild 32: Fortsetzung

7 Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Projektes wurden zunächst sowohl die tageszyklischen Fugenbewegungen als auch die Fugenbewegungen aus Verkehr an den Randfugen der Ruhrtalbrücke Mintard gemessen. Die Bewegungen wurden mit induktiven Wegaufnehmern mit einer Frequenz von 50 Hz aufgezeichnet.

Für die Fugenbewegungen aus Verkehr ergaben sich Maximalwerte von ca. 16 μm . Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist eine Häufung der Fugenbewegungen aus Verkehr in dem Bereich zwischen 10 μm und 16 μm zu erkennen. Die Fugenbewegungen in diesem Bereich können zu einem großen Teil dem Fahrzeugtyp 10 (Sattelfahrzeug mit der Achsfolge 1+1+3) zugeordnet werden. Es ist anzunehmen, dass diese Fugenbewegungen also durch Fahrzeuge mit einem Gewicht im Bereich von 40 t verursacht werden. Die hier gefundenen Werte für die Fugenbewegungen stimmen sehr gut mit den Ergebnissen einer früheren Untersuchung [9] überein. Der Verlauf der Fugenbewegungen entspricht einer Einflusslinie mit einer Frequenz von ca. 1,1 Hz.

Bei den tageszyklischen Fugenbewegungen ergaben sich für maximale tageszyklische Temperaturunterschiede von 11 K maximale Fugenbewegungen von 0,08 mm. Werden diese gemessenen Fugenbewegungen auf die bei maximal möglichen tageszyklischen Temperaturänderungen von 15 K zu erwartenden Werte extrapoliert, so ergeben sich für die Fugenbewegungen der Ruhrtalbrücke Mintard maximale Fugenbewegungen von 0,12 mm. Auch diese Werte stimmen in der Größenordnung mit den bei der früheren Untersuchung [9] gemessenen Werten überein.

In einem zweiten Schritt wurden die langfristigen bis jahreszeitlichen Fugenbewegungen gemessen. Dies geschah unter Verwendung von Messmarken mittels elektronischer Tiefenlehren bei verschiedenen Belagstemperaturen, um den Einfluss von Temperaturänderungen im Belag auf die Öffnungsweite der Randfugen zu erfassen. Die gemessenen Fugenbewegungen lagen im Mittel bei 0,7 mm (wobei diese Messwerte aufgrund des Messverfahrens auch die Fugenbewegungen aus Verkehr sowie die tageszyklischen Fugenbewegungen enthalten). In einem Einzelfall wurde eine Fugenbewegung von 1,1 mm gemessen. Auch diese Werte stimmen in der Größenordnung gut mit den in [9] gemessenen Werten überein.

Bei den im Bereich der Bundesfernstraßen verwendeten Belägen und Abdichtungssystemen nach den ZTV-ING Teil 7, Abschnitt 4 (Abdichtungen im vollen Verbund) kann bei den Randfugen auf Stahlbrücken davon ausgegangen werden, dass die Fugenbewegungen (Summe aus langfristigen, tageszyklischen und verkehrsinduzierten Fugenbewegungen) im Regelfall 1 mm nicht überschreiten. Die tageszyklischen Fugenbewegungen liegen in einer Größenordnung von $< 0,2$ mm und die verkehrsinduzierten Fugenbewegungen in einer Größenordnung von $< 0,02$ mm.

8 Literatur

- [1] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen (ZTV Fug-StB 01), FGSV Verlag GmbH, Köln
- [2] Technische Lieferbedingungen für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen (TL Fug-StB 01), FGSV Verlag GmbH, Köln
- [3] Technische Prüfvorschriften für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen (TP Fug-StB 01), FGSV Verlag GmbH, Köln
- [4] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 7, Abschnitt 4 Brückenbeläge auf Stahl mit einem Dichtungssystem, (ZTV-ING Teil 7, Abschnitt 4), FGSV Verlag GmbH, Köln
- [5] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Herstellung von Brückenbelägen auf Stahl (ZTV-BEL-ST 92), FGSV Verlag GmbH, Köln
- [6] Asphaltkalender 2000, Beratungsstelle für Gussasphaltnwendung e. V., Bonn
- [7] Vergleichende Untersuchungen der Schubfestigkeiten der verschiedenen Bauarten der Abdichtungssysteme nach den ZTV-BEL-ST 92, Abschlussbericht zum FE 89077/2000/B2, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin 2000
- [8] Standfestigkeiten der Abdichtungssysteme nach den ZTV-BEL-ST, Bericht zum BAST-Projekt 01220, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, September 2005

