



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur



Brückenmodernisierung
Ein Beitrag zu einer leistungsfähigen
Verkehrsinfrastruktur

Bericht
„Stand der Modernisierung von
Brücken der Bundesfernstraßen“

Bericht an den
Ausschuss für Verkehr und digitale Infrastruktur
des Deutschen Bundestages

Berlin, 02. Dezember 2020

Inhalt

1	Zusammenfassung	5
2	Brückenbestand und Erhaltung	6
2.1	Brückenbestand	6
2.2	Bauwerkserhaltung	8
2.2.1	Brückenmodernisierung als Teil der Bauwerkserhaltung	8
2.2.2	Bewertung mit der Zustandsnote	8
2.2.3	Bewertung mit dem Traglastindex	9
3	Wissenschaftliche Untersuchungen und Neuentwicklungen	12
3.1	Fortschreibung der Nachrechnungsrichtlinie	12
3.2	Erfahrungen aus der Nachrechnung	13
3.3	Dynamisierung der Erhaltungsstrategie für Brücken der Bundesfernstraßen ...	14
3.4	Interaktive Kartendarstellung der Bauwerksdaten	16
4	Vorgehensweise und Stand der Brückenmodernisierung	18
4.1	Entwicklung der Strategie	18
4.1.1	Ausgangslage	18
4.1.2	Fortschreibung der Strategie	19
4.2	Objektbezogene Bearbeitung der Bauwerke	22
4.3	Stand der Brückenmodernisierung	23
4.3.1	Ausgangslage	23
4.3.2	Betrachtung des Gesamtnetzes der Bundesfernstraßen	23
4.3.3	Betrachtung des Brückenmodernisierungsnetzes	25
4.3.4	Betrachtung kritischer Einzelbauwerke der BASt-Liste	26
4.4	Brücken im Zuge von Streckenerhaltungsmaßnahmen	27
4.5	Zeitbedarf	28
5	Finanzierung der Brückenmodernisierung	28
5.1	Kostenträger	28
5.2	Kostenschätzung	29

5.3	Haushaltsmittel für die Erhaltung von Ingenieurbauwerken.....	29
5.4	Programm zur Brückenmodernisierung	29
	Literatur	30

1 Zusammenfassung

Eine leistungsfähige Infrastruktur ist das Rückgrat für Mobilität und trägt damit entscheidend zur Sicherung von Wachstum, Wohlstand und Arbeit im Wirtschaftsstandort Deutschland bei. Eine Schlüsselstellung nehmen dabei die Brücken der Bundesfernstraßen ein. Sie sind die zentralen Bindeglieder der Verkehrswege, machen Mobilitätsströme schneller, sicherer und effizienter – aber sie sind auch neuralgische und zuweilen auch die schwachen Punkte im Netz. Viele Bestandsbauwerke leisten heute ein Mehrfaches dessen, was bei Planung und Bau vorstellbar war. Sie müssen daher nicht nur substantiell erhalten, sondern für das Verkehrswachstum der Zukunft modernisiert werden. Deshalb hat die Modernisierung von Brücken bei den Verkehrsinvestitionen oberste Priorität.

Mit dem vorliegenden Bericht wird über die Modernisierung der Straßenbrücken im Bestand der Bundesfernstraßen informiert und über die Vorgehensweise, die Strategie sowie den aktuellen Stand berichtet. Darüber hinaus werden weiterführende und für die Brückenmodernisierung wichtige Untersuchungen und Neuentwicklungen vorgestellt.

Aufgrund der großen Anzahl zu ertüchtigender Brücken hat das damalige Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung bereits im Jahr 2013 gemeinsam mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) und den Straßenbauverwaltungen der Länder die Grundlagen für die „Strategie zur Ertüchtigung der Straßenbrücken im Bestand der Bundesfernstraßen“ entwickelt. Kern dieser Strategie war, eine validierte Auswahl an besonders kritischen Einzelbauwerken vordringlich zu ertüchtigen.

Aus der Erkenntnis heraus, dass Brücken die kritischen Punkte im Straßennetz darstellen und Nutzungseinschränkung oder gar Nutzungsausfall zu lokalen Störungen und zu mehr oder minder weitreichenden, zeitaufwändigen und teuren Verkehrsverlagerung im Netz, Staus und Umleitungen inkl. eines damit verbundenen Anstiegs klimaschädlicher Emissionen führen, wurde die Strategie zur Brückenmodernisierung im Jahr 2016 fortgeschrieben und neu ausgerichtet. Es hatte sich gezeigt, dass die Fokussierung auf besonders kritische Einzelbauwerke nicht verkehrsverträglich darstellbar ist, weil dies, wenn die Verkehrsbeziehung der Bauwerke untereinander unberücksichtigt bleibt, zu baustellenbedingten Störungen sowohl für den regionalen als auch überregionalen Personen- und Güterverkehr führt und die Durchlässigkeit des Netzes massiv beeinträchtigt. Mit der Neuausrichtung der Strategie wird der Fokus nunmehr auf ganze Streckenzüge und zusammenhängende Korridore der Haupttrouten gerichtet. Das damit generierte Netz – das „Brückenmodernisierungsnetz“ – wurde in Absprache mit den Ländern und Beteiligten der Transportwirtschaft festgelegt und umfasst mit ca. 6.600 km Autobahn knapp 50 % des Bundesautobahnnetzes.

In den letzten Jahren konnte dank des Investitionshochlaufs eine stete Zunahme der Anzahl modernisierter Bauwerke erreicht werden. Lag der Anteil der Bauwerke der Bundesautobahnen mit einer Brückentragfähigkeit auf höchstem Lastniveau (LM1 oder LMM) in 2017 bezogen auf die Bauwerksfläche noch bei unter 15 %, so beträgt der Anteil Ende 2020 bereits über 20 %. Dieser Zuwachs zeigt, dass die neue Strategie erste positive Wirkung zeigt. In den folgenden Jahren ist mit einer weiteren positiven Entwicklung zu rechnen.

Größere Modernisierungsmaßnahmen im Bereich des Brückenbaus werden seit 2015 der besseren Übersicht wegen im Erhaltungsetat des Straßenbauplans separat ausgewiesen und dem Programm Brückenmodernisierung zugeordnet. Für die Jahre 2021 bis 2024 stehen in diesem Programm, das

kontinuierlich auf hohem Niveau fortgeführt werden soll, insgesamt rund 3,7 Mrd. Euro zur Verfügung. Allein für das kommende Jahr sieht die Finanzplanung für das Modernisierungsprogramm Erhaltungsmittel in Höhe von 855 Mio. € vor und damit fast 10 % mehr als in 2020. In den Folgejahren ist mit weiteren leichten Steigerungen zu rechnen. Generell gilt die klare Zusage: Jede Modernisierungsmaßnahme, die Baurecht erhält, wird finanziert! Der Mittelaufwuchs im Erhaltungsbereich hat dazu geführt, dass die Länder ihren Einsatz bei Planung und Umsetzung konkreter Maßnahmen in den letzten Jahren deutlich verstärkt haben. Für die Autobahnen wird die Autobahn GmbH des Bundes diese Arbeit erfolgreich fortführen.

2 Brückenbestand und Erhaltung

2.1 Brückenbestand

Mit Stichtag 01.09.2020 befinden sich im Netz der Bundesfernstraßen insgesamt 39.928 Brücken bzw. 52.130 Brücken-Teilbauwerke¹ mit einer Brückenfläche von über 31,08 Mio. m².

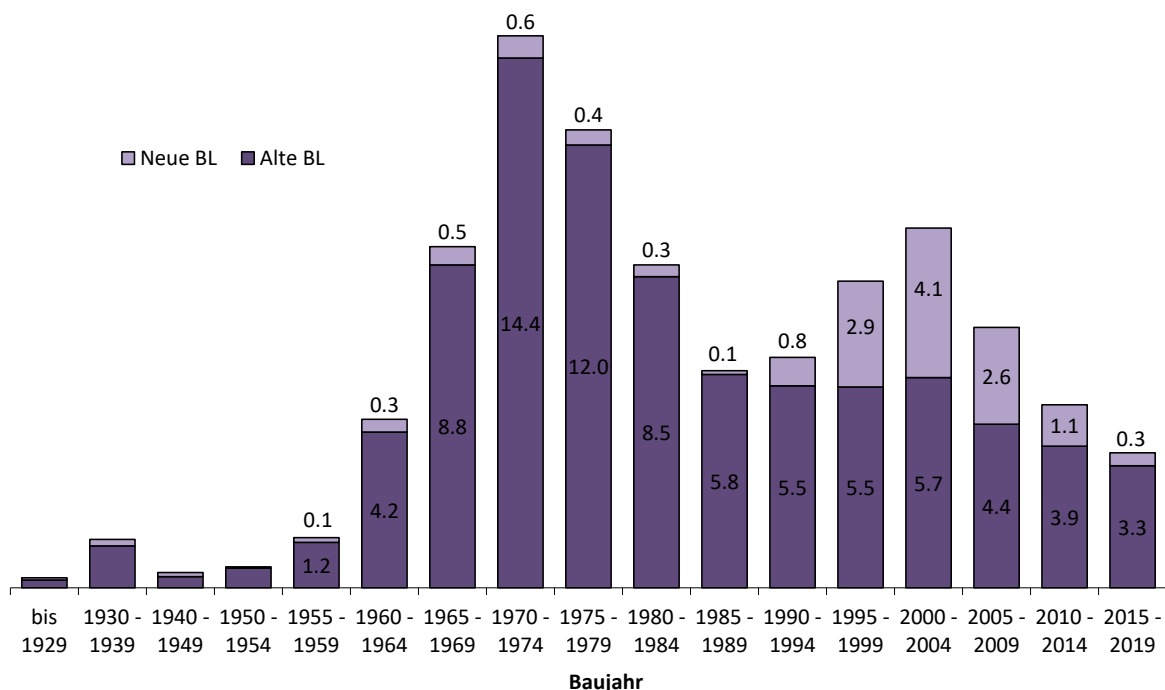


Bild 1 Altersstruktur der Brücken im Bestand der Bundesfernstraßen nach Anteil an Brückenfläche [%], Stand: 01.09.2020 (Quelle: BAST)

Entsprechend der wirtschaftlichen Entwicklung Deutschlands nach dem zweiten Weltkrieg wurden die meisten Brücken in den westlichen Bundesländern in den Jahren 1960 bis 1985 gebaut, während in den östlichen Bundesländern Neubaumaßnahmen größeren Umfangs erst nach der Wiedervereinigung realisiert wurden. Seit der Jahrtausendwende haben die Bauaktivitäten im Brückenneubau an Bundesfernstraßen kontinuierlich abgenommen (Bild 1) und beschränken sich im Wesentlichen auf Lückenschlüsse.

¹ Große Brücken werden oft in Teilbauwerke zur Unterscheidung zwischen Haupt- und Vorlandbrücken unterteilt, oder wenn bei Autobahnbrücken jede Fahrtrichtung ein eigenes Brückentragwerk erhält.

Gemessen an der Brückenfläche haben Spannbetonbrücken im Bereich der Bundesfernstraßen mit etwa 70 % den weitaus größten Anteil am Bestand, gefolgt von Brücken in Stahlbeton mit einem Anteil von etwa 17 %, Stahlverbundbrücken mit einem Anteil von etwa 7 % sowie Stahlbrücken mit einem Anteil von etwa 6 %. Stein- und Holzbrücken spielen im Netz der Bundesfernstraßen eine untergeordnete Rolle.

