TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN Institut für Massivbau www.dbbs.tu-dresden.de

26. DRESDNER BRÜCKENBAUSYMPOSIUM

PLANUNG, BAUAUSFÜHRUNG, INSTANDSETZUNG UND ERTÜCHTIGUNG VON BRÜCKEN

14./15. MÄRZ 2016

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Institut für Massivbau http://massivbau.tu-dresden.de

Tagungsband
26. Dresdner Brückenbausymposium

Institut für Massivbau
Freunde des Bauingenieurwesens e.V.

14. und 15. März 2016

© 2016 Technische Universität Dresden
Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.
Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichnungen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Herausgeber:	Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach Technische Universität Dresden Institut für Massivbau 01062 Dresden
Redaktion:	Silke Scheerer, Angela Heller
Layout:	Ulrich van Stipriaan
Anzeigen:	Harald Michler
Titelbild:	Fußgängerbrücke Schierstein. Foto: Cengiz Dicleli
Druck:	addprint AG, Am Spitzberg 8a, 01728 Bannewitz / Possendorf

ISSN 1613-1169
ISBN 978-3-86780-467-7

Inhalt

Herzlich willkommen zum 26. Dresdner Brückenbausymposium 13
Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen

Außer Konkurrenz 15
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

Realisierungswettbewerb zum Ersatzneubau der Eisenbahnüberführungen über die Oder und die Odervorflut bei Küstrin-Kietz 23
Auszug aus der Broschüre der DB Netz AG 2016, Redaktion: Dipl.-Ing. Hartmut Schreiter

Zur Gestaltung von Brücken der Bundesfernstraßen – Die Suche nach der besten Lösung ... 37
Dr.-Ing. Gero Marzahn, Dr.-Ing. Heinz-Hubert Benning

Search for the true structural solution 47
Prof. Jiri Strasky, DSc.

Der Ersatzneubau der Lahntalbrücke Limburg 67
Dipl.-Ing. Annett Nusch, Dr.-Ing. Stefan Franz

Wirtschaftliche Selbstkletterschalung für Europas aktuell größtes Brückenbauprojekt „Hochmoselbrücke 85
Dipl.-Ing. Sebastian Riegel

Verstärkung von Brücken mit externer Vorspannung – Einsatzbereiche und Randbedingungen 103
Dipl.-Ing. Michael Buschlinger, Dipl.-Ing., MBA Annette Jarosch

Ulrich Finsterwalder (1897–1988) – Doyen des Brückenbaus 119
Prof. Cengiz Dicleli

Gestaltungskonzept für die Brückenbauwerke im Zuge der BAB A 3 zwischen AK Biebelried und AK Fürth/Erlangen 153
LBD Dipl.-Ing. Bernd Endres, Dipl.-Ing. Rolf Jung

Reparatur der Autobahnbrücke über die Süderelbbrücke nach schwerem Schiffsanprall – Nachrechnung, Planung, Ausführung, Analyse 165
Dipl.-Ing. Dirk Seipelt, Dipl.-Ing. Stefan Eschweiler, Dipl.-Ing. Thomas Neysters, Brinja Coors M.Sc., Dipl.-Ing. Martin Grassl

Langzeitverhalten von geokunststoffbewehrten Stützkonstruktionen – zukünftig eine Standardbauweise auch für Brückenwiderlager? 177
Dipl.-Ing. Hartmut Hangen, M.Sc. July Ellen Jaramillo Castro

Die Herausforderungen und Möglichkeiten einer umfassenden Grundlagenanalyse am Beispiel des Hovenringes in Eindhoven (NL) 193
Dipl.-Ing. Adriaan Kok, Dipl.-Des. Marion Kresken

Die Butterfly-Bridge in Kopenhagen 211
Dr.-Ing. Karl Morgen, Dipl.-Ing. Jan Lüdders

Militärischer Einfluss auf Konstruktion und Architektur von Eisenbahnbrücken im Deutschen Reich 221
Volker Mende M.A.

Verstärken mit Carbonbeton im Brückenbau 235
Dr.-Ing. Harald Michler

Zur Anwendung von Szenario-Spektren beim seismischen Nachweis von Brücken 249
Dr.-Ing. habil. Dirk Proske

Brücken bauen mit Eisenbeton – Gedanken zum denkmalgerechten Umgang 263
Dipl.-Ing. Oliver Steinbock

Brückenbauexkursion 2015 – Infrastrukturprojekte in Tschechien, Österreich und Deutschland 273
Dipl.-Ing. Sebastian Wilhelm, Dipl.-Ing. Robert Zobel

Chronik des Brückenbaus 283
Zusammenstellung: Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner

Inserentenverzeichnis 311

Im gedruckten Tagungsband stand hier eine Anzeige. Sie wurde für die Online-Fassung entfernt.

Reparatur der Autobahnbrücke über die Süderelbbrücke nach schwerem Schiffsanprall – Nachrechnung, Planung, Ausführung, Analyse

***Dipl.-Ing. Dirk Seipelt*[1], *Dipl.-Ing. Stefan Eschweiler*[2], *Dipl.-Ing. Thomas Neysters*[1], *Brinja Coors M.Sc.*[1], *Dipl.-Ing. Martin Grassl*[1]**

[1] *Ingenieurbüro Grassl GmbH, Hamburg*

[2] *Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG), Hamburg*

1 Veranlassung

Der Wasserstand der Elbe kann im Bereich des Hamburger Hafens durch Tiede und Windrichtung und -stärke um mehrere Meter schwanken. Schiffsunfälle mit Brücken sind aufgrund der großen Erfahrung der Schiffsführer zwar relativ selten, das Schadensausmaß kann aber erheblich sein. Es liegt im Ermessen der Schiffsführer einzuschätzen, ob Brücken noch passiert werden können oder nicht.

Am 11.12.2014 um ca. 6 Uhr wollte ein Schubverband die Süderelbbrücke der Autobahn A 1 von Westen nach Osten elbaufwärts passieren. Auf Deck befand sich ein Ladungskran, der fest mit dem Bootsdeck verbunden war. Der Ausleger des Krans kollidierte mit dem Untergurt des westlichen der beiden Hauptträger der 50 Jahre alten Stahlbrücke. Infolge des Anpralls wurde der Kranausleger aus seiner Verankerung gerissen und nach hinten umgeworfen. Durch die immensen Kräfte wurde der außen liegende Hauptträger stark in horizontaler und vertikaler Richtung deformiert. Die aussteifenden Elemente des Querschnitts (Aussteifungsrahmen und eine Querscheibe) wurden so schwer beschädigt, dass diese über weite Bereiche der Brücke wirkungslos waren.

Das vorgefundene Schadensbild stellte im Sinne des ARS 14/2004 ein unklares bzw. standsicherheitsrelevantes Schadensbild dar. Der Verkehr wurde als Sofortmaßnahme nur noch 1-spurig anstatt vorher 3-spurig mit einem Fahrstreifen direkt am östlichen Fahrbahnrand zugelassen. Für Schwerverkehr wurde die Brücke komplett gesperrt.

