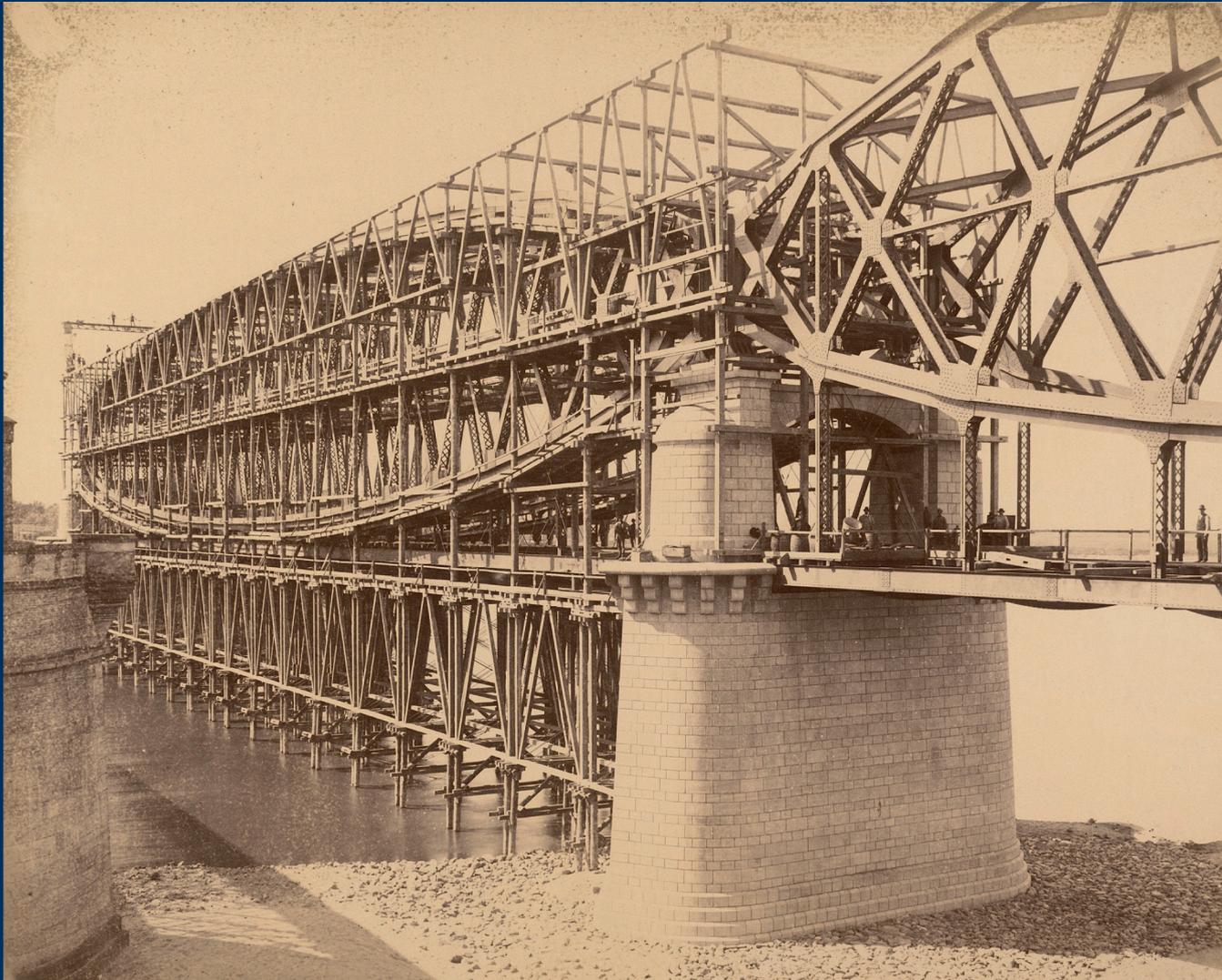




**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

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



27. DRESDNER BRÜCKENBAUSYMPOSIUM

**PLANUNG, BAUAUSFÜHRUNG, INSTANDSETZUNG
UND ERTÜCHTIGUNG VON BRÜCKEN**

13./14. MÄRZ 2017

© 2017 Technische Universität Dresden

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichnungen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen.

Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach
Technische Universität Dresden
Institut für Massivbau
01062 Dresden

Redaktion: Silke Scheerer, Angela Heller

Layout: Ulrich van Stipriaan

Anzeigen: Harald Michler

Titelbild: Neue Weichselbrücke, Dirschau – Ansicht vor Fertigstellung 1891
Foto: Ferdinand Schwarz, Architekturmuseum der TU Berlin, Inv. Nr. BZ-F 14,025

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

ISSN 1613-1169
ISBN 978-3-86780-510-0



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

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

Tagungsband

27. Dresdner Brückenbausymposium

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

13. und 14. März 2017

Inhalt

Herzlich willkommen zum 27. Dresdner Brückenbausymposium	9
<i>Prof. Dr.-Ing. habil. DEng/Auckland Hans Müller-Steinhagen</i>	
Verleihung der Wackerbarth-Medaille	11
<i>Prof. Dr.-Ing. Hubertus Milke</i>	
Laudatio	12
<i>Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	
Zu aktuellen Entwicklungen im Stahl- und Stahlverbundbrückenbau	
– Fokus: Korrosionsschutz	15
<i>TRDir Dr.-Ing. Gero Marzahn</i>	
Brücken in Lateinamerika – Technik und Geschichte	25
<i>Dr. Dirk Bühler</i>	
Das alte und das neue Ottendorfer Viadukt	43
<i>Prof. Dr.-Ing. Thomas Bösche, Dipl.-Ing. Elke Hering, Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Jens Otto Dr.-Ing. Stephan Teich</i>	
Neubau einer „atmenden“ Stadtbahnbrücke in Düsseldorf	57
<i>Dipl.-Ing. Sonja Rode, Dipl.-Ing. Tobias Riebesehl, Dipl.-Ing. Thomas Neysters, Dipl.-Ing. Guido Herbrand</i>	
Sanierung der historischen Betonbogenbrücke in Naila	71
<i>Dipl.-Ing. Ammar Al-Jamous, Dipl.-Ing. Karsten Uhlig</i>	
Georg Christoph Mehrtens (1843–1917): Protagonist des Stahlbrückenbaus im wilhelminischen Deutschland	81
<i>Dr.-Ing. Karl-Eugen Kurrer</i>	
Lebenslanger Korrosionsschutz – Pilotprojekt Stahlverbundbrücke	103
<i>Dr.-Ing. Stefan Franz</i>	
Interaktion zwischen Praxis und Forschung	
– Systematische Nachrechnung des Brückenbestands in Mecklenburg-Vorpommern	117
<i>Dipl.-Ing. Oliver Steinbock, Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Olaf Mertzsch, Dr.-Ing. Torsten Hampel Dipl.-Ing. Nico Schmidt, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach</i>	
Chemnitztalviadukt – Neubau versus Bestandserhaltung	131
<i>Univ.-Prof. Dr.-Ing. Richard Stroetmann, Dipl.-Ing. (FH) Lutz Buchmann, Dipl.-Ing. Toralf Zeißler Dipl.-Ing. Steffen Oertel</i>	
Verstärkung von Stahlbrücken in den Niederlanden	
– Einsatz von hochfestem Beton und zielgerichtete Tragwerksverstärkung	151
<i>M.Sc. Dimitri Tuinstra, Dr.-Ing. Markus Gabler</i>	
Neue Queensferry-Brücke in Schottland	
Herausforderungen bei der Planung und Montage	161
<i>Dipl.-Ing. Martin Romberg</i>	
Brückenbauexkursion 2016 – Hup Holland Hup	177
<i>Dipl.-Ing. Oliver Steinbock, Dipl.-Ing. Jakob Bochmann</i>	
Chronik des Brückenbaus	187
<i>Zusammengestellt von Dipl.-Ing. (FH) Sabine Wellner</i>	
Inserentenverzeichnis	208

Interaktion zwischen Praxis und Forschung – Systematische Nachrechnung des Brückenbestands in Mecklenburg-Vorpommern

Dipl.-Ing. Oliver Steinbock

Institut für Massivbau, Technische Universität Dresden

Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Olaf Mertzsch

Landesamt für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern

Dr.-Ing. Torsten Hampel

Institut für Massivbau, Technische Universität Dresden

Dipl.-Ing. Nico Schmidt

ehemals Institut für Massivbau, Technische Universität Dresden

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Manfred Curbach

Institut für Massivbau, Technische Universität Dresden

1 Praxis und Forschung in Interaktion

Die Ingenieurwissenschaften vereinen seit jeher die Erkenntnisse aus der Forschung und ihre Anwendung in der Praxis. Es liegt daher im Berufsbild und Selbstverständnis von Ingenieuren, auf der Grundlage aktueller Forschung und/oder Erfahrung stets die konstruktiv beste Lösung zu erarbeiten. Dennoch ist es auch für uns Bauingenieure überraschend, dass der Austausch zwischen Forschung und Praxis noch immer Verbesserungspotenzial bietet, wo doch ein intensiver Austausch zwischen Praxispartnern und Forschungseinrichtungen die beste Grundlage für die Erarbeitung der konstruktiv, aber auch baupraktisch günstigsten Lösungen bildet. Genau hier setzt die wissenschaftlich-technische Betreuung (nachfolgend WTB genannt) beim Projekt zur Anwendung der Nachrechnungsrichtlinie auf den Brückenbestand in Mecklenburg-Vorpommern (M-V) an [1].