- [9] Bewegungen von Randfugen auf Brücken, Bericht zum BAST-Projekt 98222, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, November 2002

- [10] Erfassung und Bewertung von reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen auf Stahl, Bericht zum Forschungsprojekt 96220, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, Februar 2000

- [11] EILERS, M.: Einbau von Reaktionsharzen in Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen, Straße und Autobahn, Heft 4/200

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Brücken- und Ingenieurbau“

2001

- B 28: Erfassung und Bewertung von reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen auf Stahl
Eilers € 11,00
- B 29: Ergänzende Untersuchungen zur Bestimmung der Karbonatisierungstiefe und des Chloridgehaltes von Beton
Gatz, Quaas € 12,00
- B 30: Materialkonzepte, Herstellungs- und Prüfverfahren für elutionsarme Spritzbetone
Heimbecher € 11,00
- B 31: Verträglichkeit von reaktionsharzgebundenen Dünnbelägen mit Abdichtungssystemen nach den ZTV-BEL-ST
Eilers, Stoll € 10,50
- B 32: Das Programm ISOCORRAG: Ermittlung von Korrosivitätskategorien aus Massenverlusten
Schröder € 11,50
- B 33: Bewährung von Belägen auf Stahlbrücken mit orthotropen Fahrbahnplatten
Eilers, Sczyslo € 17,00
- B 34: Neue reaktionsharzgebundene Dünnbeläge als Fahrbahnbeläge auf einem D-Brücken-Gerät
Eilers, Ritter € 13,00

2002

- B 35: Bewährung von Brückenbelägen auf Betonbauwerken
Wruck € 11,50
- B 36: Fahrbahnübergänge aus Asphalt
Wruck € 11,00
- B 37: Messung der Hydrophobierungsqualität
Hörner, von Witzhausen, Gatz € 11,00
- B 38: Materialtechnische Untersuchungen beim Abbruch der Talbrücke Haiger
Krause, Wiggenhauser, Krieger € 17,00
- B 39: Bewegungen von Randfugen auf Brücken
Eilers, Wruck, Quaas € 13,00

2003

- B 40: Schutzmaßnahmen gegen Graffiti von Wespennest
€ 11,50
- B 41: Temperaturmessung an der Unterseite orthotroper Fahrbahnplatten beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht
Eilers, Kühler, Quaas € 12,50
- B 42: Anwendung des Teilsicherheitskonzeptes im Tunnelbau
Städig, Krocker € 12,00
- B 43: Entwicklung eines Bauwerks Management-Systems für das deutsche Fernstraßennetz – Stufen 1 und 2
Haardt € 13,50
- B 44: Untersuchungen an Fahrbahnübergängen zur Lärminderung
Hemmert-Halswick, Ullrich € 12,50

2004

- B 45: Erfahrungssammlungen:
Stahlbrücken – Schäden – wetterfeste Stähle Seile
Teil 1: Dokumentation über Schäden an Stahlbrücken

- Teil 2: Dokumentation und Erfahrungssammlung mit Brücken aus wetterfesten Stählen
- Teil 3: Erfahrungssammlung über die Dauerhaftigkeit von Brückenseilen und -kabeln
Hemmert-Halswick € 13,00
- B 46: Einsatzbereiche endgültiger Spritzbetonkonstruktionen im Tunnelbau
Heimbecher, Decker, Faust € 12,50