Der Verkehrslastträger der Brücke, der Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG), beauftragte das Ingenieurbüro Grassl daher, unverzüglich eine objektbezogene Schadensanalyse (OSA) durchzuführen, die Tragfähigkeit unter Berücksichtigung des Schadensausmaßes zu bewerten sowie ein Instandsetzungsprogramm für eine kurzfristige Reparatur zu entwickeln.

Den Zustand des Schubverbandes nach der Kollision verdeutlicht Bild 1. Dabei ist zu erkennen, dass infolge des Anpralls der Kranausleger aus seiner Verankerung gerissen sowie einige Bedachungselemente beschädigt wurden.

Bei der Süderelbbrücke handelt es sich um eine 4-feldrige, 325,50 m lange (58,75 m – 104 m – 104 m – 58,75 m) Stahlbrücke aus dem Jahr 1965. Bild 2 zeigt eine Übersicht. Die Brücke ist Bestandteil der Autobahn A 1 und stellt neben der A 7 den

Bild 1: Filmausschnitte des havarierten Schiffes
(Quelle: Hellwig, TV Elbnews)

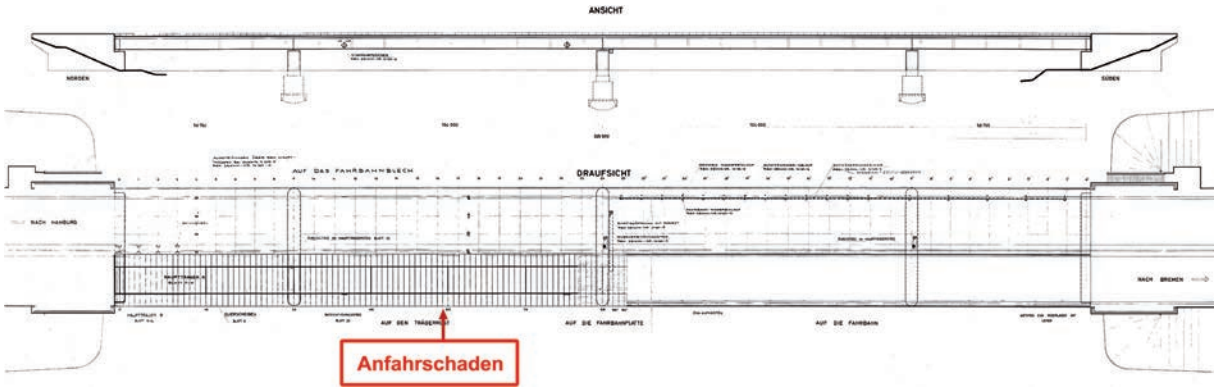

Bild 2: Ansicht und Draufsicht Süderelbbrücke (Zeichnung: LSBG)

wichtigsten Verkehrsweg für den Großraum Hamburg in Richtung Süden sowie der Nord-Süd-Verbindung zwischen Dänemark und Südeuropa dar. Die Brücke hat eine tägliche Verkehrsbelastung von ca. 51.000 KFZ sowie 7.200 Schwerverkehre (Stand 2014, Quelle: www.bast.de).

Bild 3 zeigt das horizontale Aussteifungssystem der Brücke. Für die Gesamtquersteifigkeit der Brücke sind alle 26 m Querscheiben zwischen den Hauptträgern vorhanden (rechts im Querschnitt dargestellt). Zusätzlich sind in regelmäßigen Abständen Quersteifen angeordnet, die zusammen mit den Querträgern einen Rahmen bilden (links im Querschnitt dargestellt).

Die Stelle des Schiffsanpralls befindet sich im zweiten Brückenfeld mit 104 m Spannweite am unteren Flansch des westlichen Hauptträgers in Feldmitte direkt neben einer aussteifenden Querscheibe. Der Hauptträgersteg einschließlich der inneren Quersteifen sowie der untere Hauptträgerflansch wurden auf einer Länge von 50 m um bis zu 40 cm nach innen verbogen. Die vorhandene Querscheibe verhinderte durch ihre aussteifende Wirkung eine größere Verformung des Hauptträgers. Der Hauptträgerflansch (drei Lamellen à 24 mm) weist im Bereich des Anpralls große Kerben im Stahlprofil auf und die verbindenden Schweißnähte zwischen den Lamellen sind gerissen (Bild 4). Die Lager sowie die Tragstruktur der angrenzenden Brückenfelder weisen keine sichtbaren Schädigungen auf. Die Bilder 4 und 5 zeigen den Anprallort und die aus dem Anprall entstandenen plastischen Verformungen.

Weiterhin wurde festgestellt, dass im Vergleich zum benachbarten und baugleichen dritten Brückenfeld die horizontale Schwingungsamplitude des geschädigten Hauptträgers durch die beschädigten Queraussteifungen wesentlich größer war. Bei der Vermessung des Bauwerks wurde infolge PKW-Verkehrs eine horizontale Bewegung des Hauptträgers von bis zu 5 cm festgestellt.

2 Nachrechnung

Die reduzierte Anzahl an Fahrstreifen stellte eine erhebliche Beeinträchtigung des über die Brücke laufenden Verkehrs der A 1 dar. So bildeten sich insbesondere im Berufsverkehr kilometerlange

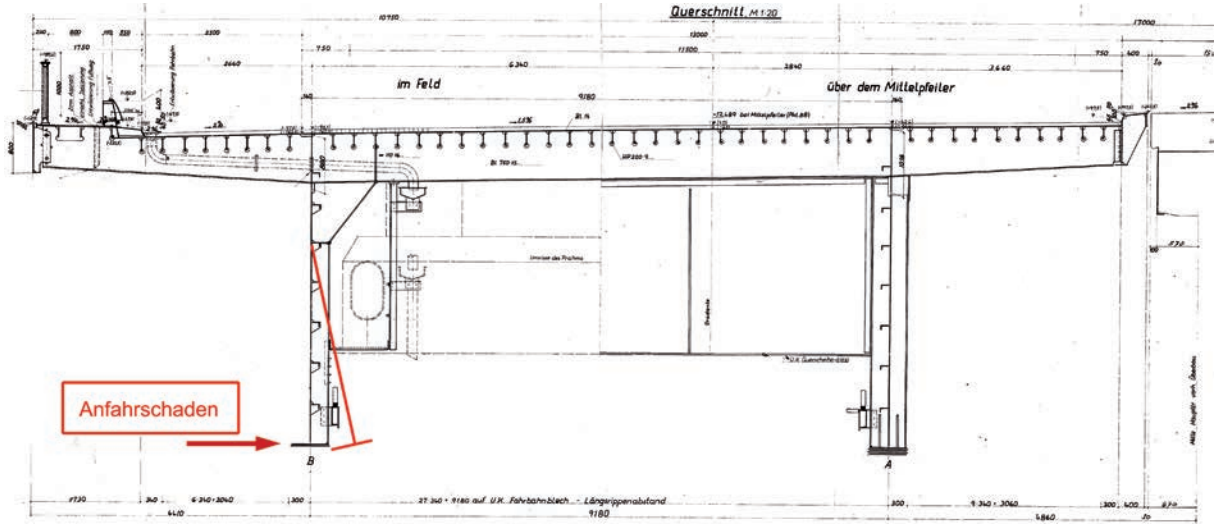

Bild 3: Brückenquerschnitt (Zeichnung: LSBG)