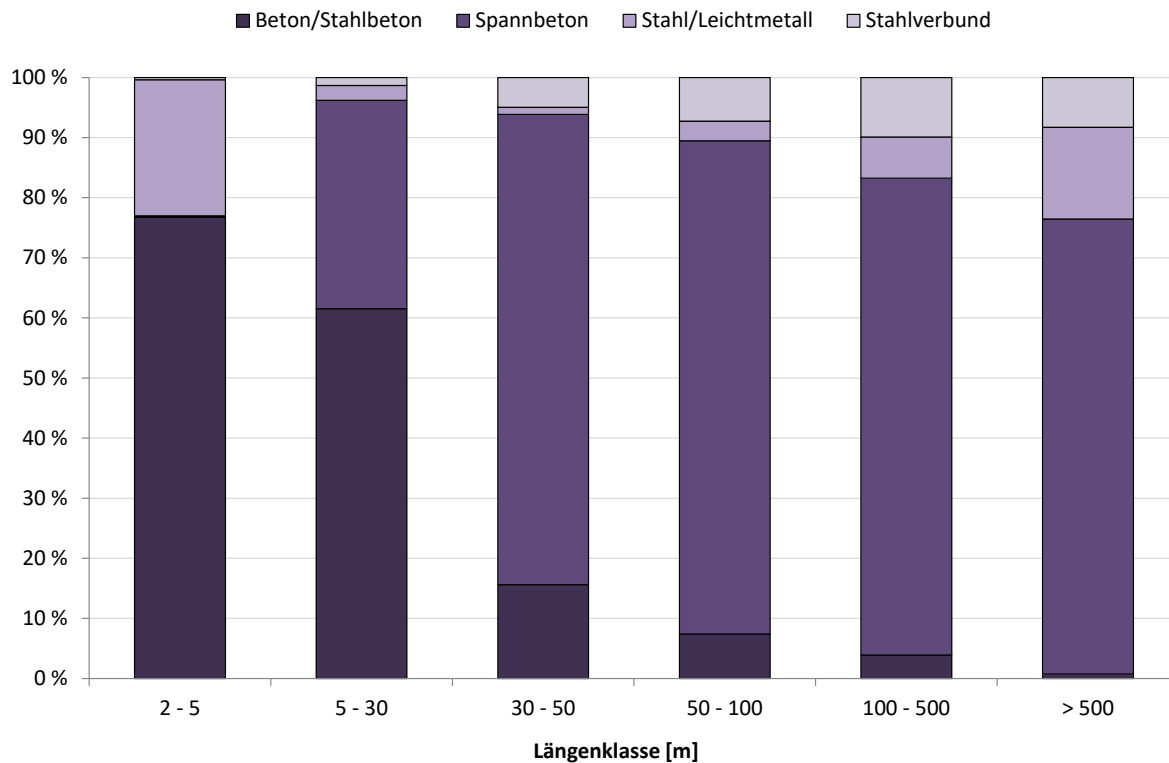


Bild 2 Bauweise von Brücken im Bestand der Bundesfernstraßen in Relation zu Bauwerkslängen nach Anteil an Brückenfläche [%], Stand: 01.09.2020 (Quelle: BMVI)

Die Bauwerkslänge korreliert mit dem Hauptbaustoff bzw. der entsprechenden Bauweise (Bild 2). Kleine Brückenbauwerke mit Längen von bis zu 30 m bestehen meist aus Stahlbeton. Im mittleren Längenbereich dominieren Spannbetonbrücken, noch größeren Brücken werden häufig aus Stahl- oder Stahlbetonverbund gefertigt. So liegt der Anteil von Stahlbrücken bei Bauwerken mit Gesamtlängen zwischen 100 m und 500 m (Großbrücken²) bei 17 % und der von Stahlverbundbrücken bei über 23 %.

² Brückenbauwerke mit Gesamtlängen von 100 m und mehr zählen zu den Großbrücken.

2.2 Bauwerkserhaltung

2.2.1 Brückenmodernisierung als Teil der Bauwerkserhaltung

Die Bauwerkserhaltung umfasst alle Maßnahmen der Erneuerung, Verstärkung, Instandsetzung und baulichen Unterhaltung von Brückenbauwerken. Die Brückenmodernisierung ist somit Teil der Brückenerhaltung und impliziert hierbei die Anpassung bestehender Bauwerke an geänderte, meist gestiegene Anforderungen hinsichtlich Tragfähigkeit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit. Je nach technischer Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit werden die Bauwerke im Rahmen der Brückenmodernisierung verstärkt, teilerneuert oder gänzlich durch einen leistungsfähigen Ersatzneubau ersetzt.

2.2.2 Bewertung mit der Zustandsnote

Eine wesentliche Basis der Bauwerkserhaltung ist die Bauwerksprüfung nach DIN 1076 [1], im Rahmen derer die Bauwerke regelmäßig handnah, meist visuell durch fachkundige und besonders geschulte Ingenieure hinsichtlich der Kriterien Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit geprüft und bewertet werden. Jeder einzelne detektierte Schaden wird aufgenommen, weshalb die Bauwerksprüfung nach DIN 1076 im Zusammenwirken mit der Bundesvorschrift RI-EBW-Prüf [2] zu Recht im internationalen Vergleich hohe Maßstäbe setzt.

Aus allen Einzelbewertungen von Schäden an einem Bauwerk wird nach einem festen Algorithmus die Zustandsnote automatisiert für das Gesamtbauwerk ermittelt. Sie stellt letztlich ein Maß für den Erhaltungszustand des betreffenden Bauwerks dar.

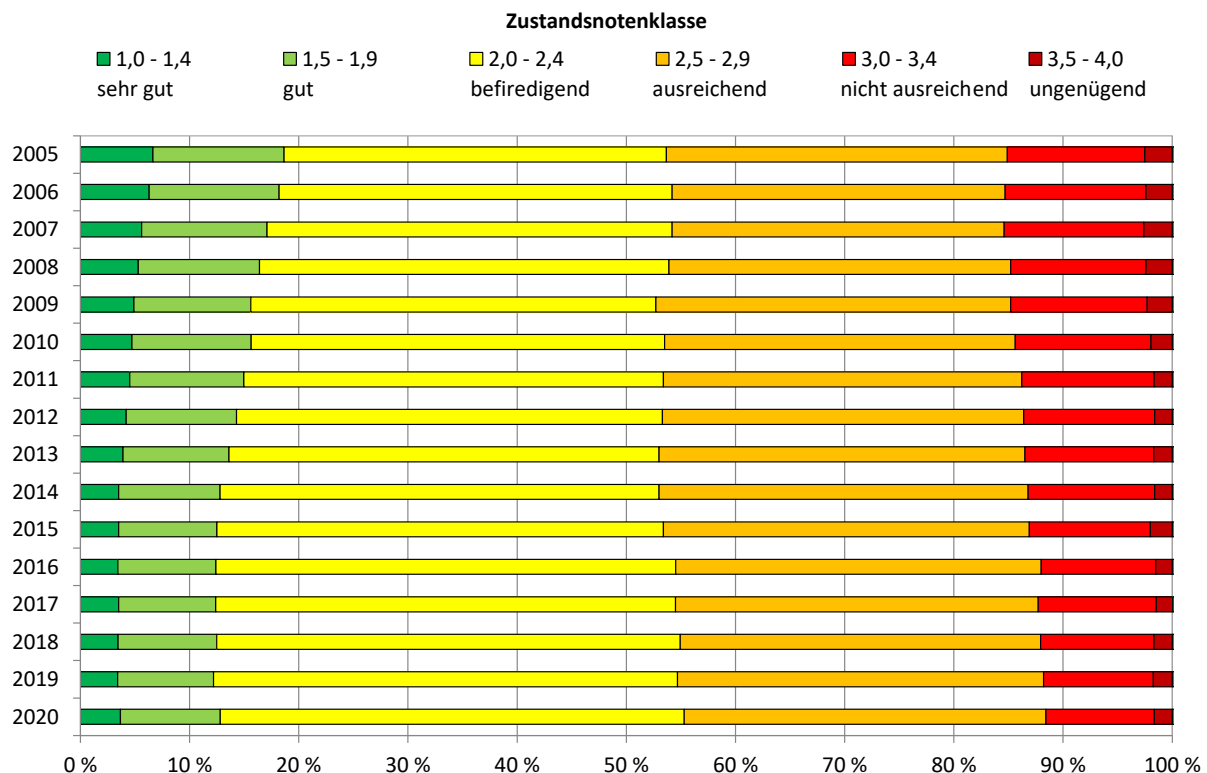


Bild 3 Zustandsnotenverteilung von 2005 bis heute für die Brücken im Bestand der Bundesfernstraßen nach Anteil an Brückenfläche [%], Stand: 01.09.2020 (Quelle: BASt)

Die Entwicklung der Zustandsnoten für die Brücken der Bundesfernstraßen seit 2005 zeigt, dass sich in der folgenden Halbdekade der Anteil der mit „sehr gut“ und „gut“ bewerteten Brücken stetig von

rd. 19 % auf bis zu 12 % verringert hat (Bild 3), was auf den starken Verschleiß permanent hoch und nicht selten überbeanspruchter Bauwerke sowie einer nicht Schritt haltenden Erhaltung zurückgeführt werden kann.

Mit Einsetzen der Brückenmodernisierung konnte der negative Trend in den letzten Jahren durchbrochen werden, so dass seit 2019 eine Trendumkehr zu verzeichnen ist und der Anteil der mit „sehr gut“ und „gut“ bewerteten Bauwerke ansteigt und sich wieder erholt hat, wenngleich noch nicht im angestrebten Maße. Erfreulicherweise konnte durch erfolgreiche Erhaltungsmaßnahmen der Anteil der mit „nicht ausreichend“ und „ungenügend“ bewerteten Brücken, ausgehend von rd. 15 % im Jahre 2005 auf unter 12 % in 2020 verringert werden. Mittelfristiges Ziel ist es, den Anteil dieser Bauwerke auf unter 10 % zu drücken und gleichzeitig den Anteil der „ungenügenden“ Brücken dauerhaft bei unter 1 % zu halten.

Die positiven Veränderungen der Trendlinien seit 2015 sind eindeutig dem Brückenmodernisierungsprogramm und den damit gestiegenen Investitionen sowie der gesteigerten Arbeit der Länder zuzuschreiben. Es ist damit zu rechnen, dass sich der positive Trend bei Fortsetzung dieses wichtigen Programms in den nächsten Jahren weiter fortschreiben lässt.

2.2.3 Bewertung mit dem Traglastindex

Die Zustandsnote als Ergebnis einer äußeren und handnahen Sichtprüfung des Bauwerks ist nicht geeignet, Tragfähigkeitsdefizite einer Brücke, die aus dem enorm gestiegenen Schwerverkehr sowie aus Schwächen in den ursprünglichen Bemessungsvorschriften resultieren können, darzustellen. Diese Defizite lassen sich auch nicht zwingend aus dem äußerlich erkennbaren Zustand der Brücken ableiten, sofern keine äußeren Schäden erkennbar sind. Vielmehr ist ein Blick in das „Innere“ eines Tragwerks erforderlich, um u. a. Defizite im Tragverhalten zu erkennen und Abhilfe zu schaffen. Diese Defizite können bereits daraus resultieren, dass aufgrund der hohen Verkehrsbeanspruchung die Ausnutzung des Tragwerks übermäßig hoch ist und nicht selten sogar die zulässige Beanspruchung überschritten wurde. Dadurch nehmen Alterung und Verschleiß der Bauwerke übermäßig zu und die Nutzungsfähigkeit und Dauerhaftigkeit reziprok ab.

