
Untersuchung zur nachhaltigen Instandsetzung von orthotropen Fahrbahnplatten

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Sedlacek
Dipl.-Ing. Michael Paschen,
Ing.-Büro Prof. Sedlacek & Partner,
Aachen

Zusammenfassung:

Aufgrund ständig steigender Verkehrsintensität und gleichzeitig ansteigenden Fahrzeuggewichten werden auch die Stahlbrücken mit orthotropen Fahrbahnplatten hinsichtlich Ermüdung stärker beansprucht. Zumeist wurden diese Brücken in den 60er Jahren gebaut und die heutigen Qualitätsstandards und Empfehlungen wurden nur z. T. eingehalten.

Ein nicht ausreichender Ermüdungswiderstand der Details in Kombination mit steigenden Ermüdungsbeanspruchungen führt früher oder später zu Schäden; bei einigen Brücken in Deutschland sind Schäden aufgetreten.

Die zukünftige Verkehrsbeanspruchung führt dazu, dass eine Reparatur alleine nicht ausreichend ist, sondern eine nachhaltige Instandsetzung, d. h. Ertüchtigung bestehender orthotroper Platten erfolgen muss, um auch bei weiter ansteigenden Ermüdungsbeanspruchungen eine hinreichende Gesamtlebensdauer ohne erhöhten Wartungsaufwand sicherzustellen.

Vor diesem Hintergrund haben das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) und die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) ein Forschungsvorhaben in Auftrag gegeben, um nachhaltige Instandsetzungsmaßnahmen zur Ertüchtigung von orthotropen Fahrbahnplatten bei Stahlbrücken unter der besonderen Berücksichtigung des Belagsystems zu untersuchen und zu entwickeln.

1. Einleitung

Die wesentlichen Merkmale des Bestandes von orthotropen Fahrbahnplatten in Deutschland sind:

- Entwicklung von der Optimierung des Stahlgewichts zur bestmöglichen Ausnutzung des Tragvermögens zur Reduzierung der Fertigungskosten,
- daraus folgende Veränderung der Längsrippenprofile, der verwendeten Fertigungsverfahren und der Querträgerabstände,
- Einsatz bei zahlreichen Großbrücken,
- Einsatz in zentralen Verkehrswegen.

Die meisten dieser Brücken sind seit mehr als 30 Jahren im Einsatz, teilweise in Strecken mit den höchsten Verkehrsbeanspruchungen, die z. Zt. in Deutschland auftreten.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen hat zusammen mit der Bundesanstalt für Straßenwesen einen Forschungsauftrag erteilt, mit dem mit folgenden Arbeitsschritten die derzeitige Situation untersucht und mögliche Verbesserungsmaßnahmen entwickelt werden sollen:

- Erfassung verschiedener Schadensarten,
- Untersuchung von bisher durchgeführten Sanierungskonzepten,
- Entwicklung von Instandsetzungsmaßnahmen für eine nachhaltige Ertüchtigung von orthotropen Fahrbahnplatten unter besonderer Berücksichtigung des Belagsystems und in Hinblick auf die zukünftige Verkehrsentwicklung.

Die nachfolgenden Abschnitte geben eine Zusammenfassung von Zustandsberichten von ca. 40 Stahlbrücken mit orthotroper Fahrbahnplatte, die die verschiedenen Bauarten und unterschiedlichen Schäden darstellen. Erste Schlussfolgerungen aus der Untersuchung von Instandsetzungsmaßnahmen werden gezogen und mögliche neue Lösungen für eine nachhaltige Instandsetzung werden vorgestellt.

2. Übersicht über die derzeitige Situation

Der folgende Überblick ist eine Zusammenfassung der Auswertung von Brückenprüfberichten nach DIN 1076 und Gutachten, die zu bestimmten Schäden durchgeführt wurden. Die verschiedenen Brücken repräsentieren die zeitliche Entwicklung der orthotropen Fahrbahnplatte in Deutschland hinsichtlich der Fertigungsverfahren und Detailausbildung. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die untersuchten Brücken.

Tabelle 1: Überblick über untersuchte Brücken

System	Baujahr	Längsrippenart	Querträger ¹⁾	Brückenfläche ²⁾
Balkenbrücke	1948	Flachsteife	2,45	437/21
Balkenbrücke	1951	T-Steife	1,91	412/31
Hängebrücke	1951	Wulstflachprofil	1,81	497/27
Balkenbrücke	1958	Trapezprofil	2,50	274/31
Schrägseilbrücke	1959	Flachsteife	2,15	691/30
Balkenbrücke	1961	eingepasste V-Steife	3,74	661/29
Fachwerkbrücke	1962	eingepasste V-Steife	3,00	375/26
Fachwerkbrücke	1962/1971	Sektkelchprofil	2,753	699/14
Balkenbrücke	1964	Wulstflachprofil	1,95	81/30
Balkenbrücke	1965	Wulstflachprofil	1,73	527/34
Schrägseilbrücke	1965	Sektkelchprofil	2,57	687/38
Hängebrücke	1965	Sektkelchprofil	2,525	803/23
Balkenbrücke	1966	Sektkelchprofil	3,60	1800/28
Balkenbrücke	1966	Wulstflachprofil	1,65	597/34
Balkenbrücke	1966	Wulstflachprofil	1,50	931/29
Schrägseilbrücke	1967	Trapezprofil	3,215	463/19
Balkenbrücke	1968	Sektkelchprofil	3,20	770/31
Balkenbrücke	1969	Wulstflachprofil	2,00	89/32
Balkenbrücke	1970	Trapezprofil	2,03	80/11
Balkenbrücke	1970	Sektkelchprofil	3,20	318/22
Schrägseilbrücke	1970	Sektkelchprofil	2,50	778/36
Balkenbrücke	1971	Trapezprofil	2,20	287/23
Fachwerkbrücke	1972	Trapezprofil	3,125	344/8
Balkenbrücke	1972	Trapezprofil	4,00	1053/30
Balkenbrücke	1972	Trapezprofil	4,00	705/31
Balkenbrücke	1972	Trapezprofil	5,00	1020/31
Balkenbrücke	1972	Sektkelchprofil	3,00	518/19
Balkenbrücke	1974	Trapezprofil	3,00	80/31
Schrägseilbrücke	1974	Trapezprofil	2,15	520/18
Schrägseilbrücke	1974	Trapezprofil	2,475	435/32
Fachwerkbrücke	1976	Trapezprofil	3,25	133/36
Fachwerkbrücke	1983	Trapezprofil	4,00	462/24
Schrägseilbrücke	1990	Trapezprofil	4,20	618/35
Balkenbrücke	1994	Trapezprofil	3,50	703/18
Hängebrücke	1995	Trapezprofil	2,625	567/26
Balkenbrücke	1995	eingepasstes Trapezprofil	2,75	77/13
Schrägseilbrücke	2002	Trapezprofil	3,75	729/39

¹⁾ Querträgerabstand [m]

²⁾ Länge und Breite der Brücke[m]

Bild 1a gibt ein Überblick über die verschiedenen Detailausbildungen für die Längsrippenprofile, Bild 1b zeigt die verschiedenen anzutreffenden Schweißnähte zwischen der Längsrippe und dem Deckblech.