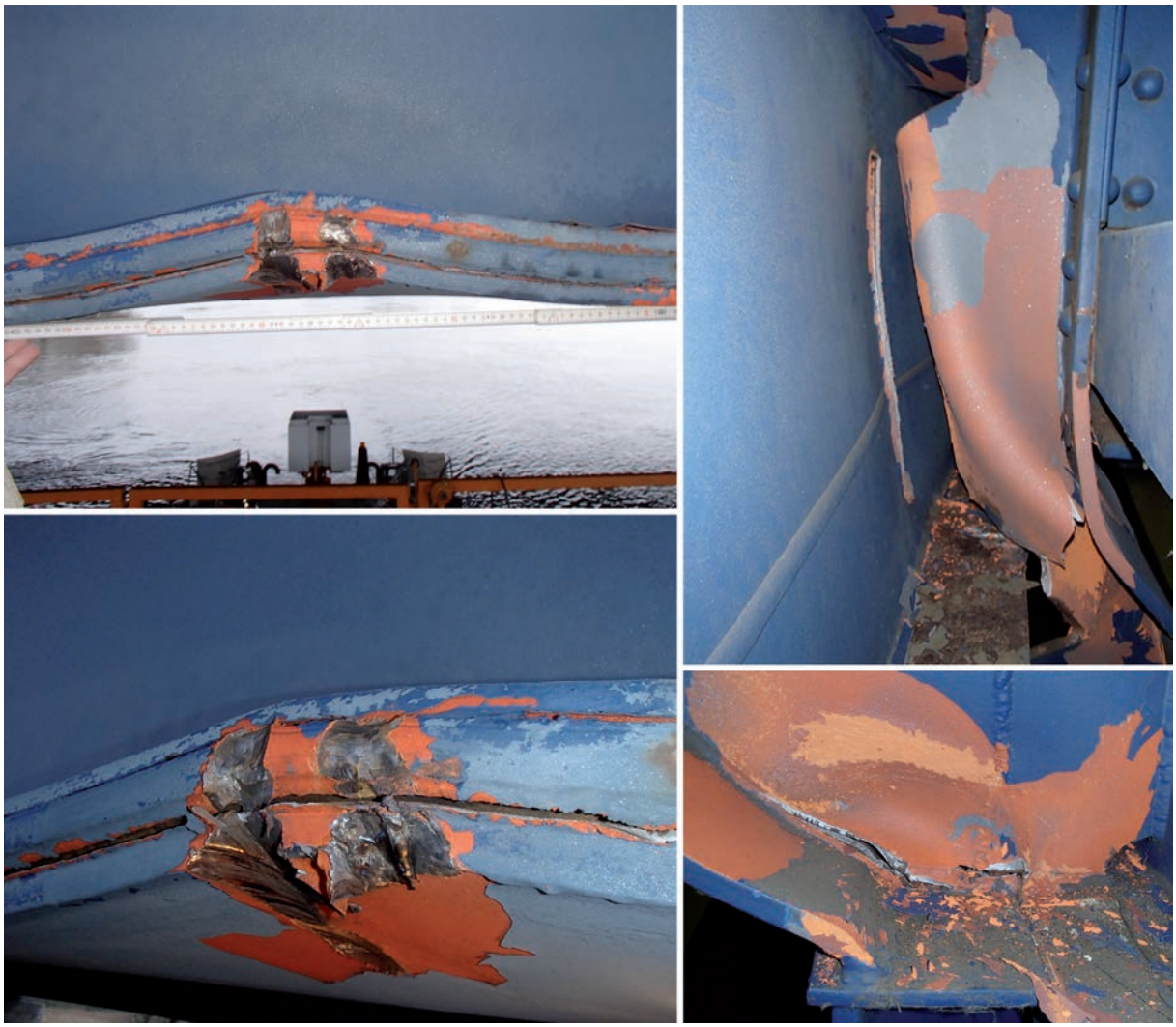

Bild 4: Schäden an Flansch und Aussteifungselementen (Fotos: Ingenieurbüro Grassl GmbH)

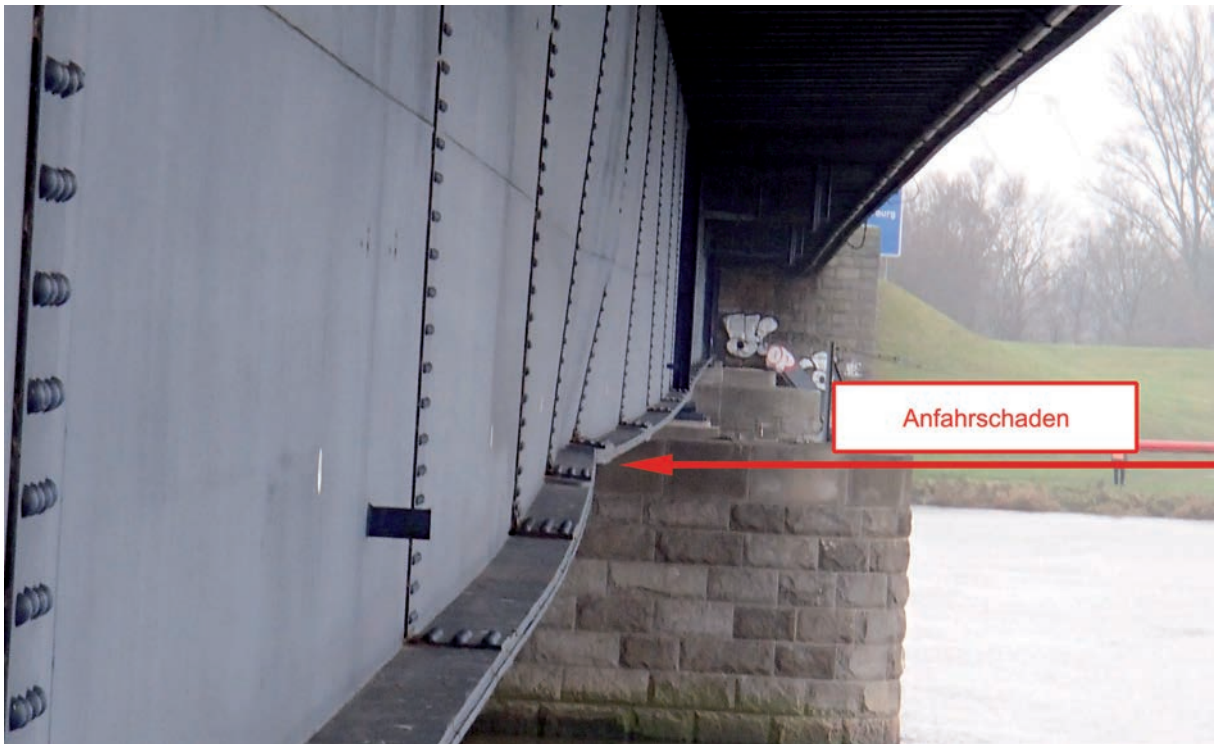

Bild 5: Anfahrschaden, Ansicht aus Süden (Foto: Ingenieurbüro Grassl GmbH)