Über die Anforderungen und die Problematik beim Umgang mit Bestandsbrücken wurde in der jüngeren Fachliteratur bereits ausführlich publiziert, z. B. in [2]. Dies soll daher nicht weiter thematisiert werden. Einig ist man sich in der Fachwelt, dass gerade die Bewertung bestehender Brückenbauwerke hohe Anforderungen an die

damit befassten Ingenieure stellt. Die Nachrechnungsrichtlinie [3] gewährt „einen erweiterten Handlungsrahmen und bietet die Möglichkeit, die Reserven des Tragwerks und der Baustoffe stärker auszunutzen, ohne das [...] geforderte Zuverlässigkeitsniveau einzuschränken.“ Die Nachrechnungsrichtlinie wurde im Jahr 2011 eingeführt und im Jahre 2015 erstmals fortgeschrieben, um die Ergebnisse aus Anwendung und Forschung einfließen zu lassen [4].

Das in den vergangenen Jahren bearbeitete Projekt WTB wurde im Auftrag des Landesamtes für Straßenbau und Verkehr M-V am Institut für Massivbau der TU Dresden betreut. Die Nachrechnungen der insgesamt 27 Teilbauwerke erfolgten dabei durch externe Ingenieurbüros. Die Aufgabe



Bild 1 Nachgerechnetes Bauwerk – Brücke im Zuge der B 104 von Paulsdamm nach Schwerin
Foto: Silke Scheerer

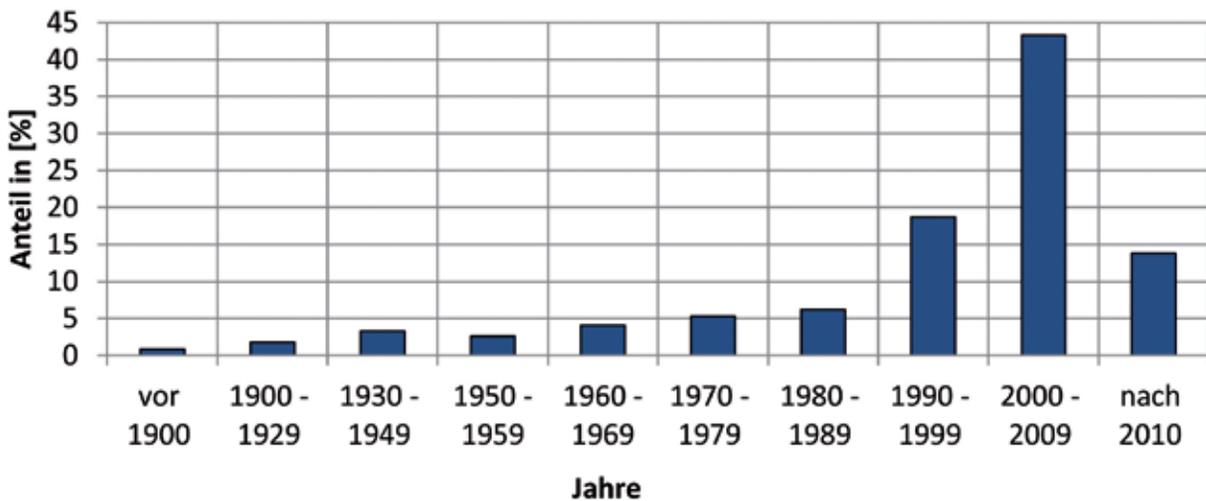


Bild 2 Brücken in M-V – Altersstruktur nach Anzahl der Teilbauwerke in Prozent, nach [15]

Grafik: Oliver Steinbock

der TU Dresden bestand einerseits in der Priorisierung des Datenbestandes [5] zu Projektbeginn, der Erarbeitung einer Reihung der nachzurechnenden Bauwerke und im Anschluss an die Nachrechnung in der Mitwirkung bei der Festlegung des weiteren Umgangs mit den nachgerechneten Bauwerken (Bild 1). Andererseits diente die TU Dresden als Ansprechpartner der Ingenieurbüros bei der Optimierung von Einzelnachweisen [6] bzw. deren Überprüfung und bei der Auslegung der Nachrechnungsrichtlinie [7]. Im Laufe des Projektes erfolgte eine Erweiterung des ursprünglichen Projektumfangs dahingehend, dass auch mögliche Tragreserven erschlossen bzw. aufgezeigt werden sollten. Dies betraf insbesondere die in den neuen Bundesländern typischen Brücken aus Balkenreihen [8], [9], aber auch ein Bauwerk der Nachweisstufe 3 [10]. Bereits in den Jahren zuvor war in Verbindung mit der Einführung der sogenannten Handlungsanweisung Spannungsrissskorrosion [11] das Gefährdungspotenzial älterer Spannbetonbrücken des gleichen Bestandes in Mecklenburg-Vorpommern untersucht worden [12].

2 Bestandsübersicht – Unterschiede und Gemeinsamkeiten

Mecklenburg-Vorpommern liegt auf dem Gebiet der ehemaligen DDR. Ein erheblicher Anteil der älteren Brückenbauwerke stammt noch aus der Zeit vor der deutschen Wiedervereinigung. Die Unterschiede im Brückenbestand der alten und neuen Bundesländer sind daher in erster Linie historisch bedingt. So lag der Schwerpunkt des Brückenbaus im Ostdeutschland der Nachkriegszeit bei der Vereinheitlichung und Typisierung in Verbindung mit Fertigteilkonstruktionen [8], [13], wo-

hingegen sich in Westdeutschland eine größere Bandbreite bot. Weitere Unterschiede resultieren aus der verschiedenartigen Topographie der einzelnen Bundesländer bzw. dem wirtschaftlichen Umfeld.

Grundsätzlich ist bei der Analyse des Straßenbrückenbestandes zwischen Brücken in der Verwaltung des Bundes, der Länder, der Kommunen und der Wasserstraßenämter zu unterscheiden. Bei der hier vorgestellten Untersuchung wurden neben Brückenbauwerken in der Baulast des Bundes auch solche in Landesbaulast mit einbezogen. Mecklenburg-Vorpommern ist nach Brandenburg das flächenmäßig größte neue Bundesland. Obwohl lediglich Bayern, Niedersachsen, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen eine größere Fläche als M-V haben, liegen lediglich $\approx 1,9\%$ (Anteil nach Teilbauwerken) bzw. $2,2\%$ (Anteil nach Brückenfläche) des Brückenbestandes der Bundesfernstraßen im Gebiet von Mecklenburg-Vorpommern [14]. Die Untersuchung dieses vergleichsweise kleinen Bestandes ist dennoch von Bedeutung, da die speziellen Bauweisen in dieser Region und die besonderen administrativen Rahmenbedingungen eine Übertragbarkeit auf die gesamten neuen Bundesländer ermöglichen. Nachfolgende Grafiken geben einen Einblick zum Brückenbestand in M-V zum Projektstart 2011.

Vor einer Analyse des Brückenbestandes soll zunächst ein Überblick über dessen Altersstruktur gegeben werden (Bild 2). Gegenüber den Verteilungen in den alten Bundesländern zeigt sich hier ein anderer Verlauf. Üblicherweise spiegeln die Statistiken der alten Bundesländer die großen Bautätigkeiten zwischen 1965 und 1984 wider [14]. In den neuen Bundesländern ist erst nach der