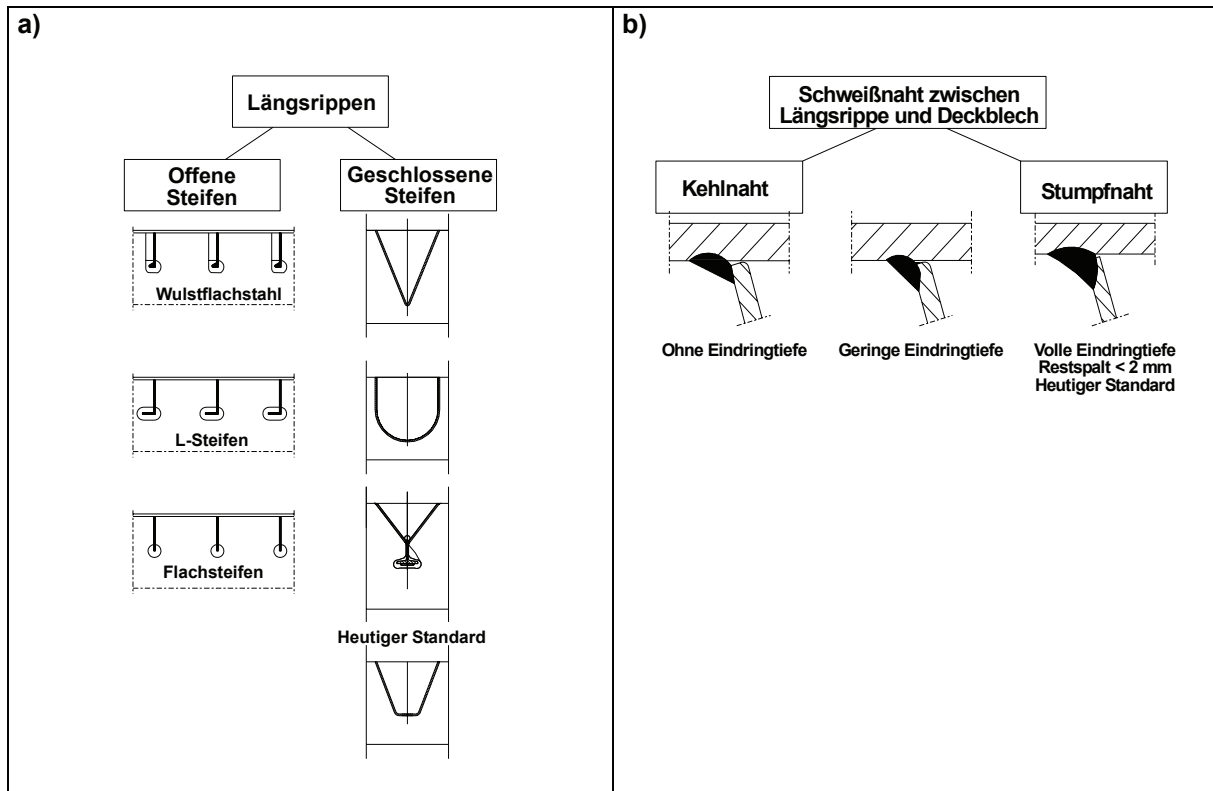


Bild 1: Verschiedene Längsrippenprofile und Schweißnähte zwischen Längsrippe und Deckblech

Die Untersuchung der Schäden ergab die kritischen Stellen der orthotropen Fahrbahnplatte, siehe Bild 2

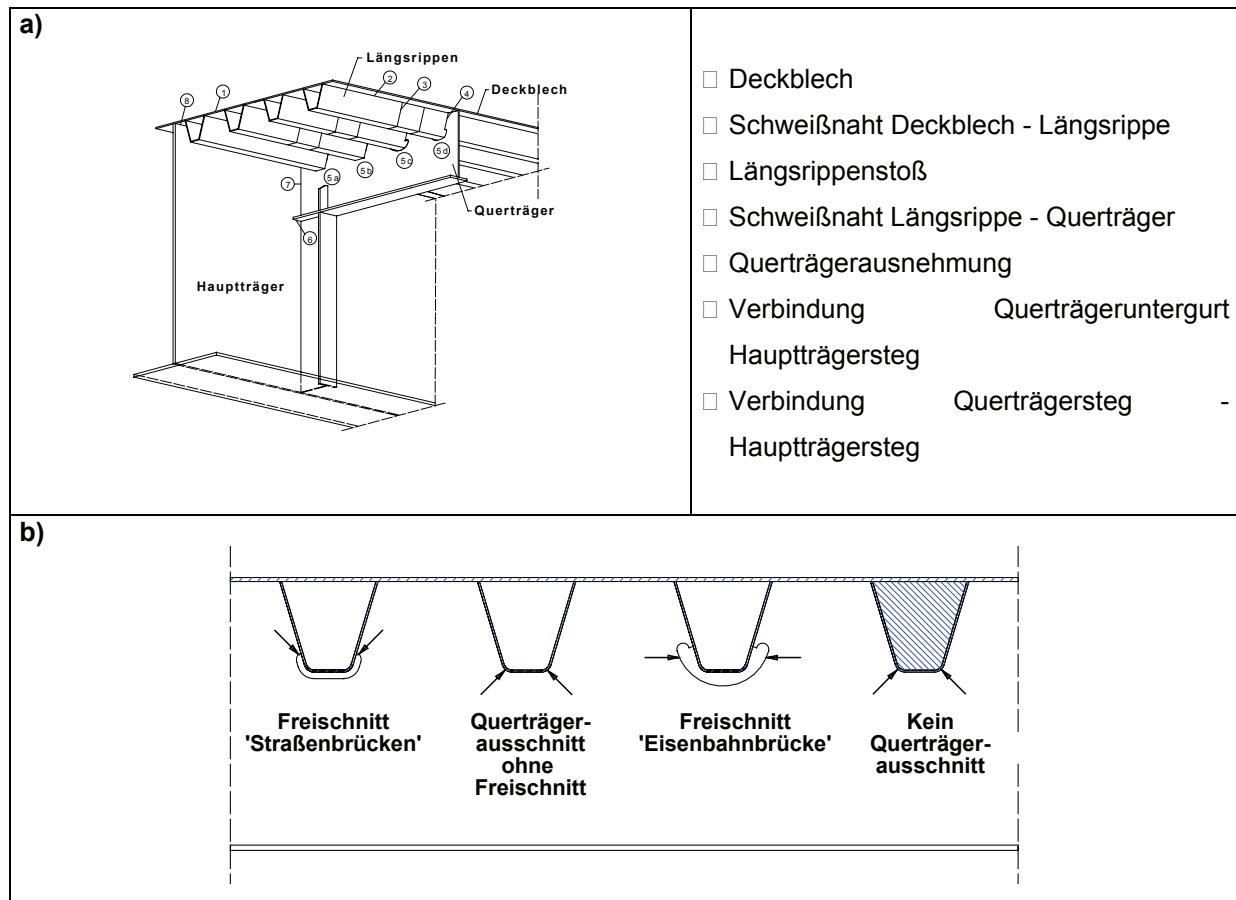


Bild 2: Kritische Detailstellen

a) Kritische Punkte der orthotropen Fahrbahnplatte

b) Ausführung der Verbindung zwischen Rippe und Querträgerstegblech

Die Art der Schäden lässt sich in zwei Hauptgruppen unterteilen:

1. Schäden mit einem Bezug zu einem bestimmten Detail oder einer Bauart der orthotropen Fahrbahnplatte (bauweisenbedingte Schäden), dies sind z. B.
 - Risse in den Querträgerstegen bei der Ausführung mit offenen Steifen,
 - Risse in der Schweißnaht zwischen eingepassten Längsrippen und Querträgerstegen,
 - Risse in den Fensterstößen der Längsrippen.
2. Schäden ohne einen Bezug zu bestimmten Ausführungsformen der orthotropen Fahrbahnplatten (bauweisenunabhängige Schäden), dies sind z. B.
 - Risse in der Verbindung zwischen Längsrippe und Deckblech.

3 Schäden mit einem Bezug zu einem Detail oder Bauweise

Bild 3 zeigt einige exemplarische Schäden.



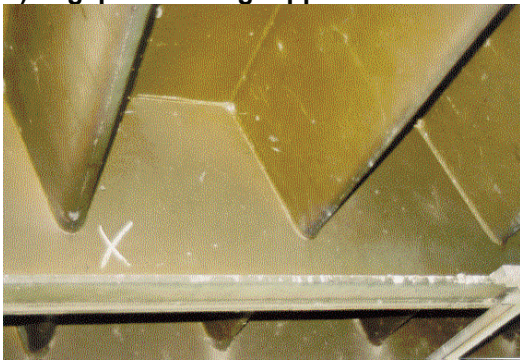

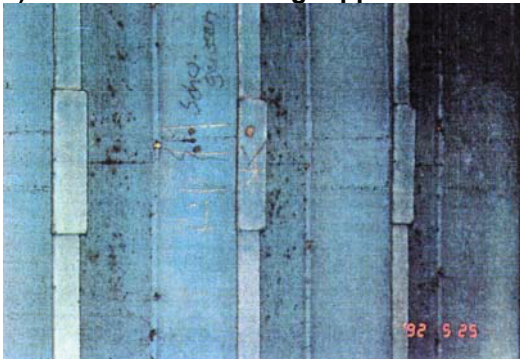

Bauweise	Schäden
<p>a) offene Steife</p> 	<p>Riss im Querträgersteg</p> 
<p>b) angepasste Längsrippe</p> 	<p>Riss in der Schweißnaht zwischen Längsrippe und Querträgersteg</p> 
<p>c) Fensterstoß der Längsrippe</p> 	<p>Riss in der Schweißnaht zwischen den Längsrippen</p> 

Bild 3: Bauweisenbedingte Schäden

Für die bauweisenbedingten Schäden können zunächst folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- in der Regel besteht kein Zusammenhang zwischen dem lokalen Schadensort innerhalb der Verkehrsfläche und der jeweiligen Spureinteilung auf der Brücke, d. h. z. B. keine Konzentration in den Schwerverkehrsspuren
- die Anzahl von entdeckten Schäden steigt unmittelbar nach dem Austausch des gesamten Fahrbahnbelags an, s. Bild 4.

