



Bundesministerium für Digitales und Verkehr • Postfach 20 01 00, 53170 Bonn

- ausschließlich per E-Mail -

Brückenreferenten/-innen der Länder

Vertreter der Autobahn GmbH des Bundes

nachrichtlich:

Vertreterin des Fernstraßen-Bundesamtes

Abteilungsleiter B der BAST

Leiter QM-KI der DEGES

Vertreterin des Bundesrechnungshofes

Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn
Leiter des Referates StB 24

Robert-Schuman-Platz 1
53175 Bonn

POSTANSCHRIFT
Postfach 20 01 00
53170 Bonn

TEL +49 228 99-300-5240
FAX +49 228 99-300-807-5240

ref-stb24@bmdv.bund.de
www.bmvi.de

**Betreff: Beulverhalten älterer Stahl- und Stahlverbundbrücken
- KORREKTURFASSUNG -**

Aktenzeichen: StB 24/7192.70/11/3609514

Datum: Bonn, 24.01.2022

Seite 1 von 6

2022-02

Sehr geehrte Damen und Herren,

die Regelwerke zur Beurteilung der Beulsicherheit der Stege und Gurte von Stahl- und Stahlverbundbrücken haben sich in den letzten Jahrzehnten mehrmals geändert. Insbesondere Bauwerke, die vor der Einführung der DAST-Richtlinie 012 „Beulsicherheitsnachweise für Platten“ im Jahre 1978 errichtet wurden und bei denen die Bemessung noch nach der alten, bis 1978 gültigen Stabilitätsnorm DIN 4114 „Stahlbau; Stabilitätsfälle (Knickung, Kippung, Beulung), Berechnungsgrundlagen, Vorschriften“ aus dem Jahre 1952 erfolgte, erfüllen die heutigen Anforderungen an die Beulsicherheit nicht mehr vollumfänglich.

Regelungslücken und Defizite ergeben sich aus heutiger Sicht insbesondere bezüglich der Beulsicherheitsnachweise für Stege und auch der Längssteifen zur Aussteifung von Stegen und gedrückten Untergruppen von Kastenträgern. Darüber hinaus wurden bei den Bauwerken





Seite 2 von 6

jener Zeit zusätzlich beim Schubbeulen die überkritischen Tragreserven nach der Zugfeldtheorie höher als heute üblich ausgenutzt. Auch wurde für die Stege und insbesondere für die gedrückten Untergurte von Kastenträgern kein Nachweis gegen knickstabähnliches Verhalten der Längssteifen gefordert. Bei Kastenträgern fehlten ferner Nachweise für die Quersteifen nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung von herstellungsbedingten geometrischen Vorverformungen bzw. Imperfektionen. Brücken aus dieser Zeit weisen zusätzliche Defizite hinsichtlich fehlender Vergleichsspannungsnachweise und fehlender Nachweise zur Berücksichtigung von Temperaturunterschieden (insbesondere vertikaler Temperaturgradient) auf.

Mit der Einführung der DASt-Richtlinie 012 im Jahr 1978 wurden die oben beschriebenen Defizite weitestgehend behoben, sodass Brücken, die nach dieser Richtlinie und nach den nachfolgend eingeführten Regelwerken (DIN-Fachberichte 103 und 104 sowie die Eurocodes DIN EN 1993-2 für Stahlbrücken und DIN EN 1994-2 für Verbundbrücken) bemessen wurden, ein ausreichendes Sicherheitsniveau aufweisen.

Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass größere Stahl- und Stahlverbundbrücken, die vor 1980 gebaut wurden, das systemische Problem einer zu geringen Beulsicherheit aufweisen können. Der Zustand der Stege und gedrückten Untergurte von Kastenträgern ist in der Regel durch Beulverformungen der Einzelfelder von ausgesteiften Stegen und Untergurten sowie durch Verformungen der Längs- und Quersteifen gekennzeichnet.

Die an Bauwerken jener Zeit auftretenden Beulverformungen sind in der Regel durch herstellungsbedingte geometrische Verformungen initiiert, die zudem je nach Beanspruchung durch Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung und/oder durch werkstoffbedingte Nichtlinearitäten vergrößert sein können. Für herstellungsbedingte Blechverformungen gelten derzeit die Toleranzgrenzen nach DIN EN 1090-2:2018-09, Kapitel 11 und Anhang B. In der alten DIN 4114:1952 waren für die Herstellung von ausgesteiften Blechfeldern keine Herstelltoleranzen angegeben. Von daher können bei Bauwerksprüfungen detektierte Beulverformungen an Bauteilen sowohl Folge einer herstellungsbedingten Unebenheit in den Blechen als auch Anzeichen für eine nicht ausreichende Beulsicherheit und damit verbundene Beulverformungen sein.

