

Ertüchtigung im Stahlbrückenbau

Dipl.-Ing. H. Friedrich

Bundesanstalt für Straßenwesen

Bergisch Gladbach

Zusammenfassung

Der folgende Beitrag liefert einen Überblick über den Bestand der Stahlbrücken im Bundesfernstraßennetz und enthält eine Zusammenstellung unterschiedlicher Ertüchtigungsmaßnahmen. Damit bietet er eine wichtige Orientierungshilfe für die Ausrichtung der zukünftigen Forschungsschwerpunkte. Es wird deutlich, dass bei der Entwicklung von Verstärkungsmaßnahmen vordringlicher Forschungsbedarf besteht.

1 Einleitung

1.1 Allgemein

Im Netz der Bundesfernstraßen (Autobahnen und Bundesstraßen) in Deutschland befinden sich derzeit etwa 49.000 Brücken¹, für die der Bund als Baulastträger zuständig ist. Aufgrund der Topografie haben hier nicht die spektakulären, großen Bauwerke den überwiegenden Anteil, sondern die kleinen und mittleren Brücken. Dies spiegelt sich auch in der Häufigkeitsverteilung der unterschiedlichen Bauarten wieder (Bild 1).

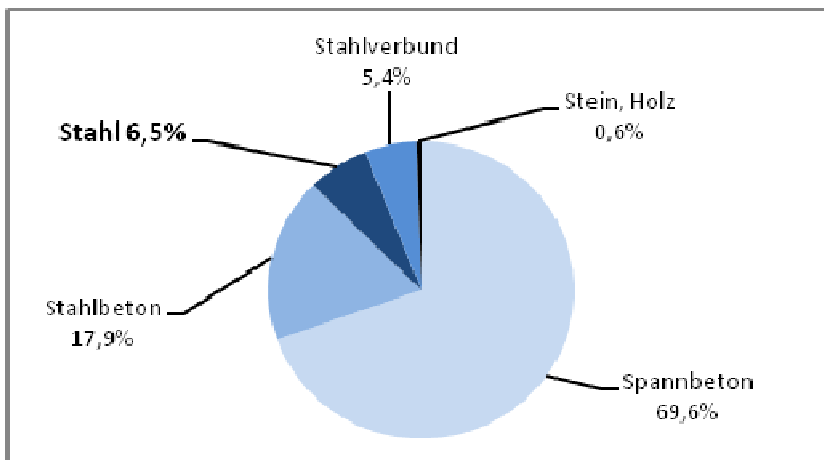


Bild 1: Brückenfläche in Bundesfernstraßen, Bestand in Abhängigkeit von der Bauart (Stand 31.12.2008)

¹ Der Begriff Brücken bezieht sich in den Ausführungen dieses Berichts auf die einzelnen Teilbauwerke gemäß ASB-ING

Wenngleich die Bauwerke aus Stahl mit rund 6,5% einen, im Vergleich zur Gesamtzahl, geringen Anteil darstellen, sind sie aufgrund ihres niedrigeren Eigengewichts im Bereich des Großbrückenbaus überproportional vertreten. Die rund 460 Stahlbrücken weisen eine Gesamtüberbaufläche von knapp 1,6 Mio. m² auf und haben eine Gesamtlänge von etwa 76 km (Stand 31.12.2008).

Ein Großteil der heute stehenden Stahlbrücken wurde in den 60er Jahren errichtet, als man die rasante Entwicklung der ermüdungsrelevanten Belastungen in Form von Schwerlastverkehr noch nicht vorhergesehen hat. Während in den neuen europäischen Normen für die Bemessung von Stahlbrücken mittlerweile Qualitätsanforderungen für die ermüdungsgerechte Ausbildung von Detailpunkten enthalten sind, wurde seinerzeit bei der Bemessung von Stahlbrücken noch kein Nachweis der Ermüdungssicherheit verlangt. Dies hat in vielen Fällen zu Konstruktionsdetails mit einer sehr geringen Ermüdungsfestigkeit geführt. Seit 15 bis 20 Jahren ist bei Stahlbrücken eine stetige Zunahme von Schäden in Form von Schweißnaht- und Blechrissen zu verzeichnen, die immer wieder Anlass zu aufwändigen Instandsetzungsmaßnahmen geben.

Um auch bei weiter ansteigenden Beanspruchungen eine hinreichende Gesamtlebensdauer ohne erhöhten Wartungsaufwand sicherzustellen, werden wirksame Konzepte und neue Lösungen für die Ertüchtigung von Stahlbrücken notwendig.

