



Technische  
Universität  
Dresden

FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN Institut für Massivbau [www.massivbau.tu-dresden.de](http://www.massivbau.tu-dresden.de)



# 35. DRESDNER BRÜCKENBAUSYMPIOSIUM

PLANUNG, BAUAUSFÜHRUNG, INSTANDSETZUNG  
UND ERTÜCHTIGUNG VON BRÜCKEN

18. UND 19. MÄRZ 2026

© 2026 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 Dritten 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. Steffen Marx  
Technische Universität Dresden  
Institut für Massivbau  
01062 Dresden

Redaktion: Silke Scheerer

Layout: Ulrich van Stipriaan

Anzeigen: Harald Michler

Tagungsorganisation:

Ausstellungsorganisation:

IT:

Social Media:

Jana Müller-Strauch

Harald Michler, David Sandmann

Matthias Zagermann

Stefan Gröschel, Jana Müller-Strauch

Titelbild: Gerüst für die Gueuroz-Brücke, errichtet von dem Gerüstbauer Richard Coray. Foto: Büro A. Sarrasin (Archiv Philippe Mivelaz)

Druck: addprint AG, Am Spitzberg 8a, 01728 Bannewitz / Possendorf

# **Tagungsband 35. Dresdner Brückenbausymposium**

**Institut für Massivbau  
Freunde des Bauingenieurwesens e.V.  
TUDIAS GmbH**

**18. und 19. März 2026**

# Inhaltsverzeichnis

Grußwort.....	9
<i>Regina Kraushaar   Sächsische Staatsministerin für Infrastruktur und Landesentwicklung</i>	
Nationale Ergänzung des Brückenregelwerks – Hintergründe und Umsetzung .....	11
<i>Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn</i>	
Mehr Tempo für die Brückenmodernisierung durch funktionale Ausschreibungen, Schnellbauverfahren und serielles Bauen .....	21
<i>Dr.-Ing. Karlheinz Haveresch, Dipl.-Ing. Manuela Poschau</i>	
Brückenverstärkungen mit CFK-Lamellen – Bemessung und Überbau mit Asphalt .....	29
<i>Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Finckh, Dipl.-Ing. (FH) Florian Eberth</i>	
Weiternutzung historischer Eisenbahngewölbebrücken – eine nachhaltige Alternative zum Neubau .....	39
<i>Conrad Pelka M.Sc., Dipl.-Ing. Jenny Keßler, Prof.-Dr.-Ing. Steffen Marx</i>	
Spannungsrissskorrosion und sicherer Weiterbetrieb – ein ganzheitlicher Ansatz für die Elbebrücke Bad Schandau ...	51
<i>Dr.-Ing. Steffen Müller, Dr.-Ing. Oliver Mosig, Dipl.-Ing. Andreas Gruner, Christina Fritsch, M.Sc., Dr.-Ing. Gregor Schacht, Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx</i>	
Entwicklung, Umsetzung und Betrieb des geodätischen und faseroptischen Monitoringsystems der S-Bahn-Überbrückung am Bahnhof Stuttgart S21 .....	61
<i>Prof. Dr.techn. Werner Lienhart, Dr.techn. Christoph M. Monsberger, Dipl.-Ing. Fabian Buchmayer, Dr.techn. Peter Bauer, Prof. Dr.-Ing. Christian Sodeikat, M.Sc. Sonja Gepperth, Prof. Dr.-Ing. Manfred Keuser</i>	
AR- und KI-gestützte Analyse von Schadensentwicklungen in der Bauwerksprüfung.....	73
<i>B. Eng. Jessica Steinjan, Dipl.-Ing. Jan-Derrick Braun, M. Sc. Lisa Freifrau von Rössing, M. Sc. Patrick Herbers, M. Eng. Bernhard Braun, M. Eng. Regina Panzer, Prof. Dr.-Ing. Markus König</i>	
Alexandre Sarrasin (1895–1976) – Stahlbetonbrücken in den Schweizer Alpen .....	81
<i>Dr. Philippe Mivelaz</i>	
Stabbogenbrücke Wustermark – altes Eisen mutig, radikal und nachhaltig neu verbaut .....	93
<i>Dipl.-Ing. Jörg Titel</i>	
A 45 Talbrücke Rinsdorf – innovativer Querverschub mit Pfeilern .....	103
<i>Dipl.-Ing. Ralf Schubart, Dipl.-Ing. Holger Klein, Dipl.-Ing. Wolfgang Schlensorg</i>	
Holz im Brückenbau – auf zu neuen Dimensionen im Straßenbrückenbau .....	113
<i>Dipl.-Ing. (FH) Frank Miebach</i>	
Zwischen Industriekultur und Natur – der „Sprung über die Emscher“ .....	121
<i>Dipl.-Ing. Peter Sprinke, Jan Berwing, M.Sc., Asc. Prof. Dipl.-Ing. Arch Dirk Krolkowski, Dipl.-Ing. Arch Falko Schmitt, Dipl.-Ing., M.Sc. (Wirtsch.) Simone Kern</i>	
Friesenbrücke Weener – Europas größte Hub-Drehbrücke .....	131
<i>Dipl.-Ing. Stefan Schwede, Dipl.-Ing. Lorenz Haspel, Dr. ès sc. Jan Brütting, M.Eng. Lukas Hornberger, MSc. ETH Povilas Ambrasas, Dipl.-Ing. Andreas Menzel, Dipl.-Ing. Alexander Krölls, Dipl.-Ing. Jens Kögel, Dr.-Ing. Lutz Vogt, Dr.-Ing. Gregor Schacht</i>	
Krämerbrücke in Erfurt – 700 Jahre steinerne Brücke .....	143
<i>Dr.-Ing. Hans-Jörg Vockrodt</i>	
Vier Länder, viele Brücken, alles unter einem DACH – Brückenbauexkursion 2025.....	153
<i>Dipl.-Ing. Cedric Eisermann, Max Götze, M.Sc., Dipl.-Ing. Jakob Vogt</i>	
Neue Berliner Brücke in Duisburg auf der BAB 59 .....	165
<i>Dipl.-Ing. Moritz Menge</i>	