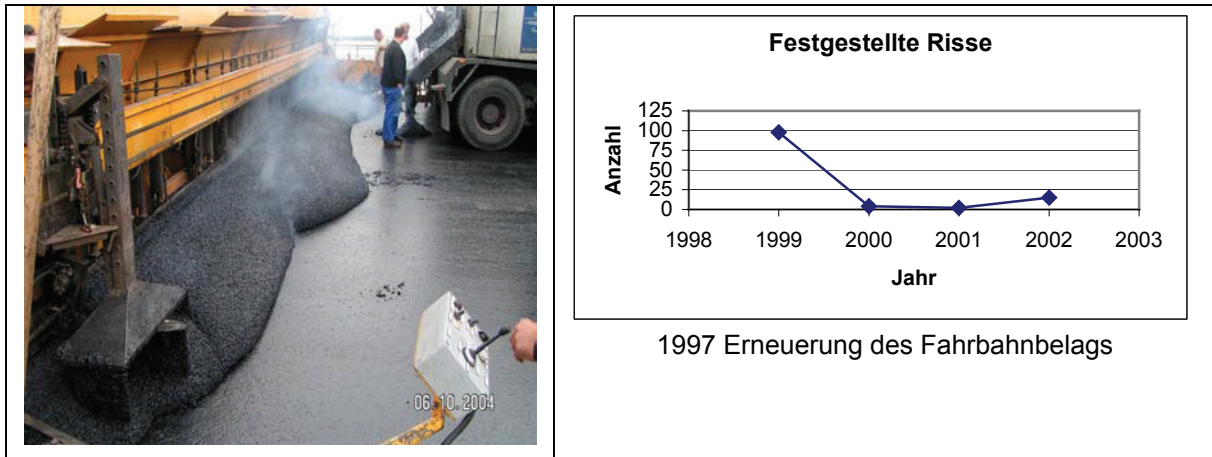


Bild 4: Zusammenhang zwischen Belagserneuerung und entdeckten Schäden

Es gibt jedoch z. Zt. noch keinen Beleg, dass die Schäden nach der Belagserneuerung ausschließlich durch die hohen Temperaturen beim Einbringen von Gussasphalt (teilweise mehr als 230°C) verursacht werden, es werden jedoch bisher durch Beschichtung verdeckte Risse sichtbar. Unzureichende Nahtqualität in Kombination mit den hohen Temperaturbeanspruchungen und damit verbundenen Zwängungen scheinen zu den Schäden zu führen.

Für eine erfolgreiche Instandsetzung solcher Schäden sind besondere Detailuntersuchungen und Vorbereitungen erforderlich. So sind z. B. für die Instandsetzung von Rissen an der Verbindung eingepasster Längsrippen und dem Querträgersteg (s. Bild 5) folgende Umstände zu berücksichtigen:

- die Materialeigenschaften des Querträgerstegs in Dickenrichtung,
- der geometrische Versatz der eingepassten Längsrippen in Brückenlängsrichtung,
- ausreichende Vorwärmung während der Instandsetzungsarbeiten,
- Schrumpfeffekte aufgrund der Schweißfolge und
- Behandlung übergroßer Spalte.

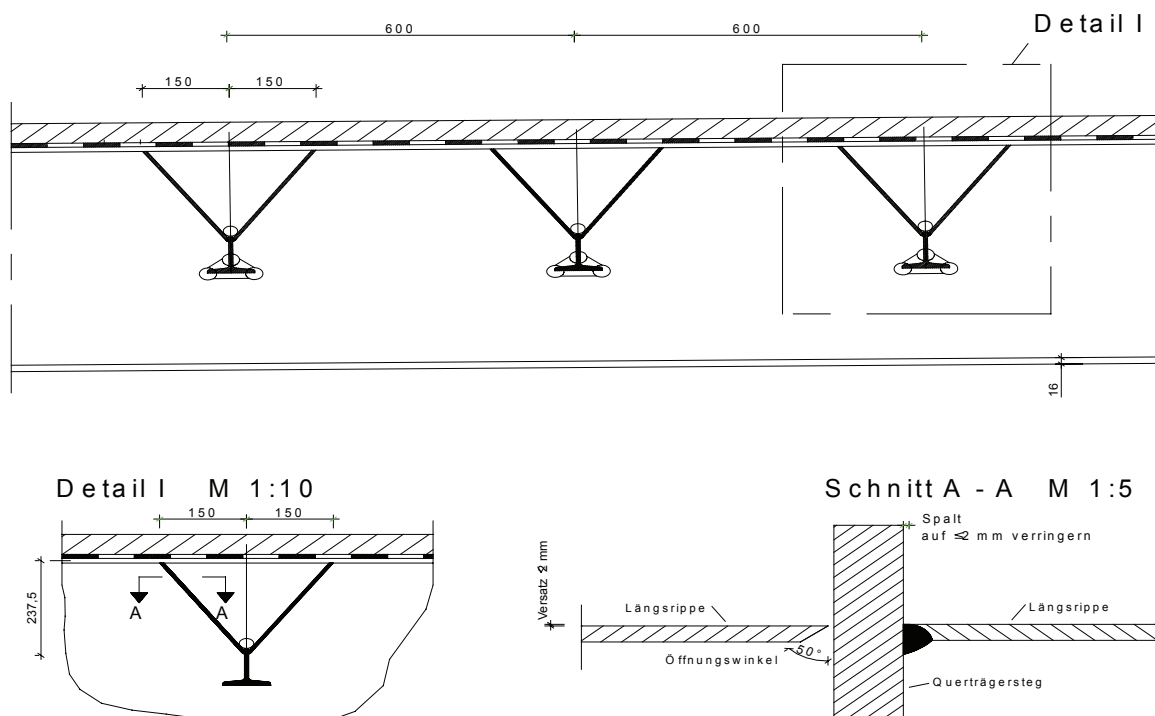


Bild 5: Instandsetzung von Schweißnahtissen zwischen eingepassten Rippen und Querträgerstegen

4. Bauweisenunabhängige Schäden

Bild 6 zeigt typische Schadensstellen von gerissenen Verbindungsstellen zwischen Deckblech und Längsrippe, die unabhängig von dem gewählten Längsrippenprofil und der jeweiligen Bauweise auftreten können.



Bild 6: Risse in der Verbindungsnaht zwischen Deckblech und Längsrippe
links: Sektkelchprofil
rechts: Trapezprofil - instandgesetzte Naht zur späteren Prüfung noch ohne Beschichtung

Bei dieser Schadensart ist ein Zusammenhang zwischen dem Schadensort und der Verkehrsbeanspruchung zu erkennen, d. h. zumeist findet sich eine Konzentration von solchen Schäden im Bereich der Schwerlastverkehrsspur, Tabelle 2 stellt zwei Beispiele vor.

Tabelle 2: Risse in der Verbindungsnaht zwischen Längsrippe und Deckblech

<p>Brückenklasse 60 - ca. 3000 Schwerfahrzeuge/Tag</p>	<p>Schäden: Risse zwischen Sektkelchprofil und dem Deckblech in der Schwerverkehrsspur</p> <p>Ursache: Unzureichende Nahtqualität in dem Übergangsbereich zwischen automatisch hergestellter Schweißnaht und dem Beginn der Handschweißung</p>
<p>Brückenklasse 45 - ca. 2500 Schwerfahrzeuge/Tag</p>	<p>Schäden: Risse in der Verbindungsnaht zwischen Trapezprofil und Deckblech im Bereich der Schwerverkehrsspur</p> <p>Ursache: Unzureichende Nahtqualität, Dünnbelag (ca. 10 mm), höhere Brückenlasten (Brückenklasse 60)</p>

Für die Verbindungsnaht zwischen den Steifen und dem Deckblech werden im DIN-Fachbericht 103 bzw. pr EN 1993-2 „Stahlbrücken“ die Detailanforderungen (Nahteindringtiefe, Toleranzen, etc.) definiert, eine Übersicht zu diesen Empfehlungen gibt das Bild 7.