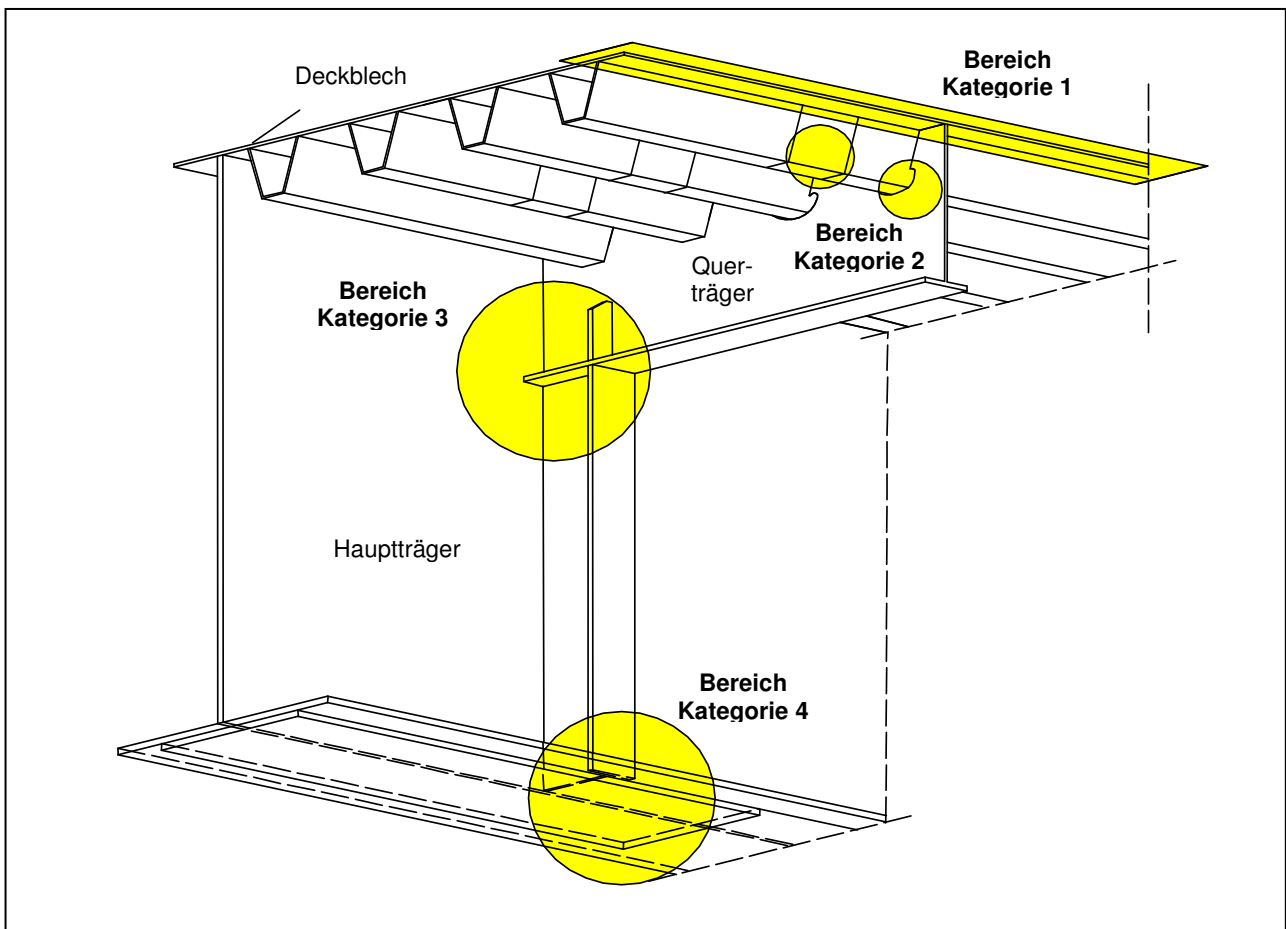


Bild 2: Heutige Standardbauweise und Gefährdungsbereiche

1.2 Schäden an orthotropen Fahrbahnplatten

Unabhängig vom jeweils ausgeführten Brückensystem (Balkenbrücke, Bogenbrücke, seilverspannte Brücke, ...) haben reine Stahlbrücken häufig ein gemeinsames Konstruktionsmerkmal – die Ausbildung der Fahrbahnplatte. Sie dient dem Zweck der Aufnahme und Weiterleitung der Lasten aus dem Straßenverkehr und besteht aus einer Vielzahl von Blechen, die durch Schweißnähte miteinander verbunden sind. Bedingt durch die typische konstruktive Ausbildung mit Deckblech, Längsrippen, Quer- und Hauptträgern (Bild 2) weist die Fahrbahnplatte in den beiden aufeinander senkrecht stehenden (oder orthogonalen) Hauptrichtungen unterschiedliche (oder anisotrope) Eigenschaften auf, insbesondere hinsichtlich der Biegesteifigkeit. Daraus leitet sich auch die Fachbezeichnung „orthogonal anisotrope Fahrbahnplatte“ ab, oder kurz „orthotrope Platte“.

Entsprechend der historischen Entwicklung findet sich eine Vielzahl verschiedener konstruktiver Lösungen, die zu unterschiedlichen Erfahrungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Dauerhaftigkeit und schließlich zur heute angewendeten Standardbauweise geführt haben. Einige der frühen Konstruktionen, die inzwischen 40 bis 50 Jahre unter Verkehr stehen, zeigen vermehrt Schäden, die ihre Ursache im Wesentlichen in der unzureichenden Gestaltung konstruktiver Details und den damit verbundenen Problemen für eine ermüdungsgerechte Ausführung hatten [1]. Dazu kam eine gestiegene Ermüdungsbelastung durch den anwachsenden Schwerverkehr. Die Schäden in früheren Ausführungen der orthotropen Platten können in vier Hauptkategorien je nach Lage des betroffenen Details und dessen Rolle bei der Lastabtragung klassifiziert werden. (Bild 2).

Als Beurteilungskriterium wird in den Ausführungen dieses Berichts die sogenannte Substanzkennzahl des Überbaus herangezogen, was der Zustandsnote des Überbaus ohne eine Bewertung der Verkehrssicherheit entspricht. Die Substanzkennzahl Überbau $\geq 2,5$ weist auf einen nicht mehr befriedigenden Bauwerkszustand infolge von Schäden hin (Bild 3).

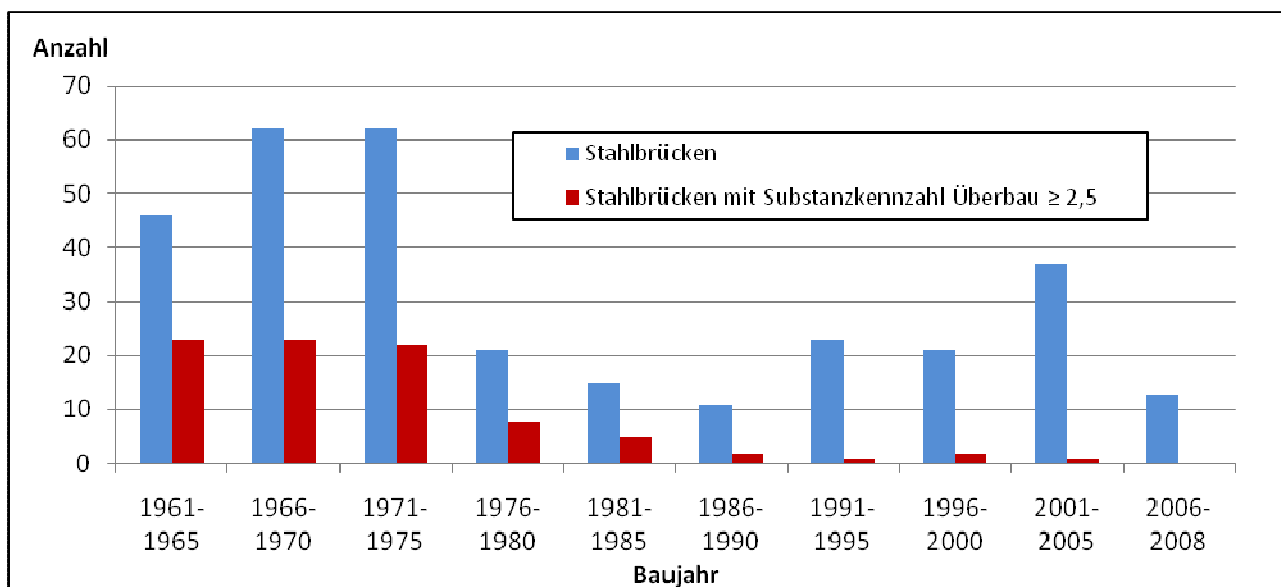


Bild 3: Stahlbrücken in Bundesfernstraßen

2 Bestandsanalyse

2.1 Einwirkungsseite

2.1.1 Allgemein

Auf der Einwirkungsseite sind die extreme Zunahme des Güterverkehrs und die damit verbundene Anpassung der Bemessungslasten von entscheidender Bedeutung. Als problematisch erweisen sich darüber hinaus auch neue Reifentwicklungen sowie die stark angestiegene Zahl der genehmigten Schwertransporte.

2.1.2 Verkehrslasten

Im Laufe der Jahre wurden die Einwirkungen aus dem Straßenverkehr für neue Brücken immer wieder der Verkehrsentwicklung und den steigenden zulässigen Gesamtgewichten der Lkw angepasst. Wesentliche Eckdaten sind die Einführung der Brückenklasse 60 (BK 60) im Jahre 1952 und die aufgrund des steigenden Verkehrsaufkommens erforderliche Einführung der Brückenklasse 60/30 (BK 60/30) im Jahre 1982. Mit der Einführung des DIN-Fachberichts 101 im März 2003 erfolgte die Umstellung auf das semiprobabilistische Sicherheitssystem mit Teilsicherheitsbeiwerten auf Einwirkungs- und Widerstandsseite. Maßgeblich für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist das Lastmodell 1 (LM1). Neuste Verkehrsprognosen gehen davon aus, dass der Straßen-Güterverkehr bis 2025 nochmals um etwa 85% zunehmen wird [2]. Aus diesem Grund ist eine weitere Erhöhung der einwirkenden Verkehrslasten in Form eines modifizierten Lastmodells (LMM) vorgesehen.