In einem ersten Bewertungsschritt lassen sich anhand des Baujahrs, der Bauweise (Stahl- oder Betonbrücke), der Bauart (Art der Herstellung) und dem seinerzeitigen Entwicklungsstand des technischen Regelwerks typische strukturelle Defizite in der Tragfähigkeit und/oder Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerks vermuten und im Traglastindex wertend zusammenfassen. Mittels einer Nachrechnung oder sonstigen statischen Einschätzung müssen die vermuteten Defizite bestätigt oder entkräftet werden. Der Traglastindex ist somit ein reiner Indizienwert, der auf mögliche strukturelle Defizite der Konstruktion frühzeitig hinweist und zu weitergehenden, ggf. präventiven Untersuchungen auffordert, noch bevor ein Schaden eintritt.

Das hauptsächliche Einstufungskriterium für den Traglastindex ergibt sich aus dem Vergleich zwischen Soll- und Ist-Tragfähigkeit einer Brücke. Die Soll-Tragfähigkeit einer bestehenden Brücke entspricht dem Ziellastniveau einer Bestandsbrücke, welches die Brücke in Abhängigkeit von der vorhandenen Verkehrsstärke, der Verkehrszusammensetzung sowie dem Straßenquerschnitt aufweisen muss, um alle gestellten Anforderungen hinsichtlich Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit erfüllen zu können. Das Ziellastniveau ist in der vom BMVI eingeführten „Richtlinie für die Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie)“ [3] geregelt. Die Ist-Tragfähigkeit ergibt sich

aus der klassifizierten Einstufung der Tragwerke in Brückenklassen (BK) oder einer im Rahmen einer Nachrechnung ermittelten Brückentragfähigkeit, die einer Brückenklasse zugeordnet wurde. Der Traglastindex wird in der Datenbank SIB-Bauwerke für alle Brücken automatisiert berechnet, sobald für die Brücke das Ziellastniveau (Soll-Tragfähigkeit) erfasst und ein Vergleich mit der vorhandenen klassifizierten Einstufung der Ist-Tragfähig (i. d. R. Brückenklasse) möglich ist. Für Brücken im Zuge von Bundesautobahnen und Bundesstraßen gilt für das Ziellastniveau eine programminterne Voreinstellung. Für Brücken im Zuge von anderen Straßenkategorien sowie von nicht klassifizierten Straßen muss das Ziellastniveau manuell erfasst werden.

Anhand des erforderlichen Ziellastniveaus, der Ist-Tragfähigkeit und einiger bauartbedingter Sonderkriterien erfolgt eine Zuordnung in eine der Indexstufen I bis V. Die Indexstufen kennzeichnen den Grad der vermuteten Defizite: Stufe I keine Defizite und Stufe V die meisten Defizite. Berücksichtigt werden dabei neben der aktuellen Brückentragfähigkeit des Bauwerks (Brückenklasse) auch der Einfluss der Einzelstützweite sowie ab bestimmten Einzelstützweiten eine Differenzierung hinsichtlich der anliegenden durchschnittlichen täglichen Schwerverkehrsstärke DTV-SV.

Im Bild 4 ist die Verteilung des Traglastindex für Autobahn- und Bundesstraßenbrücken nach Brückenfläche dargestellt. Mit steigender Benotung steigt auch die Anhäufung der zu erwartenden Defizite der jeweiligen Brückenbauwerke.

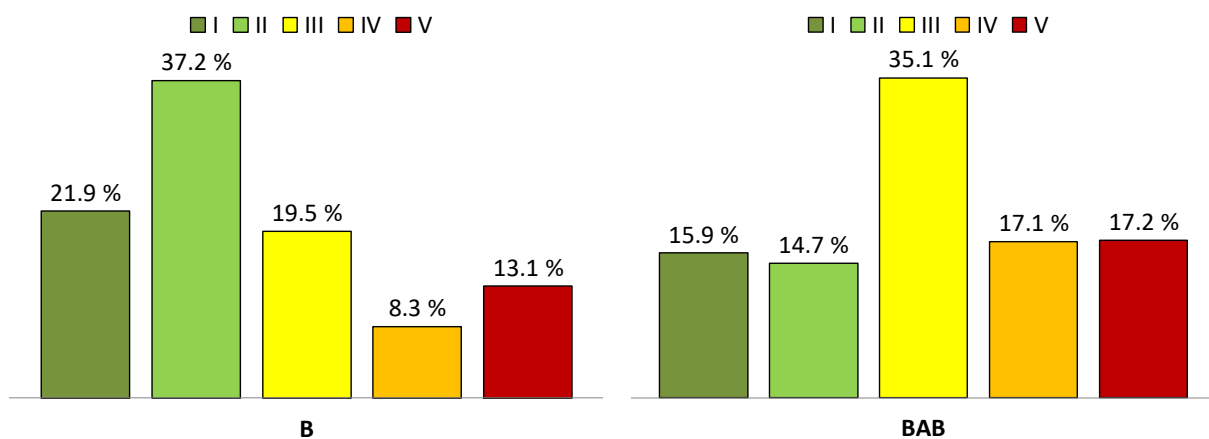


Bild 4 Traglastindex für Brücken der Bundesstraßen (links) und Bundesautobahnen (rechts) nach Anteil an Brückenfläche [%], Stand: 01.09.2020 (Quelle: BASt)

Gerade bei Großbrücken liegen die erwarteten Defizite deutlich höher als bei kleineren Brücken (Bild 5). Etwa 22 % der Großbrücken sind in die schlechteste Kategorie V des Traglastindex eingeordnet. Im Vergleich dazu liegt der Anteil bei den kleinen Brücken mit Längen bis 5 m bei deutlich unter 1 %. Auch bei den Brücken mit Gesamtlängen zwischen 5 m und 30 m liegt der Anteil der Bauwerke bei nur rund 3 %.

Die Steigende Tendenz des Traglastindex in Abhängigkeit von der Brückenlänge ist auf die Kumulation von Defiziten mit wachsender Brückenlänge zurückzuführen. Grundsätzlich steigt mit der Brückenlänge auch die Wahrscheinlichkeit von Schäden, weil viele Schadensmuster sich an gewissen Bauweisen festmachen, die nur im Großbrückenbau Anwendung fanden und finden. Verwiesen sei hier auf die Koppelfugenproblematik, die nur bei Spannbetonbrücken anzutreffen ist und auch nur dann, wenn wegen der großen Brückenlänge die eingesetzten Spannglieder verlängert, also gekop-

pelt werden mussten. Die Tatsache von kumulierten Schäden, hier aber auf die eingeschränkte Ermüdungsfestigkeit in den geschweißten Verbindungsstellen bezogen, findet sich auch bei großen Stahlbrücken wieder, z. B. bei den Rheinquerungen.

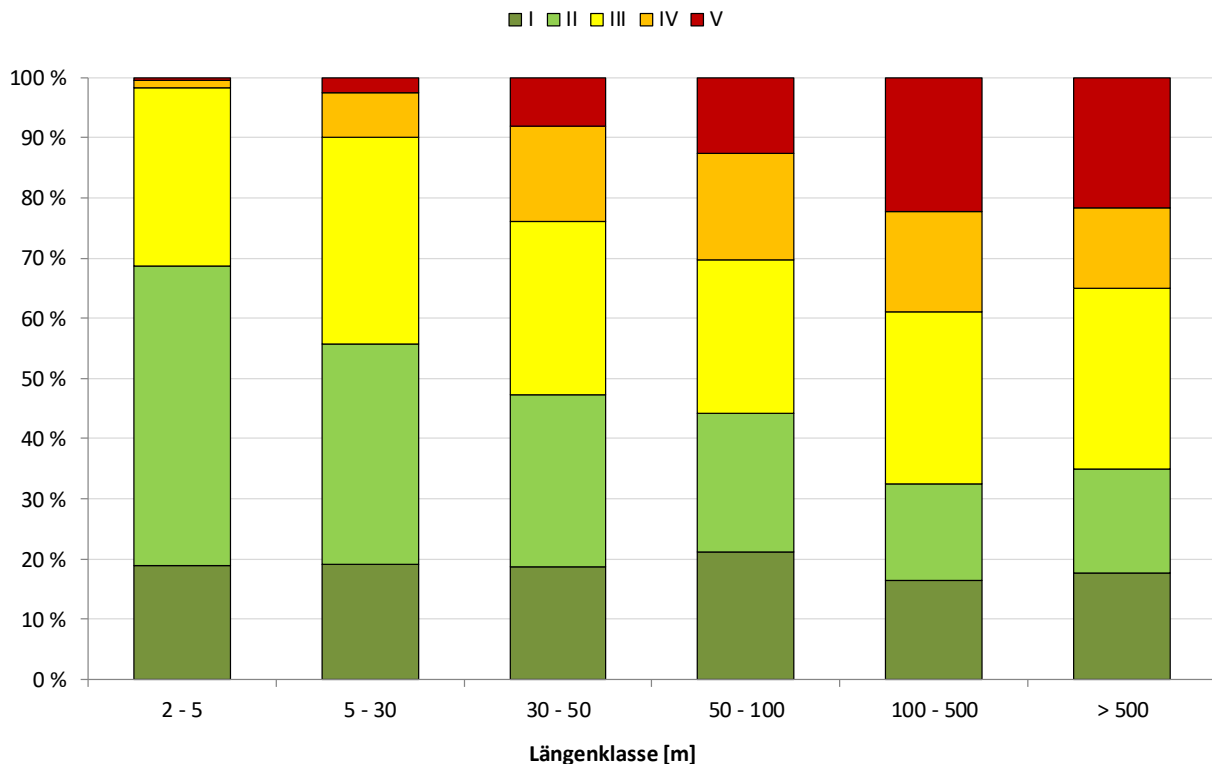


Bild 5 Traglastindex für Brücken der Bundesautobahnen nach Längenklassen und Anteil an Brückenfläche [%], Stand: 01.09.2020 (Quelle: BASt)

Dennoch ist es wichtig zu erkennen, dass der Traglastindex nicht als alleinige Grundlage für die Priorisierung von Erhaltungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen an Brücken dienen darf. Eine Priorisierung erfordert nicht nur die Berücksichtigung der vorhandenen Brückentragfähigkeit, sondern auch des Bauwerkzustandes sowie weiterer Parameter, wie z. B. Verkehrsbedeutung der Strecke (u. a. Korridorbetriebsbetriebs in der Brückenmodernisierung), geplante Um-, Ausbau- oder Erhaltungsmaßnahmen der Strecke und Einbindung in das Baustellenmanagement.

Für die Erhaltungsplanung sind beide Kennwerte, Zustandsnote und Traglastindex, bedeutsam, obwohl oder gerade weil sie unterschiedliche Zusammenhänge beschreiben, die nicht zwingend miteinander korrelieren. Daher sind beide Kennwerte je für sich geeignet, Handlungsbedarf für Instandsetzungen und/oder Ertüchtigungen bzw. Modernisierung aufzuzeigen.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass das Verhältnis beider Kennwerte zueinander durch Wechselwirkungen geprägt sein kann (Bild 6), weil mit schlechter werdender Zustandsnote tendenziell auch der Traglastindex schlechtere Werte annimmt und auf eine Anhäufung von strukturellen Defiziten hinweist. Derselbe Zusammenhang ist auch umgekehrt vorhanden. Genauso sind aber auch Beispiele bekannt, bei denen Bauwerke mit einem sehr guten Erhaltungszustand zugleich eine schlechte Bewertung durch den Traglastindex besitzen, auf der anderen Seite aber auch Bauwerke trotz eines sehr guten Traglastindex einen schlechten Erhaltungszustand aufweisen können.