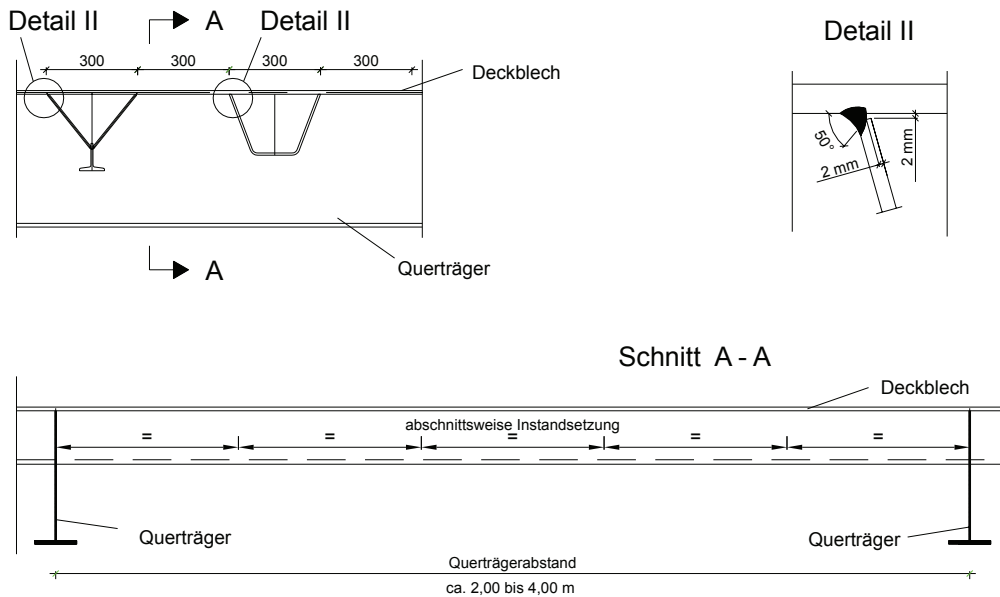


Bild 7: Empfehlungen für die Ausführung der Instandsetzung der Verbindungsnaht zwischen der Längssteife und dem Deckblech

Aufgrund der Beanspruchung kommt dem Restspalt besondere Bedeutung zu; nach DIN Fachbericht 103 und prEN 1993-2 ‚Stahlbrücken‘ ist ein Restspalt von < 2 mm definiert, Bild 8 zeigt die Anforderungen und verschiedene Resultate von Verfahrensprüfungen.

<p>② Halsnähte Rippe - Deckblech a) automatische Schweißung b) Handschweißung</p> <p>a)</p> <p>b)</p>		
<p>Definition nach DIN-Fachbericht 103 und prEN 1993-2</p>	<p>ungenügende Eindringtiefe</p>	<p>Wurzel Fehler und „Heiß-Risse“, die während des Schweißvorgangs auftreten</p>

Bild 8: Anforderungen und Schnitte durch die Verbindungsnaht; Längsrippe – Deckblech

In der Praxis hat sich die Definition des Restspaltes von kleiner 2 mm als ein guter Kompromiss bewährt, da hierdurch für die Fertigung ein ausreichender Freiraum besteht, eine gute Nahtqualität zu erreichen. Eine Festlegung von Spaltmaßen kleiner als 0,5 mm, wie in ECCS Forschungsberichten gefordert und auch mit höheren Ermüdungsfestigkeiten verbunden wird, kann mit den üblichen Fertigungsverfahren nicht durchgehend sicher erreicht werden. Die Gefahr von heißrissähnlichen Fehlern und Wurzelfehlern steigt bei den hierfür erforderlichen Schweißparametern.

5. Nachhaltige Instandsetzung von orthotropen Fahrbahnplatten

Für die Instandsetzung von Schäden in den Verbindungsnahten zwischen Längsrippen und Deckblech und für die weitere Dauerhaftigkeit augenscheinlich ungeschädigter Bereiche stellt sich die Frage, ob eine Schweißnahtqualität entsprechend den Detailanforderungen nach prEN 1993-2 ausreichend ist. In Bezug auf die weitere Dauerhaftigkeit interessiert die zukünftige Entwicklung im Bereich der Fahrzeuge und der Reifen (s. Bild 9).

Für die, mit dieser Entwicklung erwartete Beanspruchung ist die Verbindungsnaht zwischen Längsrippe und Deckblech ausreichend, es können sich aber Defizite bei der Beanspruchbarkeit an anderen Stellen der orthotropen Fahrbahnplatte ergeben. Dies könnten z. B. Deckblechrisse sein, die im Anschluss an Instandsetzungen der Verbindungsnaht Längsrippe-Deckblech auftreten, wie Erfahrungen in anderen Ländern zeigen.

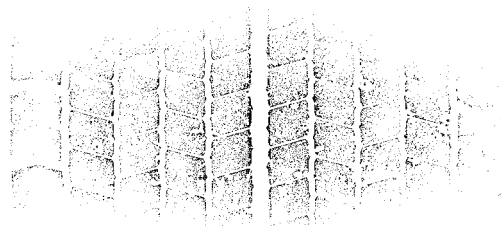
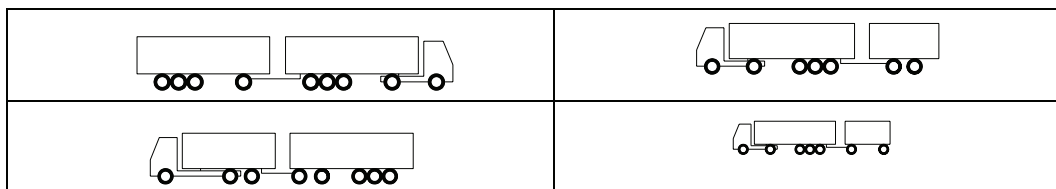


Bild 9: Mögliche neue Fahrzeugkonfigurationen und "Footprints" für einen Super Single Reifen vom Typ 495/45 R22.5

Die Erfahrungen aus der erfolgreichen Instandsetzung solcher Schäden in Deutschland ist:

- in der Regel treten in den instandgesetzten Bereichen keine neuen Risse auf,
- eine Instandsetzung unter Verkehr ist möglich, wobei in der Regel der lokale Bereich vom Verkehr freigehalten wird,

jedoch

- ist es immer möglich, dass im Laufe der Zeit weitere neue Risse außerhalb des instandgesetzten Bereichs zeigen.

Aus diesem Grund ist eine nachhaltige Instandsetzung der orthotropen Fahrbahnplatte einschließlich der Verbindungsnahten dann gegeben, wenn das Beanspruchungsniveau durch die Verbundwirkung zwischen Belag und Stahlstruktur deutlich reduziert wird.

Ermüdungsberechnungen nach pr EN 1993 zeigen, dass eine ausreichende Lebensdauer der Verbindung Längsrippe Deckblech nur unter Berücksichtigung des Verbundes zwischen Belag und Stahlstruktur zu erreichen ist, s. Bild 10.

Fahrzeuge	Ermüdungslastmodell 2	Ermüdungslastmodell 4	
	90 kN, 190 kN, 4.5 m	70 kN, 130 kN, 4.5 m	
	80 kN, 140 kN, 140 kN, 4.2 m, 1.3 m	70 kN, 120 kN, 120 kN, 4.5 m, 1.3 m	
	90 kN, 180 kN, 3 x 120 kN, 3.2 m, 5.2 m, 1.3 m, 1.3 m	70 kN, 150 kN, 3 x 90 kN, 3.2 m, 5.2 m, 1.3 m, 1.3 m	
	90 kN, 190 kN, 2 x 120 kN, 3.4 m, 6.0 m, 1.8 m	70 kN, 140 kN, 2 x 90 kN, 3.2 m, 6.0 m, 1.8 m	
	90 kN, 180 kN, 120 kN, 2 x 110 kN, 4.8 m, 3.6 m, 4.4 m, 1.3 m	70 kN, 130 kN, 90 kN, 2 x 80 kN, 4.8 m, 3.6 m, 4.4 m, 1.3 m	
Ermüdungsnachweise nach prEN 1991-3 , Verkehrslasten auf Brücken'			
Reine Stahlkonstruktion		< 10 Jahre	
Heutige Bauweise		30 - 50 Jahre	
75 mm Belag Gussasphalt - PmB 45		70 - 90 Jahre	
Mögliche zukünftige Bauweise			
75 mm Belag Gussasphalt - PmB 25			

Bild 10: Nachweis der Ermüdungssicherheit nach pr EN 1991-3 und pr EN 1993-2 für die Verbindungsnaht zwischen Längsrippe und Deckblech

Aufgrund dieser Überlegungen, setzen die meisten Vorschläge für Instandsetzungsmaßnahmen an einer Verbesserung der Verbundeigenschaften an.

Einen Überblick über derzeitige Probeanwendungen oder zukünftigen Instandsetzungsmaßnahmen gibt das Bild 11.