Bild 4 veranschaulicht qualitativ die Entwicklung der Lastmodelle, wobei jeweils die Summe aller Einzellasten (durchgezogene Linie) sowie die Summe der Flächenlasten (gestrichelte Linie) bezogen auf einen 3 m breiten Fahrstreifen dargestellt wird.

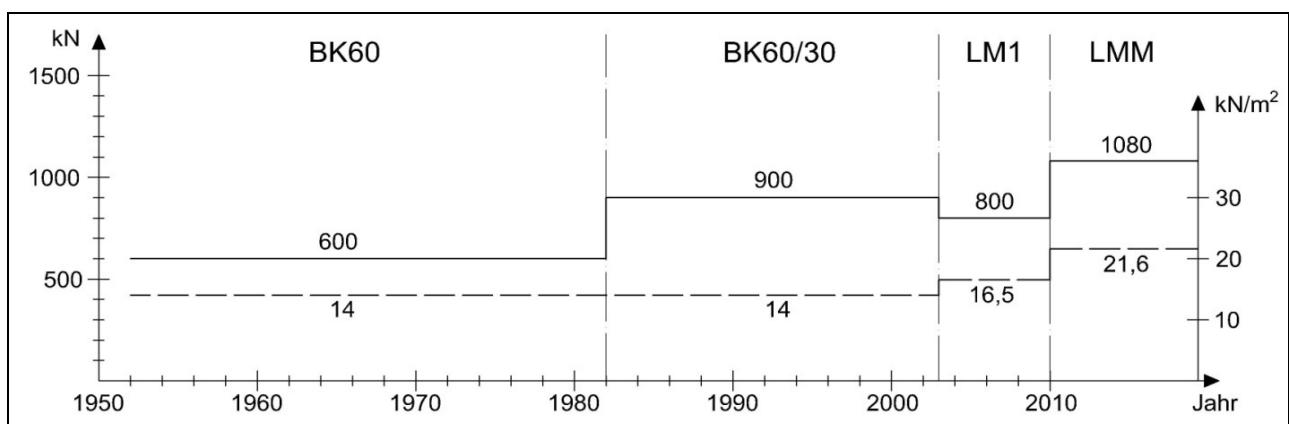


Bild 4: Qualitative Entwicklung der Lastmodelle (Querschnittsbreite 12 m)

Die Entwicklung der Lastmodelle spiegelt sich auch in der Altersstruktur der Bauwerke wieder. Den meisten Stahlbrücken, die bis Anfang der 80er Jahre errichtet wurden, liegt die Brückenklasse 60 zugrunde. Manche dieser Brücken ließen sich nachträglich (durch Nachrechnung oder Verstärkung) der Brückenklasse 60/30 zuordnen (Bild 5).

Bei den zwischen 1986 und 2005 errichteten Stahlbrücken dominiert die Brückenklasse 60/30, die jüngst wiederum von dem Lastmodell LM1 abgelöst wurde (Bild 6). Insgesamt weisen 59% der Stahlbrücken die Brückenklasse 60 und 34% der Stahlbrücken die Brückenklasse 60/30 während lediglich 2% der Stahlbrücken nach dem Lastmodell 1 bemessen sind. Bei 5% der Stahlbrücken ist die Brückenklasse niedriger oder es liegen keine Angaben vor. Bezogen auf die Brückenfläche ergibt sich eine sehr ähnliche Verteilung mit einem Verhältnis von etwa 2:1 zwischen den Brückenklassen 60 und 60/30 (Bild 6).

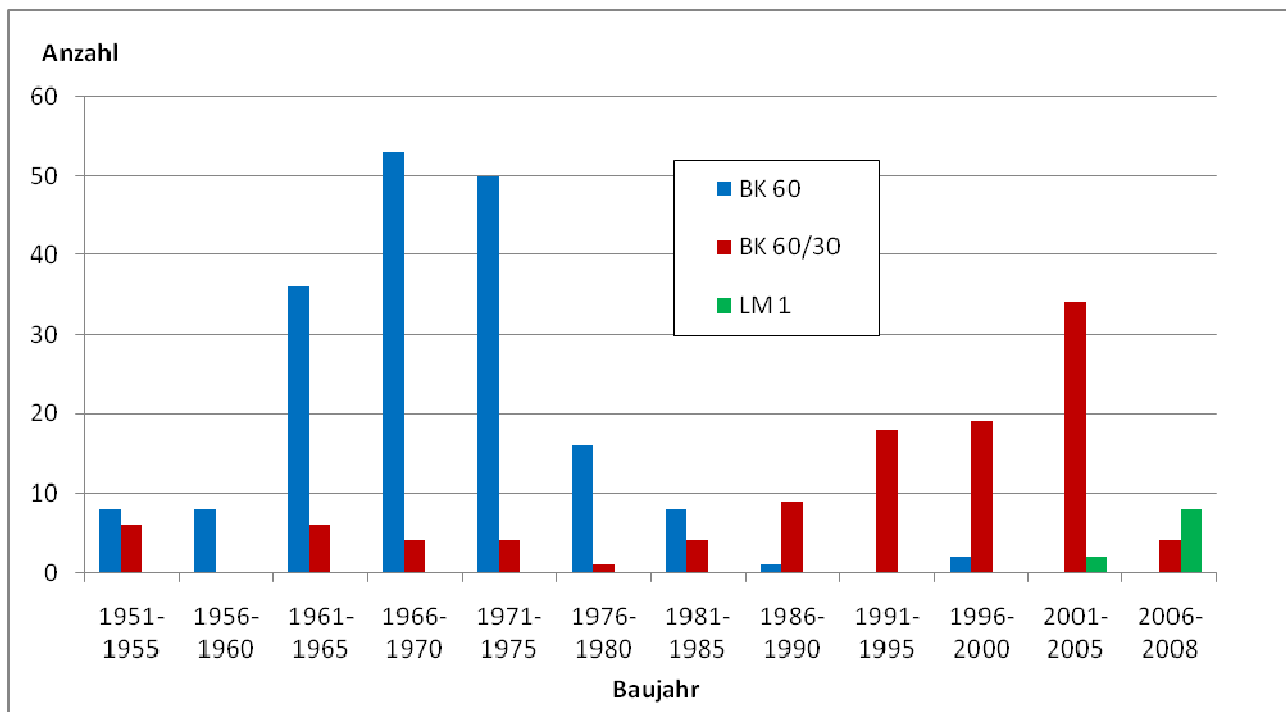


Bild 5: Bestehende Stahlbrücken (Brückenklassen)

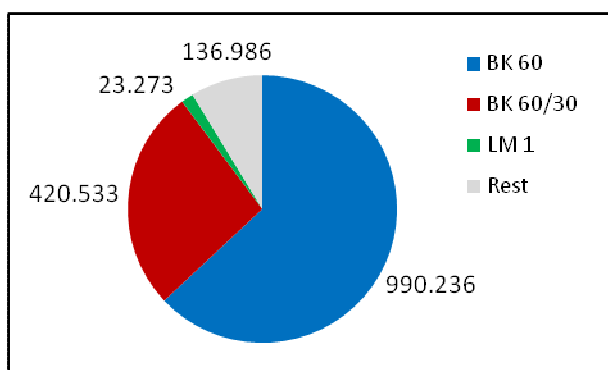


Bild 6: Stahlbrückenfläche in m² je Brückenklasse

2.1.3 Reifenentwicklung

Die gültige Straßenverkehrszulassungs-Ordnung (StVZO) erlaubt für Nutzfahrzeuge eine maximale Einzelachslast von 11,5 t (für die angetriebene Achse) bei einem zulässigen Gesamtgewicht von bis zu 40 t (für Fahrzeugkombinationen mit mehr als 4 Achsen) bzw. 44 t (für Sattelkraftfahrzeuge zur Beförderung eines ISO-Containers).