Analyse und Reduzierung von Treibhausgasemissionen im Brückenbau .....	169
<i>Prof. Dr.-Ing. Stephan Görtz, Thi Kim Dung Pham, M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Udo Wiens, Dr.-Ing. Bianca Kern</i>	
Sydney Harbour Bridge Cycleway – eine außergewöhnliche Fahrradbrücke .....	173
<i>Dipl.-Ing. Peter Boesch, M.Sc. Long Bai, M.Sc. Angus Murray</i>	
Nachhaltige Fuß- und Radwegbrücken aus vorgespanntem Carbonbeton (CPC).....	179
<i>Dipl.-Ing. Simon Liebl</i>	
Wirtschaftliche und ökologische Bewertung chloridbelasteter Brückenbauteile .....	183
<i>Dr.-Ing. Angelika Schießl-Pecka, Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Anne Rausch, Paul Steinmetz, M. Sc., Dr.-Ing. Marc Zintel</i>	
Ermüdung alter Bahnbrücken am Beispiel der Sihlbrücken im HB Zürich .....	187
<i>Daniel Grüter, Felix Gisler, Christian Uhlig</i>	
Verschub der gevouteten Cölvebrücke über aktiven Schienenverkehr .....	193
<i>Josef Teupe</i>	
Potenziale von Suffizienzstrategien im Umgang mit denkmalgeschützten, stählernen Bahnbrücken .....	197
<i>Dr.-Ing. Clara Jiva Schulte</i>	
EcoBuild Evaluator – ganzheitliche Nachhaltigkeit im Ingenieurbau am Beispiel Rheinbrücke Schierstein .....	203
<i>Dipl.-Ing. Sebastian Schultheis, Dipl.-Ing. Martin Ludwig</i>	
CFK-Spannlitzen für Betonbauteile im Brückenbau.....	207
<i>Dipl.-Ing. Johannes Schleiss, Dr.-Ing. André Seidel, Dr.-Ing. Danny Friese, Dr.-Ing. Paul Penzel, Prof. Dr.-Ing. Chokri Cherif</i>	
The new city bridge of Drammen (Norway) .....	213
<i>Birger Opgård, MSc Sivilingeniør, Mario Rando Campos, MSc ETSIIM, Architect Bartłomiej Halaczek, Architect Thor Olav Solbjør</i>	
Inserentenverzeichnis .....	220

# Nationale Ergänzung des Brückenregelwerks – Hintergründe und Umsetzung

Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn | Bundesministerium für Verkehr, Bonn

## Kurzfassung

*Erfahrungen im Umgang mit älteren Stahl- und Stahlverbundbrücken belegen, dass neben statischen Defiziten insbesondere Defizite in der Ermüdungssicherheit durch Nachrechnungen aufgedeckt werden. Problematisch sind vor allem die geschweißten Anschlüsse. Die Gründe hierfür sind hauptsächlich im mangelnden Wissen und der falschen Einschätzung der Ermüdungsbeanspruchung von Straßenbrücken sowie einer nicht ausreichenden Fertigungsqualität der Schweißnahtanschlüsse bei der seinerzeitigen Planung und Erstellung der Bauwerke zu sehen. Zudem waren die Regelwerke lückenhaft und sind es zum Teil heute noch, so dass Verbesserungsbedarf besteht. Derartige Aspekte, aber auch ein geändertes Nutzungsverhalten bei Erhaltungsarbeiten trugen dazu bei, Entwicklungen zugunsten robusterer Querschnitte im Stahl- und Verbundbau von Straßenbrücken zu initiieren, dabei vorhandene Erfahrungen und Kenntnisse aufzugreifen und bisher ungelöste Fragestellungen zielgerichtet einer praktikablen Lösung zuzuführen. Pilotanwendungen halfen, neue Lösungsansätze zu erproben, so z. B. bei den Talbrücken Rinsdorf und Rahmede, beide im Zuge der Bundesautobahn 45, indem Ergänzungen zu normativen Vorgaben vorgenommen wurden, über die nachfolgend berichtet wird.*

## 1 Allgemeines

Im Gegensatz zu Spannbetonbrücken reagieren Stahlverbund- und vor allem Stahlbrücken wegen des geringeren Eigenlastanteils an der Gesamtlast wesentlich empfindlicher auf steigende Verkehrslasten. Überbeanspruchungen infolge wachsender Verkehrslasten sind schnell die Folge.

Besonders ausgeprägt sind die Schwächen der Konstruktionen gegenüber ermüdungswirksamen Beanspruchungen der dynamisch eingetragenen Verkehrsbeanspruchung. Dies liegt nur zum einen an mangelndem Wissen über die Wirkung ermüdungswirksamer Beanspruchungen zur Zeit der Planung der Bauwerke, vielmehr waren auch die Kenntnisse über ermüdungsarmes Konstruieren und Herstellen seinerzeit nicht immer ausgeprägt, was zum Teil auch heute noch beobachtet werden kann. Inzwischen ist das Wissen um ermüdungsarmes Konstruieren zwar grundsätzlich vorhanden, wird aber sowohl in der Planung, vor allem aber auch in der

baulichen Umsetzung verschieden gelebt. Weil auch nur wenige normative Vorgaben vorliegen, unterscheiden sich die Anschlussdetails und sind hochgradig von den Erfahrungen der jeweiligen Planer, Ausführenden und Prüfer abhängig.

Um die Vielfalt der Anschlussdetails auf einige wenige, dafür aber einfache und robuste Varianten zu begrenzen, wurden im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr (BMV) neue Anschlussdetails entwickelt [1], die sich in zusätzlichen Anforderungen an die Planung und Ausführung von Brücken, z. B. bei funktionalen Ausschreibungen, wiederfinden.

Erste Bauwerke, bei denen verschiedene Neuerungen umgesetzt wurden, sind die Ersatzneubauten der Rahmedetalbrücke und teilweise auch der Talbrücke Rinsdorf, beide Brücken befinden sich im Zuge der A 45. Das Beispiel Rahmedetalbrücke wird im Folgenden näher erläutert.

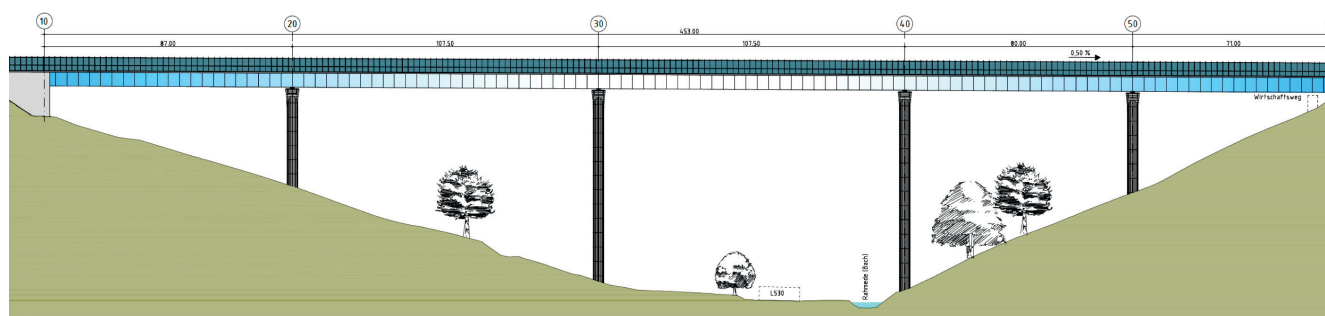


Bild 1: Längsansicht der Talbrücke Rahmede, Westansicht (Basis: Vorentwurf)