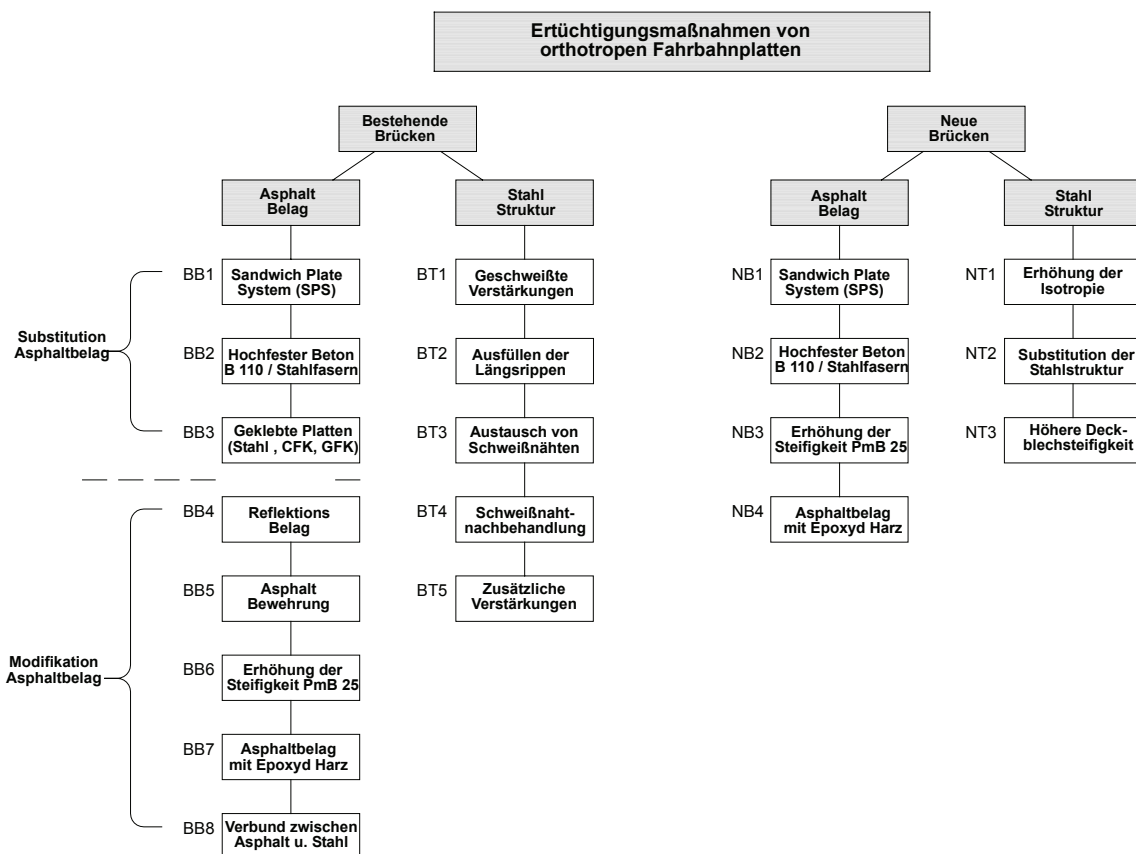


Bild 11: Mögliche Instandsetzungsmaßnahmen für einen nachhaltigen Nachweis der Ermüdungssicherheit nach pr EN 1991-3 und pr EN 1993-2 für die Verbindungsnaht zwischen Längsrippe und Deckblech

Einzelne Lösungen werden im Nachfolgenden vorgestellt.

6. Substitution oder Ergänzung des Belags

6.1 Allgemeines

Von großem Interesse bei der nachhaltigen Instandsetzung sind Maßnahmen, die folgende Randbedingungen erfüllen:

a) Schweißlose Verstärkungen

Jede neue Schweißnaht, die an einer bestehenden orthotropen Fahrbahnplatte angebracht wird und jeder Schweißschrumpf ergeben auch neue potentielle Ansatzpunkte für Schäden, die die gesamte Platte betreffen können.

b) Beibehaltung der Schadenstoleranz, d. h. ausreichende Frühwarnung,

Die Verstärkungsmaßnahmen müssen auch weiterhin eine einwandfreie Inspektionsmöglichkeit aller tragenden Verbindungen sicherstellen.

c) Deutliche Entlastung der kritischen Stellen durch Maßnahmen mit entsprechender Wirtschaftlichkeit.

d) Einhaltung von Randbedingungen, d. h. idealerweise kann die Verstärkungsmaßnahme z. B. im Rahmen einer anstehenden Asphalterneuerung durchgeführt werden oder aber die Verkehrssperrungen der Brücke entsprechen den Zeiträumen einer üblichen Instandsetzungsmaßnahme.

Im weiteren wird auf einige mögliche nachhaltige Instandsetzungsmaßnahmen eingegangen.

6.2 Sandwich Plate System (SPS)

Durch das kanadische Ingenieurbüro ,Intelligent Engineering (IE) wurde ein Sandwichsystem bestehend aus zwei Stahlblechen und dazwischenliegendem Elastomerkern entwickelt. Das Sandwich Plate System (SPS) bewirkt durch die Versteifung des Deckblechs eine bessere Lastverteilung und Verbundwirkung bei der orthotropen Fahrbahnplatte.

Bild 12 zeigt die prinzipielle Anwendung bei einer orthotropen Fahrbahnplatte.

Dieses System wird in Deutschland durch den Lizenznehmer Fa. Krupp Stahlbau Hannover angeboten.

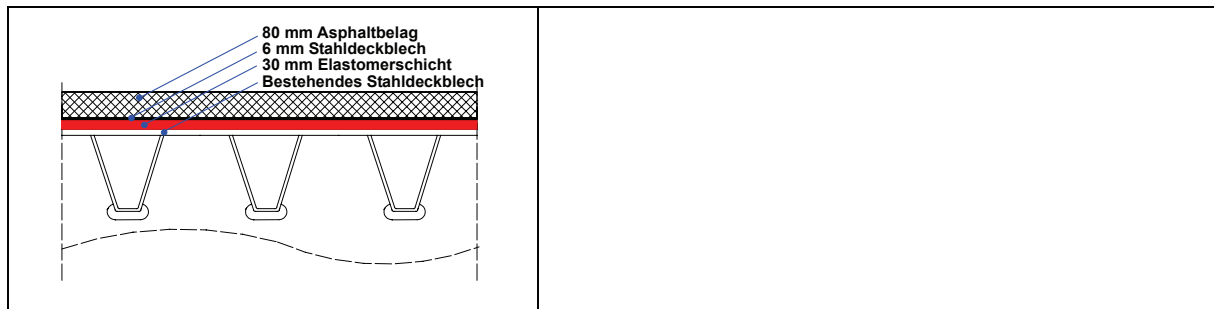


Bild 12: Sandwich Plate System

Zur Überprüfung der Wirksamkeit dieser Maßnahme wurden umfangreiche Versuche an der RWTH Aachen an D-Brücken-Fahrbahnplatten durchgeführt, s. Bild 13 und 14.

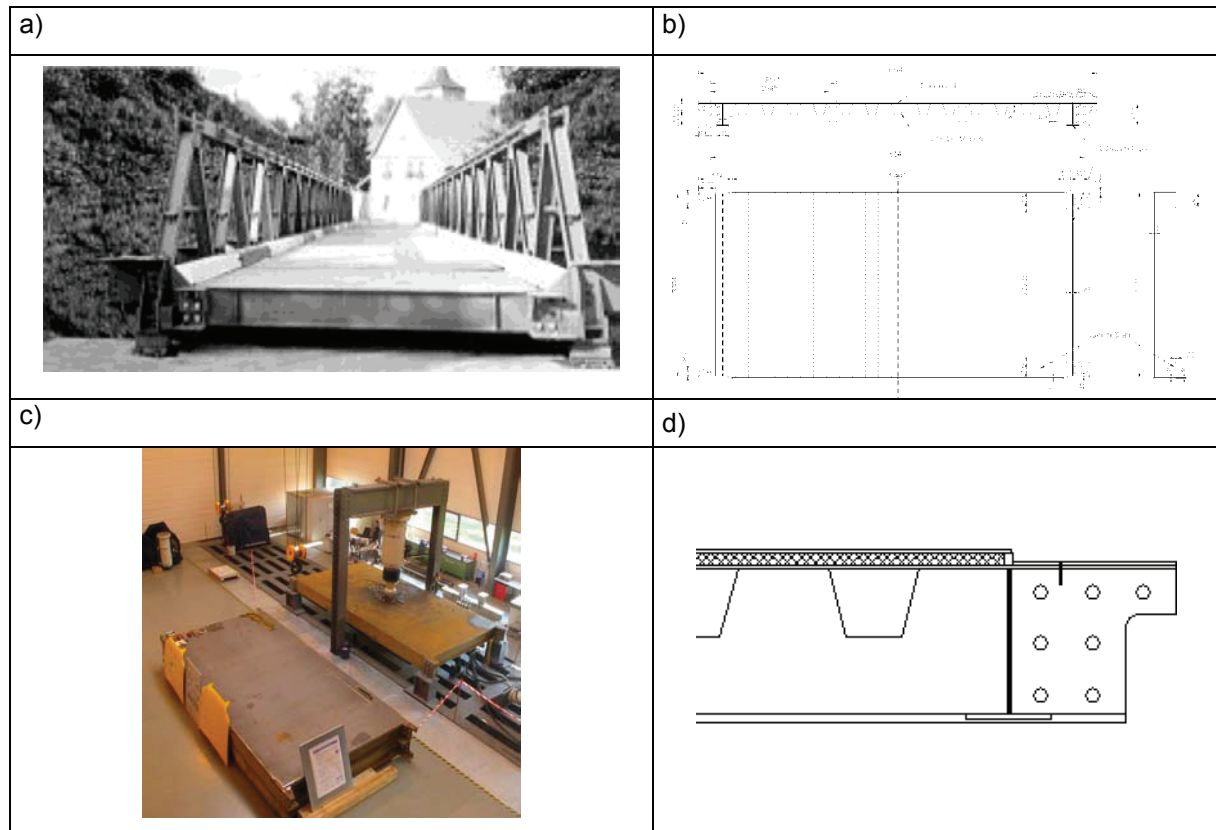


Bild 13: Bauteilversuche an D-Brücken-Fahrbahnplatten

- a) D-Brückensystembrücke
- b) Fahrbahnplatte
- c) Probekörper mit SPS Verstärkung und Referenzplatte
- d) Detailaufnahme