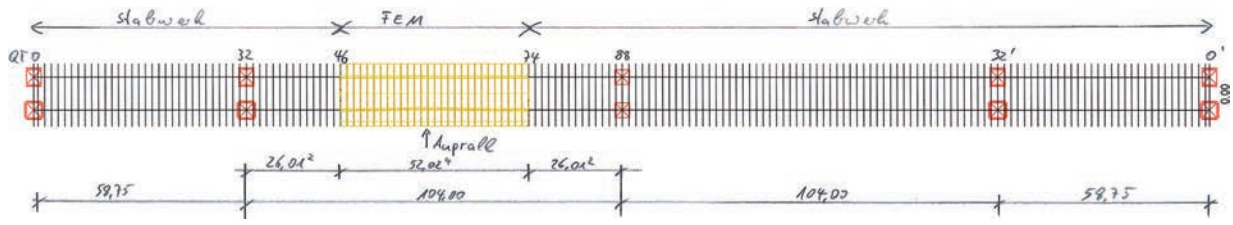

Bild 6: Kombiniertes Stabwerk-FEM-Modell (Grafik: Ingenieurbüro Grassl GmbH)

Staus. Zudem musste der gesamte Schwerverkehr über Umleitungsstrecken geführt werden.

Um die vorhandene Verkehrssituation zu entspannen, wurde zuerst statisch untersucht, ob eine 2-spurige Verkehrsführung eingerichtet werden konnte. Für die Nachweise des geschädigten Hauptträgers wurde im Bereich des Anpralls eine Schwächung des Querschnittes des Untergurtes von 50 % angenommen. Die zwei Fahrstreifen wurden mittig über dem intakten Längsträger angeordnet. Es wurde die Verkehrsbeanspruchung nach Brückenklasse 60 nach DIN 1072 (1967) angesetzt. Da dieser Verkehrsansatz nach DIN 1072 nicht mehr heutigen Normen sowie dem tatsächlichen sehr hohen Verkehrsaufkommen entspricht, wurde ein Mindestabstand der LKW rechnerisch berücksichtigt. Für die Nachrechnung des geschädigten Bauwerks unter eingeschränkter Verkehrslast wurde ein 4-feldriger Durchlaufträger mit einem kombinierten Stabwerk- und FE-Modell aufbereitet. Der durch den Schiffsanprall beschädigte Bereich wurde mit Flächenelementen nach den Ergebnissen der Schadensvermessung modelliert, sodass der verformte Zustand des Bauwerks korrekt abgebildet werden konnte (siehe Bild 6 und Bild 7).

Um die Belastungsannahmen auch am Bauwerk zu gewährleisten, wurden nachfolgende verkehrslenkende Maßnahmen auf Grundlage der StVO durchgeführt (Bild 8):

- ❑ tatsächliches Fahrzeuggewicht:
  ≤ 44 t (Z 262)
- ❑ minimaler lichter Abstand der Fahrzeuge:
  50 m
- ❑ zulässige Höchstgeschwindigkeit:
  60 km/h (Z 274)

Das Befahren des Bauwerks durch Fahrzeuge mit einem Gewicht > 44 t (genehmigungspflichtiger Schwerverkehr), auch in Alleinfahrt, wurde nicht zugelassen.

3 Instandsetzung / Ausführung

Durch die Nachrechnung konnte die Verkehrssituation zwar entspannt werden, aber der fehlende dritte Fahrstreifen und die Einschränkung für den Schwerlastverkehr waren so schwerwiegend, dass unverzüglich eine Instandsetzung notwendig wurde. Um nicht durch zeitaufwändige Vergabeverfahren zusätzlichen volkswirtschaftlichen Schaden zu verursachen, wurde mit dem Hamburger Bauunternehmen August Prien, dem Landesbetrieb Straßen Brücken und Gewässer und dem Ingenieurbüro Grassl direkt ein Planungsteam gebildet, welches gemeinsam und zielorientiert eine schnelle und unter den schwierigen Randbedingungen sicher ausführbare Lösung entwickeln konnte.

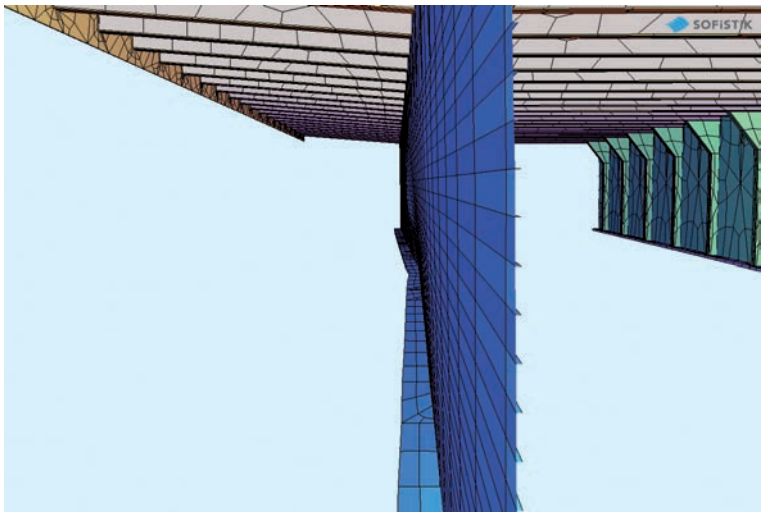

Bild 7: FE-Modell im verformten Zustand (Grafik: Ingenieurbüro Grassl GmbH)

Zur vollständigen Behebung des deformierten Hauptträgers inkl. der Kerbe im Untergurt wurde eine umfangreiche Instandsetzungsmaßnahme erforderlich. Hauptziel der Instandsetzung musste es sein, die Tragfähigkeit des Hauptträgers inkl. der Kerbe im Untergurt wieder herzustellen. Grundsätzlich wurden im ersten Schritt mögliche Instandsetzungen in einer Variantenuntersuchung betrachtet:

- ❑ Variante 1: Neubau des beschädigten Überbaus,
- ❑ Variante 2: Verstärkungsmaßnahmen im Bereich des Anpralls (Lasche und/oder Zugstäbe), aber die Schadensstelle belassen,
- ❑ Variante 3: Austausch der geschädigten bzw. verformten Bauteile (Flansch, Steg),
- ❑ Variante 4: Herstellung daneben-liegender zusätzlicher Zuggurte (Träger oder Gurte).