Grafik: Die Autobahn GmbH des Bundes, NL Westfalen

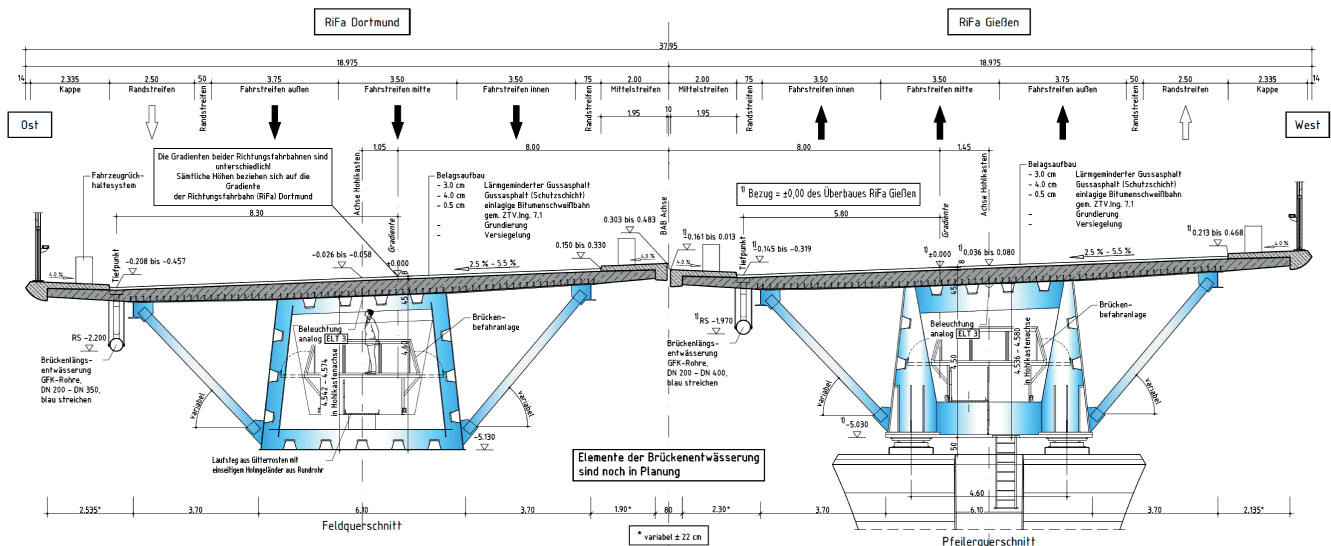


Bild 2: Regelquerschnitte der Talbrücke Rahmede; Bereich Feldmitte links und Bereich Pfeiler rechts (Basis: Vorentwurf)

Zeichnung: Die Autobahn GmbH des Bundes, NL Westfalen

## 2 Zusatzanforderungen an Bemessung und konstruktive Gestaltung

### 2.1 Vorstellung der Talbrücke Rahmede

Für das Beispiel Rahmedetalbrücke wurde eine funktionale Ausschreibung auf Basis des Vorentwurfes der neuen Brücke ausgearbeitet und als Vertragsgrundlage fortentwickelt. Die Längenabwicklung des Brückenneubaus ist in Bild 1 zu sehen. Hierbei handelt es sich um eine fünffeldrige Stahlverbundbrücke mit einer Hauptspannweite von fast 108 m und Spannweiten in den Nebefeldern zwischen 70 und 80 m. Die Herausforderung bei dieser Brücke ist die große Höhe über dem Talgrund von fast 70 m.

Auf Grund der großen Höhe bot es sich an, das Tragwerk in den Achsen 30 und 40 mit einer Festpfeilergruppe in Längsrichtung auszusteiern.

Die Brücke besitzt, wie im Autobahnbau üblich, einen zweiteiligen Querschnitt mit zwei statisch unabhängig voneinander wirkenden Tragwerken. Der Regelquerschnitt ist ein trapezförmiger Stahlkasten, dessen weit auskragende Fahrbahnplatte durch äußere Diagonalfachwerkartig abstützt wird (Bild 2).

### 2.2 Hinweise zu Einwirkungen

Für Brücken in den Dimensionen der Rahmedetalbrücke ist es unabdingbar, sich intensiver mit den Einwirkungen auseinanderzusetzen. Neben den Einwirkungen aus dem Eigengewicht des Tragwerks und dem späteren Ausbau kommt den Einwirkungen aus Verkehr und insbesondere aus Temperatur eine besondere Bedeutung zu.

Bei den Temperatureinwirkungen ist zwischen klimatisch bedingten und jenen aus Bauzuständen, z. B. beim Heißeinbau von Fahrbahnbelag, zu unterscheiden. Weil die Brücke in Nord-Süd-Richtung liegt, sind eigentlich neben

vertikalen Temperaturgradienten ebenso gleichzeitig auftretende horizontale Gradienten infolge einseitiger Erwärmung durch wechselnde Sonnenstände im Tages- und Jahresverlauf zu berücksichtigen. Nach DIN EN 1991-1-5 und dem zugehörigen NA [5], [6] ist keine Überlagerung aller Temperaturanteile, insbesondere nicht der gleichzeitigen Wirkung aus vertikalem und horizontalem Temperaturgradienten mit den zeitgleich auftretenden gleichmäßigen Temperaturänderungen trotz ihrer räumlichen Wirkung, vorgesehen [2], was hinsichtlich der Auswirkungen in zukünftigen Fortschreibungen der Norm unbedingt überdacht werden sollte.

Für die Anwendung bei der Rahmedetalbrücke wurden aus gutachterlichen Betrachtungen an Vergleichsprojekten und weitergehenden Überlegungen entsprechende Überlagerungen in Abhängigkeit vom Jahres- und Tagesverlauf abgeleitet [3]. Hierzu wurden zusätzliche Anforderungen für die Planung der Talbrücke Rahmede definiert [4]. Sie sind im Folgenden (teilweise leicht modifiziert und grau gesetzt) wiedergegeben:

- Für die klimatischen Temperatureinwirkungen gelten die Regelungen nach DIN EN 1991-1-5 [5] in Verbindung mit DIN EN 1991-1-5/NA [6]. Beim Überbau handelt es sich um einen Verbundquerschnitt, bei dem die Betonplatte abschnittsweise hergestellt wird, so dass das Tragwerk im Bauzustand partiell als Verbund- oder als Stahltragwerk zu behandeln ist. Es wird von einer Aufstelltemperatur von  $T_0 = 10^\circ\text{C}$  ausgegangen.
- Wegen der Nord-Süd-Ausrichtung sind Zwangsbeanspruchungen infolge klimatischer Temperatureinwirkungen aus einem linearen horizontalen Temperaturunterschied zu berücksichtigen. Für diesen ist  $\Delta T_{Mz} = \pm 5\text{ K}$  anzusetzen.
- Weil DIN EN 1991-1-5 keine vollständigen Angaben zur Überlagerung von gleichzeitig wirkenden Temperaturschwankungen und Temperaturunterschieden enthält, werden für eine gleichzeitige Berücksichtigung der Temperaturanteile nachfolgende Überlagerungsvorschriften in Ergänzung zu DIN EN 1991-1-5 vorge-

Tabelle 1: Beiwerte  $\omega$  zur Ermittlung der Einwirkungsgruppen aus klimatischen Temperatureinwirkungen (basierend auf [4], abgewandelt)

Beiwert	Einwirkungsgruppen für Klimasituationen im					
	$\Delta E_k(S_i)$ für Sommerhalbjahr				$\Delta E_k(W_i)$ für Winterhalbjahr	
	S1	S2	S3	S4	W1	W2
$\omega_N$	1	0,5	0,5	0,5	1	1
$\omega_{My,pos}$	0,85	1	0	0	0,5	0
$\omega_{My,neg}$	0	0	1	0,85	0	0,5
$\omega_{Mz}$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 1$	0	0

geben. Nachfolgend werden daher für die Temperatureinwirkungen Einwirkungsgruppen definiert, die sich an typischen Klimasituationen im Sommer und Winter orientieren und gleichzeitig den Tagesgang unter Berücksichtigung der Brückenorientierung berücksichtigen.