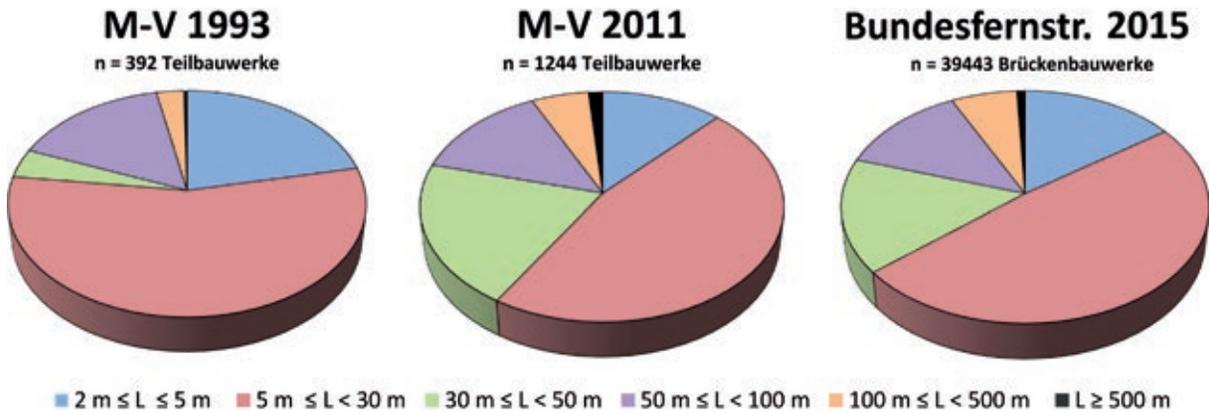


Bild 3 Brückenbestand der Bundesfernstraßen, Vergleich nach Anzahl der Teilbauwerke nach Längensklassen in Prozent; links (Teilbauwerke bis Bj.1993) und Mitte (Teilbauwerke bis Bj.2011): Brücken in der Baulast von Bund und Land M-V (Stand 2011, nach [15]), rechts: Brücken in der Baulast von Bund und Ländern in Deutschland (Stand 2015, nach [14]) Grafik: Oliver Steinbock

Wiedervereinigung ein vergleichbarer Anstieg zu verzeichnen. Dies zeigt sich insbesondere beim Bestand von M-V, der mit dem Bau der BAB A 20 zu begründen ist. Demnach liegt der Anteil von Teilbauwerken, die in der Zeit von 2000 bis 2009 hergestellt wurden, bei mehr als 40 % des Gesamtbestands. Der Großteil der Brücken ist somit im Vergleich zu dem in den alten Bundesländern deutlich jünger.

Wie bereits eingangs erwähnt, ist der Einfluss der Topographie für die Ausbildung der Konstruktions- und Bauweisen von Bedeutung. Bild 3 zeigt die prozentuale Verteilung nach Anzahl der Teilbauwerke in Längensklassen. Zunächst zeigen sich bei der Gegenüberstellung von Brücken der Bundesfernstraßen in der Verwaltung des Bundes und Brücken im Bestand von M-V nur geringe Un-

terschiede. Der Längenbereich $5\text{ m} \leq L < 30\text{ m}$ liegt bei jeweils $\approx 47\%$. Die Unterschiede in den restlichen Längensklassen sind ebenfalls gering. Betrachtet man jedoch die prozentuale Verteilung der bis zum Jahr 1993 in M-V ausgeführten Bauwerke, zeigt sich eine Verlagerung hin zu kleinen Stützweiten. So weisen mehr als $\frac{3}{4}$ aller Brücken eine Gesamtlänge von weniger als 30 m auf. Auch hierbei spielt die große Differenz zwischen der Anzahl der Brücken, die vor 1993 errichtet wurden (392 Teilbauwerke), zu denen im Jahre 2011 (1.244 Teilbauwerke) eine Rolle.

Die Abgrenzung zum Baujahr 1993 wurde aus zwei Gründen vorgenommen. Zum einen vollzogen sich im Verlauf der 1980er Jahre in Ost- und Westdeutschland eine Reihe von Normenanpassungen [16] insbesondere im Bereich des Stahl- und Spannbetonbaus, sodass die umgesetzten Bauwerke der 1990er Jahre weniger problematisch zu bewerten sind als frühere.

Des Weiteren wurden bis zum Jahr 1993 noch Bauwerke bzw. Fertigteile aus Beständen der ehemaligen DDR verbaut, bei denen spannungsrisikokorrosionsgefährdeter Spannstahl zur Anwendung kam [11]. Der Schwerpunkt der Bestandsanalyse und der Projektbearbeitung lag daher bei Bauwerken, die bis 1993 errichtet wurden.

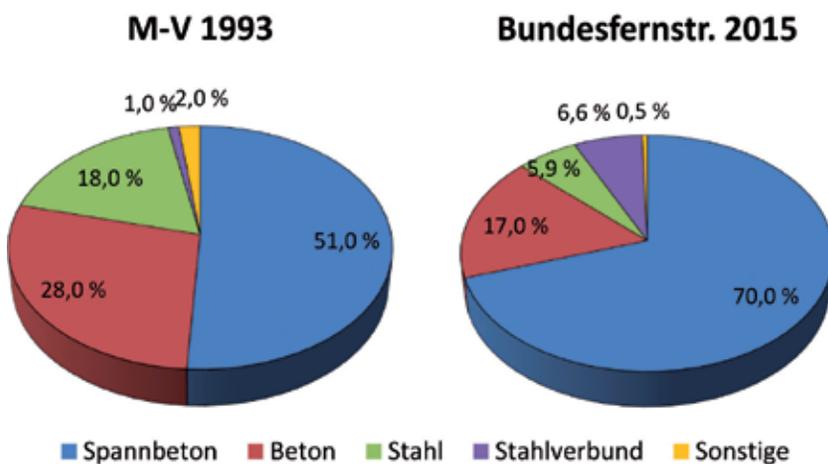


Bild 4 Brückenbestand der Bundesfernstraßen, Vergleich nach Brückenfläche entsprechend des Hauptbaustoffs des Überbaus in Prozent; links: Brücken in der Baulast von Bund und Land M-V (Stand 2011, nach [15]), rechts: Brücken in der Baulast von Bund und Ländern (Stand 2015, nach [14]) Grafik: Oliver Steinbock

Differenzen gegenüber dem Bestand der alten Bundesländer ergeben sich auch bei der Verteilung der Brücken-

flächen nach dem Hauptbaustoff des Überbaus (Bild 4). Während der Brückenbestand beispielsweise in Nordrhein-Westfalen eine ähnliche Verteilung aufweist wie auf Bundesebene [2], zeigt sich bei M-V auch hier ein anderes Bild. Wiederrum werden die Bauwerke bis zum Jahr 1993 herangezogen. Der Anteil der Spannbetonkonstruktionen liegt mit $\approx 50\%$ deutlich unterhalb des bundesweiten Durchschnitts von 70% . Die Betonkonstruktionen haben dagegen mit 28% in M-V einen deutlich höheren Anteil. Die wenigen Stahlbrücken (Anteil nach Teilbauwerken $\approx 10\%$) nehmen aufgrund ihrer großen Bauwerkslängen bzw. Stützweiten fast ein Fünftel der Brückenfläche ein. Die Gruppe der Stahlverbundkonstruktionen ist bis zum Jahr 1993 in M-V eine Ausnahme. Der geringfügig größere Teil 'sonstiger Baustoffe' ist auf gemauerte Gewölbe zurückzuführen, die bereits zum Großteil vor 1945 errichtet wurden.

3 Möglichkeiten der Priorisierung

Die Priorisierung des gesamten Brückenbestandes des Bundeslandes M-V nahm in der ersten Projektphase eine Schlüsselstelle ein. Das oberste Ziel einer Priorisierung ist es, die kritischsten Bauwerke aus einer großen Datenmenge herauszufiltern und eine Dringlichkeitsreihenfolge für die tiefergehende Untersuchung von ausgewählten Bauwerken festzulegen. Aufgrund der Vielzahl von Einflussparametern gestaltet es sich schwierig, insbesondere materialübergreifende Priorisierungsverfahren zu entwickeln, die allen Besonderheiten der verschiedenen Konstruktionen gerecht werden. Vor Einführung der Nachrechnungsrichtlinie wurde von der BAST ein Verfahren mit Fokus auf Massivbrücken erarbeitet [17], welches verschiedentlich an besondere Randbedingungen oder Wertigkeiten angepasst wurde, z. B. bei der Anwendung auf den Brückenbestand von Nordrhein-Westfalen [17]. Im Bereich der Stahlbrücken wurde beispielsweise ebenfalls ein Priorisierungsschema ent-

wickelt [20], welches aber nur für Stahlbrücken mit orthotroper Fahrbahnplatte gilt. Grundlage der Priorisierung nach dem in [17] vorgestellten Schema ist eine Bewertung mittels einer objektbezogenen Prioritätszahl. Das Verfahren war auf „Brücken mit balkenartigem oder plattenartigem Tragwerk“ [18] in Betonbauweise ausgelegt. Es wurde auch auf den Bestand von M-V angewendet, jedoch in Absprache mit dem Auftraggeber geringfügig modifiziert. Anstatt der Zustandsnote des Überbaus wurde die Substanzkennzahl des Überbaus eingepflegt. Diese Substanzkennzahl ist kennzeichnend für den baulichen Zustand des Brückenüberbaus in Abhängigkeit von Dauerhaftigkeit (D) und Standsicherheit (S), der für die Nachrechnung in den meisten Fällen von besonderer Bedeutung ist [7]. Die Verkehrssicherheit (V) ist hier im Gegensatz zur Zustandsnote nicht enthalten.