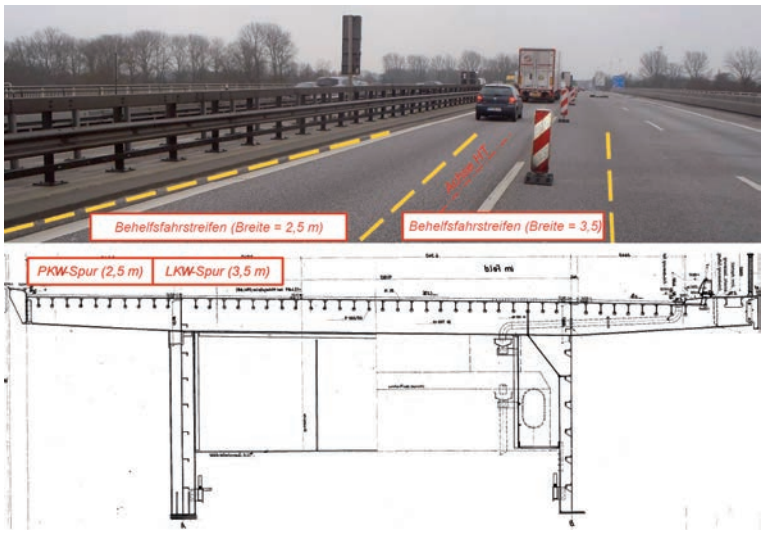

Bild 8: Empfohlene 2-spurige Verkehrsführung auf dem Bauwerk (Foto: Ingenieurbüro Grassl GmbH; Zeichnung: LSBG)

Unter der Prämisse einer schnellen Instandsetzung sowie einer möglichst geringen Beeinträchtigung des Verkehrs und daraus ableitend möglichst wenigen und kurzen Sperrzeiten stellte sich die Variante 2, eine reine Verstärkungsmaßnahme, als geeignetste Lösung heraus. Alle anderen Varianten hätten doch sehr umfangreiche Sperrungen des Verkehrs zur Folge gehabt. Zur weiteren Reduktion der Sperrzeiten entschloss man sich, die beschädigten Bauteile im Bauwerk zu belassen, diese jedoch so zu bearbeiten, dass ein Fortschreiten des Schadensbildes nicht möglich ist oder ohne Folgen für angrenzende Bauteile bleibt.

Für die Instandsetzungsmaßnahme wurde eine Hubinsel im Fahrwasser der Elbe positioniert (Bild 9). Durch das Absetzen der Hubinsel auf Stelzen war ein tideunabhängiges Arbeiten zu jeder Zeit gewährleistet. Mit der vorhandenen Arbeitsfläche auf der Hubinsel wurde der oben liegende Verkehr während der Bauzeit so gering wie möglich beeinträchtigt.

Neben dem Einbau einer Verstärkungslamelle, die den lokal im Bereich der Beschädigung als teilweise nicht mehr wirksamen Flansch des Längsträgers ersetzen musste, wurden folgende weitere Arbeiten durchgeführt:

- ❑ Einbau neuer (zusätzlicher) Quersteifen,
- ❑ Herstellung eines neuen (zusätzlichen) Querverbandes (Minimierung horizontaler Schwingungen) als Ersatz der beschädigten Querscheibe (Bild 10).

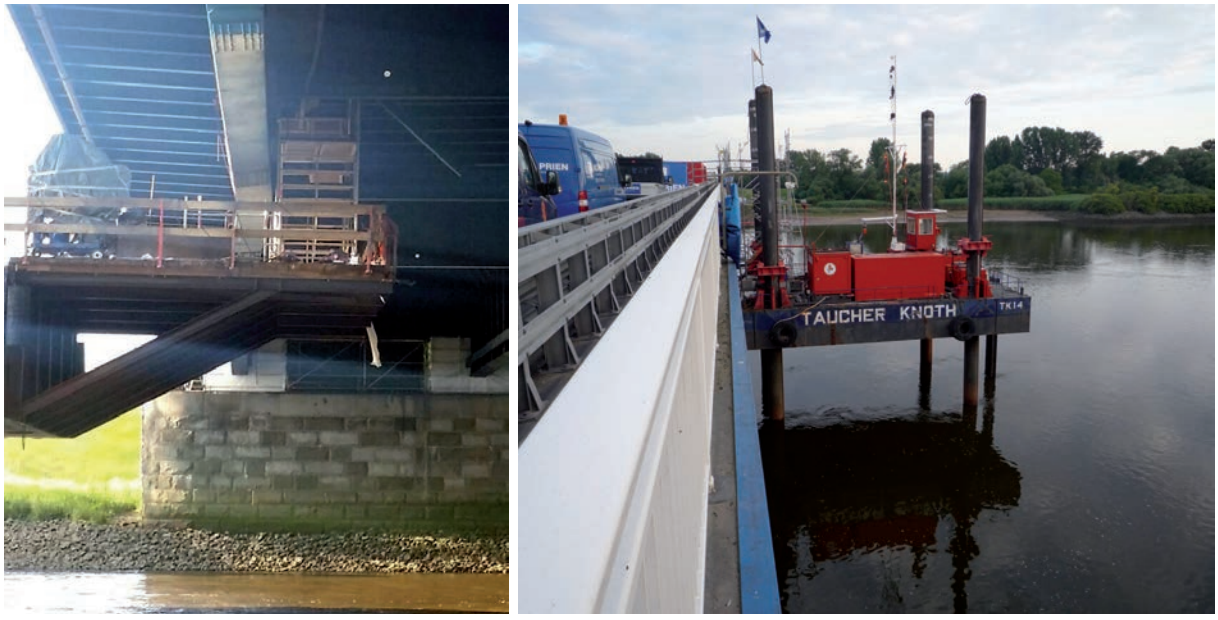

Bild 9: Arbeitsplattform / Hubinsel (Quelle: Prien)

Bild 10: Neuer Querverband (Foto: Ingenieurbüro Grassl GmbH)

Grundsätzlich wurde entschieden, das Bauwerk in seiner deformierten Form zu belassen. Ein Richten des Längsträgers mittels Pressen hätte zum einen bedeutet, dass der Verkehr auf der Brücke gesperrt werden muss, zum anderen wurde das Risiko einer weiteren Beschädigung als sehr erheblich eingestuft.