Eine deutliche Verschärfung könnte sich mit dem Wechsel von Zwillingsbereifung zu einer Bereifung auch der Antriebsachsen mit Wide-Base-Super-Single Reifen vollziehen. Durch die verringerte Radaufstandsfläche entsteht bei gleichbleibender Achslast eine Erhöhung der Flächenpressung unter dem Reifen um etwa 36%. Dadurch entstehen lokale Spannungsspitzen, die sich bei den vergleichsweise schlanken und weichen Fahrbahnplatten von Stahlbrücken besonders ungünstig auswirken.

2.1.4 Schwertransporte

Zur Erfassung des aktuellen Verkehrsszenarios auf Bundesfernstraßen wurden von der Universität Duisburg-Essen Verkehrslastmessungen an einer Brücke im Rahmen einer 18-monatigen automatisierten Dauerüberwachung (Monitoring) durchgeführt. Diese Messungen ergaben erheblich höhere Gesamtgewichte (G) und Achslasten (F), als sie nach der StVZO für Nutzfahrzeuge vorgesehen sind. Die Höchstwerte betragen $G_{\max} = 67$ t und $F_{\max} = 17$ t. Die erfassten Schwertransporte (STP) wiesen Gesamtgewichte bis zu $G_{\max} = 169$ t (für dauergenehmigte STP) bzw. $G_{\max} = 228$ t (für einzelgenehmigte STP) auf. [3]

Wenngleich solch hohe Belastungen mit einem Anteil von unter 3 % verhältnismäßig selten vorkommen, können die hohen Gesamtgewichte und Achslasten zu einer deutlichen Reduzierung der Lebensdauer von Fahrbahnbelag und Fahrbahnplatte führen.

2.1.5 Schlussfolgerung

Die nach wie vor rasant fortschreitende Entwicklung im Transport und Fahrzeugwesen führt bei Straßenbefestigungen und Bauwerken zu immer größeren Beanspruchungen. Nicht nur das Verkehrsaufkommen und der Schwerverkehrsanteil haben sich in den letzten Jahrzehnten dramatisch erhöht, auch die nach StVZO zulässigen Gesamtgewichte und Achslasten sind deutlich gestiegen. Hinzu kommen steigende Beanspruchungen infolge der neuesten Reifenentwicklung sowie durch die stark angestiegene Zahl der genehmigten Sonderschwertransporte.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Einwirkungen im Laufe der Zeit deutlich angewachsen sind und dass sich dieser Trend voraussichtlich auch zukünftig fortsetzt. Dieser Entwicklung wird mit dem modifizierten Lastmodell Rechnung getragen.

2.2 Widerstandsseite

2.2.1 Allgemein

Um die Auswirkungen der erhöhten Beanspruchungen auf die bestehenden Brücken beurteilen zu können, ist eine differenzierte Betrachtung der Widerstandsseite erforderlich. Das Augenmerk richtet sich dabei insbesondere auf den Bauwerkszustand der bestehenden Stahlbrücken sowie auf die Entwicklungsschritte der orthotropen Fahrbahnplatte. Darüber hinaus wird auf konstruktive Besonderheiten infolge der Einführung des Ermüdungsnachweises eingegangen.

2.2.2 Bauwerkszustand

Um die ständige Funktionstüchtigkeit und Verkehrssicherheit der Brückenbauwerke zu gewährleisten, werden diese einer regelmäßigen Überwachung und Prüfung nach DIN 1076 unterzogen. Für jede einzelne Brücke werden dabei nach festen Vorgaben Zustandsnoten und Substanzkennzahlen zwischen 1 und 4 berechnet.

Die Noten-/Kennzahlbereiche lauten wie folgt:

1,0-1,4	sehr guter Bauwerkszustand
1,5-1,9	guter Bauwerkszustand
2,0-2,4	befriedigender Bauwerkszustand
2,5-2,9	ausreichender Bauwerkszustand
3,0-3,4	nicht ausreichender Bauwerkszustand,
3,5-4,0	ungenügender Bauwerkszustand.

Eine Substanzkennzahl von 2,5 und höher weist auf Schäden hin, die eine zeitnahe Umsetzung von Erhaltungsmaßnahmen erfordern. Im Zuge von Bundesautobahnen sind 42% der Stahlbrücken mit einer Substanzkennzahl von 2,5 und höher eingestuft. Das sind etwa doppelt so viele wie im Zuge von Bundesstraßen, wo der Anteil lediglich 26% beträgt.

2.2.3 Orthotrope Fahrbahnplatte

Entsprechend der historischen Entwicklung der orthotropen Fahrbahnplatten existieren heute zahlreiche unterschiedliche konstruktive Lösungen, die deutliche Unterschiede hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Dauerhaftigkeit aufweisen. Wesentliche Entwicklungsschritte lassen sich anhand der konstruktiven Ausbildung folgender Details nachvollziehen:

- Längssteifen,
- Kreuzungspunkt zwischen Längsrippe und Querträgersteg,
- Schweißnaht zwischen Längsrippe und Deckblech,
- Deckblech.

2.2.4 Ermüdungsnachweis

Typische Ermüdungsschäden sind:

- Risse in den Schweißnähten zwischen Rippensteg und Deckblech sowie
- Risse in den Durchdringungen Rippen – Querträgerstege.

Die im Jahr 1998 erarbeiteten Empfehlungen für eine ermüdungssichere Konstruktion von orthotropen Platten wurden nahezu 1:1 in den Eurocode 3 übernommen. Bei Einhaltung der Anforderungen ist ein rechnerischer Ermüdungsnachweis nicht erforderlich.

2.2.4 Schlussfolgerung

Die Stahlbrücken im Zuge von Bundesautobahnen weisen einen schlechteren Bauwerkszustand auf als die Brücken im Zuge von Bundesstraßen. Da für den Bau, die Prüfung und die Instandhaltung grundsätzlich die gleichen Maßstäbe gelten, liegt die Ursache vermutlich in der unterschiedlich stark ausgeprägten Lkw-Belastung begründet.