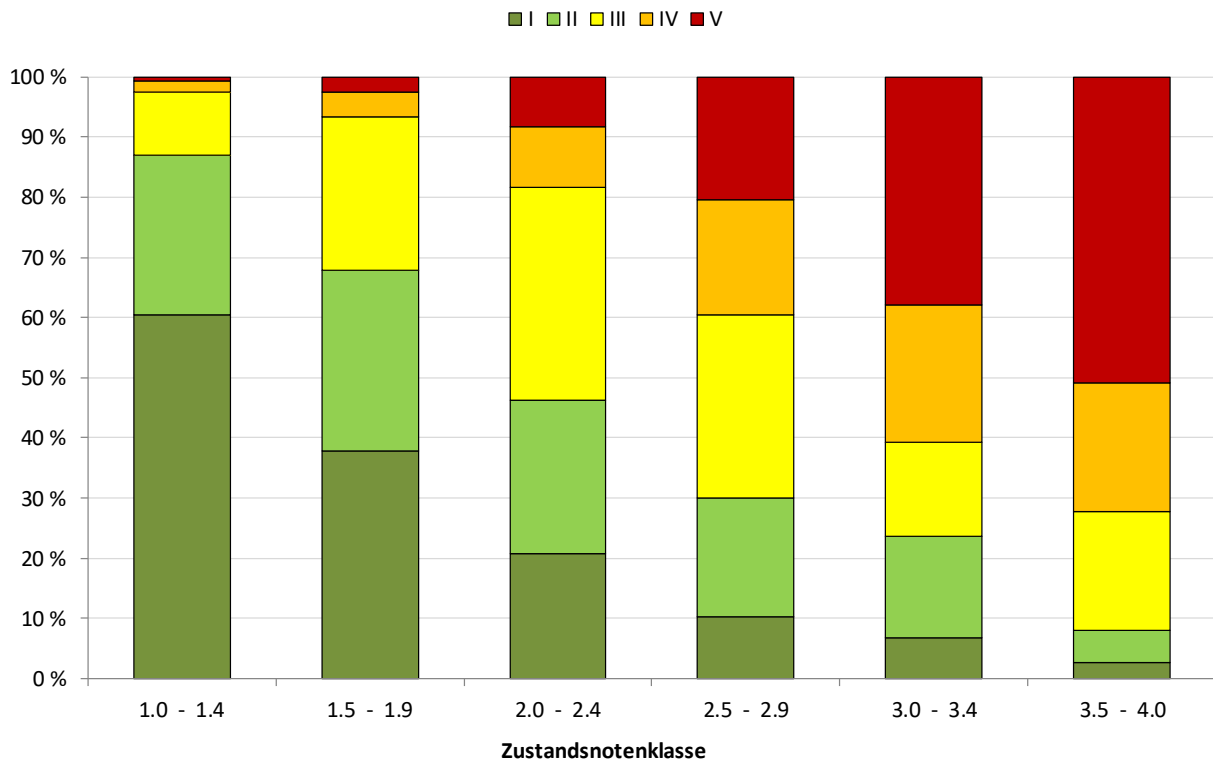


Bild 6 Traglastindex für Brücken der Bundesautobahnen nach Zustandsnote und Anteil an Brückenfläche [%], Stand: 01.09.2020 (Quelle: BAST)

Die Statistik des Traglastindex zeigt aktuell ungünstige Werte an, wird sich jedoch aufgrund der Konzeptionierung des Traglastindex mit jeder verstärkten oder erneuerten Brücke verbessern. Während die Zustandsnote aufgrund der natürlichen Alterungsprozesse und des Verschleißes einer Brücke natürlichen Schwankungen unterliegt, verbessert sich die Tragfähigkeit im Allgemeinen dagegen gezielt durch eine Verstärkung bzw. Modernisierung des Bauwerks.

Der Traglastindex kann die Notwendigkeit, in gewissen Grenzen aber auch die Dringlichkeit der Brückenmodernisierung besser als die Zustandsnote aufzeigen und damit die Arbeit der Straßenbauverwaltungen unterstützen. Darüber hinaus bietet der Index die Chance, durch geeignete Darstellungen die Thematik der Brückenmodernisierung der Öffentlichkeit näher zu bringen.

3 Wissenschaftliche Untersuchungen und Neuentwicklungen

3.1 Fortschreibung der Nachrechnungsrichtlinie

Um eine bundeseinheitliche Vorgehensweise bei der Analyse der Tragfähigkeit der Straßenbrücken im Bestand sicherzustellen, wurde 2011 die Nachrechnungsrichtlinie [3] eingeführt. Dieses Regelwerk hat sich bewährt. Auf Grundlage der gewonnenen Erfahrungen bei der Anwendung der Nachrechnungsrichtlinie sowie Ergebnissen von Forschungsvorhaben wird die Richtlinie kontinuierlich weiterentwickelt.

Dies betrifft zum Beispiel die Nachweise zur Querkrafttragfähigkeit von Spannbetonbrücken. Die normativen Anforderungen hierzu haben sich in der Vergangenheit mehrfach verändert. Grund hierfür war die stürmische Entwicklung der Bautätigkeit in Deutschland nach dem zweiten Weltkrieg. Im

Spannbetonbrückenbau wurden in Deutschland viele Erstentwicklungen angestoßen und bautechnisch umgesetzt. Das Wissen um diese Bauweise war jedoch noch jung, auf langjährige Erfahrungen konnte man nicht verweisen. Heute, 50 Jahre später, ist bekannt, dass einige Aspekte unterschätzt wurden und dass Konstruktionsprinzipien, die für geringeren Verkehr gut geeignet waren, dem heutigen Verkehrsaufkommen nicht mehr gewachsen sind. Aus diesem Grunde wurden gezielt Forschungsvorhaben initiiert, um das Wissen zu erweitern und zugeschrärfte Nachweismöglichkeiten sowie geeignete Verstärkungsverfahren für eine Praxisanwendung aufzubereiten. In einer ersten Ergänzung zur Nachrechnungsrichtlinie [3] wurden bereits neue Ergebnisse der Ingenieurpraxis schnell zur Verfügung gestellt.

Zukünftig wird die Nachrechnungsrichtlinie in die neue, übergeordnete Richtlinie „Regelungen und Richtlinien für die Berechnung und Bemessung von Ingenieurbauten (BEM-ING)“ [4] integriert. Die BEM-ING wird die bestehenden Regeln und Richtlinien zum Thema Bemessung und Berechnung von Ingenieurbauwerken in einem Werk zusammenfassen. Dazu werden insgesamt drei Teile separat eingeführt.

Die nächste Fortschreibung der Nachrechnungsrichtlinie wird voraussichtlich zu Beginn des Jahres 2021 unter der BEM-ING Teil 2 „Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand“ [5] durch das BMVI eingeführt werden. Neben einer ausgiebigen Überarbeitung des Betonbrückenkapitels wird ebenfalls ein neues Kapitel für Brücken aus Mauerwerk eingeführt, mit welchem den Ländern und Ingenieurbüros erstmalig konkrete Nachweise an die Hand gegeben werden, um Gewölbebrücken aus Mauerwerk nachrechnen zu können. Darüber hinaus wird es ergänzende Regelungen zur Bestimmung des Ziellastniveaus geben.

Eine weitere Fortschreibung der Richtlinie ist parallel zur Veröffentlichung der neuen Generation der Eurocodes in 2022/2023 vorgesehen. Hierbei wird es darauf ankommen, dass alle Nachweisformate und Vorgaben für Einwirkungen konsequent auf die Notation des europäischen Regelwerks, der Eurocodes, umgestellt werden, um somit auch eine Vergleichbarkeit im europäischen Kontext zu ermöglichen. Zur Vorbereitung dieses Schrittes wird es bereits bei der Ersteinführung der BEM-ING Teil 2 Anfang 2021 einen Anhang geben, der mit der Vorgabe von faktorisierten europäischen Verkehrslastmodellen auf einen Übergang zwischen den Nachweisgenerationen vorbereiten soll.

3.2 Erfahrungen aus der Nachrechnung

Die Soll-Tragfähigkeit für bestehende Brückenbauwerke, d. h. das angestrebte Ziellastniveau, ist in der Nachrechnungsrichtlinie [3] in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke und der Verkehrszusammensetzung (Verkehrscharakteristik) festgelegt. Für bestehende Brücken im Zuge der Bundesautobahnen, die meist schon die Hälfte der prognostizierten Nutzungsdauer überschritten haben, ist sowohl für Nachrechnungen als auch daraus erwachsene Verstärkungen in der Regel das Verkehrslastmodell LM1 nach DIN-Fachbericht 101 [6] anzuwenden. Bei Streckenzügen mit einem sehr hohen Schwerverkehrsanteil, wie z. B. Hafenzufahrten, kann ein höheres Lastmodell, zum Beispiel das Lastmodell LMM wie für Brückenneubauten, erforderlich sein.

Für die Planung und den Bau von Ersatzneubauten gilt generell das für neue Brücken vorgegebene europäische Verkehrslastmodell LM1 nach DIN EN 1991-2 [7] (Eurocode 1) in Verbindung mit DIN EN 1991-2/NA [8], welches zur besseren Unterscheidung auch als Lastmodell LMM bezeichnet wird und insgesamt die höchsten Anforderungen stellt. Das Lastmodell LMM ist aufgrund der einge-

bauten Reserven zukunftsicher, sofern die Grundkonzeption der heutigen Fahrzeuge in Bezug auf zulässiges Gesamtgewicht und zulässige Achslasten nicht wesentlich verändert werden. Wie die Auswirkungen von LKW-Konvois (Platooning) zu bewerten sind, wird derzeit wissenschaftlich untersucht.

Bisherige Erfahrungen belegen, dass aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus bei über 80 % der untersuchten Großbrücken ein Ersatzneubau notwendig wird. Hier zeigt sich, dass Schäden und Schwachstellen an Großbrücken gehäuft auftreten und daher ein Ersatzneubau meist die wirtschaftlichste Ertüchtigungsmöglichkeit darstellt. Verstärkungsmaßnahmen sind dagegen nur bei rund 10 % der Bauwerke technisch möglich und/oder wirtschaftlich sinnvoll. Bei etwa 5 % der Bauwerke wird eine Überbauerneuerung durchgeführt und bei weiteren 5 % kommen sonstige Ertüchtigungsmaßnahmen in Frage. Zudem sind bei Bauwerken, die die Anforderungen nicht vollumfänglich erfüllen, verkehrliche Kompensationsmaßnahmen, wie z. B. Gewichts- und/oder Geschwindigkeitsbeschränkungen oder LKW-Überholverbote möglich und ggf. auch notwendig. Dies kann auch dann der Fall sein, wenn defizitäre Bestandsbrücken über den Zeitraum bis zur Inbetriebnahme des Ersatzneubaus unter Verkehr verbleiben müssen.

Bauliche Ertüchtigungsmaßnahmen bei Brücken dauern, ungeachtet der Zeiten für die Erlangung von Baurecht, wegen der mitunter komplexen Materie häufig erheblich länger als vergleichbare Arbeiten im übrigen Straßennetz. So erfordern aufwendige Baumaßnahmen in der Regel großräumige Umleitungen des Verkehrs, so dass dem Baustellenmanagement eine sehr hohe Bedeutung zukommt. Aber auch die Umleitungsstrecken inkl. der darin befindlichen Brücken müssen dem Verkehr gewachsen sein. Daher kommt einer vorausschauenden Planungs- und Baudisposition mit einem mehrjährigen Vorlauf für die Planung von notwendigen Brückenerhaltungsmaßnahmen große Bedeutung zu, um Baumaßnahmen von Strecke und Bauwerken möglichst synchron durchführen können.