Da über einen weiten Bereich nahezu alle Querrahmen stark beschädigt und teilweise komplett unwirksam waren, musste die Funktion der Queraussteifung für horizontale Lasten des Querschnitts wiederhergestellt werden. Zudem traten durch die fehlende Aussteifung unter Verkehrsbeanspruchung horizontale Verformungen des Längsträgeruntergurtes von bis zu 5 cm auf. Auch hier wurde sich dagegen entschieden, die beschädigten Querrahmen instand zu setzen oder vollständig auszutauschen. Da in diesem Bereich planmäßig nur jede zweite Querträgerachse mit einem aussteifenden Rahmen versehen war, wurden in den danebenliegenden „freien" Querträgerachsen neue Querrahmen angeordnet. Die beschädigten Bereiche wurden nach Einbau der neuen Quersteifen entschichtet, Schadbereiche großzügig entfernt, Risse abgebohrt und ausgeschliffen, damit sich der Schadensbereich (Rissfortschritt) nicht weiter ausbreiten kann, sowie mit neuem Korrosionsschutz versehen. Die Querrahmen mussten entsprechend der vorhandenen Verformungsfigur geplant und individuell für jede Querträgerachse gefertigt werden. In der Achse des Anpralls musste der Rahmenstiel um rund 9 ° geneigt hergestellt werden, um einen zwängungsfreien Einbau zu ermöglichen. Dieser ist aus einer Werkstattzeichnung in Bild 11 dargestellt. Hierfür wurde ein genaues Aufmaß mittels eines 3D-Laserscans durchgeführt, das auch als Grundlage zur Modellierung des statischen Rechenmodells diente.

Nach dem Ersatz der Aussteifungselemente erfolgte der Einbau einer zusätzlichen Lasche unterhalb des Anprallschadens (Bild 12). Ziel war es hier, einen möglichst großen Anteil der Spannungen aus Eigengewicht aus dem beschädigten Untergurt des Längsträgers in den neuen Querschnittsteil der Zuglasche umzulagern.

Damit die neue Untergurtlamelle neben den Verkehrseinwirkungen auch ständige Einwirkungen aus Eigengewicht und Ausbaulasten aufnehmen konnte, wurde der vorhandene Untergurt während der Montage der Lamelle vorgespannt, d. h., die Spannungen aus Eigengewicht wurden teilweise von dem geschädigten Querschnittsbereich auf

Bild 11:
Werkstattzeichnung neue Quersteife Achse 59 (Zeichnung: Ingenieurbüro Grassl GmbH)

Spannglieder umgelagert. Somit herrschte beim Einbau der neuen Verbindungsmittel zwischen vorhandenem und neuem Stahlquerschnitt ein ähnlicher Spannungszustand im Material. Aufgrund der großen Kerbe wurde der vorhandene Untergurtquerschnitt bei der Dimensionierung der neuen Lasche nicht berücksichtigt. Für die Bemessung der neuen Lasche sowie deren Verbindungsmittel wurde die gesamte Einwirkung in GZT angesetzt.

Die Vorspannkonstruktion (Bild 13) bestand aus insgesamt vier Vorspannböcken. Diese wurden auf beiden Seiten ca. 6 m neben der Anprallstelle an den Hauptträgersteg montiert. Mittels vier Ankerstangen Ø 36 wurde eine Vorspannkraft von 3,8 MN auf den Stahlquerschnitt erzeugt. Somit konnten rechnerisch ca. 60 % der Eigengewichtsspannungen aus dem Hauptträgeruntergurt auf die Vorspannkonstruktion umgelagert werden.

Zur weiteren Entlastung des Querschnitts während des Vorspannvorganges erfolgte die Anordnung von insgesamt vier Kieslastern mit je 40 t Gewicht in den angrenzenden Brückenfeldern. Mit dieser Maßnahme konnten die Eigengewichtsspannungen im geschädigten Querschnittsbereich um weitere 10 % reduziert werden.

Der Vorspannprozess des beschädigten Hauptträgers stellte einen komplexen Arbeitsvorgang dar. Aus diesem Grund wurde für den Spannvorgang eine Spannanweisung erstellt. Im Nachfolgenden ist ein Auszug der Arbeitsanweisung dargestellt:

- ❑ Anordnung der LKW in den Nachbarfeldern,
- ❑ Spannvorgang mittels zweier gekoppelter Pressen,
- ❑ Permanentes Messen mittels Dehnmessstreifen.
- ❑ Es ist auf eine gleiche Länge der Spannstangen bei Beginn des Spannvorgangs zu achten.
- ❑ Es ist auf eine gleichmäßige Krafteinleitung in alle Spannstangen zu achten.
- ❑ 1. Spannschritt (30 % Vorspannung):

  erforderliche Spannkraft je Presse = 2 × 290 kN = 580 kN,

  Spannweg: 23,5 mm,

  Öldruck je Presse: 153 bar,

- ❑ 2. Spannschritt (100 % Vorspannung):

  erforderliche Spannkraft je Presse = 2 × 967 kN = 1.934 kN,

  Spannweg: 23,5 mm + 41,4 mm = 65 mm,

  Öldruck je Presse: 153 bar + 356 bar = 509 bar,

Bild 12: Einbau neuer Untergurtlamelle (Quelle: Prien)