Für orthotrope Fahrbahnplatten von Straßenbrücken werden gemäß Eurocode 3 Qualitätsanforderungen definiert, die die Ermüdungssicherheit gewährleisten [4]. Bei Einhaltung der Anforderungen ist ein rechnerischer Ermüdungsnachweis nicht erforderlich. Im Gegensatz zum Nachweis der Tragfähigkeit ist beim Nachweis der Ermüdungssicherheit momentan keine Anpassung angesichts der zunehmenden Lkw-Belastung vorgesehen.

2.3 Klassifizierung

Bei der Zusammenführung von Einwirkungs- und Widerstandsseite lassen sich kaum Korrelationen feststellen. Allein bei den Substanzkennzahlen des Überbaus und dem Alter der Bauwerke können deutliche Unterschiede und Tendenzen identifiziert werden. Die Klassifizierung erfolgt in Abhängigkeit des Bauwerkszustandes und des Alters der Stahlbrücken separat für Bundesautobahnen und Bundesstraßen. Beim Bauwerkszustand wird zwischen Substanzkennzahlen von „besser als 2,5“ und Substanzkennzahlen von „2,5 und schlechter“ unterschieden. Die Grenzen beim Baujahr orientieren sich an der Etablierung der Standardbauweise mit Trapezrippen (ab 1971) und an der Einführung der DIN-Fachberichte (der Einfachheit halber wird hier das Jahr 2001 als Bezug verwendet). Damit ergibt sich die folgende Klassifizierung:

- A: Baujahr 2001 – 2008, $SK < 2,5$,
- B: Baujahr 1971 – 2000, $SK < 2,5$ bzw.
Baujahr 2001 – 2008, $SK \geq 2,5$,
- C: Baujahr bis 1970, $SK < 2,5$ bzw.
Baujahr 1971 – 2000, $SK \geq 2,5$,
- D: Baujahr bis 1970, $SK \geq 2,5$.

Tabelle 1: Brückenfläche und Klassifizierung bestehender Stahlbrücken im Zuge von Bundesautobahnen (Brückenfläche in [Tsd. m²]; Klassifizierung: A: ■; B: ■; C: ■; D: ■)

	bis 1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2008
1,0 – 1,4	7,9	6,3	26,1	3,9	43,5	68,6
1,5 – 1,9	11,0	94,6	14,3	27,4	8,1	49,8
2,0 – 2,4	22,9	44,8	104,3	1,0	1,0	0,0
2,5 – 2,9	44,3	246,7	157,3	22,1	12,3	0,0
3,0 – 3,4	14,8	72,8	9,3	31,7	0,0	0,0
3,5 – 4,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0

Tabelle 2: Brückenfläche und Klassifizierung bestehender Stahlbrücken im Zuge von Bundesstraßen (Brückenfläche in [Tsd. m²]; Klassifizierung: A: ■; B: ■; C: ■; D: ■)

	bis 1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2008
1,0 – 1,4	10,0	3,4	35,7	2,7	10,7	12,1
1,5 – 1,9	4,9	37,7	28,8	19,2	18,6	7,3
2,0 – 2,4	24,2	41,2	21,7	3,4	3,6	0,4
2,5 – 2,9	1,5	26,5	9,4	11,1	0,0	0,9
3,0 – 3,4	14,8	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0
3,5 – 4,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

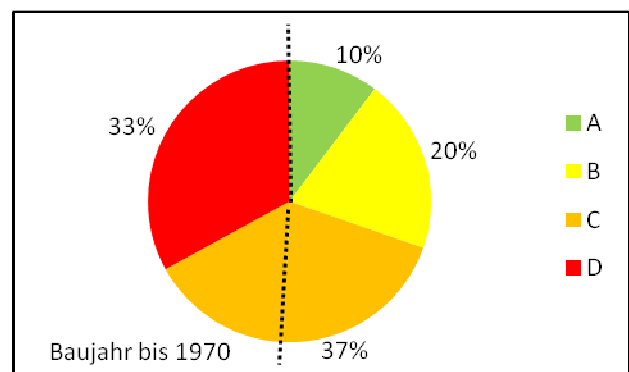
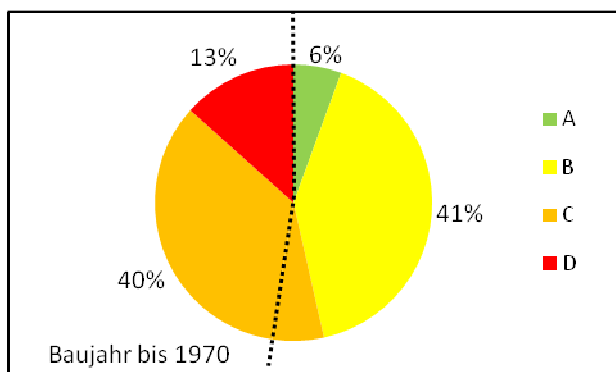


Bild 7: Klassifizierung der Stahlbrücken (Verteilung der Brückenfläche) im Zuge von Bundesstraßen (links) und im Zuge von Bundesautobahnen (rechts)

Die Klassifizierung dient dazu, einen Überblick über den Bestand der Stahlbrücken zu ermöglichen. Grundsätzlich ist anhand der Daten in den Tabellen 1 und 2 auch eine genauere Differenzierung möglich, dies wird im Rahmen dieser Abhandlung jedoch nicht als zielführend angesehen. Die gewählte Abstufung von A bis D ermöglicht einen qualitativen Vergleich, mit welcher Wahrscheinlichkeit bei Stahlbrücken einer bestimmten Klasse Schäden auftreten. Bei Brücken der Klasse A ist diese Wahrscheinlichkeit am geringsten, bei Brücken der Klasse D am höchsten.

Die Summe der Fläche der in Klasse D eingestuften Bauwerke beträgt etwa 0,43 Mio m² und entspricht rund 28 % des gesamten Bestandes der Stahlbrücken. Überproportional sind hierbei wiederum die Bauwerke im Zuge von Bundesautobahnen betroffen (Bild 7). Es ist davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren für einen nicht unwesentlichen Anteil davon mehr oder weniger umfangreiche Ertüchtigungsmaßnahmen erforderlich werden.

3 Ertüchtigung

3.1 Allgemein

Im Rahmen dieses Kapitels werden unterschiedliche Maßnahmen zur Ertüchtigung von Stahlbrücken vorgestellt und erörtert. Dabei wird sowohl auf den aktuellen Stand der Technik als auch auf den zukünftigen Forschungsbedarf eingegangen.

Voraussetzung für eine effektive Ertüchtigung ist die qualifizierte Bauwerksprüfung durch entsprechend erfahrenes und geschultes Prüfpersonal. Darauf basierend kann zwischen den folgenden Aspekten differenziert werden: Nachrechnung, Instandsetzung, Verstärkung und Ersatzneubau.

3.2 Nachrechnung

Im Rahmen von Ertüchtigungsmaßnahmen sind rechnerische Nachweise meist unverzichtbar. Dabei kann es sich um eine ausschließlich rechnerische Betrachtung handeln, um den Nachweis der Wirksamkeit von Instandsetzungs- und Verstärkungsmaßnahmen oder um die Entscheidungsgrundlage für einen Ersatzneubau. Letztlich bildet die Nachrechnung die Grundlage für eine Entscheidung über die zu ergreifenden Maßnahmen.