Zuerst wurden die Bauwerke mit einer Prioritätszahl $PZ \geq 14$ aus dem gesamten Brückenbestand herausgefiltert. Weitere Gesichtspunkte wurden durch den Auftraggeber vorgegeben, woraus sich schlussendlich eine konkrete Auswahl und deren Reihenfolge für eine detailliertere Nachrechnung entsprechend der Dringlichkeit ergab. Daneben wurden die Teilbauwerke in die Auswahl mit einbezogen, die auf Bundesebene im Rahmen einer gesonderten Erhebung im Vorfeld durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) ermittelt worden waren [19].

Das beschriebene Priorisierungsverfahren war auf die Anwendung von Betonbrücken beschränkt. Für die Priorisierung der Stahlbrücken wurde auf das Verfahren nach [20] zurückgegriffen. Aufgrund der überschaubaren Anzahl an Verbundtragwerken und Steinbrücken wurde die Auswahl in Abstimmung mit dem Auftraggeber im Einzelfall festgelegt.

Bild 5 zeigt die Altersstruktur der ausgewählten Brückenbauwerke. Es wurden vier Brücken ausgewählt, die vor 1949 errichtet wurden. Es han-

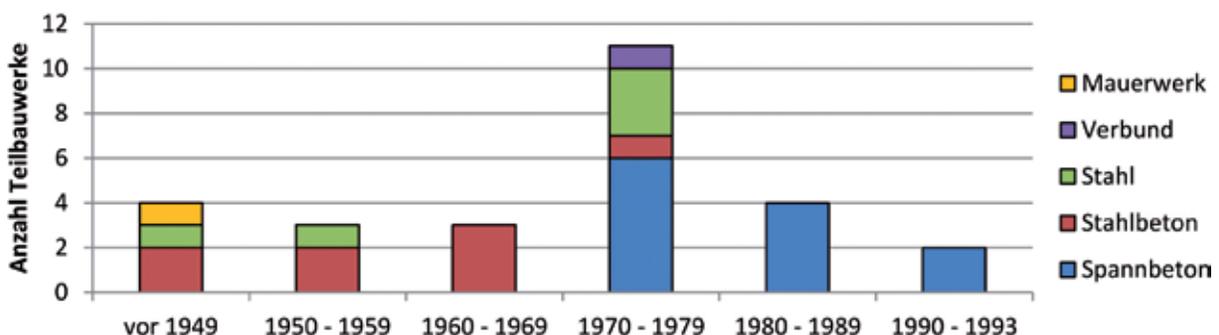


Bild 5 Verteilung der zur Nachrechnung ausgewählten Teilbauwerke nach Baujahr und Hauptbaustoff des Überbaus, Daten aus [15]

Grafik: Oliver Steinbock

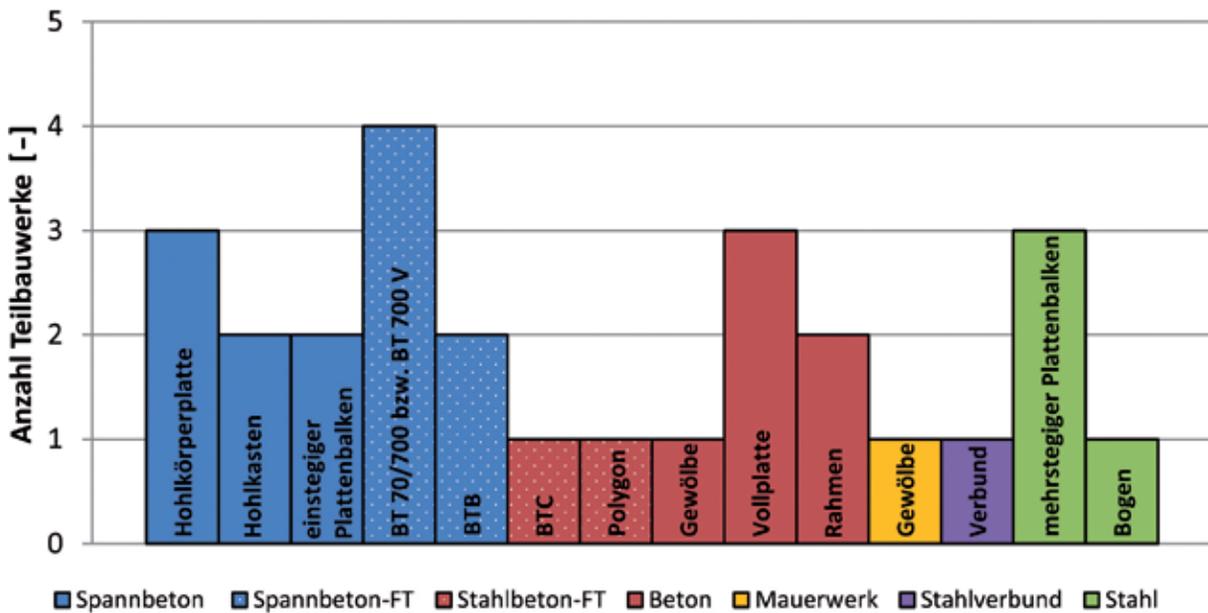


Bild 6 Verteilung der zur Nachrechnung ausgewählten Teilbauwerke nach Tragstruktur und Hauptbaustoff des Überbaus, Daten aus [15] Grafik: Oliver Steinbock

delt sich dabei um zwei Bauwerke aus Stahlbeton (ein Rahmen und eine Vollplatte), um eine Stahlkonstruktion als Klappbrücke sowie um eine Gewölbebrücke aus Mauerwerk. Aus den beiden folgenden Jahrzehnten wurden eine weitere Stahlkonstruktion und ansonsten Stahlbetonkonstruktionen ausgewählt. Ab etwa 1970 bis 1993 wurden überwiegend Spannbetonkonstruktionen herausgegriffen. Das zu untersuchende Verbundtragwerk, eine Kombination aus querverlegten Betonfertigteilen und zwei Stahlhauptträgern, wurde in den 1970er Jahren errichtet. Ein Stahlbetonbauwerk und drei weitere Stahlbrücken, jeweils mit plattenbalkenartigen Überbauten, fallen ebenfalls in diese Zeitspanne.

Die Auswahl der Überbaukonstruktionen deckt einen Großteil der für M-V üblichen Querschnitte von Bestandsbrücken ab (Bild 6). Die Bandbreite der untersuchten Spannbetonkonstruktionen umfasst sowohl Fertigteile in Balken- bzw. Plattenbauweise als auch Ortbetonkonstruktionen wie Hohlkörperplatten und einsteigige Plattenbalken bis hin zu ein- und mehrzelligen Hohlkastenüberbauten. Auch die gängigen Konstruktionen im Stahlbetonbau reichen von den Plattentragwerken über Rahmen bis hin zu Gewölben in Ortbeton- und Vorfertigungsbauweise. Des Weiteren konnten Erkenntnisse zu Mauerwerksgewölben und zu den speziellen Verbundtragwerken der DDR erlangt werden. Einen weiteren großen Untersuchungsbereich stellten die Stahlbrücken dar. Neben einem Bogentragwerk wurden drei Bauwerke mit plattenbalkenartigen Querschnitten untersucht.

4 Ausgewählte Ergebnisse

4.1 Fertigteilkonstruktionen im Brückenbau der DDR

Wie bereits eingangs erwähnt, spielte das Konzept der Vorfertigung in der ehemaligen DDR eine besonders große Rolle. Hinsichtlich der weiteren Rationalisierung bzw. Automatisierung im Bauwesen wird diese Idee auch heutzutage wieder vermehrt national und international aufgegriffen [21]. In der ehemaligen DDR ging man aber deutlich weiter als heute. Hier wurden typisierte Überbau- und Unterkonstruktionen entworfen, die eine möglichst breite Anwendung boten und dennoch eine Serienfertigung ermöglichten. Die Variation der Fertigteile war dementsprechend groß, um die knapp vorhandenen Ressourcen möglichst effektiv zu nutzen. Mit Bezug auf den Bestand von M-V wurden bis 1993 etwa 40 % der Teilbauwerke in Fertigteilbauweise ausgeführt. Daher werden in diesem Beitrag speziell die Ergebnisse der Nachrechnung von Fertigteilbrücken vorgestellt.

Grundsätzlich kann zwischen Brückenüberbauten mit längs- und quergegliederten Fertigteilen unterschieden werden (Bild 7).