3.3 Dynamisierung der Erhaltungsstrategie für Brücken der Bundesfernstraßen

Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass es insbesondere bei Strecken mit hohem Verkehrsaufkommen nicht sinnvoll ist, wie in der Vergangenheit üblich, kleinste Schäden bei den Bauwerken sehr kurzfristig instand zu setzen. Für Einzelbauwerke ist diese Vorgehensweise zur Vorbeugung aufwändigerer Schadensakkumulation sicherlich sehr wirtschaftlich, aber durch häufige und unplanbare Eingriffe in den Verkehr aus Netzsicht kaum vertretbar. Wirtschaftlicher und verkehrsgerechter sind dagegen möglichst lange, ununterbrochene Nutzungszeiten von Strecken, die nur durch wenige bauliche Eingriffe unterbrochen werden. Hier setzt die neue Erhaltungsstrategie für Bundesfernstraßen an, die die strategische Erhaltungsplanung von Ingenieurbauwerken unter Berücksichtigung des Verkehrsgeschehens systematisiert und vereinheitlicht. Die neue Strategie wurde von einem Bund-Ländergremium erarbeitet.

Insbesondere für Strecken mit höherem Verkehrsaufkommen kann eine andere Erhaltungsstrategie erforderlich sein als für verkehrlich weniger stark belastete Strecken. Die neue Erhaltungsstrategie bietet eine Bandbreite möglicher Vorgehensweisen von präventiven bis zu reaktiven Ansätzen. Das örtlich vorhandene Verkehrsaufkommen kann dabei die Wichtung in die eine oder andere Richtung verschieben.

So eröffnet die Dynamisierung innerhalb der Erhaltungsstrategie bei geringerem Verkehrsaufkommen die Möglichkeit, Eingreifzeitpunkte für Erhaltungsmaßnahmen flexibel zu bestimmen. Der Zustand der Bauwerke, Alterung, Verschleiß und ggf. die Entwicklung bereits detektierter Schäden wer-

den dabei kontinuierlich messtechnisch erfasst. Mit Erreichen ausgewiesener Schwellen- oder Warnwerte zum Zustand ist der Zeitpunkt des spätesten Eingreifens definiert. Auf diese Weise besteht die reelle Chance, bauliche Maßnahmen zeitlich variabel zu halten und möglichst gemeinsam mit ggf. notwendigen Streckenerhaltungsmaßnahmen umzusetzen. Eine permanente Überwachung der Bauwerke durch Monitoring und/oder Bauwerksprüfung ist für dieses reaktive Vorgehen (kontrollierte Schadensentwicklung) zwingend erforderlich. Die messtechnische Überwachung gewährleistet ein kurzfristiges Eingreifen, wenn der Zustand es erfordern sollte.

Bei besonders hochbeanspruchten Strecken bietet sich ein anderes Vorgehen an. Zeitlich fixierte Eingriffe nach vorausbestimmten Nutzungszyklen, die anhand von Kenntnissen oder Erfahrungen zum Alterungs- und Verschleißverhalten sowie zur Zuverlässigkeit von Materialien und Bauteilen festgelegt werden, führen zu einem sehr planmäßigen, präventiven Vorgehen. Eine unterjährige oder auch kontinuierliche Überwachung beschränkt sich lediglich auf eine Kontrolle der Übereinstimmung des Bauwerkzustands mit den prognostizierten Annahmen. Somit werden die Eingriffe in den Verkehr sehr planbar, können Umleitungsstrecken zuvor leistungsfähig hergerichtet und Nachbarbaustellen zuvor abgeschlossen werden. Für die Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer entstehen in Summe deutlich geringere Nutzerkosten, wenngleich die Investivkosten etwas höher ausfallen. Über die Kontrolle des Bauwerkzustands ist darüber hinaus jederzeit ein kurzfristiges Eingreifen möglich, wenn der Zustand es erfordern sollte.

Äußere administrative Vorgaben, z. B. die Umsetzung des Brückenmodernisierungsnetzes, können die Abwicklung von Erhaltungsmaßnahmen zeitlich und räumlich beeinflussen und eine andere Abfolge der Instandsetzungsmaßnahmen bedingen, indem gewisse Routen vorgezogen und konzentriert baulich behandelt werden sollen. Somit ergeben sich zusätzliche Abhängigkeiten, die planerisch in Übereinstimmung mit der übergeordneten Erhaltungsstrategie zu bringen sind.

Für singuläre und besonders verkehrswichtige Bauwerke, wie z. B. Rheinbrücken, ist ein anderes, separates Vorgehen besser geeignet. Diese exponierten Bauwerke lassen sich weder mit einer allgemeinen Netzstrategie noch mit übergeordneten Netzen oder Korridoren abhandeln, sondern machen nicht zuletzt wegen des hohen Investitionsvolumens Einzelbetrachtungen notwendig. In dieser Betrachtung müssen sowohl verkehrliche Abhängigkeiten berücksichtigt und gewürdigt werden als auch bauliche Notwendigkeiten an Brücken und deren Dringlichkeit. Dies gelingt nur, wenn alle Auswirkungen inkl. verkehrlicher Einschränkungen, z. B. Staustunden, Emissionen etc., monetarisiert und deren zeitliches Auftreten gemeinsam mit den generierten Baukosten im Sinne einer Gesamtkostenbetrachtung zeitlich optimiert werden.

Das für die Optimierungsuntersuchungen entwickelte Software-Tool ist in der Lage, vorerst für bis zu 12 Bauwerken Eingreifzeitpunkte für bauliche Maßnahmen unter Berücksichtigung baulicher und verkehrlicher Aspekte über einen langen Zeitraum von bis zu 30 Jahren zu optimieren. So kann eine langfristig orientierte Maßnahmeplanung von Brücken an Bundesfernstraßen über Baulastträgergrenzen hinweg (Baulastträger für Rheinbrücken sind neben dem Bund oft auch Bundesländer oder Kommunen) aufgebaut werden. Um die Anrainerkommunen und Anrainerlandkreise von Rheinbrücken als unabhängige Baulastträger für eine Zusammenarbeit zu interessieren und damit eine besser abgestimmte Maßnahmesteuerung über Bauträgerschaften hinweg zu ermöglichen, wurde am 26.09.2019 im BMVI ein „Workshop Rheinbrücken“ durchgeführt, bei dem das Programm und seine

Leistungsfähigkeit demonstriert wurden. Im Ergebnis haben sich die Städte Köln und Düsseldorf bereit erklärt, ihre Brückendaten mit einzuspeisen und somit als Partnerregion aufzutreten.

Grundsätzlich lässt sich die dargestellte Thematik der Einzelfallbetrachtung methodisch und regional übertragen. Daher wird derzeit in einer Fortführung bzw. Erweiterung des Software-Tools die Betrachtung auf beliebige Teilräume im klassifizierten deutschen Straßennetz und auf die gleichzeitige Berücksichtigung von bis zu 50 Bauwerken ausgedehnt. Zudem soll die Programmoberfläche für eine breite Anwendung aufbereitet und die Performanz gesteigert werden.

3.4 Interaktive Kartendarstellung der Bauwerksdaten

Das Thema Brückenmodernisierung ist mittlerweile im Fokus der Erhaltung von Bundesfernstraßen und fördert das Interesse und das Informationsbedürfnis der Bevölkerung, der Medien und der Politik zu diesem Thema. Die Brückendaten der Bundesfernstraßen wurden bislang in Teilauszügen in Tabellenform und als grafisch aufbereitete Statistiken auf der BAST-Homepage der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt [9]. Die bisherige Darstellung der Bauwerksdaten beschränkte sich auf ausgewählte Diagramme und eine tabellarische Aufzählung der Teilbauwerke mit eingeschränkten Zusatzinformationen. Diese Art der Information ist überwiegend für spezifische Darstellungen bestimmter Kennwerte oder Ziele sinnvoll, für die allgemein interessierte Öffentlichkeit jedoch wenig ansprechend und zugleich nicht mehr zeitgemäß.

Aus diesem Grund wurde die bisherige Darstellung der Bauwerksdaten auf der BAST-Homepage durch eine interaktive Online-Kartendarstellung ergänzt. Die neue, moderne und zugleich ansprechende Kartendarstellung fördert die Transparenz und folgt dem Open-Data-Prinzip der Bundesregierung. Die interaktive Karte hat dabei nicht das Ziel, die bisherige Darstellung der Bauwerksdaten zu ersetzen, sondern zu ergänzen. Dabei soll die neu entwickelte Kartendarstellung sowohl das Fachpublikum als auch die interessierte Öffentlichkeit gleichermaßen ansprechen und das Informationsbedürfnis angemessen befriedigen. Bis auf explizite Tragfähigkeitsangaben, die aus Geheimhaltungsgründen nicht veröffentlicht werden, sind alle technischen Bauwerksangaben einsehbar. Mit der neuen Darstellung werden deutlich mehr Informationen zu den Bauwerken als bisher öffentlich einsehbar bereitgestellt.

Die Kartendarstellung beinhaltet alle Brückenbauwerke in der Baulast des Bundes. Über verschiedene Filterfunktionen kann der Kartenausschnitt individuell gesteuert und die Datenmenge erweitert oder reduziert werden (Bild 7).

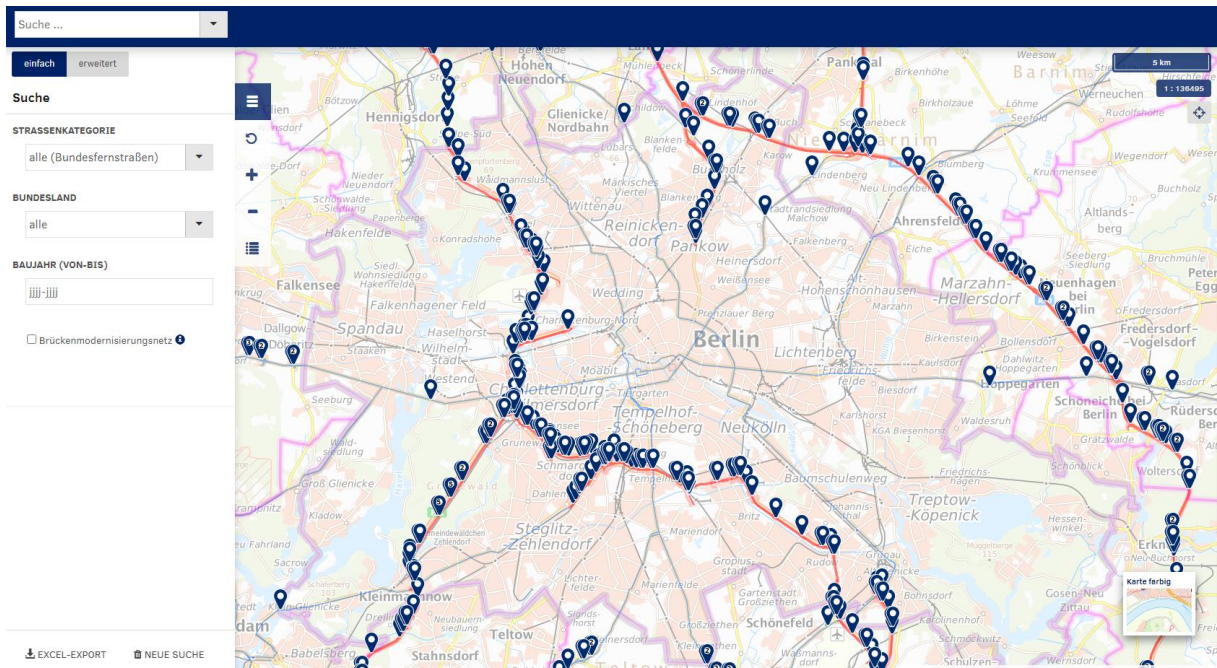


Bild 7 Auszug zur visualisierten Kartendarstellung von Bauwerksdaten in der allgemeinen Ansicht (Quelle: BMVI)