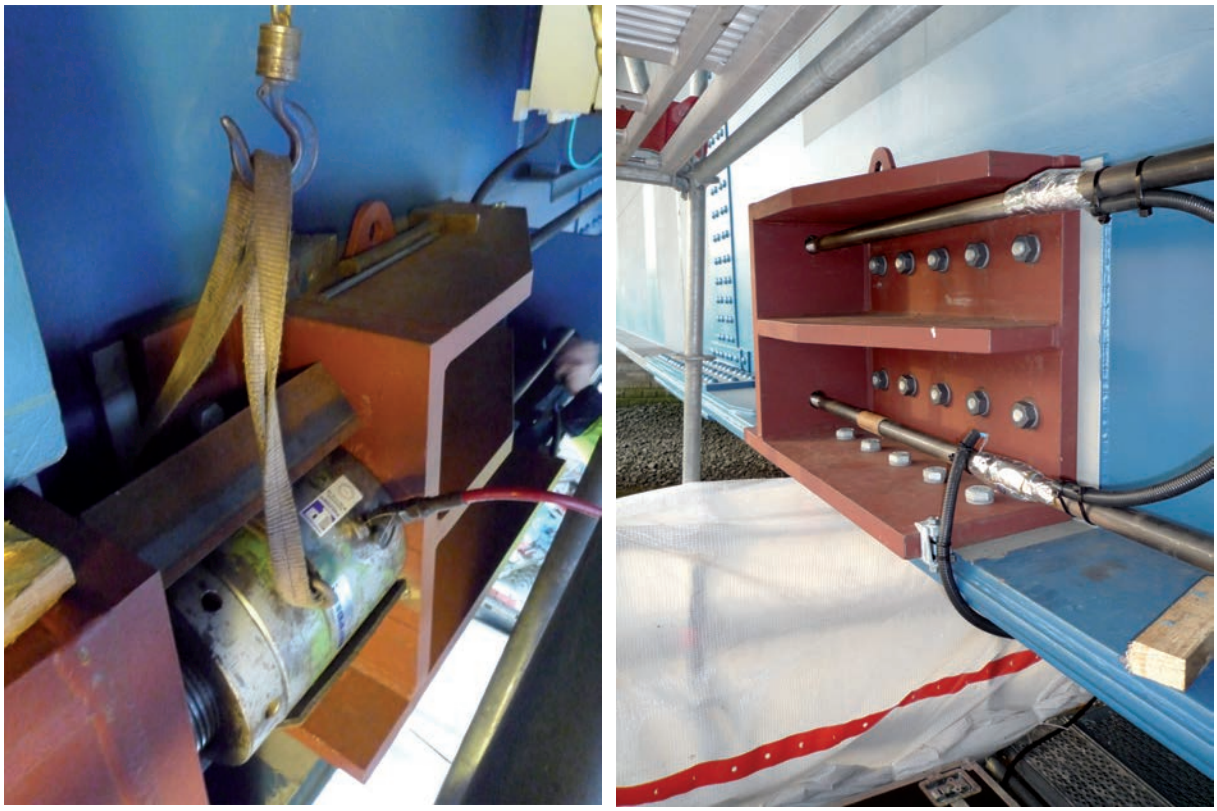

Bild 13: Vorspannkonstruktion mit Spann- und Festanker (Fotos: Ingenieurbüro Grassl GmbH)

- max. Vorspannkraft / max. Spannweg / max. Öldruck:

  max. Vorspannkraft: 2 × 1.934 kN = 3.868 kN,

  max. Spannweg: 65 mm,

  max. Öldruck je Presse: 509 bar.

- Nach Einbau der neuen Untergurtlamelle erfolgt die langsame Entlastung der Pressen.

- Probebelastungen über der Schadensstelle.

Die Bemessung der Verstärkungsmaßnahmen für den Überbau wurde ebenfalls an dem bereits in Bild 6 dargestellten, verformten statischen FE-Modell durchgeführt. Dabei wurde der zuvor beschriebene Instandsetzungsablauf vollständig simuliert (Bild 14).

Mit den Berechnungen konnte die durch die Vorspannung vorgesehene Kraftumlagerung nachvollzogen und eine Aussage über die dabei auftretenden Spannungen am Bauwerk unter Berücksichtigung der durch den Anprall verursachten Verformungen gemacht werden. Wie sich baubegleitend beim Monitoring zeigte, stimmten die Ergebnisse der statischen Berechnung sehr gut mit den Messwerten überein.

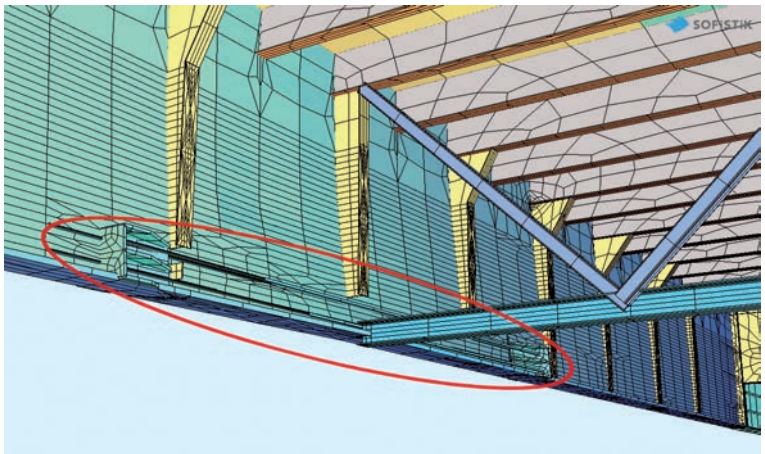

Bild 14: FE-Modell, Ansicht mit Spannvorrichtung und zusätzlichem Querschott (Grafik: Ingenieurbüro Grassl GmbH)

4 Ergebnis und Erfolg der Maßnahme

Der Spannvorgang und die Kraftumlagerung wurden mittels Monitoring überwacht. Dazu wurden insgesamt 16 Dehnmessstreifen (DMS) am geschädigten Untergurt, an der Verstärkungslamelle sowie im Stegbereich und an den Spanngliedern angeordnet. Bild 15 zeigt einen DMS auf dem geschädigten