Die Fertigteilmessungen waren durch die Kapazitäten der Geräte für Herstellung, Transport und Montage beschränkt. Da für einen Großteil der Brücken kleine Spannweiten ausreichten und die längsgegliederten Fertigteile eine große Variabilität der Brückenbreite in Querrichtung boten, war dies die bevorzugte Bauweise [8]. Die sehr klei-

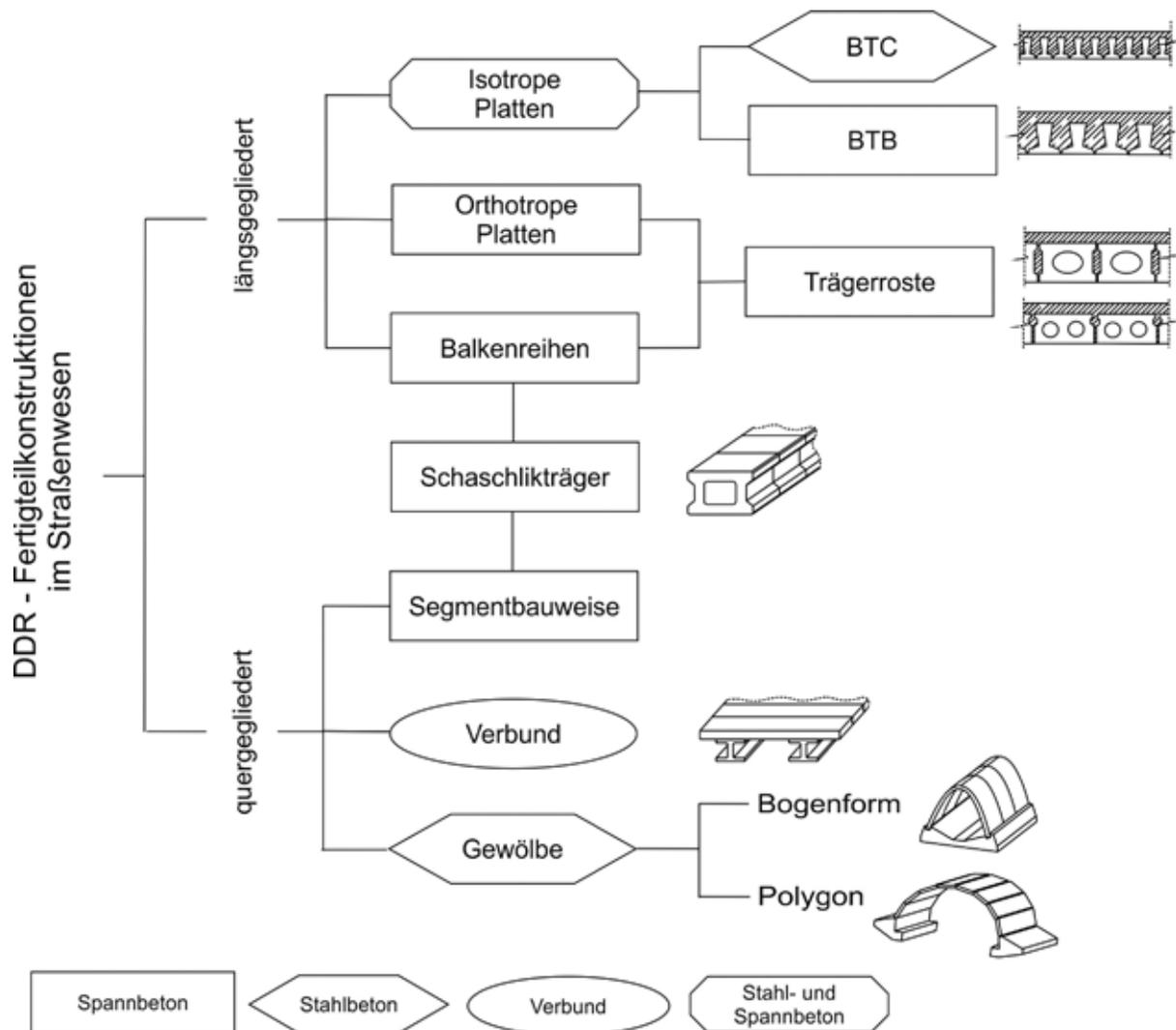


Bild 7 Überblick über typisierte Konstruktionen der ehemaligen DDR

Grafik: Oliver Steinbock/Laura Drechsel, nach [8]

nen Stützweiten bis etwa 9 m wurden mit Fertigteilen aus Stahlbeton ausgeführt, bis etwa 24 m Stützweite wurden Spannbetonfertigteile verwendet. Entscheidend hinsichtlich des Tragverhaltens der längsgegliederten Tragwerke ist die Ausbildung der Verbindungen in Querrichtung. Während den Fertigteilquerschnitten der Reihe BTB/BTC in Verbindung mit einer ausreichenden Querbewehrung ein nahezu isotropes Plattentragverhalten unterstellt werden kann, ist bei den Balkenreihentragwerken zu differenzieren. Anfangs erfolgte die Querverteilung der Balkenreihentragwerke fast ausschließlich über sog. Querkraftschlösser in Verbindung mit einer dünnen Aufbetonschicht zur Lastverteilung. In der späteren Anwendung (ab ca. 1973) wurden die Balkenreihentragwerke vom Typ BT 700 V mit einer dickeren Ortbetonschicht im konstruktiven Verbund mit den Fertigteilen ausgeführt. Eine untergeordnete Rolle im Bestand spielen die quergegliederten Balkenreihentragwerke. Die sog. „Schaschlikträger“ der Balkenreihen BT 70 markieren dabei den Übergang vom quer-

zum längsgegliederten Tragwerk. Hierbei wurden die Segmente einzeln hergestellt und dann längs zusammengespant. Das System wurde nur bis Mitte der 1960er Jahre angewendet und ist heute aus dem Bestand nahezu verschwunden. Ebenfalls nur über einen kurzen Zeitraum (≈ 1970 bis 1975) kamen beim Ausbau der Autobahn zwischen Leipzig und Dresden bzw. Berlin–Rostock die sog. Polygonbrücken bzw. Segmentbogenbrücken zur Anwendung [13]. Vereinzelt wurden zudem Verbundtragwerke mit quergegliederten vorgespannten Betonfertigteilstücken ausgeführt.

4.2 Zukunftsfähigkeit untersuchter Spannbetonfertigteilkonstruktionen

Spannbetonfertigteilkonstruktionen kamen sowohl bei den isotropen als auch bei den sog. Balkenreihentragwerken zur Anwendung, wobei hier lediglich die Balkenreihen behandelt werden sollen (Bild 8).

Aufgrund der vielfältigen Anwendung der Spannbetonfertigteilkonstruktionen war die Variation der Balkenreihen entsprechend groß. [23] gibt einen Überblick über die Unterschiede bei Fertigung und Anwendung. Beispielsweise ist der Vorspanngrad auch vom Konstruktionsprinzip abhängig. So wurden die aus Einzelementen zusammengesetzten Schaschlikträger voll vorgespannt, wohingegen die späteren Balkenreihenträger beschränkt vorgespannt sind und über eine meist geringe Längsbewehrung verfügen. Das Gros der Balkenreihenträger ist in nachträglichem Verbund mit den in der ehemaligen DDR üblichen Bündelspanngliedern ausgeführt, aber auch Spannbettvorspannungen mit sofortigem Verbund waren gängig. Um möglichst ressourcenschonend zu bauen, wurden sowohl Spannstahlquerschnitt als auch Spannstahlanzahl variiert. Auch die eingelegten Bewehrungsmengen (Quer- und Längsbewehrung) sowie die Betonfestigkeitsklasse wurden in erster Linie in Abhängigkeit der Brückenklasse abgestuft. Weitere Einflussgrößen auf die Balkenkonfiguration ergaben sich aus den örtlichen bzw. bauwerksspezifischen Anpassungen. Neben der Stützweite und der Schiefe im Grundriss ist die Überbaubreite in Verbindung mit unterschiedlichen Randträgerausbildungen zu beachten. Die Dicke und Ausführung der Ortbetonergänzung (mit und ohne Verbund möglich) ist für die Bewertung des Tragverhaltens ebenfalls von Relevanz. Für die Identifikation der Fertigteilträger wurden Typenbezeichnungen ent-

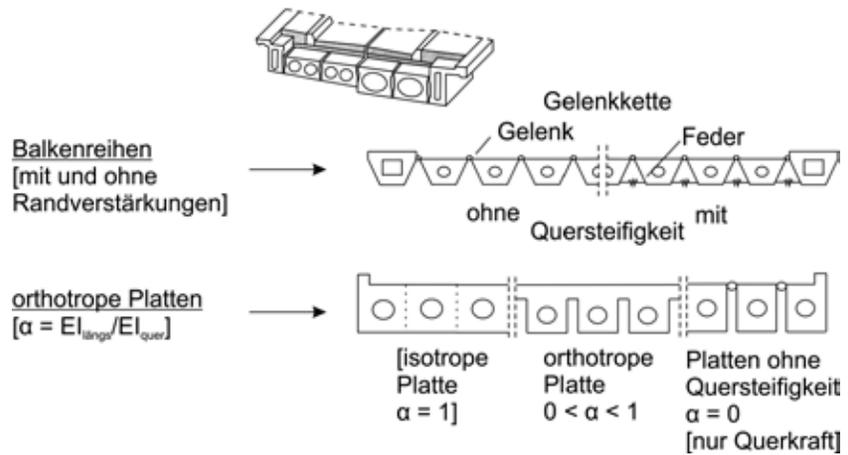


Bild 8 Modellierungsmöglichkeiten von Balkenreihenträgern der VE Projektierungsbetriebe des Straßenwesens der ehemaligen DDR
 Grafik: Oliver Steinbock/Laura Drechsel, nach [22], [23]

wickelt, anhand derer die Konfiguration des Trägers ablesbar war. Trotz nominell gleicher Bezeichnungen können sich aber Unterschiede in Abhängigkeit des Baujahrs ergeben. Die Bezeichnung hat sich während der Anwendungszeit der Balkenreihenträger verändert (Tabelle 1).