Beulverformungen von Blechen und Verformungen von Längs- und Quersteifen sind in der Regel nicht ohne Weiteres mit dem bloßen Auge feststellbar. Es bedarf daher einer Kontrolle, z. B. üblicherweise mit einer Richtlatte oder, wenn eine höhere Messwertdichte zur Erfassung der tatsächlichen Beulfigur angezeigt ist, mit einer lasergestützten Vermessung (Laserscan), um die Verformung zu erkennen, zu





Seite 3 von 6

vermessen und mit zulässigen Toleranzwerten vergleichen zu können. Maßgebend sind hierbei neben der Beschreibung der Beulform vor allem die Vermessung der maximalen Blechverformungen senkrecht zur Blechebene, die hinsichtlich ihrer statischen Auswirkungen ingenieurmäßig zu bewerten sind. Im Regelfall erfolgt die Bewertung durch eine Nachrechnung der Beulfelder, gegebenenfalls auch nach Theorie II. Ordnung, um die Beulverformungen im Hinblick auf den Vergrößerungsfaktor nach Theorie II. Ordnung bewerten zu können. So ist der Verformungszuwachs von dicken oder stark ausgesteiften Blechen trotz größerer Herstelltoleranz dennoch gering, wohingegen bei schlanken oder schwach ausgesteiften Blechen es zu einer signifikanten Vergrößerung der Verformungen unter Last kommen kann. Insofern reagieren schlanke, beulgefährdete Bleche wesentlich sensitiver auf das anliegende Beanspruchungsniveau.

Um die Bauwerksprüfung nach DIN 1076 zu unterstützen, sollten zusätzliche Unterlagen zur Verfügung gestellt werden, die das Erkennen von kritischen Beulfeldern zukünftig erleichtern. In Prüfvermerken ist auf derartige Punkte gesondert hinzuweisen. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn bei der Nachrechnung älterer Stahl- und Stahlverbundbrücken keine ausreichende Sicherheit gegen Plattenbeulen nachgewiesen werden kann und eine notwendige Verstärkung noch nicht ausgeführt wurde.

Darüber hinaus ist die Bauwerksprüfung nach DIN 1076 dahingehend zu sensibilisieren, dass bei hoch auf Schub beanspruchten Beulfeldern mit diagonal über die Beulfelder verlaufenden zugfeldartigen Beulen neben den eigentlichen Verformungen auch die Schweißnähte a) in den Diagonalecken zwischen den Gurten und den Quersteifen sowie b) in den Ecken zwischen den Längssteifen und den Quersteifen auf Anrisse hin zu untersuchen sind.

Zur besseren Einschätzung der Situation an älteren Stahl- und Stahlverbundbrücken, die vor 1980 erstellt wurden, bitte ich Sie um zeitnahe Ausführung folgender Punkte:

- 1) Für größere Stahl- und Stahlverbundbrücken (Brückenlänge mind. 20 m, keine WIB-Bauweise) ist für die Stege und bei Kastenträgern zusätzlich auch für die Untergurte eine einmalige Sonderprüfung inkl. einer messtechnischen Aufnahme beulgefährdeter Bereiche durchzuführen, sofern keine anderweitigen genaueren Kenntnisse vorliegen, um frühzeitig tragfähigkeitsrelevante und über das zulässige Toleranzmaß hinausgehende Beulverformungen der Bleche und Steifen von Stegen und Kastenträgern zusätzlich von gedrückten Untergurten zu erkennen. Geeignete Verfahren zur Messung der Beulverformungen sind üblicherweise eine Messung mittels diagonal über das Beulfeld angelegte Richtlatte in Übereinstimmung mit



Seite 4 von 6

den Vorgaben in DIN EN 1090-2:2018-09 oder, wenn eine höhere Messwertdichte zur Erfassung der tatsächlichen Beulfigur angezeigt ist, auch ein Laserscan des gesamten Beulfeldes bestehend aus den Einzelfeldern und den Quer- und Längssteifen.