Neben den einschlägigen Bemessungsvorschriften (DIN-Fachberichte 101 und 103) stehen hierfür die „Richtlinie für die Nachrechnung bestehender Straßenbrücken“ [5] und der Bericht „Assessment of Existing Steel Structures: Recommendations for Estimation of Remaining Fatigue Life“ [6] als Hilfsmittel zur Verfügung.

3.3 Instandsetzung

Instandsetzungsmaßnahmen dienen dazu, im Fall von Schäden den Ursprungszustand eines Bauwerks wieder herzustellen. Beim Überbau von Stahlbrücken betrifft dies (neben der Erneuerung des Korrosionsschutzes) insbesondere die Reparatur von Rissen in Schweißnähten oder Blechen. Gesammelte Erfahrungen aus bisher durchgeführten Reparaturen sind über den Arbeitskreis AG A5 „Schweißen im Bauwesen“ in das DVS-Merkblatt 1709 „Instandsetzung und Verstärkung orthotroper Fahrbahnplatten“ [7] eingeflossen, in dem aus schweißtechnischer Sicht Empfehlungen für die Durchführung von Instandsetzungsmaßnahmen gegeben werden. Darüber hinaus gibt es mit dem Hochfrequenzhämmern eine neu entwickelte Methode der Schweißnahtnachbehandlung, die eine vielversprechende Ergänzung der Schweißnahtinstandsetzungen darstellt [8].

3.4 Verstärkung

3.4.1 Allgemein

Eine Verstärkung ist notwendig, wenn sich aufgrund der ansteigenden Ermüdungsbeanspruchungen mit einer reinen Instandsetzung keine dauerhafte Lösung erreichen lässt. In solchen Fällen müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, um eine hinreichende Gesamtlebensdauer ohne erhöhten Erhaltungsaufwand sicherzustellen.

Da derartige Verstärkungsmaßnahmen bisher nur objektbezogen ausgeführt wurden, ist es aktuell noch nicht möglich den Straßenbauverwaltungen der Länder konkrete Empfehlung mit allgemeingültigen Lösungen an die Hand zu geben. Allerdings existieren erste Konzepte und Forschungsergebnisse, die sich den Gefährdungskategorien gemäß Kapitel 1.2 (Bild 2) zuordnen lassen. In den folgenden Kapiteln wird der aktuelle Stand von Forschung und Technik zusammengefasst.

3.4.2 Gefährdungskategorie 1

Die Gefährdungskategorie 1 betrifft die Verbindung des Deckblechs mit den Längsrippenstegen (Bild 8). An dieser Stelle können Schäden ohne einen Bezug zu bestimmten Ausführungsformen der Rippen und Querträger auftreten. Da sich Kategorie-1-Schäden direkt auf die Nutzbarkeit der Brücke auswirken können (wie eingeschränkte Befahrbarkeit bei Belagsschäden und Deckblechrissen) erhalten effiziente Verstärkungsmaßnahmen zur Vermeidung solcher Schäden eine übergeordnete Bedeutung.

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Nachhaltige Instandsetzung und Verstärkung von orthotropen Fahrbahnplatten von Stahlbrücken unter Berücksichtigung des Belagssystems“ [1] wurden vier verschiedene Verstärkungsvarianten aufgezeigt und gegenübergestellt. Als gemeinsames Kennzeichen der einzelnen Varianten erfolgt eine Verstärkung des Deckblechs „von Oben“ um eine Reduktion der lokalen Spannungen und Durchbiegungen zu erreichen. Anstelle von Schweißungen wird dabei auf adhäsive Verbindungen gesetzt, um in die orthotrope Platte keine Wärmeenergie einzubringen, die zusätzliche Schrumpfspannungen und damit Risse an bestehenden Schweißanschlüssen erzeugen würde. Die einzelnen Maßnahmen sind:

- SPS (Sandwich-Platten-System),
- hochfester Beton mit Stahlfasern,
- aufgeklebte Bleche,
- HANV (**H**ohlraumreiches **A**sphaltträgergerüst mit **N**achträglicher **V**erfüllung).

Da zurzeit allerdings keine dieser Verstärkungsmaßnahmen so weit ausgereift ist, dass den Straßenbauverwaltungen der Länder eine uneingeschränkte Empfehlung ausgesprochen werden könnte, wurde das Forschungsvorhaben „Reparatur von Rissen am Deckblech – Kategorie 1

Schäden“ initiiert, um geeignete Materialien zu identifizieren und zu qualifizieren, mit denen der herkömmliche Gussasphaltbelag modifiziert oder ersetzt werden kann. Das vom BMVBS beauftragte und von der BAST betreute Projekt wird derzeit vom Institut für Metall- und Leichtbau der Universität Duisburg-Essen bearbeitet.