Aufbauend auf der Gesamtbestandsanalyse sowie Erkenntnissen aus vorangegangenen Untersuchungen [12] und parallelen Projekten am Institut für Massivbau [24] konnten grundlegende Aussagen zum Brückentyp abgeleitet werden. Im Bestand von M-V befinden sich aktuell noch etwa 80 Teilbauwerke mit Balkenreihenüberbauten unter Verkehr. Es ist zu vermuten, dass die Bauweise auf dem gesamten Gebiet der ehemaligen DDR noch weit verbreitet ist. Exemplarisch hierfür zeigt Bild 9 eine 4feldrige Brücke über die BAB A 14 zwischen Dresden und Leipzig als typisches Überführungsbauwerk.

Tabelle 1 Kennzeichnung von Trägerkonfigurationen entsprechend der Typenkataloge
 (nähere Angaben dazu in [24])

Exemplarische Trägerkonfiguration für einen Fertigteilträger älteren Typs (bis ≈ 1975)					
BT	50	N	12	A	
Balkenreihenträgerwerk	Querschnittshöhe in [cm]	N Normalträger NSp Normalträger Spannbett R Randträger	Länge in [m]	Bewehrungskonfiguration	
Exemplarische Trägerkonfiguration für einen Fertigteilträger neueren Typs (ab ≈ 1976)					
BT	700	N	16	4	30
Balkenreihenträgerwerk	Querschnittshöhe in [mm]	N Normalträger NSp Normalträger Spannbett R Randträger V Verbund	Länge in [m]	Anzahl Bündelspannglieder (BSG)	Brückenklasse

Der Bauwerkszustand zeigte die für Fertigteilkonstruktionen typischen Auffälligkeiten. So traten in Fugen zwischen den Längsträgern häufig Durchfeuchtungen infolge einer unzureichenden bzw. schadhafte Abdichtung auf. Insbesondere waren auch die Übergangsbereiche bei mehrfeldrigen Brücken (Tragwirkung Einfeldträgerkette) betroffen. Zahlreiche Betonabplatzungen ergeben sich aus zu geringer Betondeckung.



Bild 9 Untersicht einer 4feldrigen Balkenreihenbrücke über die BAB A 14 zwischen Wendischbora und Nossen (SÜ K8052)

Foto: Oliver Steinbock

Die bisher genannten Schäden beeinträchtigen in erster Linie die Dauerhaftigkeit des Tragwerks. Hinsichtlich der Tragsicherheit sind Auffälligkeiten wie beispielsweise Höhenversätze zwischen den Fertigteilen von größerer Bedeutung. Die Ursache für die unterschiedliche Durchbiegung der Balken kann vielfältig sein. Einerseits kann bereits bei der Montage ein Höhenunterschied in das System eingeprägt worden sein, andererseits könnte es auch auf eine mangelhafte Ausbildung der Querkraftschlösser oder sogar auf einen lokalen Ausfall der Spannglieder infolge Spannungsrissskorrosion zurückzuführen sein. Eine objektbezogene Schadensanalyse ist in diesem Zusammenhang empfehlenswert. Anzumerken ist, dass bei keinem der untersuchten Fertigteilüberbauten ein Anzeichen für Spannungsrissskorrosion festgestellt wurde.

Auf Grundlage der Priorisierung wurden vier Teilbauwerke bzw. Überbauten mit unterschiedlichen Konfigurationen des Balkenreihentragwerks BT 70/700 einer rechnerischen Bewertung unterzogen. In Abschn. 4.1 wurde bereits auf den Zusammenhang zwischen Querverteilung und Fugenausbildung bzw. deren Zustand verwiesen. Das Tragverhalten der Balkenreihentragwerke mit Ortbetonergänzung ist rechnerisch schwierig zu erfassen. Es kann entweder als Gelenkkette oder als orthotrope Platte beschrieben werden (Bild 8). Die Gelenkkette bildet das tatsächliche Tragverhalten der Balkenreihen zu ungünstig ab, wurde aber bei der Projektierung in der ehemaligen DDR als Bemessungsgrundlage herangezogen [22], [23], [25]. Eine verbindliche Festlegung der Querbiegesteifigkeit fällt somit schwer. In vorangegangenen Untersuchungen [22], [23], [25] wurde zur Abbildung des Tragverhaltens das Verhältnis α aus Querbiegesteifigkeit $K_{y,wirksam}$ zur Längsbiegesteifigkeit K_x im jeweiligen statischen Modell ermit-

telt. Hierbei ergaben sich Verhältnisse von $\approx 2\%$ bis $\approx 13\%$ [23]. Experimentelle Untersuchungen ergaben Werte von $\approx 17\%$ [26]. Bei den Nachrechnungen in Verbindung mit dem Projekt wurde vorwiegend auf übliche Trägerrostmodellierungen bzw. auf kombinierte Stab-Schalenmodelle zurückgegriffen, die rechnerisch große Torsionsmomente ergaben. In Verbindung mit aktuellen Untersuchungen wird ein Berechnungsansatz mit stark reduzierter Torsionssteifigkeit (auf weniger als 40 % des Wertes für den ungerissenen Querschnitt) infolge Mikrorissbildung verfolgt [9], der letztlich vergleichbare Ergebnisse wie in den Empfehlungen nach [23] liefert.

Die Biegetragfähigkeit ist bei den vorgespannten Balkenreihentragwerken weniger kritisch zu bewerten als die Schubtragfähigkeit. Beim Nachweis der Biegetragfähigkeit ergaben sich zumeist tolerierbare Ausnutzungsgrade. Dagegen resultierten aus dem Nachweis der Betonzugspannungen im Gebrauchszustand Einschränkungen bei der Dauerhaftigkeit und damit eine ungünstigere Nachweisklasse. Bei der Schubtragfähigkeit zeigten sich Unterschiede in Abhängigkeit des Bauwerksalters. Die Trägertypen älterer Bezeichnung verfügen über geringere Reserven als ihre Nachfolger. Die Träger, die zu den Auflagern hin als Vollquerschnitt und dazwischen als Hohlquerschnitt ausgeführt sind, erwiesen sich gerade im Übergangsbereich als kritisch bei kombinierter Schub- und Torsionsbeanspruchung. Die in der ersten Fassung der Nachrechnungsrichtlinie [3] enthaltenen Anpassungen für die Querkraftnachweise reichten hier nicht aus. Es wurde daher auf alternative Nachweise wie z. B. das Hauptzugspannungskriterium, dass bei der 1. Ergänzung

der Nachrechnungsrichtlinie [4] als Stufe-2-Berechnung aufgenommen wurde, zurückgegriffen, um das Ziellastniveau zu erreichen. Die Einführung der alternativen Querkraftmodelle hat sich in diesem Zusammenhang bewährt. Während das Tragwerk mit BT 700 V mit planmäßigem Verbund der Fertigteile und einer dicken Ortbetoner-gängung für das Lastmodell LM 1 nach DIN-FB 101 [27] nachgewiesen werden konnte, musste sich bei den Tragwerken ohne Verbund mit der Brückenklasse BK 30/30 begnügt werden. Das Ankündungsverhalten der Balkenreihentragwerke der Typen BT 70/700 bzw. BT 700 V kann zumeist unter Anwendung des stochastischen Verfahrens gemäß der sog. Handlungsanweisung Spannungsrissskorrosion [11] nachgewiesen werden, insbesondere wenn eine größere Anzahl von Einzelbalken bei intaktem Querkraftschloss angesetzt wird [28]. Eine allgemeingültige Aussage fällt schwer, da die Zulagen an Bewehrungs-eisen stark von der jeweiligen Trägerkonfiguration bzw. dem Baujahr abhängig sind [29].

Bei den Balkenreihentragwerken der Typen BT 50/500 zeigt sich ein zweigeteiltes Bild. Manche Trägerkonfigurationen weisen eine ausreichende Mindestbewehrung nach aktuellem Stand der Normung aus, womit eine Untersuchung des Ankündungsverhaltens entfallen kann. Andere Ausführungen dieses Typs verfügen jedoch nicht über eine ausreichende Mindestbewehrung. In Verbindung mit den meist kleinen Stützweiten kann das Riss-vor-Bruch-Kriterium insbesondere beim Nachweis am Einzelträger häufig nicht erfüllt werden [24]. Eine Prüfung im Einzelfall ist hier jedoch empfehlenswert.