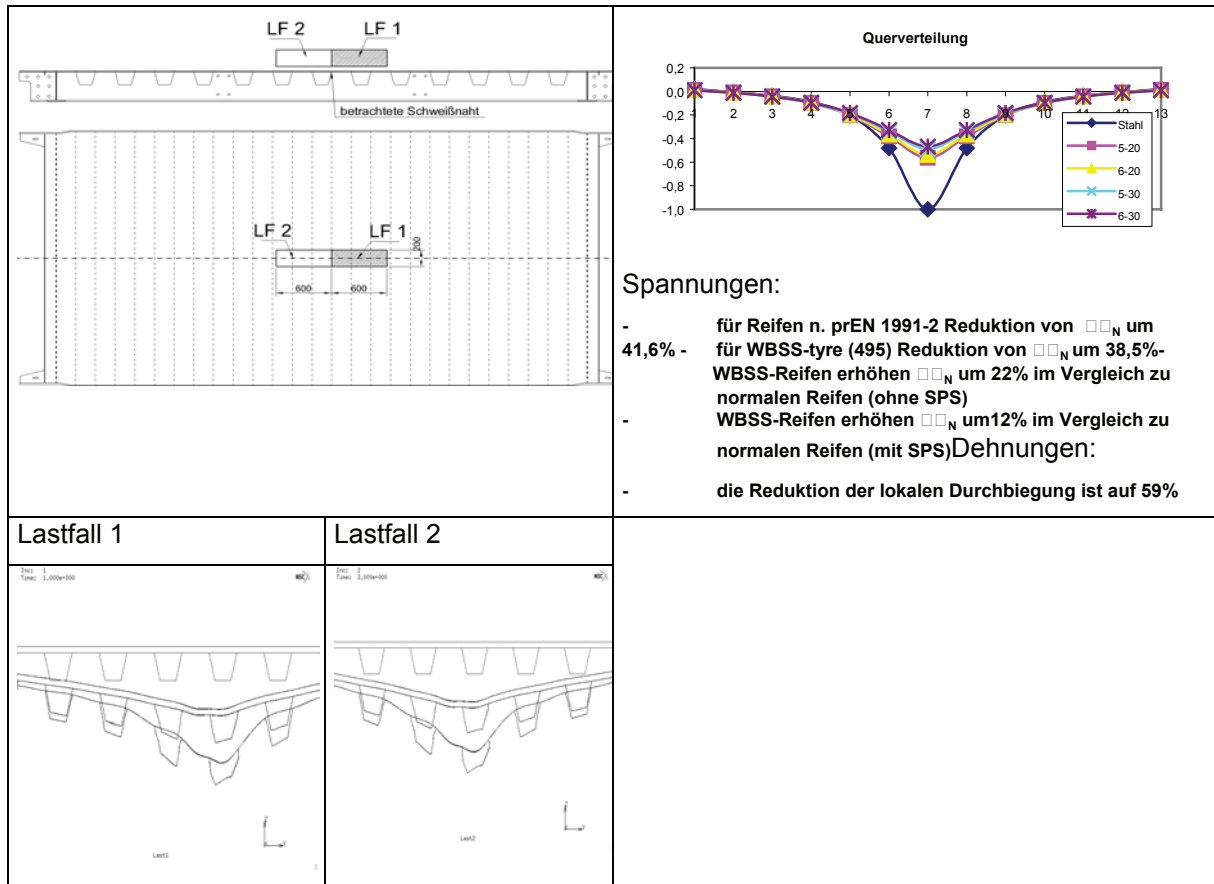


Bild 14: Ergebnisse von Berechnungen, die durch Bauteilversuche bestätigt wurden

Eine erste Probeanwendung an einem Bauwerk fand an einer Brücke der U-Bahnlinie U2 in Berlin statt, wo ermüdungsanfällige Tonnenblechkonstruktionen nachhaltig instandgesetzt wurden, s. Bild 15.

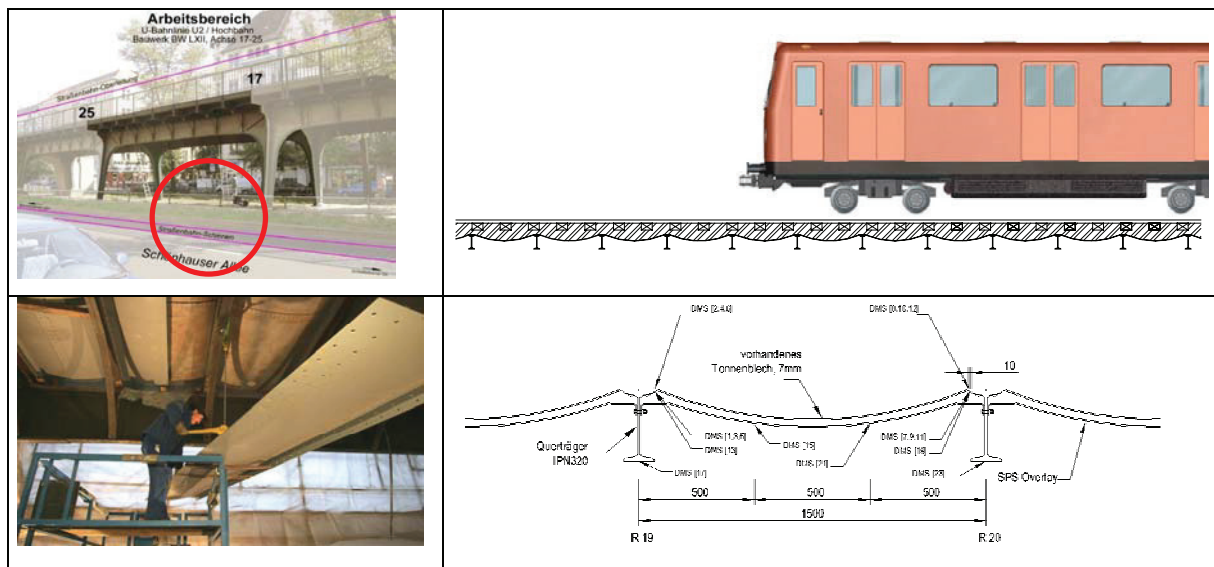


Bild 15: Anwendung der SPS-Technologie bei der U-Bahnlinie U2 in Berlin

Eine weitere Probeanwendung fand im Juli/August 2005 an der Schönwasserparkbrücke bei Krefeld in Zuge der A57 statt.

Auf Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Wohnungswesen und dem Landesbetrieb Straßen.NRW wurde ein Überbau dieser Brücke ausgewählt um die praktische Umsetzung und die Wirksamkeit der SPS-Maßnahme an einer permanenten Brücke unter realistischen Verkehrsbeanspruchungen zu prüfen.

Bild 16 bis 18 zeigen Detailaufnahmen dieser Baumaßnahme, die Tabelle 3 gibt die Bauwerksdaten an.