- Für die Überlagerung der Einwirkungen aus Temperaturschwankung  $\Delta T_N$  und den Einwirkungen aus vertikalen  $\Delta T_{My}$  und horizontalen  $\Delta T_{Mz}$  Temperaturunterschieden gelten die nachfolgend definierten Einwirkungsgruppen für Klimasituationen im Sommer ( $S_i$ ) und im Winter ( $W_i$ ) jeweils bezogen auf eine Aufstelltemperatur von  $T_0 = 10\text{ °C}$ , die bei den Kombinationen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit ungünstig zu berücksichtigen sind.

In Ergänzung zur Norm werden für eine gleichzeitige Berücksichtigung der Temperaturanteile Überlagerungsvorschriften der Einwirkungen aus Temperaturschwankung  $\Delta T_N$  sowie aus vertikalen  $\Delta T_{My}$  und horizontalen  $\Delta T_{Mz}$  Temperaturunterschieden vorgegeben. Dafür werden Einwirkungsgruppen definiert, die sich an typischen Klimasituationen im Sommer ( $S_i$ ) und Winter ( $W_i$ ) orientieren und gleichzeitig den Tagesgang berücksichtigen. Bezugswert ist eine Aufstelltemperatur von  $T_0 = 10\text{ °C}$ . Die Einwirkungsgruppen  $\Delta E_k(S_i)$  für den Sommer und  $\Delta E_k(W_i)$  für den Winter sind bei den Kombinationen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit ungünstig zu berücksichtigen.

$$\Delta E_k(S_i) = E \{ \omega_{N,max} \cdot \Delta T_{N,max} \oplus (\omega_{My} \cdot \Delta T_{My} \pm \omega_{Mz} \cdot \Delta T_{Mz} \pm \Delta \Delta T_N) \} \quad (1)$$

$$\Delta E_k(W_i) = E \{ \omega_{N,min} \cdot \Delta T_{N,min} \oplus (\omega_{My} \cdot \Delta T_{My} \pm \omega_{Mz} \cdot \Delta T_{Mz} \pm \Delta \Delta T_N) \} \quad (2)$$

Die Beiwerte  $\omega$  sind in Tabelle 1 angegeben. In den Gleichungen (1) und (2) ist das  $\oplus$ -Zeichen als Symbol für die Überlagerung der einzelnen Temperaturanteile zu verstehen.

Wegen der großen Höhe war es bei der Rahmedetalbrücke möglich, eine Festpfeilergruppe in den Achsen

30 und 40 zur Längsaussteifung anzuordnen, was wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt. Bedingt durch die Ausbildung zweier Festpunkte in Längsrichtung ist es sinnvoll, für Zustände nach Festlegung der endgültigen Lager eine Zwängung infolge einer gleichmäßigen Temperaturänderung außerhalb der rechnerisch angenommenen Aufstelltemperatur von  $10\text{ °C}$  zu berücksichtigen. Bei der Planung der Talbrücke Rahmede wurde dieser Aspekt wie folgt gefordert [4]:

- Die in den Gleichungen (1) und (2) angegebene Temperaturschwankung  $\Delta \Delta T_N = \pm 10\text{ K}$  ist zusätzlich zu den klimatischen Temperatureinwirkungen nach DIN EN 1991-1-5 in dem Feld zwischen den beiden Festpfeilerachsen 30 und 40 (Bild 3) anzusetzen und berücksichtigt Abweichungen der Temperaturschwankung im Überbau von der theoretischen Aufstelltemperatur des Überbaus beim Festsetzen. Die feldweise zusätzlich zu berücksichtigende Schwankung  $\Delta \Delta T_N$  zwischen den zwei Festpunkten ist als unabhängige veränderliche Einwirkung zu betrachten und ungünstig bei der Ermittlung der Bemessungsschnittgrößen zu überlagern.

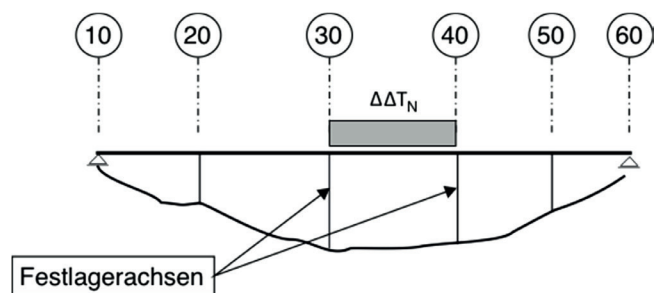


Bild 3: Klimatische Temperatureinwirkung zur Erfassung von Abweichungen beim Einbau der Längsfestlager [4]  
Grafik: Die Autobahn GmbH des Bundes, NL Westfalen

Besondere Beachtung sollte zukünftig bei statisch unbestimmt gelagerten Stahl-, aber auch Stahlverbundbrücken der Heißeinbau des Asphaltbelags finden, weil es wegen der hohen Einbautemperatur und des meist nicht symmetrisch zur Querschnittshauptachse erfolgenden Einbaus zu ungleichen Erwärmungen über den Querschnitt und damit zu beachtlichen räumlichen Beanspru-

chungen kommen kann. Besonders betroffen sind hiervon die Aussteifungselemente innerhalb des Kastens, aber auch die sich anschließenden Lager und Pfeiler. Diese Auswirkungen sind über die Tragwerkslängsrichtung zu betrachten und den klimatisch bedingten Temperatureinwirkungen sowie den Einwirkungen aus dem Arbeitsbetrieb sowie ggf. bauzeitlicher Verkehrsführung zu überlagern. Hierbei kann der Belagwechsel verschiedene Fahrbahnbreiten umfassen, weshalb sowohl ein Fahrstreifen der Breite von 3 m als auch ein halbseitiger Belageinbau zu berücksichtigen sind. Eine Berücksichtigung dieser Effekte hat für die spätere Unterhaltung und Erhaltung des Bauwerks große Vorteile, weil damit sichergestellt ist, dass ein halbseitiger Belageinbau über die gesamte Bauwerkslänge unter Einsatz von Maschinenteknik ohne weitere Vorkehrungen möglich wird. Dies schafft für die spätere Erhaltungsplanung beachtliche Freiheitsgrade. Für eine realistische Betrachtung darf in Rechnung gestellt werden, dass der Einbau des Belags mittels Fertigern in einer üblichen Einbaugeschwindigkeit erfolgt und neu eingebaute Beläge schnell abkühlen, weshalb ein abfallender Temperaturverlauf beginnend beim Fertiger lediglich über eine gewisse Einwirkungslänge zu berücksichtigen ist. Des Weiteren darf berücksichtigt werden, dass es sich beim Einbau um einen zeitlich begrenzten Vorgang handelt, für den die Temperaturansätze abgemindert werden dürfen.