Die Restnutzungsdauer ist bei den Spannbetonfertigteilkonstruktionen vom Typ BT 700 gemäß Nachweisklasse C zunächst auf einen Zeitraum von 20 Jahren beschränkt worden. Gemäß [3] ist im Anschluss daran eine Neubewertung des Bauwerks erforderlich. Eine günstigere Beurteilung ergibt sich für die Fertigteilträger mit Verbundwirkung BT 700 V. Bei diesen wurde keine Einschränkung der Nutzungsdauer abgeleitet.

Bei Fertigteilträgern des älteren Typs BT 70 wurde dagegen auch wegen verschiedener anderer Gründe der kurzfristige Ersatzneubau empfohlen.

Folgt man den Empfehlungen bzw. den Rückschlüssen aus [2], so sind Spannbetonhohlkörperplatten bzw. Spannbetonbrücken als Einfeldträgersysteme als nicht zukunftsfähig einzustufen. Neben einer fehlenden Systemredundanz wird vor allem die problematische Verstärkung bzw. Er-tüchtigung dieser Tragwerke genannt. Gegenüber gewöhnlichen Spannbetonkonstruktionen wirkt sich die hochgradig statische Unbestimmtheit der Balkenreihentragwerke in Querrichtung aber positiv aus. Dennoch muss beachtet werden, dass bei diesen Bauwerken aus der DDR-Zeit spannungsrissskorrosionsgefährdeter Spannstahl verbaut wurde, der die Zuverlässigkeit des Tragwerks grundsätzlich einschränkt. Mittelfristig sind die Überbauten aber als ausreichend tragfähig anzusehen. Auf längere Sicht sollten die Bauwerke einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen werden.

5 Praxis mit Forschung – ein Resümee

Im vorliegenden Beitrag konnte lediglich ein exemplarischer Einblick in das Projekt WTB des Instituts für Massivbau der TU Dresden gegeben werden. Alle aus der mehrjährigen Projektbearbeitung abgeleiteten Erkenntnisse sind wegen der Komplexität der Aufgabenstellung innerhalb dieser Veröffentlichung nicht darstellbar. Die dargelegten Ergebnisse beschränken sich auf die Spannbetontragwerke in Fertigteilträgerbauweise, da diese einen Großteil der Bauwerke im Erfassungszeitraum bis 1993 bildeten.

Letztlich kann jedoch festgestellt werden, dass in Anbetracht der planmäßigen Fortschreibung der Nachrechnungsrichtlinie eine wissenschaftliche Betreuung sinnvoll ist. Der Mehrwert einer wissenschaftlich-technischen Betreuung ist hierbei schwer messbar, schließlich sind viele

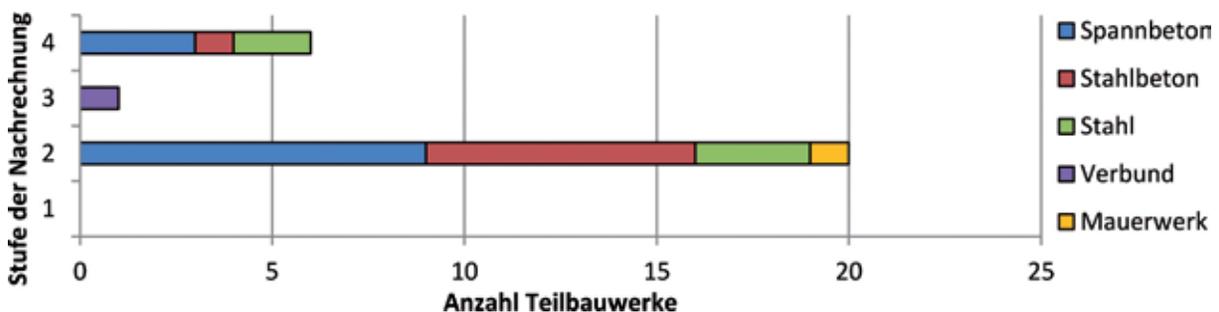


Bild 10 Übersicht über die vorläufigen Einstufungsergebnisse der untersuchten Bauwerke nach Material
 Grafik: Oliver Steinbock nach Daten aus [7]

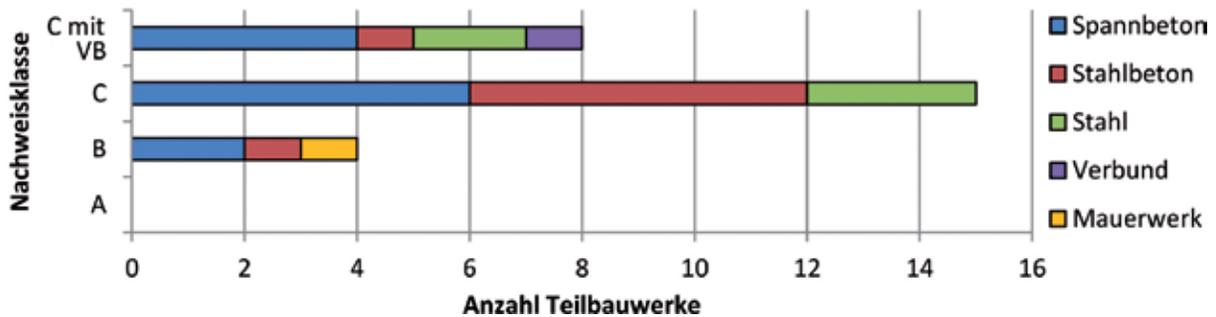


Bild 11 Übersicht über die vorläufige Zuordnung in Nutzungsklassen der untersuchten Bauwerke nach Material
Grafik: Oliver Steinbock nach Daten aus [7]

Anmerkungen und Hinweise direkt in die Untersuchungen eingeflossen. Ein erstes Indiz ist die Anzahl der in Stufe 3 und 4 eingeordneten Bauwerke (Bild 10). Immerhin sieben Teilbauwerke und somit $\frac{1}{4}$ der Untersuchungsmenge sind diesen Stufen zuzuordnen. Ein weiteres Indiz dafür, dass auch die Praxis von Forschungsergebnissen profitieren kann, ist daran zu erkennen, dass bereits drei Bauwerke unter Anwendung der 1. Ergänzung der Nachrechnungsrichtlinie [4] nach Stufe 2 nachgewiesen wurden, die zuvor der Stufe 4 hätten zugeordnet werden müssen. Aufwendige Zustimmungen der obersten Baubehörde konnten somit entfallen.

Bild 11 zeigt die Verteilung der erreichten Nutzungsklassen des untersuchten Bestandes. Demnach konnte keines der Bauwerke der Nachweisklasse A gemäß Nachrechnungsrichtlinie [3] zugeordnet werden. Immerhin fünf Bauwerke können aus statischer Sicht bis zum Ende ihrer planmäßigen Nutzungsdauer ohne Einschränkung genutzt werden (Nachweisklasse B). Die übrigen Bauwerke sind der Nachweisklasse C zuzuordnen, wobei bei acht Bauwerken zusätzliche Kompensationsmaßnahmen in Form von verkehrlichen Nutzungsaufgaben wie z. B. Reduktion/Verlegung von Fahrstreifen notwendig wurden. In Verbindung mit der Nutzungsklasse C ist die vorläufige Nutzungsdauer auf max. 20 Jahre beschränkt (Neubewertung). Bei sechs Bauwerken musste die vorläufige Nutzungsdauer zusätzlich reduziert werden, ein Bauwerk musste zeitnah verstärkt werden.

Danksagung

Das Institut für Massivbau dankt dem Landesamt für Straßenbau und Verkehr Mecklenburg-Vorpommern für die Beauftragung des beschriebenen Forschungsvorhabens. Des Weiteren gilt der Dank den Ingenieurbüros, die für die rechnerische Bewertung der Brücken verantwortlich waren. Im Besonderen sind dies:

- Ing.-Büro Thiele + Partner (Neustrelitz),
- Ingenieurbüro Wurm (Schwerin),
- Ingenieurbüro Koldrack GmbH (Rostock),
- Prof. Krüger & Partner – Ingenieure für Bauwesen (Wismar),
- Ingenieurbüro Grassl GmbH (Greifswald),
- B+J Engineering – Gesellschaft für Ingenieurwissenschaft und angewandte Forschung im Bauwesen mbH (Wismar),
- Ingenieurbüro Otte & Schulz GmbH & Co. KG (Neustrelitz),
- IBD Ingenieurgesellschaft mbH (Raben-Steinfeld),
- BDC Dorsch Consult Ingenieurgesellschaft mbH (Rostock und Berlin),
- EHS beratende Ingenieure für Bauwesen GmbH (Schwerin und Braunschweig),
- Mecklenburgisches Ingenieurbüro für Verkehrsbau (MIV) GmbH (Schwerin und Neustrelitz),
- SCHWESIG+LINDSCHULTE GmbH (Rostock),
- INROS LACKNER AG (Rostock).