2005

- B 47: Gussasphaltbeläge auf Stahlbrücken
Steinauer, Scharnigg € 13,50

2006

- B 48: Scannende Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung von Brückenbauwerken
Holst, Streicher, Gardei, Kohl, Wöstmann, Wiggenhauser € 15,00
- B 49: Einfluss der Betonoberflächenvorbereitung auf die Haftung von Epoxidharz
Raupach, Rößler € 13,50
- B 50: Entwicklung eines Bauwerks-Management-Systems für das deutsche Fernstraßennetz, Stufe 3
Holst € 13,50
- B 51: Hydrophobierungsqualität von flüssigen und pastösen Hydrophobierungsmitteln
Panzer, Hörner, Kropf € 12,50
- B 52: Brückenseile mit Galfan-Überzug – Untersuchung der Haftfestigkeit von Grundbeschichtungen
Friedrich, Staack € 14,50
- B 53: Verwendung von selbstverdichtendem Beton (SVB) im Brücken- und Ingenieurbau an Bundesfernstraßen
Tauscher € 14,50
- B 54: Nachweis des Erfolges von Injektionsmaßnahmen zur Mängelbeseitigung bei Minderdicken von Tunnelinnenschalen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Rath, Berthold, Lähler € 12,50

2007

- B 55: Überprüfung des Georadarverfahrens in Kombination mit magnetischen Verfahren zur Zustandsbewertung von Brückenfahrbahnplatten aus Beton mit Belagsaufbau
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Krause, Rath, Sawade, Dumat € 14,50
- B 56: Entwicklung eines Prüfverfahrens für Beton in der Expositionsklasse XF2
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Setzer, Keck, Palecki, Schießl, Brandes € 19,50
- B 57: Brandversuche in Straßentunneln – Vereinheitlichung der Durchführung und Auswertung
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Steinauer, Mayer, Kündig € 26,50
- B 58: Quantitative Risikoanalysen für Straßentunnel
Sistenich € 14,50

2008

- B 59: Bandverzinkte Schutzplankenholme
Schröder € 12,50
- B 60: Instandhaltung des Korrosionsschutzes durch Teilerneuerung - Bewährung
Schröder € 13,50

- B 61: **Untersuchung von Korrosion an Fußplatten von Schutzplankenpfosten**
Schröder, Staeck € 13,00
- B 62: **Bewährungsnachweis von Fugenfüllungen ohne Unterfüllstoff**
Eilers € 12,00
- B 63: **Selbstverdichtender Beton (SVB) im Straßentunnelbau**
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Heunisch, Hoepfner, Pierson (†), Dehn, Orgass, Sint € 17,50
- B 64: **Tiefenabhängige Feuchte- und Temperaturmessung an einer Brückenkappe der Expositionsklasse XF4**
Brameshuber, Spörel, Warkus € 12,50

2009

- B 65: **Zerstörungsfreie Untersuchungen am Brückenbauwerk A1 Hagen/Schwerte**
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Friese, Taffe, Wöstmann, Zoega € 14,50
- B 66: **Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln**
Zulauf, Locher, Steinauer, Mayer, Zimmermann, Baltzer, Riepe, Kündig € 14,00
- B 67: **Brandkurven für den baulichen Brandschutz von Straßentunneln**
Blosfeld € 17,50
- B 68: **Auswirkungen des Schwerlastverkehrs auf die Brücken der Bundesfernstraßen – Teile 1-4**
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden. -
Kaschner, Buschmeyer, Schnellenbach-Held, Lubasch, Grünberg, Hansen, Liebig, Geißler € 29,50
- B 69: **Berücksichtigung der Belange behinderter Personen bei Ausstattung und Betrieb von Straßentunneln**
Wagener, Grossmann, Hintzke, Sieger € 18,50
- B 70: **Frost-Tausalz-Widerstand von Beton in Brücken und Ingenieurbauwerken an Bundesfernstraßen**
Tauscher € 14,50