In den zusätzlichen Anforderungen für die Planung der Talbrücke Rahmede zu den Einwirkungen aus dem Heißeinbau von Fahrbahnbelag hieß es hierzu [4]:

- Durch den Heißeinbau des Asphaltbelags mit Temperaturen der Asphaltmischung oberhalb von 180 °C entstehen in den Querschnitten Temperaturfelder, die eine thermische Beanspruchung in den Traggliedern statisch unbestimmt gelagerter Tragwerke bewirken. Bereits seit mehreren Jahren ist der Sachverhalt bekannt und wurde durch Messungen bestätigt [3]. Zahlreiche Schadensfälle, insbesondere bei Stahlbrücken mit orthotropen Fahrbahnplatten, lassen sich auf eine Nichtberücksichtigung dieser thermischen Einwirkung zurückführen. Die thermische Beanspruchung führt auch bei Stahlverbundtragwerken zu lokalen Zwangbeanspruchungen in statisch unbestimmt gelagerten Fahrbahnplatten inkl. der Verbundfuge sowie den Querrahmen und Querschotten von Kastenträgern. Aus dem Heißeinbau resultieren ferner Querschnittskrümmungen des Haupttragwerks um die horizontale und vertikale Querschnittshauptachse, die zu Zwangsschnittgrößen im Überbau und in den Pfeilern sowie insbesondere zu zusätzlichen horizontalen Lagerkräften führen. Weil DIN EN 1991-1-5 [5] zu den Einwirkungen aus dem Heißeinbau des Belags keine Angaben vorhält, werden für die thermischen Einwirkungen aus dem Asphaltieren nachfolgende Vorgaben gemacht. Diese sind den gleichzeitig wirkenden klimatischen Temperatureinwirkungen, den Ersatzlasten aus dem Arbeitsbetrieb (Eigengewicht Fertiger, Einbaubohle und Asphalt) und für einen späteren Belagswechsel zusätzlich den regulären Einwirkungen aus Verkehr nach DIN EN 1991-2 [2] in Verbindung mit dem zugehörigen NA [7] zu überlagern.

■ Zur Abdeckung von Zwangbeanspruchungen beim Heißeinbau des Fahrbahnbelags ist bei der Tragwerksplanung ein äquivalenter Temperaturlastfall zur Ermittlung der vorübergehenden Bemessungssituationen „teilweiser Belageinbau“ zu berücksichtigen, bei dem die Fahrbahnplatte entsprechend Bild 4 partiell um  $\Delta T_{NA,max} = 10 \text{ K}$  zu erwärmen ist. Hierbei sind die zwei Fälle LF 1 und LF 2 zu unterscheiden. In Längsrichtung ist dabei jeweils für das Temperaturfeld aus dem Heißeinbau des Belags das in Brückenlängsrichtung wandernde Temperaturfeld der Länge  $L_A = 400 \text{ m}$  nach Bild 4 zu untersuchen.

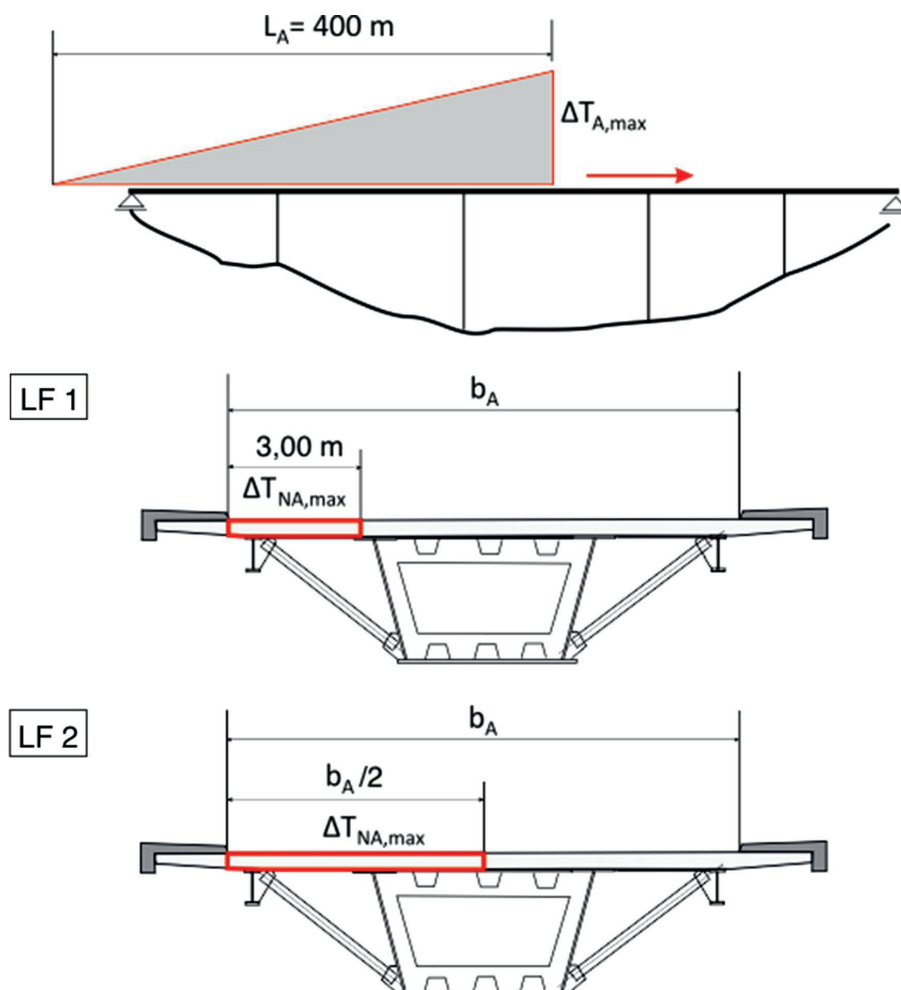


Bild 4: Ersatzlastfall für das Asphaltieren [4]

Zeichnung: Die Autobahn GmbH des Bundes, NL Westfalen

Da der Asphaltvorgang beim Belageinbau eine vorübergehende Einwirkung darstellt, können die Beanspruchungen aus klimatischen Temperatureinwirkungen in Abhängigkeit von der zeitlich begrenzten Dauer des Asphaltvorgangs nach DIN EN 1991-1-6 [8] abgemindert werden. Im Regelfall ist von einem Zeitraum von weniger als drei Tagen auszugehen, weshalb daraus folgend eine Wiederkehrperiode von zwei Jahren anzunehmen ist.