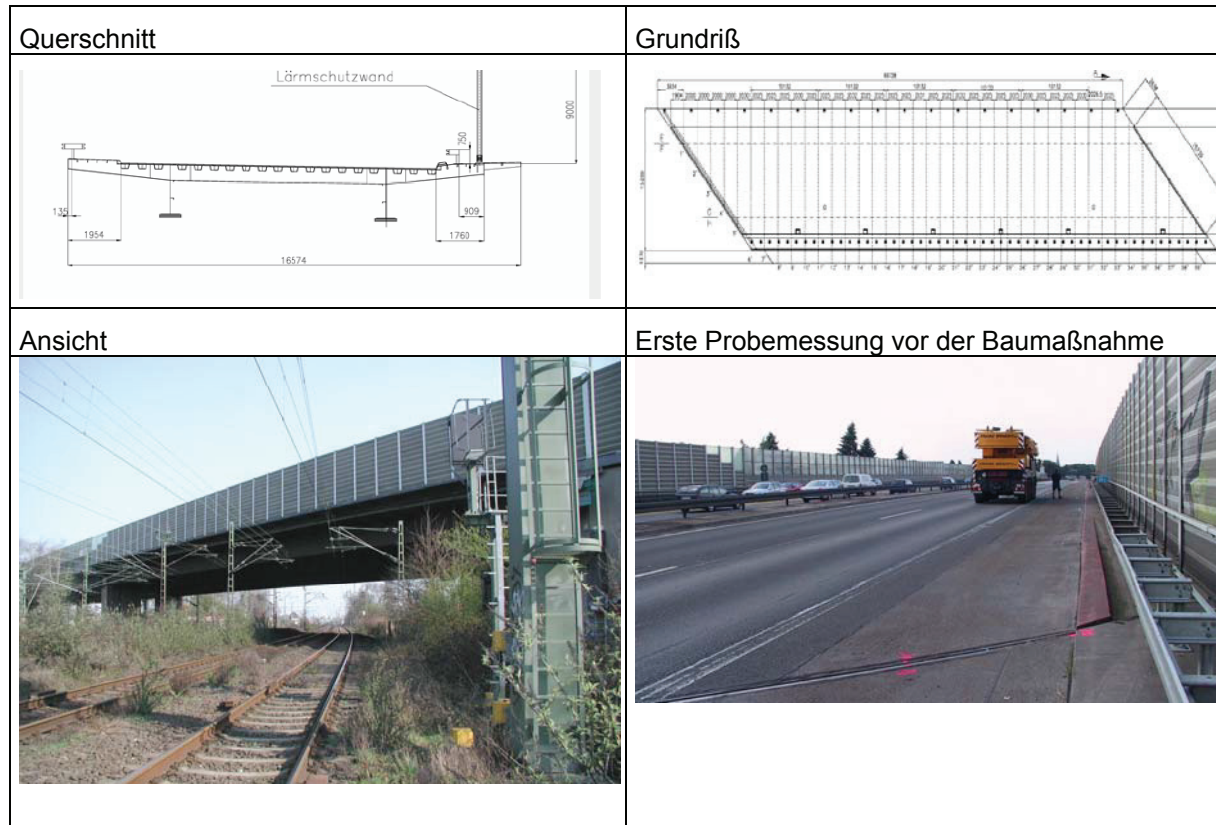


Bild 16: Schönwasserparkbrücke bei Krefeld im Zuge der A 57


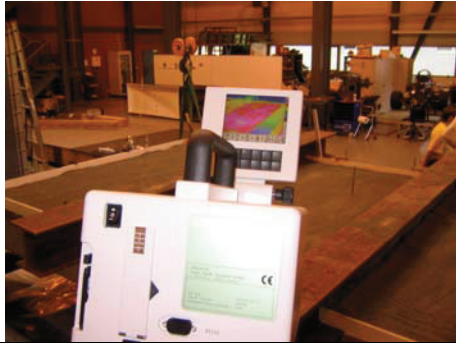

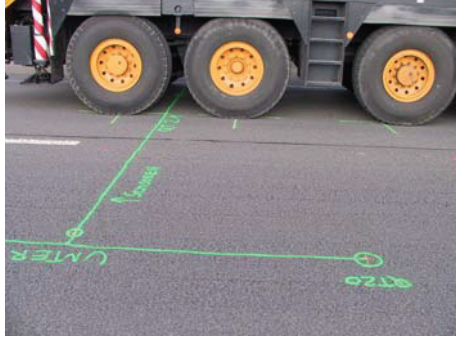
<p>Begleitversuche zur Temperaturentwicklung beim Gussasphalteinbau</p>	<p>Wärmeentwicklung beim Heißeinbau des Belags auf dem SPS (Referenzobjekt: D-Brückenfahrbahnplatte)</p>
	
<p>Testfahrzeug für Belastungsversuche</p>	<p>Messungen: vor der Baumaßnahme, nach Entfernen des Belags, nach Einbau SPS und nach Belageinbau</p>
	

Bild 17: Begleitmaßnahmen zur Erfolgskontrolle



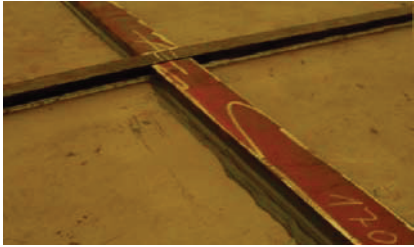

<p>Entfernen des alten Belags</p>	<p>Einhausung</p>
	
<p>Herstellung der Kavitäten (Zwischenräume für das Elastomer), sichtbar sind die Randleisten, das neue Stahldeckblech wird auf diesen Randleisten aufgeschweißt</p>	<p>Injektion von einzelnen Kavitäten, Stahlträger dienen als Niederhaltung während der Polymerisation</p>
	

Bild 18: Detailaufnahmen vom Bauablauf

Tabelle 3: Daten zur Baumaßnahme

Bauwerk:	Schönwasserparkbrücke
Bauwerkslänge:	70 m
Breite zwischen Schrammborden:	11,50 m
Instandgesetzte Fläche:	ca. 800 m ²
Querträgerabstand:	2,03 m
Längsrippen:	Trapezprofil
Elastomerzwichenschicht:	30 mm
Neues Stahldeckblech:	6 mm
Bauzeit:	5 Wochen, 11.07.2005 - 15.08.2005
Bauherr:	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen Straßen.NRW, Betriebssitz Gelsenkirchen Straßen.NRW, Niederlassung Krefeld
Ausführende Baufirma:	Krupp Stahlbau Hannover GmbH
Wissenschaftliche Betreuung:	Prof. Feldmann; Lehrstuhl für Stahlbau der RWTH Prof. Hanswille, Bochum Bundesanstalt für Straßenwesen
Prüfingenieur:	Prof. Sedlacek, Aachen

Für dieses Pilotprojekt wurde durch das zuständige Referat des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Wohnungswesen eine Zustimmung im Einzelfall erteilt.

Während der Durchführung der Baumaßnahme und z. Zt. unter laufendem Verkehr finden an der Brücke Messungen hinsichtlich der Wirksamkeit statt.

Eine abschließende Stellungnahme zur Wirksamkeit der SPS Maßnahme durch die wissenschaftliche Betreuergruppe und den Prüfingenieur ist für das Frühjahr 2006 vorgesehen. Erste Messergebnisse bestätigen die positive Wirksamkeit der Maßnahme in der Form, wie sie auch für die Bauteilversuche an den D-Brücken-Fahrbahnplatten festgestellt wurden.

6.3 Einsatz von hochfestem, mit beigefügten Stahlfasern und bewehrtem Beton

In den Niederlanden wird z. Zt. die Verstärkung des Deckbleches mit 50 mm hochfestem, mit Stahlfasern versehenem und bewehrtem Beton an verschiedenen Objekten durchgeführt.

Bild 19 zeigt eine Prinzipskizze und den Randbereich einer z. Zt. laufenden Verstärkungsmaßnahme bei der Moerdijk Brücke in der Nähe von Rotterdam.

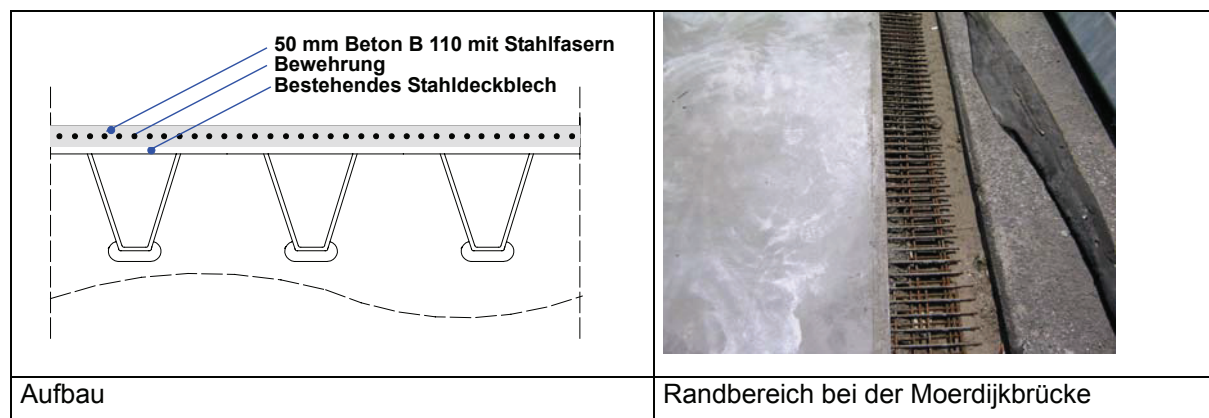


Bild 19: Hochfester mit beigefügten Stahlfasern und bewehrter Beton als direkter Fahrbahnbelag

Details und weitere Informationen sind dem Bericht ‚Erfahrungen aus den Niederlanden‘ von Herrn Leendertz und Herrn de Jong, sowie [3] zu entnehmen.