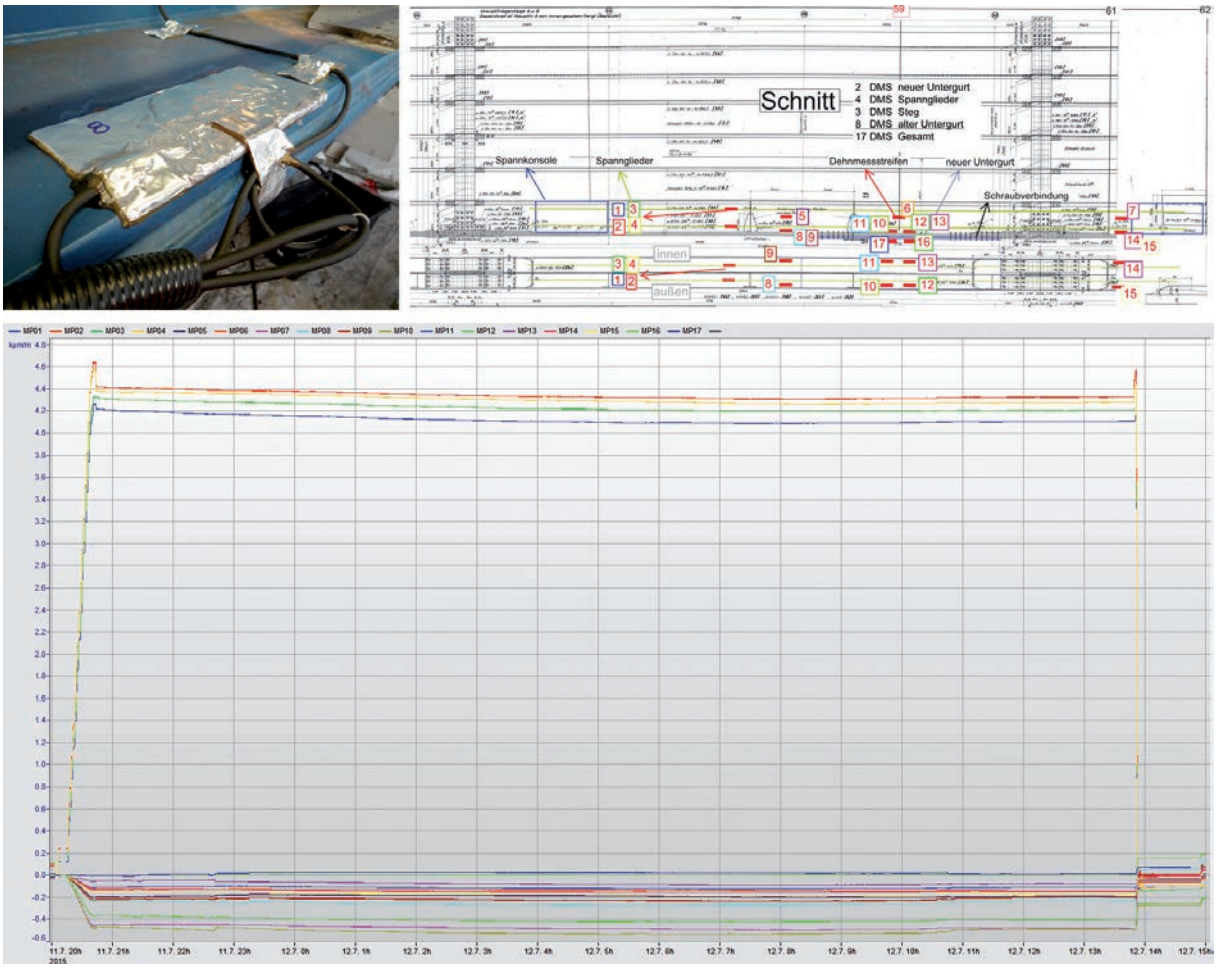

Bild 15: Dehnmessstreifen und Messwerte (Quelle: LSBG)

Untergurt, die Anordnung der DMS im Hauptträger und die gemessenen Dehnungen während des Spannvorganges, der Verschlosserung der Verstärkungslamelle und der anschließenden Lastumlagerung. Die oberen Linien stellen die Dehnungen in den Spannstangen, die unteren Linien die Dehnungen im Bauwerk dar. Die Dehnungsverläufe der Spannstähle bestätigen, dass die vorgesehene Dehnung nahezu aufgebracht werden konnte. Wie erwartet erfuhren die Bauteile durch die Vorspannung eine Entlastung der Zugspannungen von ungefähr 70 % der Eigengewichtsspannungen. Die Berechnung stimmte im Mittel mit den gemessenen Werten des Monitorings überein.

Da die DMS nach Beendigung der Instandsetzungsmaßnahmen am Bauwerk verblieben, konnte die Wirksamkeit der Maßnahme kontrolliert und auf längere Zeit beobachtet werden. Die Aufzeichnungen der DMS bestätigen, dass der geschädigte Untergurt durch die Vorspannmaßnahme und gleichzeitiger Anbringung der neuen Lasche entlastet wurde. Außerdem ist zu erkennen, dass

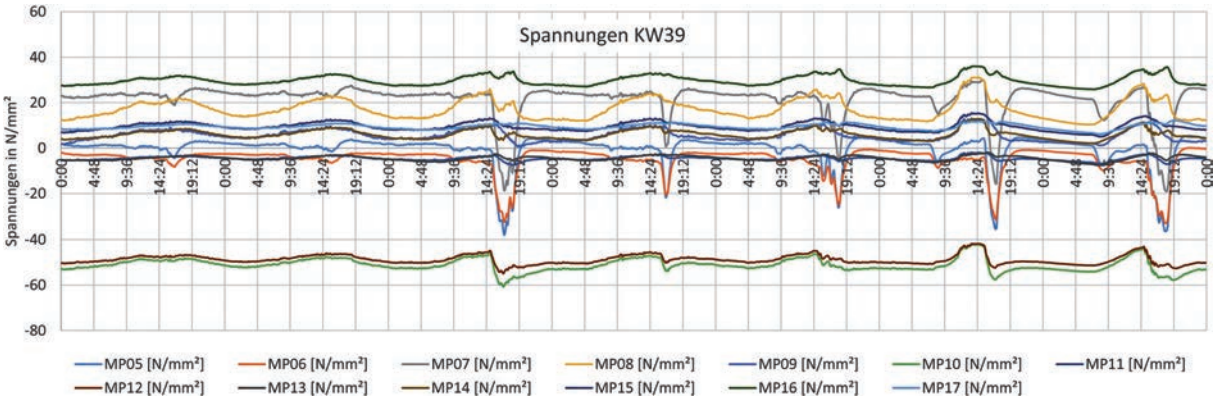

Bild 16: Gemessene Spannungen in KW 39, 2015 (Grafik: Ingenieurbüro Grassl GmbH)

die neue Lasche große Anteile der auftretenden Kräfte aufnimmt.

Beispielhaft sind in Bild 16 die auftretenden Spannungen innerhalb der 39. Kalenderwoche 2015 angegeben. Gut zu erkennen an dem grünen (MP10) und braunen Verlauf (MP12) im unteren Bereich ist, dass der geschädigte Untergurt entlastet wurde. Der dunkelgrüne (MP16) und der hellblaue Verlauf (MP17) stellen die Spannungen des neuen Untergurtes dar. Da die DMS an einem spannungslosen Zustand an die neue Lasche angebracht wurden, ergeben die Spannungen die vollständige Spannungsaufnahme. Die Lasche trägt demnach im Mittel 30 N/mm².

In Bild 16 ist auffällig, dass das Verkehrsaufkommen zwischen 15:00 Uhr und 19:00 Uhr von Mittwoch bis Sonntag zu erhöhten Druckspannungen im Steg führte. Dabei ist zu erkennen, dass die auftretende maximale Spannung aus Verkehr bei ca. 45 N/mm² lag und damit deutlich unter der Spannung, die sich gemäß statischer Berechnung bei maximaler Verkehrsbelastung ergeben würde.

5 Zusammenfassung

Die Instandsetzungsmaßnahme des Anprallschadens an der Süderelbbrücke stellte für alle Beteiligten aufgrund der komplexen Rahmenbedingungen eine große Herausforderung dar. Durch den oben liegenden Autobahnverkehr waren während der Instandsetzungsmaßnahme nur wenige, zeitlich sehr begrenzte Vollsperrungen der Brücke möglich. Dank der guten Zusammenarbeit aller Beteiligten – dem Bauherrn, der ausführenden Firma und dem Planer – ist es gelungen, ein innovatives, schnelles und sicheres Instandsetzungsprogramm in kürzester Zeit zu planen und umzusetzen. Deutlich früher als zuerst angenommen konnte die Instandsetzungsmaßnahme bereits Mitte Juni 2015 abgeschlossen werden.

Im gedruckten Tagungsband stand hier eine Anzeige. Sie wurde für die Online-Fassung entfernt.

Im gedruckten Tagungsband stand hier eine Anzeige. Sie wurde für die Online-Fassung entfernt.