Thermisch bedingte und ungünstig einwirkende Zwängungen können auch dann entstehen, wenn die Asphaltfahrbahn ggf. inkl. Kappen und Schutzeinrichtungen streifenweise für einen späteren Belagwechsel ausgebaut wird, womit die puffernde Wirkung des Asphalts gegenüber Erwärmung oder Abkühlung der Beton- oder Stahlfahrbahn verlorengeht. Die freigelegte Beton- oder auch Stahloberfläche hat andere thermische Eigenschaften. In der Regel erwärmt sie sich schneller als mit Asphalt bedeckte Flächen, wodurch in Bezug auf das Gesamttragwerk räumliche Zwangskräfte entstehen können. Die zeitlich begrenzte Wirkung dieses Zustands darf berücksichtigt werden. Sofern der Verkehr bereichsweise während des Belagwechsels auf der Brücke belassen wird, ist dieser einzurechnen. Die zusätzlichen Anforderungen für die Planung der Talbrücke Rahmede lauteten [4]:

- Für einen späteren bereichsweisen Belagwechsel sind die vorübergehenden Bemessungssituationen „Halbseitiger Ausbau des kompletten Belags inklusive Ausbau der Kappen und Schutzeinrichtungen“ auf einer Hälfte eines Überbaus über die gesamte Brückenlänge in Kombination mit den Verkehrseinwirkungen nach DIN EN 1991-2 [2] auf der anderen, befahrenen Überbauhälfte sowie mit den oben angegebenen klimatischen Temperatureinwirkungen zu untersuchen. Dabei ist darauf zu achten, dass es nicht zu einem Abheben der Lager kommt.
- Beim Ausbau des Asphaltbelags wird die Fahrbahnplatte bereichsweise bis zur Betonoberfläche freigelegt, die sich infolge der klimatischen Temperatureinwirkung an diesen Stellen nunmehr stärker erwärmt als jene Bereiche der Fahrbahnplatte, die weiterhin durch den Asphaltbelag überdeckt sind. Dadurch kommt es zu zusätzlichen thermischen Beanspruchungen im Tragwerk. Die resultierende Tragwerksbeanspruchung ergibt sich aus den Tragwerksbeanspruchungen infolge einer gleichsinnigen Überlagerung der Temperaturen aus dem Heißeinbau des Belags und den klimatischen Temperatureinwirkungen. Ungünstigste Beanspruchungen stellen sich ein und sind in der Bemessung zu berücksichtigen, wenn der Belag entsprechend LF 1 und LF 2 nach Bild 4 über die gesamte Brückenlänge neu eingebaut wird.
- Da der Asphaltvorgang beim Belageinbau eine vorübergehende Einwirkung darstellt, können die Beanspruchungen aus den klimatischen Temperatureinwirkungen in Abhängigkeit von der zeitlich begrenzten Dauer des Asphaltvorgangs nach DIN EN 1991-1-6 [8] abgemindert werden. Die anzusetzende Mindestdauer ergibt sich aus dem Asphaltvorgang

nach Bild 4 über die gesamte Brückenlänge und der Dauer, in welcher die Fahrbahnplatte bereichsweise freigeräumt wurde und keinen Asphaltbelag aufweist. Im Regelfall ist von einem Zeitraum von bis zu drei Monaten auszugehen; daraus folgend ist eine Wiederkehrperiode von fünf Jahren anzunehmen.

Für Beanspruchungen aus Wind gelten im Rahmen der Anwendungsgrenzen die normativen Vorgaben von DIN EN 1991-1-4 [9] in Verbindung mit DIN EN 1991-1-4/NA [10]. Generell wird empfohlen, ab einer gewissen Höhe der Brücke über Talgrund, z. B. Bezugshöhe von 50 m, ein Windgutachten einzuholen. Hierbei sind insbesondere auch die Bauzustände zu untersuchen.

Aus den Erfahrungen mit älteren Stahl- und Stahlverbundbrücken ist bekannt, dass gerade an den Fügstellen bzw. den Anschlusspunkten von Querrahmen und Zugbändern hohe ermüdungswirksame Beanspruchungen auftreten, die weder rechnerisch erfasst noch in der baulichen Ausführung ermüdungsarm ausgeführt wurden. Die Gründe sind in erster Linie im seinerzeitigen geringen Kenntnisstand zur Wirkung der Ermüdungsbeanspruchung bei Straßenbrücken zu suchen. Nicht selten bereiten diese Tragwerksstellen heute Probleme durch Schädigungen, die über die Zeit eingetragen wurden. Heute wissen wir zur Ermüdungsthematik deutlich mehr und besser Bescheid, sind aber gut beraten, bis auf Weiteres die Fehlertoleranz gezielt einzugrenzen. Folgerichtig wurde für die Planung der Talbrücke Rahmede gefordert [4]:

- Das Ermüdungslastmodell 3 nach DIN EN 1991-2 [2] wurde seinerzeit nicht für lokale Beanspruchungen hergeleitet. Zur Ermittlung der Ermüdungsbeanspruchung ist daher das Ermüdungslastmodell ELM3 nach DIN EN 1991-2 in Verbindung mit DIN EN 1991-2/NA [7] faktorisiert anzusetzen. Auf der Einwirkungsseite ist hierbei ein Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{F,f} = 1,1$  zu berücksichtigen.
- Beim Nachweis der Ermüdung ist bei den Querrahmen, Zugbändern und den äußeren Diagonalen sowie bei den Auflagerrahmen ein auf der Widerstandsseite anzusetzender Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Mf} = 1,25$  anzusetzen, was der geringeren Fehlertoleranz geschuldet ist. Für die Einstufung der Konstruktionsdetails in die Kerbfallgruppen sowie für die zugehörigen Ausführungsqualitäten gelten nunmehr zusätzlich zu den Regelungen nach DIN EN 1993-1-9 [11] die aktualisierten Regelungen für Kerbfälle nach E DIN EN 1993-1-9:2023-03 [12].
- Bei der Bemessung des Quertragsystems und der Fahrbahnplatte ist die Einspannwirkung der Fahrbahnplatte im oberen Diagonalanschluss sowohl im Grenzzustand der Tragfähigkeit als auch dem der Ermüdung zu berücksichtigen.
- Die Bemessung der Verdübelung des Zugbandes erfolgt unter Berücksichtigung der Mitwirkung des Zugbandes bei Beanspruchungen aus den lokalen Plattenbiegemomenten und den Beanspruchungen aus der Mitwirkung im Queraussteifungssystem des Hauptträgers.

### 2.3 Hinweise zur konstruktiven Ausbildung

Bezüglich der konstruktiven Ausbildung beziehen sich die zusätzlichen Anforderungen zumeist auf die Ausführung und hier gewisse Ausführungsqualitäten der Schweißnahtanschlüsse. Vorliegende Erfahrungen aus dem Eisenbahnbrückenbau sind hier mit eingeflossen. Für die Ausführung von Anschlusspunkten wird für die Planung der Talbrücke Rahmede u. a. gefordert [4]:

- Für die Festlegung der Kerbfallgruppen und insbesondere der zugehörigen Anforderungen an die Ausführung gilt zusätzlich zu DIN EN 1993-1-9 [12] der Entwurf von E DIN EN 1993-1-9:2023-03 [13].
- Längs- und Quernähte in den Gurten sind grundsätzlich als beidseitig geschweißte DHV-Nähte auszuführen.
- Bzgl. der Ausführung gelten die Empfehlungen nach RE-ING, Teil 2 Brücken, Abschnitt 2 Konstruktive Anforderungen, Anhang A [1]. Insbesondere sind bei den Gurtstößen der Hauptträger die Quernähte nach Zeichnung FS 2 (Ohlemutzstoß) auszuführen.