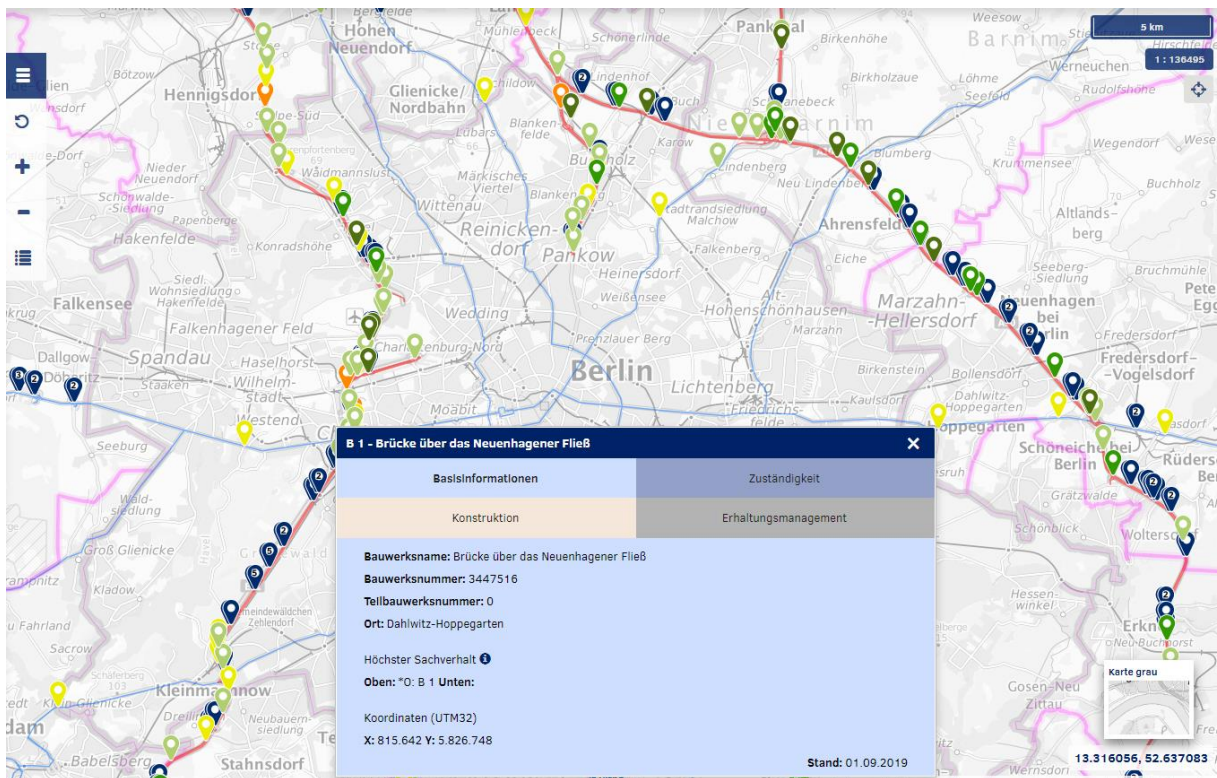


Bild 8 Auszug zur visualisierten Kartendarstellung von Bauwerksdaten in der erweiterten Ansicht mit farblicher Kodierung der Zustandsnote und zusätzlicher Informationsanzeige (Quelle: BMVI)

Ein Suchindex ermöglicht es außerdem, spezifische Begriffe, wie z. B. einen Ort, Kreis oder Bauwerksnamen, zu suchen und zusammen mit dem entsprechenden Bauwerk anzuzeigen. Durch Ankli-

cken eines Bauwerks im Kartenausschnitt öffnet sich eine Informationsanzeige mit vier verschiedenen Kategorien, auf denen zusätzliche Informationen dargestellt werden (Bild 8).

Neben der allgemeinen, einfachen Kartendarstellung können spezifische Kennwerte, wie z. B. die Zustandsnote oder der Traglastindex, zusätzlich in einem separaten Layer durch farbige Marker hervorgehoben werden (Bild 8). Dieser erweiterte Layer ermöglicht dem Anwender die Nutzung von zusätzlichen Filterkategorien und richtet sich insbesondere an den Fachanwender.

Das priorisierte Brückenmodernisierungsnetz ist ebenfalls editierbar und wird neben der allgemeinen Darstellung der Autobahnen (rot), Bundesstraßen (blau) bei entsprechender Auswahl in gelber Farbe hervorgehoben.

Alle Bauwerksdaten können im Sinne des Open-Daten-Prinzips über einen dafür vorgesehen Export heruntergeladen werden. Dieser ermöglicht der Öffentlichkeit die weitere Nutzung und Auswertung von Bauwerksdaten. Der Nutzer hat auch hierbei die Möglichkeit, sich alle Daten exportieren zu lassen oder seine Auswahl durch die Anwendung der Filterfunktionen einzuschränken.

Die neu entwickelte Kartendarstellung ist ein wichtiger Schritt in eine moderne und zeitgemäße Darstellung der Bauwerksdaten.

4 Vorgehensweise und Stand der Brückenmodernisierung

4.1 Entwicklung der Strategie

4.1.1 Ausgangslage

Im internationalen Vergleich verfügt Deutschland über eine gut ausgebaute Verkehrsinfrastruktur. Allerdings weist diese inzwischen eine ungünstige Altersstruktur auf, die, gepaart mit einer wachsenden Bauwerksauslastung infolge überproportionaler Zuwachsraten im Schwerverkehr in den vergangenen Jahrzehnten, umfangreiche Erhaltungsmaßnahmen zur Verbesserung des Zustandes und zur Erhöhung der Tragfähigkeit vieler älterer Brücken erforderlich werden lässt. Viele Brücken müssen daher verstärkt oder aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen erneuert werden, damit sie den gestellten Anforderungen überhaupt gerecht werden können. Um die notwendigen Ertüchtigungs- bzw. Erneuerungsmaßnahmen im Bundesfernstraßennetz beschleunigt abzarbeiten, wurde ein Programm zur Brückenmodernisierung aufgelegt.

Ziel der Brückenmodernisierung ist die Anpassung bestehender Brückenbauwerke an aktuelle Anforderungen, z. B. durch Verstärkung, um die Tragfähigkeit von Bestandsbrücken anzuheben und somit eine sichere Abwicklung des aktuellen und zukünftigen Verkehrs gewährleisten zu können.

Die große Anzahl betroffener Brücken machte zunächst eine Reihung der zu untersuchenden Bauwerke erforderlich. Eine bundesweite Erhebung im Bundesfernstraßennetz ergab in einem ersten Schritt im Jahr 2008 etwa 2.192 Teilbauwerke (überwiegend Spannbetonbrücken), die vorrangig zu untersuchen waren. In einem zweiten Schritt im selben Jahr wurden noch etwa 300 Stahl- und Stahlverbundbrücken-Teilbauwerke identifiziert, so dass insgesamt etwa 2.500 Brücken-Teilbauwerke prioritär zu überprüfen waren. Eine tabellarische Übersicht der Bauwerke („BAST-Liste“) kann auf der Internetseite [9] der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) abgerufen werden.

Obwohl die Anzahl der 2.500 Teilbauwerke weniger als 5 % des Brückenbestandes ausmachen, stehen diese Bauwerke für über 25 % der Gesamtbrückenfläche, da in erster Linie vorwiegend große Tal- und Strombrücken (Großbrücken) entsprechende Defizite aufweisen.

Die meisten der betroffenen Einzelbauwerke befinden sich in den großen Flächenländern Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz.

Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass es im Sinne der Durchlässigkeit des Netzes, insbesondere des verkehrlich hoch belasteten Autobahnnetzes, nicht ausreichend und auch nicht sinnvoll ist, sich nur auf besonders defizitäre Einzelbauwerke zu konzentrieren. Viele Einzelbaustellen, die den Verkehr einschränkten oder große Streckenanteile unpassierbar machten, waren die Folge. Nach der Fertigstellung ergaben sich jedoch unter Umständen keine direkten Verbesserungen des Verkehrswerts, da sich gegebenenfalls nicht ausreichend tragfähige Bauwerke im weiteren Streckenverlauf vor und hinter dem modernisierten Bauwerk befanden.

Ein tatsächlicher Verkehrswert ist erst dann gegeben, wenn alle Bauwerke eines Streckenabschnittes uneingeschränkt für den Verkehr nutzbar sind. Davon profitieren erster Linie die Autobahnen. Auf Grund der geringeren Verkehrsbelastung sind Bundesstraßen im Vergleich zu den Autobahnen weniger stark von dieser Problematik betroffen, so dass die Ertüchtigung von Brücken an Bundesstraßen weiterhin nach der Bauwerksreihung gemäß BASt-Liste erfolgen kann.

4.1.2 Fortschreibung der Strategie

Mit dem Ziel, durchgehende Strecken zu ertüchtigen, wurde die Strategie zur Brückenmodernisierung an Bundesautobahnen hin zu einer Korridorbetrachtung in 2016 entscheidend erweitert und fortgeschrieben. Dabei wird auf die Modernisierung ausgewiesener, überwiegend hochbelasteter Autobahnstrecken fokussiert, um diese vordringlich zu ertüchtigen. Zugleich stehen übrige Strecken vorerst möglichst unbeeinträchtigt für die Verkehrsabwicklung zur Verfügung.

Der Korridorgedanke führt zu einer konzentrierten und verkehrsgerechten Abfolge der Arbeiten und in der Konsequenz zu einem zukunftsfähigen Netz. Dieses Brückenmodernisierungsnetz (Bild 9) ist gekennzeichnet durch Transitkorridore mit einer Gesamtlänge von 6.600 km, und es umfasst fast die Hälfte des deutschen BAB-Netzes. Etwa 10.000 Teilbauwerke befinden sich im Zuge des Netzes; ca. 80 % davon ist zu ersetzen, der übrige Teil lässt sich voraussichtlich durch Teilneubau oder Verstärkungen ertüchtigen. Als Zielstellung gilt, die meisten Korridore bis 2030 zukunftssicher ausgebildet zu haben.

Übrige Strecken bleiben vorerst unangetastet und stehen weiterhin für die Verkehrsabwicklung zur Verfügung, bevor diese zu einem späteren Zeitpunkt modernisiert werden. Diese Vorgehensweise sichert sowohl eine durchgreifende Verbesserung der Leistungsfähigkeit bzw. Zukunftsfähigkeit des Netzes und seiner Brücken als auch eine Durchlässigkeit der Infrastruktur auf den Nachbarrouten in den jeweiligen Bauphasen.

Die Korridorbetrachtung in der Brückenmodernisierung verfolgt hierbei übergeordnete Ziele:

- Beschleunigung von Planung und Bau durch Maßnahmenbündelung, auch über Bundesländergrenzen hinweg,
- Optimierung der baustellenbedingten Verkehrseinschränkungen durch langfristig planbare Eingriffe in den Verkehr,

- Schaffung von Planungssicherheit für alle Beteiligten (Verwaltung, Planer, Baufirmen) hinsichtlich Mittelbedarf, Mittelabfluss und Personaleinsatz,
- Steigerung der Investitionen in die Bundesfernstraßen und Halten dieser wichtigen Investitionslinie,
- Erhöhung des Verkehrswertes der Straßeninfrastruktur für den Individual-, den Güter- und den Schwerverkehr.

Die Festlegung der Korridore des Brückenmodernisierungsnetzes innerhalb des BAB-Netzes erfolgte in enger Abstimmung mit den zuständigen Straßenbauverwaltungen der Länder und berücksichtigt weitestgehend die Maßnahmen des aktuellen Bedarfsplans und – soweit bekannt – der Streckenerhaltung. Dabei waren neben den Fachbereichen Brückenbau auch die Bereiche für Planung und Erhaltung eingebunden. Darüber hinaus deckt das Brückenmodernisierungsnetz auch in großen Teilen einen an das BMVI gerichteten Vorschlag der Bundesfachgruppe Schwertransporte und Kranarbeiten (BSK) e. V. aus dem Jahr 2016 ab. Die Fachgruppe forderte im Interesse ihrer Mitgliedsunternehmen die Herrichtung von konkreten Korridoren für Großraum- und Schwertransporte.