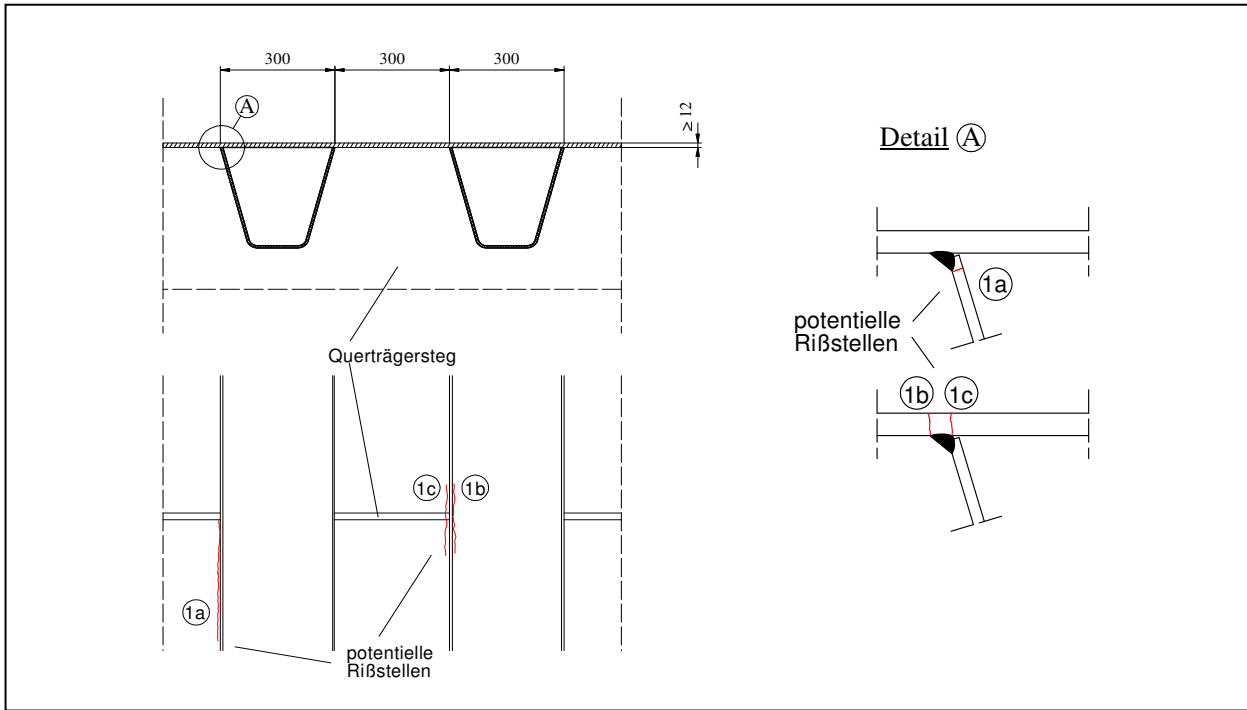


Bild 8: Gefährdungskategorie 1: Anschlüsse im Deckblech

3.4.2 Gefährdungskategorie 2

Die Gefährdungskategorie 2 betrifft die Anschlüsse im Längssystem (Bild 9), wo Schäden in der Regel einen Bezug zu einem bestimmten Detail oder einer Bauart der orthotropen Fahrbahnplatte aufweisen. Die Ertüchtigung solcher Schäden erfolgt in aller Regel objektspezifisch, so dass auf diesem Gebiet bislang keine systematischen Betrachtungen existieren. Vor diesem Hintergrund wurde das Forschungsvorhaben „Reparatur von Rissen im Längssystem – Kategorie 2 Schäden“ initiiert um geeignete Verstärkungsmaßnahmen zu entwickeln. Das vom BMVBS beauftragte und von der BAST betreute Projekt wird derzeit vom Institut für Konstruktion und Entwurf der Universität Stuttgart bearbeitet.

3.4.3 Gefährdungskategorie 3

Die Gefährdungskategorie 3 betrifft die Anschlüsse im Quersystem (Bild 10), wie zum Beispiel Rahmenecken von Querträgern. Mittelfristig werden wahrscheinlich auch hier Verstärkungsmaßnahmen erforderlich. Erste Ansätze basieren auf dem Prinzip einer klebtechnischen Verstärkung der kritischen Bereiche.

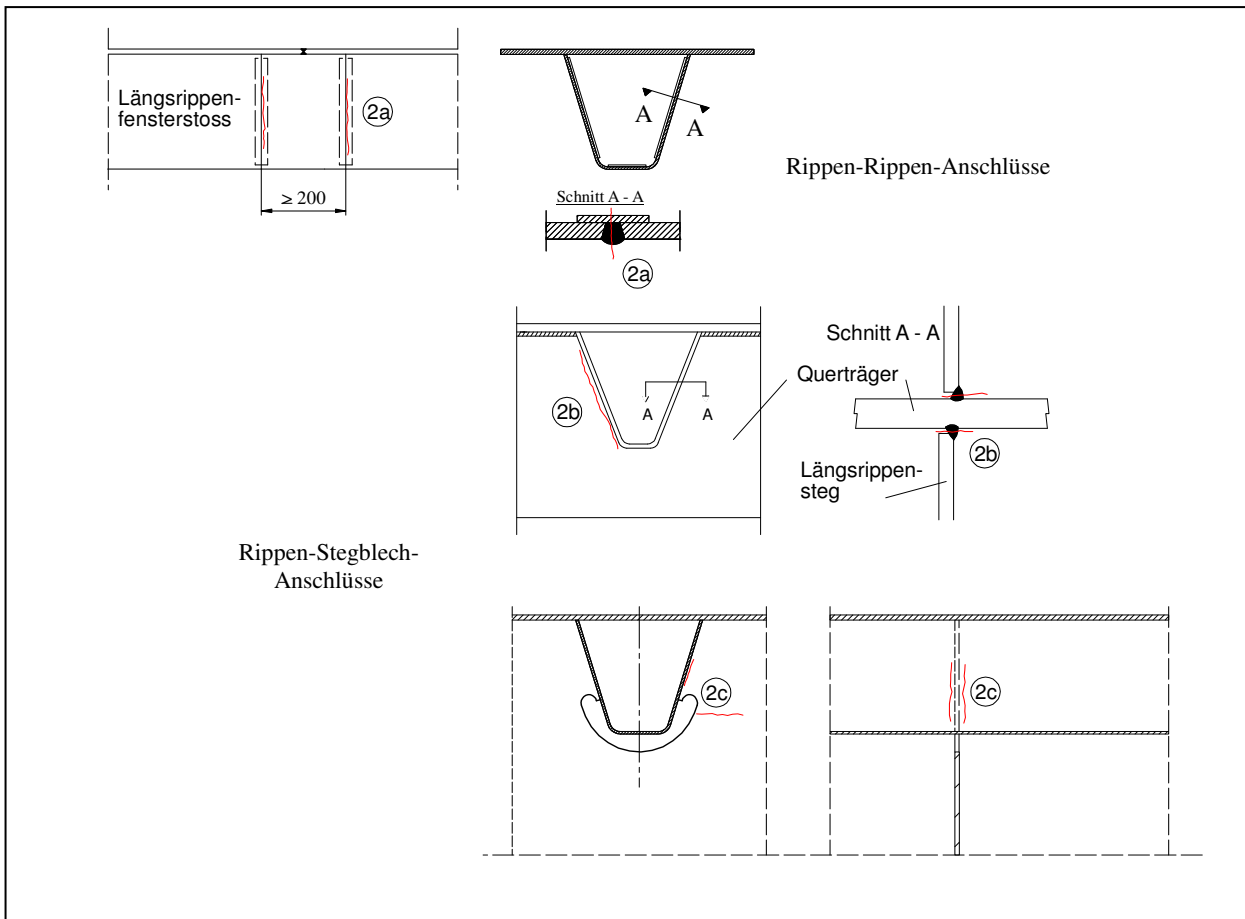


Bild 9: Gefährdungskategorie 2: Anschlüsse im Längssystem

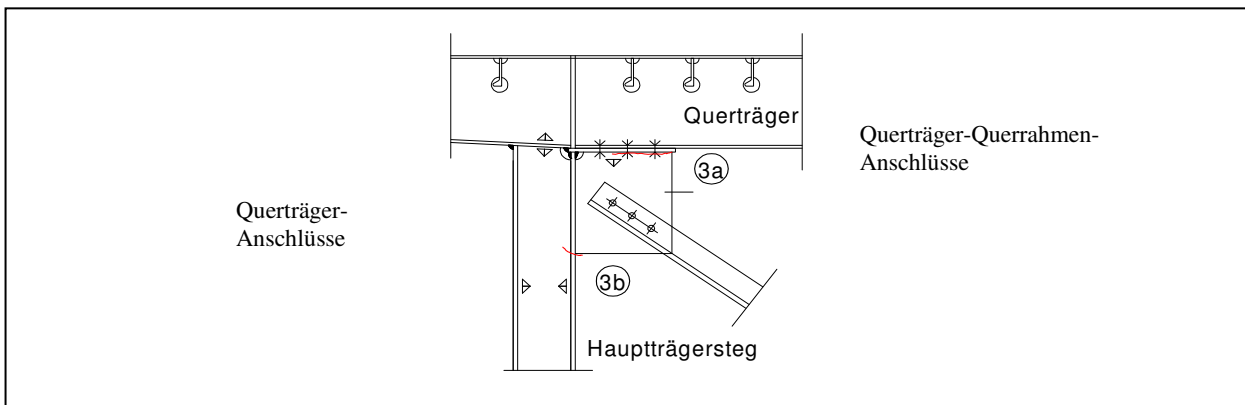


Bild 10: Gefährdungskategorie 3: Anschlüsse im Quersystem

3.5 Ersatzneubau

Ein Ersatzneubau stellt die letzte Option dar, wenn keine der vorgenannten Ertüchtigungsmaßnahmen zielführend oder wirtschaftlich erscheint. Mit der wirtschaftlichen Beurteilung von Erhaltungsmaßnahmen – zu denen auch der Ersatzneubau zählt – befassen sich die Richtlinien für die Erhaltung für Ingenieurbauten [10]. Gemäß diesem Regelwerk sind Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen unter anderem dann durchzuführen, wenn das Auftragsvolumen geplanter Erhaltungs-

maßnahmen 50% der reinen Baukosten des Bauwerks zum heutigen Preisstand übersteigt. Als Beispiel sei die Haseltalbrücke im Zuge der BAB A3, Frankfurt – Nürnberg genannt. Das lediglich 50 Jahre alte Bauwerk wird nach zahlreichen Schadensfällen und erfolglosen Instandsetzungsversuchen bis Ende 2011 durch einen 40 Mio. € teuren Neubau ersetzt.