- 2) Die ermittelten Beulverformungen senkrecht zur Blechebene sind unter Berücksichtigung der zulässigen Grenzwerte für die Herstelltoleranzen nach DIN EN 1090-2:2018-09 zu bewerten und hinsichtlich ihrer statischen Auswirkungen zu beurteilen. Eine genauere Untersuchung im Rahmen einer objektbezogenen Schadensanalyse (OSA) wird erforderlich, wenn
 - im Rahmen einer üblichen Nachrechnung der Brücken nach Nachrechnungsrichtlinie [1] die Beulsicherheit um 15 % oder mehr überschritten ist
 - oder bei den Messungen nach Ziffer 1) und 4) Beulverformungen festgestellt werden, die bei Längs- und Quersteifen die grundlegenden Toleranzen nach DIN EN 1090-2:2018-09, Tabelle B7 um mehr als 10 % und bei unausgesteiften Einzelblechfeldern die grundlegenden Werte nach DIN EN 1090-2:2018-09, Tabelle B4, Zeilen 3 und 4 um mehr als 15 % übersteigen.
- 3) Im Regelfall wird für die Einschätzung der statischen Auswirkungen eine Nachrechnung der Beulfelder - ggf. auch nach Theorie II. Ordnung - erforderlich sein, um die Beulverformungen im Hinblick auf den Vergrößerungsfaktor nach Theorie II. Ordnung bewerten zu können. Für eine erste Einschätzung darf die Nachrechnung der Beulsicherheit auf der Grundlage der DASt-Richtlinie 012 oder DIN 18800-3:1990-11 „Stahlbauten; Stabilitätsfälle; Plattenbeulen“ unter Verwendung der nach dem globalen Sicherheitskonzept erstellten und baustatisch geprüften Ursprungsstatik erfolgen.
- 4) Die Messungen und Auswertungen sind für alle relevanten Beulfelder entlang der Brückenlänge zu wiederholen. Die Einzelheiten der Messung und das Messprogramm sind mit dem beurteilenden Ingenieur im Vorfeld abzustimmen. Der Verkehr auf der Brücke braucht für die Messung nicht gesondert geführt bzw. eingeschränkt zu werden. Die Messungen sollten jedoch in Zeiten durchgeführt werden, in denen sich kein oder nur geringer Schwerverkehr (z. B. an Wochenenden) auf der Brücke befindet und in denen das Tragwerk hinsichtlich der klimatischen Temperaturbedingungen keine großen linearen vertikalen Temperaturunterschiede aufweist.



Seite 5 von 6

- 5) Bei hoch auf Schub beanspruchten Beulfeldern sind, sofern diagonal über die Beulfelder verlaufende zugfeldartige Beulen erkennbar werden, neben den Verformungen auch die Schweißnähte a) in den Diagonalecken zwischen den Gurten und den Quersteifen sowie b) in den Ecken zwischen den Längssteifen und den Quersteifen auf Anrisse hin zu untersuchen und zu dokumentieren.
- 6) Sofern bei einer Brückennachrechnung die normativen Beulsicherheiten nicht nachgewiesen werden können, ist ein Prüfvermerk für die Bauwerksprüfung nach DIN 1076 mit entsprechenden Hinweisen, Benennung und ggf. skizzenhafter Darstellung der entsprechenden Bauteile anzufertigen und im Bauwerksbuch zu hinterlegen.
- 7) Sofern ältere Stahl- und Stahlverbundbauwerke mit Herstellungsjahr vor 1980 bisher nicht gemäß Ziffern 1) bis 5) untersucht wurden, sind vorsorglich geeignete Maßnahmen zur Kompensation möglicher Beulsicherheitsdefizite einzuleiten, u. a. eine maßvolle Reduktion der Verkehrsbeanspruchung. Verkehrliche Einschränkungen können die Folge sein. Hinweise dazu werden in der Nachrechnungsrichtlinie [1] des Bundes gegeben.

Literaturverweis

[1] BMVI (2011) Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie), Bonn/Berlin, 05/2011, 1. Ergänzung, 04/2015

Über die Ergebnisse oder die eingeleiteten Schritte zur Untersuchung der älteren Stahl- und Stahlverbundbrücken gemäß o. g. Punkte bitte ich Sie um einen zusammenfassenden schriftlichen Bericht innerhalb der nächsten sechs Monate, spätestens jedoch bis zum 31.07.2022.

Darüber hinaus bitte ich für jene Brücken, für die bis zum genannten Stichtag noch keine abschließenden Ergebnisse vorliegen, um einen schriftlichen Ergebnisbericht nach Abschluss der Untersuchungen.

Zur Unterstützung der Untersuchungen ist in der Anlage eine Liste mit Stahl- und Stahlverbundbrücken (Teilbauwerke) mit Baujahr vor 1980 und einer Mindestlänge von 20 m aufgeführt. Bauwerke der WIB-Bauweise sind nicht Bestandteil der Liste. Die getroffenen Auswahlkriterien entsprechen weitgehend denen, die für die Ermittlung des Traglastindex angesetzt wurden. Darüber hinaus wurden keine weiteren Selektionen, z. B. zu aktuellen Ständen einer Nachrechnung etc., vorgenommen.





Seite 6 von 6

Sollten Sie darüber hinaus Kenntnis von älteren Stahl- und Stahlverbundbrücken haben, die unter Berücksichtigung der einschränkenden Randbedingungen der Liste hätten zugeordnet werden sollen, bitte ich diese analog zu behandeln.

Mit freundlichen Grüßen
Im Auftrag
Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn



Bezeugt:

Angestellter

Anlage: Liste mit Brücken-Teilbauwerken der Stahl- und Stahlverbundbauweise mit Baujahr vor 1980 an Bundesfernstraßen