Der Korridorbildung wurden folgende Kriterien zugrunde gelegt:

- Verkehrsbedeutung der Strecke (u. a. DTV³, DTV-SV⁴, TEN-V-Netz⁵),
- Alter der Strecke und der Bauwerke,
- Brückendichte (Brückenfläche bezogen auf die Abschnittslänge),
- Anzahl der vordringlichen Bauwerke der BAST-Liste bezogen auf die Abschnittslänge,
- Ausbauabsichten gemäß Bedarfsplan 2030,
- geplante Erhaltungsmaßnahmen der Strecke – soweit bekannt – sowie
- landesspezifische und regionale Aspekte.

Die Modernisierung der Brücken innerhalb des Brückenmodernisierungsnetzes richtet sich bewusst an verkehrlichen und wirtschaftlichen Erfordernissen aus.

Die Autobahnabschnitte der A 45, Westhofener Kreuz (NW) bis Gambacher Kreuz (HE), sowie der A 81, AK Stuttgart (BW) bis AS Gottmadingen (BW), werden im Bild 9 in türkiser Farbe als Sonderfall dargestellt. Die Streckenabschnitte gehören wegen der vergleichsweise geringen Verkehrsbelastung nicht dem Brückenmodernisierungsnetz an. Sie müssen aber aufgrund der hohen Dichte an vordringlich abzuarbeitenden Bauwerken in den kommenden Jahren auch über das Jahr 2030 hinaus untersucht, verstärkt und ggf. ersetzt werden. Daher besteht hier ein erheblicher Ertüchtigungs- und Finanzbedarf, insbesondere weil fast ausschließlich Großbrücken betroffen sind.

³ DTV durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke

⁴ DTV-SV durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke des Schwerverkehrs

⁵ TEN-V Netz Transeuropäisches Verkehrsnetz (Trans-European Network - Transport)

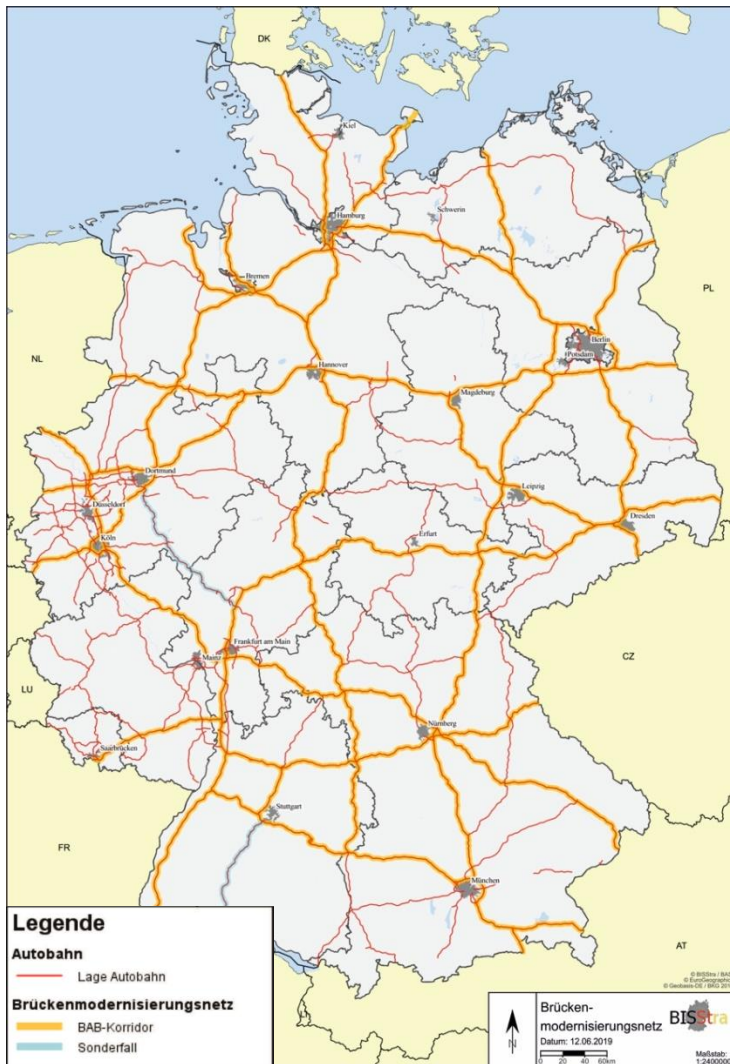


Bild 9 Brückenmodernisierungsnetz (Quelle: BMVI)

Das dargestellte Brückenmodernisierungsnetz entspricht weitgehend dem TEN-V-Kernnetz, das in der EU-Verordnung Nr. 1315/2013 vom 11.12.2013 [10] definiert ist und ebenso bis zum Jahr 2030 realisiert werden soll. Aufgrund der geringeren Verkehrsbedeutung ist in Abstimmung mit der Straßenbauverwaltung des Landes Rheinland-Pfalz der Abschnitt der A 48 westlich AK Koblenz bis zur Bundesgrenze Deutschland/Luxemburg nicht enthalten. Ebenso wurden nicht im Brückenmodernisierungsnetz kurze Abschnitte der A 1, A 5, A 40, A 45 und A 61 sowie die A 7 südlich des AK Ulm/Elchingen (BY) und die A 20 vom AK Lübeck (SH) bis zum AK Uckermark (BB) berücksichtigt, weil sie verkehrlich weniger stark belastet sind.

Insgesamt wird der Brückenmodernisierungsnetz zu einer erheblichen Verbesserung der Durchlässigkeit der Infrastruktur nicht nur für den Individual- und Güterverkehr, sondern auch für den erlaubnis- und genehmigungspflichtigen Schwerverkehr führen und damit die Erreichbarkeit von Umschlagstellen und Standorten der Schwerindustrie zuverlässig gewährleisten.

Neben der Ertüchtigung der Bauwerke im Brückenmodernisierungsnetz wird auch die Ertüchtigung der übrigen und nicht im prioritären Netz enthaltenen BAST-Bauwerke, die Ertüchtigung weiterer singulärer Bauwerke an Bundesfernstraßen sowie die Ertüchtigung von Bauwerken im Zusammen-

hang mit Erhaltungsmaßnahmen an der Strecke weiter maßvoll vorangetrieben. Insbesondere steht noch die Modernisierung der Brücken der zweiten Hälfte des deutschen Autobahnnetzes nach Fertigstellung des aktuellen Brückenmodernisierungsnetzes um das Jahr 2030 an.

4.2 Objektbezogene Bearbeitung der Bauwerke

Die Bearbeitung der zu modernisierenden Bauwerke obliegt bisher den Ländern und wird ab 2021 insbesondere für die Autobahnen ein wichtiges Thema für die Autobahngesellschaft mbH des Bundes werden.

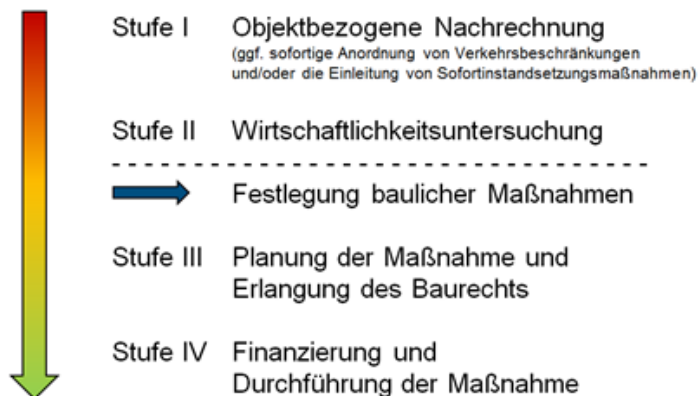


Bild 10 Bearbeitungsstufen bei der Brückenmodernisierung (Quelle: BMVI)

Die zu erledigenden Aufgaben einer objektbezogenen Bearbeitung der Brücken erfolgt in vier aufeinanderfolgenden Stufen (Bild 10). Dabei haben die Stufen folgende Bedeutung:

- *Stufe I: Objektbezogene Nachrechnung*

Für die Durchführung der objektbezogenen Nachrechnung steht seit 2011 mit der „Richtlinie für die Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie)“ [3] ein technisches Regelwerk zur Verfügung, das eine bundeseinheitliche Vorgehensweise bei der Analyse und Bewertung der Tragfähigkeit der Straßenbrücken im Bestand sicherstellt.

- *Stufe II: Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Festlegung baulicher Maßnahmen*

In dieser Stufe werden die notwendigen Maßnahmen durch die Länder für die einzelnen Brücken festgelegt und mit dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) abgestimmt. Hierbei ist zu entscheiden, ob die Brücke instandgesetzt, verstärkt oder erneuert werden muss. In diesen Entscheidungsprozess gehen neben technischen Aspekten und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen auch die jeweilige Netz- und Verkehrsbedeutung des betroffenen Streckenabschnittes, insbesondere für den Schwerverkehr, ein.

- *Stufe III: Planung der Maßnahme und Erlangung des Baurechts*

Es erfolgt die konkrete Planung der festgelegten Maßnahme. Für Ersatzneubau sind in der Regel Baurechtsverfahren durchzuführen, um Baurecht zu erlangen.

- *Stufe IV: Finanzierung und Durchführung der Baumaßnahme*

Diese Stufe beinhaltet die Finanzierung und bauliche Durchführung der Maßnahme. Die Koordinierung aller Maßnahmen an Fahrbahnen und Bauwerken ist notwendig, um baustellen-

bedingte Behinderungen über das notwendige Maß hinaus zu vermeiden, eher noch zu vermindern und das bestehende Netz für den Verkehr durchlässig zu halten.

4.3 Stand der Brückenmodernisierung

4.3.1 Ausgangslage

Der Umfang der notwendigen Modernisierungsmaßnahmen im Bereich der Bundesfernstraßen ist erheblich. So macht der flächenmäßige Anteil an Bauwerken mit geringeren Tragfähigkeiten, z. B. Brückenklasse BK 60 und geringer, am Gesamtnetz der Bundesfernstraßen deutlich mehr als 50 % aus und ist historisch begründet. Die prosperierende Wirtschaft in den Nachkriegsjahren zwischen 1950 und 1980 verlangte nach leistungsfähigen Verkehrswegen, was zu einem starken Ausbau insbesondere des Autobahnnetzes führte. Für die Dimensionierung der Tragfähigkeiten forderten die Brückenbaunormen seinerzeit für viele Jahre eine Tragfähigkeit gemäß Brückenklasse BK 60. Erst im Jahre 1985 erfolgte eine Anpassung der Tragfähigkeitsvorgaben durch eine Erhöhung auf Brückenklasse BK 60/30, um den höheren Verkehrsbeanspruchungen infolge gestiegenen Verkehrsaufkommens gerecht zu werden. Von daher sind im Rahmen der Brückenmodernisierung in erster Linie Brücken der Brückenklasse 60 und kleiner zu ertüchtigen oder zu ersetzen.

4.3.2 Betrachtung des Gesamtnetzes der Bundesfernstraßen

Um die Erfolge der Brückenmodernisierung für die Bundesfernstraßen in Summe darzustellen, werden die Tragfähigkeiten aller Bauwerke im Bundesfernstraßennetz zu verschiedenen Zeitpunkten ausgewertet. Als Ausgangslage für Vergleiche dient der Datenbestand vom 01.03.2017, weil dieser Zeitraum die Neuausrichtung der Brückenmodernisierung hin zu Korridoren und Brückenmodernisierungsnetz markiert.