Teilweise liegen als Ergebnis gezielter Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, z. B. bei der Entwicklung von Schweißnahtdetails bei den Anschlüssen äußerer Diagonalen [1], bereits Muster- bzw. Richtzeichnungen vor, auf die sich in der Planung der Talbrücke Rahmede bezogen werden sollte [4]:

- Die Anschlüsse der äußeren Diagonalen an Haupt- und Längsträger sind nach RE-ING-Teil 2, Abschnitt 2 Konstruktive Anforderungen, Anhang A, Zeichnungen QRD 1, Blätter 1 bis 3 auszuführen. Die Knotenbleche sind in der Materialgüte Z35 auszuführen. Ergänzend zu den Richtzeichnungen gelten die folgenden Regelungen:

- 1) Der Anschluss am oberen Längsträger ist nach Richtzeichnung QRD1, Bl. 1 auszuführen. Die Naht zwischen Drehteil und Rohr sowie der Anschluss der Steifen an das Drehteil und an das Knotenblech sind zwingend als Werkstattnähte in entsprechender Nahtgüte auszuführen.

- 2) Für den unteren Anschluss am Hauptträger gelten die Richtzeichnungen QRD1, Bl. 2 und Bl. 3 der Planungshilfen der RE-ING. Die Schweißnähte zwischen dem Knotenblech und dem Rohr sind grundsätzlich als Werkstattnähte in entsprechender Nahtgüte auszuführen. Bei der Lösung nach Bl. 2 und Bl. 3 der Richtzeichnung QRD1 ist jedoch anstelle der als Schweißbadsicherung dienenden Nase des Knotenbleches an der Knotenblechspitze ein Keramikformteil zu verwenden. Die Flankennähte dürfen auch als HY-Nähte ausgeführt werden, wenn an der Knotenblechspitze eine entsprechende Schweißnahtvorbereitung ausgeführt wird.
  - 3) Wenn beim unteren Anschluss auf den Stoß im Knotenblech gemäß Richtzeichnung QRD 1, Bl. 2 und Bl. 3 verzichtet wird und das Knotenblech stattdessen direkt an den Hauptträgersteg geschweißt wird, ist der Kreuzstoß mit einer Zentrierhilfe herzustellen. Die Exzentrizität  $e$  darf den Wert  $e_{\max} = t_w/8$  nicht übersteigen. Hierbei ist  $t_w$  die Stegdicke des Hauptträgers.
  - 4) Beim Nachweis der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung sind die Beanspruchungen der Knotenbleche und der Schweißnähte infolge Biegung um die schwache Achse des Knotenbleches unter Berücksichtigung der Vorverformung des Stabes in Brückenlängsrichtung und nach Theorie II. Ordnung zu ermitteln.
- Bei den Unter- und Obergurten dürfen an Stößen von Längsnähten und Quernähten Dickenunterschiede im Kreuzungspunkt jeweils nur in Quer- oder in Längsrichtung ausgeführt werden.

Für die Queraussteifung der Kästen wurde sowohl bei der Talbrücke Rinsdorf als auch bei der Talbrücke Rahmede ein neuer Weg beschritten. Anstelle eines mit dünnen Blechen und aussteifendem Gurtblech ausgeführten Rahmens wurde die Aussteifung durch die Anordnung eines aus dicken Blechen und ohne Gurtblech hergestellten Rahmens gebildet. Fertigungstechnisch sind hiermit viele Vorteile verbunden, weil weniger Schweißungen ausgeführt werden müssen und somit

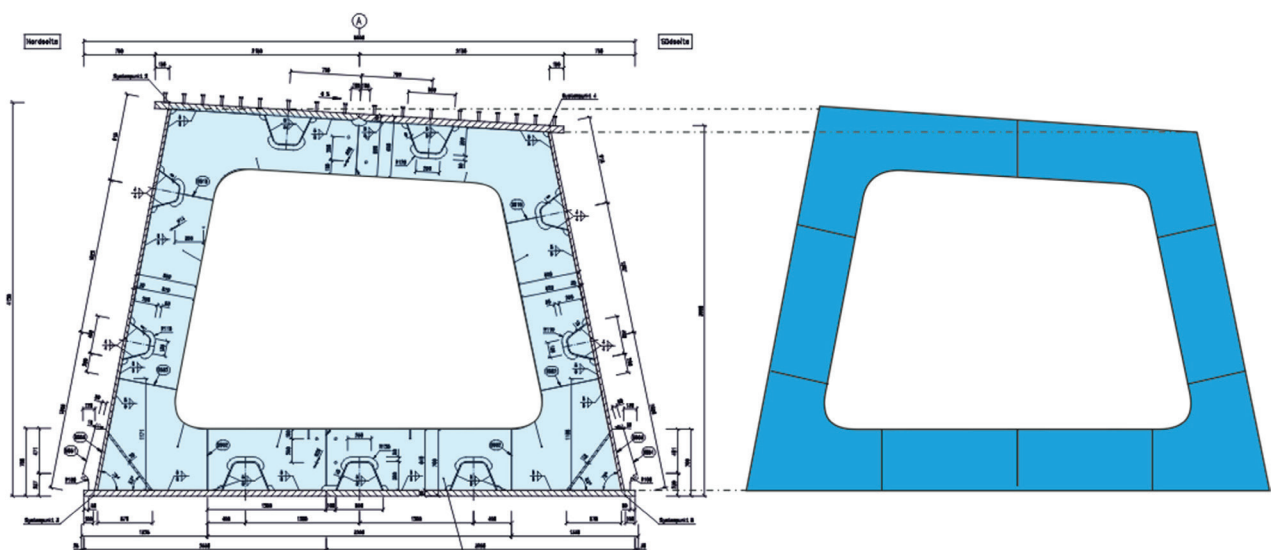


Bild 5: Querrahmen zur Aussteifung des Stahlkastens; links: Planausschnitt aus der Vorplanung, rechts: Prinzipdarstellung des Aussteifungsrahmens, aus [4]  
Zeichnung: Die Autobahn GmbH des Bundes, NL Westfalen sowie BMV, Bonn

ermüdungsfördernde Schweißbeigenspannungen reduziert werden. Die Blechdicke muss so bemessen sein, dass das Blech allein und ohne Gurt sicher gegen Beulen ist. Anhand von Messungen unter realen Verkehrsbelastungen an der Talbrücke Rinsdorf konnte eine auskömmliche und gutmütige Wirkung dieser Aussteifung nachgewiesen werden. Es besteht die Hoffnung, dass sich diese Ausführungsart zu einem Regeldetail weiterentwickeln kann. Die Anforderung für die Ausbildung der Kastenaussteifung bei der Talbrücke Rahmede lautete [4]:

- Wenn es die Beanspruchungen der Querrahmen zulassen, sollten die Querrahmen der Brücke vorzugsweise aus einem dicken Blech mit großen Ausrundungsradien in den Rahmenecken ohne aufgeschweißte Gurte bestehen (Bild 5). Die Schweißstöße der Rahmen sind ermüdungsarm zu beschleifen.
- Die beiden Schrägsteifen links und rechts an den unteren Kastenecken (Bild 5, links) laufen über die gesamte Brückenlänge durch und bilden am Untergurt einen geschlossenen torsionssteifen Kasten, der zum Ausgleich von Toleranzen bei der Einleitung der Lagerkräfte beim Vers Schub dient. Die ermüdungswirksamen Beanspruchungen am Untergurt sind bei großen Stützweiten in der Regel sehr klein. Beim Anschluss an den Querrahmen muss die angeschlossene Steife mit dem entsprechenden Kerbfall nach DIN EN 1993-1-9 [12] berücksichtigt werden.
- Für die Einstufung der Konstruktionsdetails in die Kerbfallgruppen sowie für die zugehörigen Ausführungsqualitäten gelten ergänzend zu den aktuellen Regelungen nach DIN EN 1993-1-9 zusätzlich die Regelungen nach dem Entwurf E DIN EN 1993-1-9:2023-03 [13].
- Die Fahrbahnplatte ist zur Vereinfachung der Bewehrungsführung ohne Vouten auszuführen.