Gedankt sei auch den Baustoffprüflaboren, den Gutachtern sowie den Mitarbeitern bei Baubehörden und Straßenbauämtern sowie allen weiteren Projektbeteiligten. Ein besonderer Dank gilt dem Ingenieurbüro VIC in Potsdam für die Einsicht in Typenkataloge der ehemaligen DDR.

Literatur

- [1] Homepage zum Projekt WTB: <https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/imb/forschung/Forschungsfelder/Weiteres/WTB> [geprüft am 14.12.2016]
- [2] Marzahn, G.; Hegger, J.; Maurer, R.; Zilch, K.; Dunkelberg, D.; Kolodziejczyk, A.; Teworte, F.: Die Nachrechnung von Betonbrücken – Fortschreibung der Nachrechnungsrichtlinie. In: Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. (Hrsg.): Betonkalender 2015: Bauen im Bestand, Brücken, Berlin: Ernst & Sohn, 2015, 819–904
- [3] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie). Ausgabe: 05/2011
- [4] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.): Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie). Ausgabe: 05/2011 – 1. Ergänzung. Ausgabe 04/2015
- [5] Curbach, M.; Scheerer, S.; Hampel, T.; Schmidt, N.; Wellner, S.: Structural Reassessment of Existing Road Bridges in Germany. In: IABSE Conference Report – Assessment, Upgrading and Refurbishment of Infrastructures, Rotterdam, IABSCCE c/o ETH Hönggerberg, 2013, abstract 420–421, full paper published digitally, 8 pages
- [6] Schmidt, N.; Ewertowski, M.; Curbach, M.; Hampel, T.: Gutachterliche Stellungnahme zum Nachweis der Schubtragfähigkeit für die rechnerisch gerissenen Bereiche des Überbaus der Brücke Paulsdamm beim Projekt zur Anwendung der Nachrechnungsrichtlinie auf den Brückenbestand Mecklenburg-Vorpommern. unveröffentlichter Bericht, Institut für Massivbau, TU Dresden, 06/2015
- [7] Schmidt, N.; Hampel, T.; Steinbock, O.; Scheerer, S.; Curbach, M.; Fiederer, H.; Wellner, S.: Wissenschaftlich-Technische Betreuung (WTB) beim Projekt zur Anwendung der Nachrechnungsrichtlinie auf den Brückenbestand in Mecklenburg-Vorpommern. Projektbericht in Bearbeitung im Auftrag von LS M-V, Institut für Massivbau, TU Dresden
- [8] Verch, W.: Fertigteilüberbauten. In: Langrock, J.; Schuchardt, J.; Verch, W. (Hrsg.): Betonbrückenbau, Berlin: VEB Verlag für Bauwesen, 1979, 85–277
- [9] Steinbock, O.; Curbach, M.; Hampel, T.; Ewertowski, M.; Schmidt, N.: Wissenschaftliche Untersuchung zum räumlichen Lastabtrag von Balkenreihenüberbauten am Beispiel des Brückenbauwerks A14-BW1Ü4 Lübesse im Brückenbestand Mecklenburg-Vorpommern. Projektbericht in Bearbeitung im Auftrag von LS M-V, Institut für Massivbau, TU Dresden
- [10] Steinbock, O.; Hampel, T.; Curbach, M.: Bearbeitung einer gutachterlichen Stellungnahme für das Bauwerk Brücke A19, AS Laage bei Kritzkow. Projektbericht in Bearbeitung im Auftrag von LS M-V, Institut für Massivbau, TU Dresden
- [11] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) – Abteilung Straßenbau (Hrsg.): Handlungsanweisung zur Überprüfung und Beurteilung von älteren Brückenbauwerken, die mit vergütetem, spannungsrissskorrosionsgefährdetem Spannstahl erstellt wurden (Handlungsanweisung Spannungsrissskorrosion). Ausgabe 06/2011
- [12] Curbach, M.; Hampel, T.; Scheerer, S.; Anker, S.: Untersuchung des Gefährdungspotentials älterer Spannbetonbrücken infolge Spannungsrissskorrosion in Mecklenburg-Vorpommern. In: Curbach, M. (Hrsg.): Tagungsband zum 20. Dresdner Brückenbausymposium Planung, Bauausführung, Instandsetzung und Ertüchtigung von Brücken, 15./16.3.2010 in Dresden, Dresden: Institut für Massivbau der TU Dresden, 2010, 255–267
- [13] Fiedler, E.; Näser, R.; Verch, W.: Straßenbrücken. In: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Das Straßenwesen der DDR 1949–1989, Archiv für die Geschichte des Straßen- und Verkehrswesens, Heft 17, Bonn: Kirschbaum, 2002, 119–211
- [14] BASt (Hrsg.): Brückenstatistik 2015. Download unter: <http://www.bast.de/DE/Statistik/Bruecken/Brueckenstatistik.html> [geprüft am 14.12.2016]
- [15] Bauwerksdatenbank zum Brückenbestand in Mecklenburg-Vorpommern. Auszug aus SIB-Bauwerke, Stand: 16.6.2011 (Unterlage zur Aufgabenstellung, übergeben auf Datenträger)
- [16] Mertzsch, O.: Entwicklung der Spannbetonvorschriften in der DDR – 50 Jahre TGL 0-4227. Beton- und Stahlbetonbau 109 (2014) 1, 60–68
- [17] Kaschner, R.: Priorisierung zur Nachrechnung des Brückenbestandes. Vortrag auf der Bund/Länder-Dienstbesprechung am 29.5.2009 (nicht veröffentlicht)
- [18] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt, Hrsg.): Ertüchtigung des Brückenbestandes der Bundesfernstraßen. Ermittlung relevanter Bauwerke zur Priorisierung und Reihung (Bauwerksdaten_Länderabfrage.pdf). Bergisch-Gladbach, 13.6.2008
- [19] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt):

- Liste der vordringlich zu untersuchenden Brücken im Bestand der Bundesfernstraßen (BASt-Liste), Erhebung im Jahre 2010. Download unter: <http://www.bast.de/DE/Ingenieurbau/Fachthemen/b4-nachrechnung-bruecken/b4-nachrechnung-bruecken.html> (abgerufen am 22.1.2017)
- [20] Friedrich, H.; Quaas, B.: Zukunftsfähigkeit des Bestandes; Zukünftiger Bedarf an Instandsetzungs- und Verstärkungsmaßnahmen bei orthotropen Fahrbahnplatten von Stahlbrücken. Bericht, Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 7/2010
- [21] Steinbock, O.; Garibaldi, M. P.; Curbach, M.: Der Umgang mit dem Brückenbestand – Ein Vergleich zwischen Deutschland und den USA. In: Krieger, B.; Isecke, J. (Hrsg.): Tagungshandbuch zum 2. Brückenkolloquium – Beurteilung, Ertüchtigung und Instandsetzung von Brücken, 21./22.6.2016 an der Technischen Akademie Esslingen 2016, 155–167 – Zweitabdruck in: Bauingenieur 91 (2016) 6, 215–226
- [22] Pust, G.-J.: Ein Beitrag zum Tragverhalten von ortbetonverstärkten Balkenreihenbrücken. Diss., TU Dresden, 1973
- [23] Kaschner, R.: Zur Nutzungserweiterung bisher in Brückenklasse 30, 45 oder 60 eingestufte Fertigteilbrücken BT 50/70 bzw. BT 500/700. Abschlussbericht, BASt/Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 1997
- [24] Steinbock, O.; Hampel, T.; Curbach, M.; Wellner, S.: Bewertung des Ankündungsverhaltens infolge Spannungsrissskorrosion anhand vergleichender Betrachtungen. Abschlussbericht zum Projekt GWT 10733/2010401, 03/2016 (unveröffentlicht)
- [25] Späthe, G.: Ein Beitrag zur Berechnung von Brückentragwerken aus Balkenreihen. Diss., TU Dresden, 1965
- [26] Haser, H.: Untersuchungen zu Fertigteilbrücken BT 70/700. In: BASt (Hrsg.): Schriftenreihe der BASt, Heft B2, Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 1993
- [27] DIN-Fachbericht 101: Einwirkungen auf Brücken. Berlin: Beuth. Ausgabe 03/2009
- [28] Bösche, T.; Hampel, T.; Scheerer, S.: Ermittlung des Gefährdungspotentials von Spannungsrissskorrosion bei Straßenbrückenbauwerken des Landes Mecklenburg-Vorpommern – Bearbeitungsphase 4: Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse – Bewertung und Empfehlungen. unveröffentlichter Bericht, Institut für Massivbau, Technische Universität Dresden, 12/2011
- [29] VEB Entwurfs- und Ingenieurbüro des Straßenwesens (Hrsg.): Erzeugnisse Bauwesen und Bauwerksteile; Straßen- und Fußgängerbrücken. Projektierungskatalog Balkenreihenüberbauten BT500/700, Katalog SW 1-79, Ausgabe 12/1979