3.6 Schlussfolgerung

Die Ertüchtigung bestehender Brücken wird in den nächsten Jahren mit großer Wahrscheinlichkeit zunehmend an Bedeutung gewinnen. Obwohl bereits erste Schritte und Ansätze für die Entwicklung und Anwendung unterschiedlicher Ertüchtigungsmaßnahmen existieren, besteht vor allem im Bereich des Stahlbrückenbaus noch ein großes Forschungs- und Entwicklungspotential.

Mit den neuen Regelungen zur Nachrechnung bestehender Bauwerke erhält die Praxis wichtige Werkzeuge, die eine einheitliche und zielführende Vorgehensweise beim Umgang mit ertüchtigungsbedürftigen Stahlbrücken im Bestand gewährleisten. Im nächsten Schritt könnten die verschiedenen Werke in einem Anwendungsdokument zusammengeführt werden.

Bei den Instandsetzungsmaßnahmen können die Anwender bereits auf einige bewährte Lösungen zurückgreifen. Eine innovative Methode stellen hochfrequente Hämmerverfahren im Zuge der Schweißnahtnachbehandlung dar, die im Bereich des Stahlbrückenbaus jedoch noch einer Erprobung bedürfen. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass eine reine Instandsetzung in vielen Fällen nicht ausreicht und eine zusätzliche Verstärkung erforderlich wird.

Zurzeit ist allerdings keine Verstärkungsmaßnahme so weit ausgereift, dass den Straßenbauverwaltungen der Länder eine uneingeschränkte Empfehlung ausgesprochen werden könnte. Lediglich bei den Verfahren mit SPS und hochfestem Beton mit Stahlfasern ist die Praxistauglichkeit nachgewiesen. Da jedoch beide Maßnahmen deutlichen Einschränkungen unterliegen, besteht bei der Entwicklung von wirksamen Konzepten und neuen Lösungen für die Verstärkung von Stahlbrücken noch großer Forschungsbedarf. Vor diesem Hintergrund laufen derzeit von der BAST betreute Forschungsprojekte im Hinblick auf die Gefährdungskategorien 1, 2 und 3.

Ein Ersatzneubau sollte lediglich als letzte Option erwogen werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Bestandsanalyse wird deutlich, dass die Einwirkungen auf Brücken im Laufe der Zeit deutlich angewachsen sind und dass sich dieser Trend voraussichtlich auch in der nahen bis mittleren Zukunft fortsetzt. Für den Neubau wird dieser Entwicklung mit der Einführung des neuen Lastmodells Rechnung getragen (wobei auch eine entsprechende Anpassung des Ermüdungslastmodells zu überlegen wäre). Bei den bestehenden Stahlbrücken lässt sich jedoch mit der

wachsenden Verkehrsbelastung eine überproportionale Verschlechterung des Zustands der alternden Bauwerke feststellen. Insbesondere bei den Stahlbrücken im Zuge von Bundesautobahnen ist in den nächsten Jahren von einem erheblichen Ertüchtigungsbedarf auszugehen.

Die Betrachtung unterschiedlicher Maßnahmen zur Ertüchtigung zeigt, dass in den Bereichen Nachrechnung und Instandsetzung erste Ansätze existieren auf deren Basis neue Lösungsmöglichkeiten konzipiert werden. Da dies jedoch in zahlreichen Fällen voraussichtlich nicht ausreichen wird, kommt der Entwicklung von geeigneten innovativen Verstärkungsmaßnahmen eine besondere Bedeutung zu. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) werden derzeit entsprechende Forschungsprojekte bearbeitet.

Angesichts der komplexen Zusammenhänge zwischen dem altersbedingten Zustand der Bauwerke, der wachsenden Verkehrsbelastung und verschiedenen Maßnahmen zur Ertüchtigung ist in den kommenden Jahren eine intensive und enge Zusammenarbeit von Straßenbauverwaltung, Forschung und Industrie erforderlich um die Zukunftsfähigkeit des Bauwerksbestandes der Stahlbrücken sicherzustellen.

Literatur

- [1] G. Sedlacek, M. Paschen, M. Feldmann, A. Geßler, B. Steinauer, K. Scharnigg
Nachhaltige Instandsetzung und Verstärkung von orthotropen Fahrbahnplatten von Stahlbrücken unter Berücksichtigung des Belagssystems
BASt Schriftenreihe B
Verkehrsblatt Verlag, 2010
- [2] J. Naumann
100 Jahre Straßenbrücken in Stahl- und Verbundbauweise
Jubiläumsband „100 Jahre deutscher Ausschuss für Stahlbau“
Frehner Consulting GmbH Deutschland
2008
- [3] W. Buschmeyer, C. Roder, P. Haardt, P.J. Gusia
Zum Verstärken von Betonbrücken der Bundesfernstraßen
Bauingenieur Band 84, April 2009
Springer VDI Verlag
- [4] Erich Fiedler
Die Entwicklung der orthotropen Fahrbahnplatte in Deutschland
Stahlbau, 78. Jahrgang, August 2009
Ernst & Sohn

- [5] G. Marzahn
 Richtlinie für die Nachrechnung bestehender Straßenbrücken
 Bauingenieur,
 Band 85
 Mai 2010
- [6] B. Kühn, M. Lukic, A. Nussbaumer, H.-P. Günther, R. Helmerich, S. Herion, M.H. Kolstein, S. Walbridge, B. Androic, O. Dijkstra, Ö. Bucak
 Assessment of Existing Steel Structures: Recommendations for Estimation of Remaining Fatigue Life
 JRC Scientific and Technical Reports
 February 2008
- [7] DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe "Schweißen im Bauwesen"
 Merkblatt DVS 1709
 Instandsetzung und Verstärkung orthotroper Fahrbahnplatten
 DVS Verlag GmbH,
 Düsseldorf Mai, 2008
- [8] T. Ummenhofer, S. Herion, S. Rack, I. Weich, G. Telljohann, S. Dannemeyer, H. Strohbach, H. Eslami-Chalandar, A. K. Kern, D. Pinkernell, M. Smida, U. Rahlf, B. Senk
 REFRESH – Lebensdauererlängerung bestehender und neuer geschweißter Stahlkonstruktionen
 Forschung für die Praxis D 761
 FOSTA -Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V.
 Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH,
 Düsseldorf, 2010