## 2.4 Hinweise zur Ausführung und für die Überwachung

Neben den rechnerisch zu berücksichtigenden Vorgaben hängt die erreichte Qualität im Bauwerk im Wesentlichen auch von der Ausführungsqualität der Arbeiten ab, weshalb hier besonders darauf hingewiesen wird und zusätzliche Anforderungen für die Fertigung der Talbrücke Rahmede gestellt wurden [4]:

- Für die Herstellung der Schweißnahtanschlüsse ist seitens der ausführenden Firma von den für das Schweißen der Anschlüsse vorgesehenen Schweißern eine Arbeitsprobe in Übereinstimmung mit der Schweißposition in der Fertigung herzustellen. Die positive Abnahme der Schweißprobe durch die Fremdüberwachung hinsichtlich der Einhaltung der für den Einsatzzweck gestellten Anforderungen an die Schweißnahtgüte dient als Einsatzvoraussetzung der jeweiligen Bauteilschweißung in entsprechender Lage für den von der Baufirma vorgesehenen Schweißer. Für die Schweißer der Anschlüsse ist eine Personalisierung erforderlich und zu dokumentieren, die durch die Fremdüberwachung zu überprüfen ist.
- Die zuvor beschriebene Verfahrensweise mit per-

sonalisierten Schweißern gilt auch für das Kopfbolzenschweißen der Dübel auf den Zugbändern sowie in den Anschlussbereichen am Längsträger und am Hauptträger. Es gelten insbesondere die Festlegungen im ARS 18/2019 „Qualitätssicherung beim Schweißen von Bolzendübeln im Brückenbau“ [16] für hoch auf Ermüdung ausgenutzte Kopfbolzendübel. Kopfbolzendübel gelten im Sinne des ARS 18/2019 als hoch auf Ermüdung ausgenutzt, wenn der Ausnutzungsgrad beim Nachweis der Ermüdung nach DIN EN 1994-2 [13] mit dem zugehörigen NA [14] größer als 50 % ist. Auf den Schweißnahtprüfplänen sind für die Fremdüberwachung die Bereiche mit einer Ausnutzung größer als 50 % kenntlich zu machen.

- Auf allen Werkstattzeichnungen oder auf den Schweißnahtdetailplänen sind bei den Schweißnähten die zugehörigen Kerbgruppen nach DIN EN 1993-1-9 [11] bzw. E DIN 1993-1-9:2023-03 [12] anzugeben.

## 3 Zusammenfassung

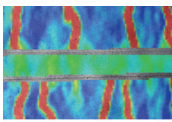
Angeregt durch die Erfahrungen im Umgang mit älteren Stahl- und Stahlverbundbrücken wurden Entwicklungsarbeiten in der Querschnittsgestaltung und Detailausbildung initiiert, die zu dauerhafteren Lösungen führten. Diese wurden zum Teil in Musterzeichnungen und zusätzlichen Anforderungen hinterlegt und pilotartig zur Anwendung gebracht.

Auch wenn die zusätzlichen Anforderungen auf den ersten Blick verschärfend wirken, so sind doch die Vorteile im Hinblick auf Robustheit, Resilienz, Dauerhaftigkeit und Langlebigkeit der Bauwerke in unser aller Interesse und zum Wohle der Nutzer und Steuerzahler. Es ist vorgesehen, nach einer gewissen Erprobungszeit die vorgestellten Anforderungen in das Regelwerk zu übernehmen.

## Literatur

- [1] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.): Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten (RE-ING). Stand 12/2024.
- [2] DIN EN 1991-2:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken, Deutsche Fassung EN 1991-2\_2003+AC:2010.
- [3] Hanswille, G.; Mangerig, I.: Ermittlung der Beanspruchungen in Stahlbrücken beim Heißeinbau des Fahrbahnbelags. in: Kuhlmann, U. (Hrsg.): Stahlbau-Kalender 2024, Teil 1, Berlin: Ernst & Sohn, 2024, S. 523–580.  
<https://doi.org/10.1002/9783433611722.ch8>
- [4] Bundesministerium für Verkehr (BMV, Hrsg.): Ergänzende Anforderungen für die Bemessung und Konstruktion von Stahlverbundbrücken im Rahmen von funktionalen Ausschreibungen. 2022, unveröffentlicht.
- [5] DIN EN 1991-1-5:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-5: Allgemeine Einwirkun-

- gen - Temperatureinwirkungen; Deutsche Fassung EN 1991-1-5:2003 + AC:2009.
- [6] DIN EN 1991-1-5/NA:2010-12: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen – Temperatureinwirkungen.
- [7] DIN EN 1991-2/NA:2012-08: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken.
- [8] DIN EN 1991-1-6:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung; Deutsche Fassung EN 1991-1-6:2005 + AC:2008.
- [9] DIN EN 1991-1-6 Berichtigung 1:2013-08: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung; Deutsche Fassung EN 1991-1-6:2005, Berichtigung zu DIN EN 1991-1-6:2010-12; Deutsche Fassung EN 1991-1-6:2005/AC:2012.
- [10] DIN EN 1991-1-4:2010-12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010
- [11] DIN EN 1991-1-4/NA:2024-08: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten.
- [12] DIN EN 1993-1-9:2010-12: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009.
- [13] DIN EN 1993-1-9:2023-03 – Entwurf: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche und Englische Fassung prEN 1993-1-9:2023.
- [14] DIN EN 1994-2:2010-12: Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 2: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für Brücken; Deutsche Fassung EN 1994-2:2005 + AC:2008.
- [15] DIN EN 1994-2/NA:2010-12: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton - Teil 2: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für Brücken.
- [16] Allgemeines Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 18/2019: Qualitätssicherung beim Schweißen von Bolzendübeln im Brückenbau. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Bonn, 26.8.2019.



SMAR 2026

# 8<sup>th</sup> International Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures

26.-28. August 2026, Dresden, Deutschland

## THEMENSCHWERPUNKTE

- Hochentwickelte Materialien, intelligente Strukturen und zukunftsweisende Technologien als Basis für strukturelle Innovationen
- Leistungs- und Schadensbewertung von Bauteilen und Tragwerken
- Sanierung, Instandsetzung und strukturelle Verstärkung
- Innovative Mess- und Analysemethoden
- Langzeit- und prädiktives Structural-Health-Monitoring
- Praktische Anwendungen und Fallstudien
- Dauerhaftigkeit, Performance und Nachhaltigkeit über den ganzen Lebenszyklus

scan  
me



smar-2027.org