2010

- B 71: **Empfehlungen für geschweißte KK-Knoten im Straßenbrückenbau**
Kuhlmann, Euler € 22,50
- B 72: **Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit von permanenten Anti-Graffiti-Systemen**
Weschpfennig, Kropf, von Witzzenhausen € 13,50
- B 73: **Brand- und Abplatzverhalten von Faserbeton in Straßentunneln**
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Dehn, Nause, Juknat, Orgass, König € 21,00
- B 74: **Verwendung von Anti-Graffiti-Systemen auf Mauerwerk**
Müller € 14,00
- B 75: **Sachstand Verstärkungsverfahren – Verstärken von Betonbrücken im Bestand**
Schnellenbach-Held, Peeters, Scherbaum € 13,50

2011

- B 76: **Instandsetzung und Verstärkung von Stahlbrücken unter Berücksichtigung des Belagssystems**
Sedlacek, Paschen, Feldmann, Geßler, Möller, Steinauer, Scharnigg € 17,00
- B 77: **Anpassung von DIN-Fachberichten "Brücken" an Eurocodes**
Teil 1: DIN-FB 101 "Einwirkung auf Brücken" →
Teil 2: DIN-FB 102 "Betonbrücken" →
Teil 3: DIN-FB 103 "Stahlbrücken" →

Teil 4: DIN-FB 104 "Verbundbrücken"

- Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden. -
Freundt, Böning, Maurer, Arnold, Gedwien, Müller, -
Schrick, Tappe, Kuhlmann, Rasche, Froschmeier,
Euler, Hanswille, Brauer, Bergmann € 29,50
- B 78: **Bemessung von Wellstahlbauwerken – Vergleich nach den bisherigen und den neuen Richtlinien**
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Kuhlmann, Günther, Krauss € 18,50
- B 79: **Untersuchungen zur Querkraftbemessung von Spannbe- tonbalken mit girlandenförmiger Spann- gliedführung**
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Maurer, Kiziltan, Zilch, Dunkelberg, Fitik (in Vorbereitung)
- B 80: **Lautsprecheranlagen und akustische Signalisierung in Straßentunneln**
Mayer, Reimann, Löwer, Brettschneider, Los € 16,00
- B 81: **Quantifizierung der Lebensdauer von Betonbrücken mit den Methoden der Systemanalyse**
Müller, Vogel, Neumann € 14,50
- B 82: **Verkehrslastmodelle für die Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand**
Freundt, Böning € 16,00
- B 83: **Konzeption zur Nachrechnung bestehender Straßenbrücken**
Maurer, Kolodziejczyk, Zilch, Dunkelberg € 16,00
- B 84: **Prüfung des Frost-Tausalz-Widerstandes von Beton mit dem modifizierten CDF-Verfahren (XF2)**
Gehlen, Lowke, Milachowski € 15,00
- B 85: **Entwicklung von Verfahren einer zuverlässigkeitsbasierten Bauwerksprüfung**
Zilch, Straub, Dier, Fischer € 19,50
- B 86: **Untersuchungen an Bauwerken aus hochfesten Beton**
Nguyen, Freitag € 13,50

2012

- B 87: **Vermeidung von Glättebildung auf Brücken durch die Nutzung von Geothermie**
Feldmann, Döring, Hellberg, Kuhnhenne, Pak, Mangerig, Beucher, Hess, Steinauer, Kemper, Scharnigg € 17,00
- B 88: **Anpralllasten an Schutzeinrichtungen auf Brücken – Anpassung der DIN-Fachberichte "Stahlbrücken" und "Verbundbrücken" an endgültige Eurocodes und nationale Anhänge einschließlich Vergleichsrechnungen**
Kuhlmann, Zizza, Günther € 15,50
- B 89: **Nachrechnung von Betonbrücken zur Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Bauwerke**
Maurer, Heeke, Kiziltan, Kolodziejczyk, Zilch, Dunkelberg, Fitik € 19,50
- B 90: **Fugenbewegung an der Ruhrtalbrücke Mintard**
Eilers, Quaas, Staeck € 14,00

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.