6.4 Aufgeklebte Verstärkungsbleche

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens, das z. Zt. bei der BAST in Bearbeitung ist, wird die Verstärkung des Deckblechs durch ein aufgeklebtes Blech untersucht, wobei sowohl die geeigneten Klebstoffe, als auch die Vorgehensweise und Wirksamkeit untersucht werden.

Bild 20 zeigt das Prinzip und erste Probeversuche.

Weitere Informationen sind dem Vortrag ‚Instandsetzung durch Aufkleben von Stahlblechen‘ von Herrn Friedrich zu entnehmen.

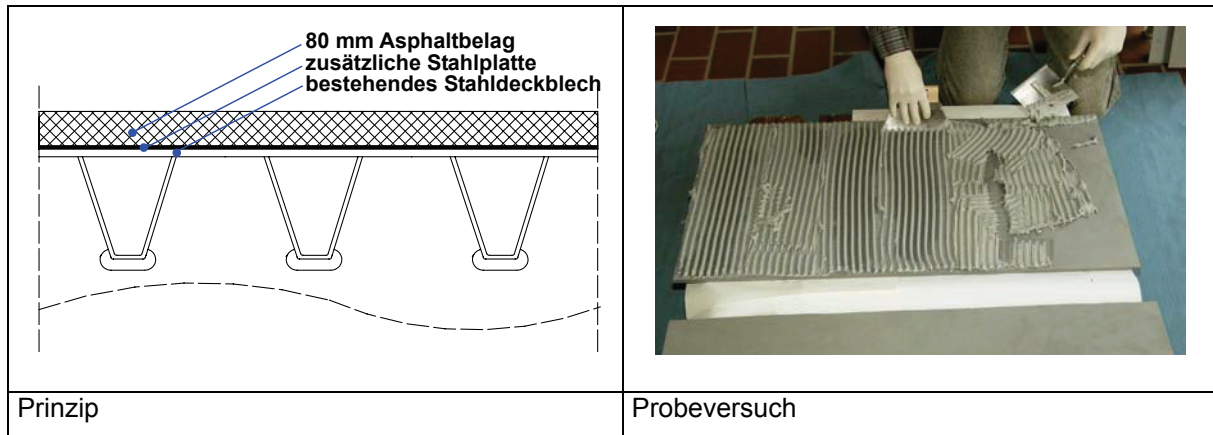


Bild 20: Instandsetzung von aufgeklebten Stahlblechen

6.5 Modifikationen der Asphaltbeläge

Der Standardbelag bei einer Stahlbrücke entspricht den geregelten Bauarten nach ZTV BEL ST, d. h. in der Regel aus den zugelassenen Bauarten für die Dichtungsschicht und zwei 35 mm starke Gussasphaltschichten mit einem Polymer modifiziertem Bitumen (Pm B45).

Um die Verbundeigenschaften zwischen dem Asphaltbelag und dem Stahlblech weiter zu steigern werden verschiedene Lösungen z. Zt. untersucht.

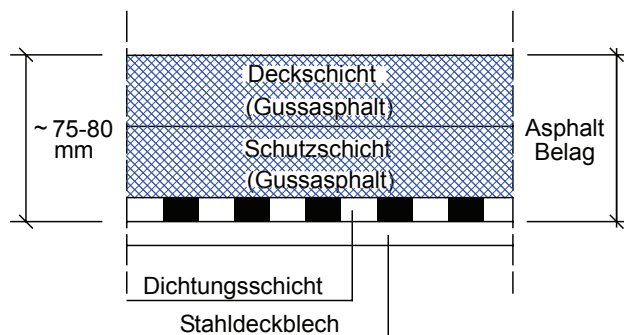


Bild 21: Regelaufbau für Stahlbrücken

- Einsatz von Pm B25

Durch die Reduktion des Bindemittelgehaltes wird der Asphaltbelag steifer, somit erhöht sich die Verbundwirkung. Untersuchungen belegen die Einsetzbarkeit auch bei tiefen Temperaturen, so dass unter normalen Einsatzbedingungen keine Rissbildung zu erwarten ist.

- Einsatz von Karbongitter im Asphaltbelag

Durch eine eingelegte Bewehrung soll die Rissbildung im Asphalt vermieden werden, hierdurch kann eine Reduktion der Verbundwirkung aufgrund von Rissen beseitigt werden.

- **Offenporiger, mit Epoxydharz vergossener Asphalt**
Erste probeweise Anwendung an Bushaltestellen belegen eine hohe Standfestigkeit dieser Beläge auch bei hohen Sommertemperaturen
- **Reflektionsschichten auf dem Asphaltbelag**
Reflektionsschichten auf den Standardbelägen oder helle Gesteinseinstreuungen können eine Temperaturreduktion im Asphalt bei Sonneneinstrahlung im Sommer durch Reflektion der Sonnenstrahlung bewirken, so dass der Abfall der Verbundwirkung reduziert wird.

Inwieweit diese Maßnahmen wirksam und wirtschaftlich sind werden weitere Untersuchungen ergeben.

7. Schlussfolgerungen

Z. Zt. sind verschiedene Lösungen zur nachhaltigen Ertüchtigung orthotroper Fahrbahnplatten in der Erforschung, teilweise wurden bereits erste Probeanwendung durchgeführt. Erste Pilotprojekte wurden in Deutschland mit der SPS – Maßnahme, dem Einsatz von PmB 25 und in den Niederlanden u. a. mit dem hochfesten, mit Stahlfasern versehenen und bewehrten Beton durchgeführt. Zu weiteren Möglichkeiten, wie dem offenporig mit Epoxid Harz vergossenen Asphalt werden noch Bauteilversuche durchgeführt, die die Wirksamkeit solcher Maßnahmen bestätigen sollen.

Die Schlussfolgerungen sind z. Zt. wie folgt:

- Behandlung bauweisenbedingter Schäden:
Zur Behebung der Ursachen sind fallspezifische Lösungen erforderlich, die in der Regel nicht zu einer Verbesserung der allgemeinen Ermüdungsfestigkeit orthotroper Fahrbahnplatten beitragen.
- Behandlung bauweisenunabhängiger Schäden:
Die Instandsetzung der Schäden ist möglichst in Kombination mit einer geeigneten Ertüchtigungsmaßnahme durchzuführen, so dass die orthotrope Fahrbahnplatte auch für zukünftige Verkehrsbeanspruchungen dauerhaft ist.
- Die Instandsetzungsmaßnahmen sind im Gesamtzusammenhang des Brückenbauwerks zu sehen:
Die Instandsetzung von Schäden ist in einem Gesamtzusammenhang mit anderen erforderlichen Unterhaltungsmaßnahmen an der Brücke zu sehen, so kann z. B. eine mögliche Schweißreparatur an der Brücke ein Auswahlkriterium für die Art der Belagserneuerung und die Wahl einer geeigneten Abdichtung sein.

8. Literatur

- [1] Untersuchung zur nachhaltigen Instandsetzung von orthotropen Fahrbahnplatten von Stahlbrücken unter Berücksichtigung des Belagssystems, 1. Zwischenbericht FE 15.405/2004/CRB, Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen Durchführung: Bundesanstalt für Strassenwesen, Bearbeitung: Ing.-Büro Prof. Sedlacek & Partner, Aachen 2005
- [2] Sedlacek, G.; Paschen, M.; Geßler, A.; Wagener, J.: Gutachten zur Verwendung des Sandwich-Plattensystems SPS für die Verstärkung der Stahlfahrbahnplatten des D-Brückengerätes, Lehrstuhl für Stahlbau der RWTH Aachen in Zusammenarbeit mit dem Ing.-Büro Prof. Sedlacek & Partner, Aachen, März 2005
- [3] Boersma, P.D.; de Jong, F.B.P.: Techniques and solutions for rehabilitation of orthotropic steel bridge decks in the Netherlands, Ministry of Transport, Public Works and Water Management
- [4] Paschen, M.: Untersuchungen zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit orthotroper Fahrbahnplatten von Straßenbrücken (in Vorbereitung)
- [5] Vortragspräsentation der Fa. Krupp Stahlbau Hannover in Krefeld vom 3.08.2005
- [6] Sedlacek, G.; Feldmann, M.; Paschen, M.; Geßler, A.: SPS-Applications in bridge design, Safety- and economy- aspects, PU Magazine, Vol 2, No 4, Oktober 2005