Zum 01.03.2017 betrug der flächenmäßige Anteil der Brücken mit Brückenklasse BK 60 über 50 % (Bild 11) aller Brücken der Bundesfernstraßen. Dagegen waren die zukunftsfähigen Brückenklassen (LMM und LM1) mit weniger als 15 % vertreten. Eine aktuelle Auswertung des derzeitigen Brückenbestandes der Bundesfernstraßen zum 01.09.2020 zeigt erste positive Veränderungen an (Bild 12).

Vor allem im Bereich der Bundesautobahnen ist der Anteil an Bauwerken mit einer zukunftsfähigen Brückenklasse LMM bzw. LM1 um rund 5 % gestiegen, während der Anteil mit Brückenklasse BK 60 und geringer um knapp 5 % gesenkt werden konnte. Auch die Bauwerke der Bundestraßen weisen einen Anstieg der Brückenklassen LMM oder LM1 um rund 3 % auf. Auch wenn die Zeitspanne von fast vier Jahren von 2017 bis Ende 2020 noch recht kurz ist, sind positive Trends erkennbar.

Der Zuwachs im Bereich hoch leistungsfähiger Brückenklassen (LM1 und LMM) ist zu einem großen Teil auf die Fokussierung auf Autobahnbrücken im Brückenmodernisierungsnetz zurückzuführen. Für Brücken der Bundestraßen ist wegen des geringeren Verkehrs meist ein geringeres Ziellastniveau als für Autobahnbrücken auskömmlich, die aber nicht in die zuvor erwähnte Auswertung eingehen. Während im Bundesautobahnbereich aus strategischen Gründen grundsätzlich die Brückenklassen LMM oder LM1 angestrebt werden, reicht im Bereich der Bundestraßen zur Erfüllung der Anforderungen für den örtlich vorhandenen Verkehr meist die geringere Brückenklasse BK 60/30, zum Teil auch BK 60 aus.

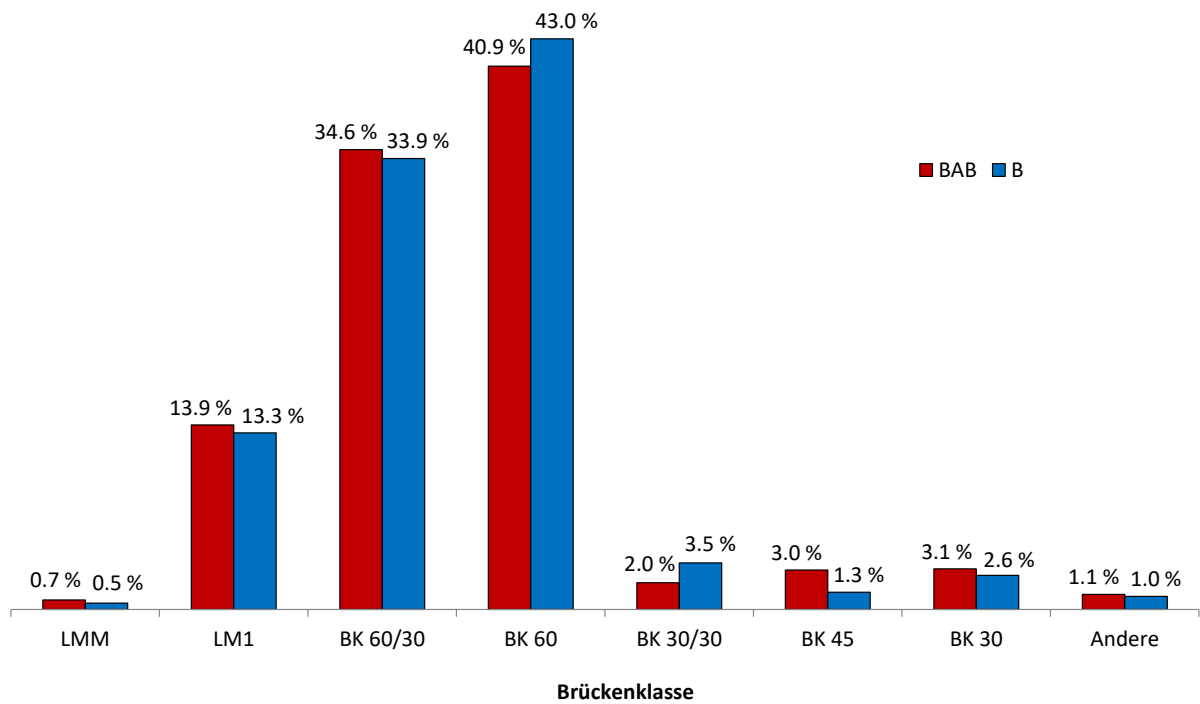


Bild 11 Tragfähigkeitsverteilung für Brücken im Zuge der Bundesfernstraßen anteilig zur Brückenfläche [%], Stand: 01.03.2017 (Quelle: BMVI)

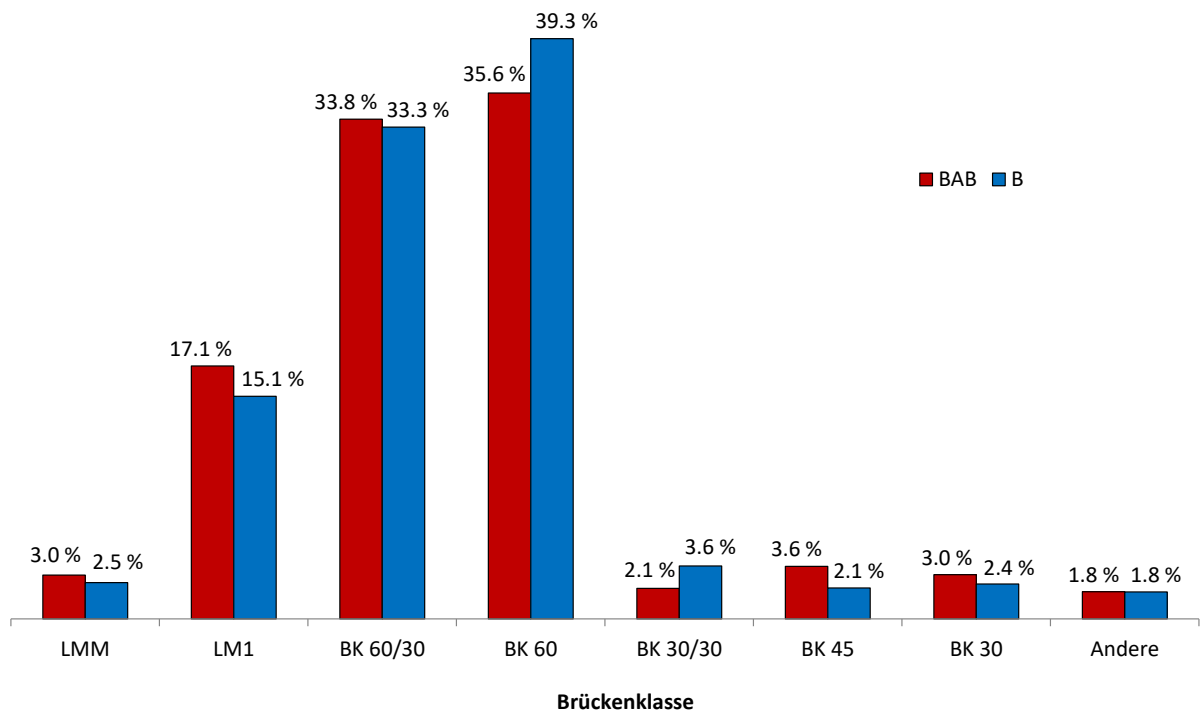


Bild 12 Tragfähigkeitsverteilung für Brücken im Zuge der Bundesfernstraßen anteilig zur Brückenfläche [%], Stand: 01.09.2020 (Quelle: BAST)

4.3.3 Betrachtung des Brückenmodernisierungsnetzes

Wird die Auswertung der vorhandenen Brückenklassen allein auf die Brücken im Brückenmodernisierungsnetz (nur BAB-Strecken) bezogen, kann der Erfolg der geleisteten Arbeit noch deutlicher herausgestellt werden (Bild 13).

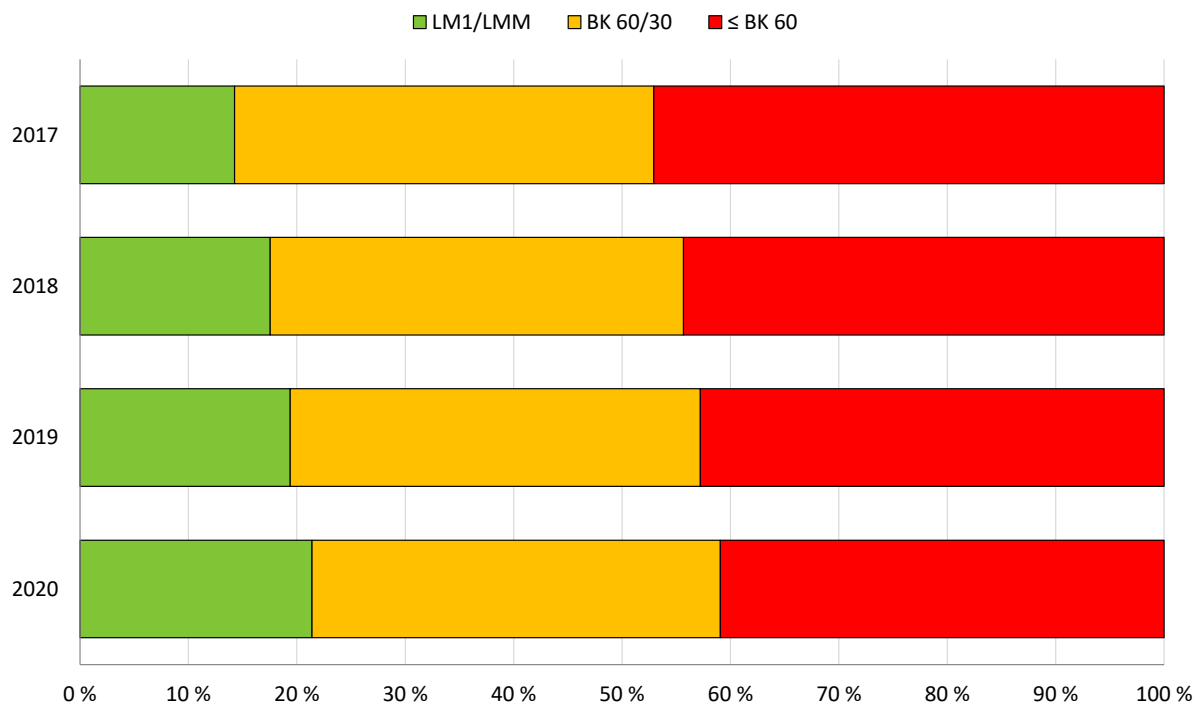


Bild 13 Verteilung der Brückentragfähigkeiten im Brückenmodernisierungsnetz anteilig zur Brückenfläche [%] jeweils zum Stichtag 01.03. eines jeden Jahres (Quelle: BMVI)

Eine Auswertung der Jahre 2017 bis 2020 zeigt die Entwicklung der Brückentragfähigkeiten im prioritären Netz. Während in 2017 knapp 14 % der Bauwerke bezogen auf die Brückenfläche eine Tragfähigkeit von mindestens LM1 aufwiesen, sind fast vier Jahre später bereits rund 22 % der anteiligen Brückenfläche auf diesem Lastniveau. Das heißt gleichzeitig, dass innerhalb dieses Zeitraums etwa 140.000 m² Brückenfläche zukunftsicher hergerichtet wurden. Der Anteil der schwächeren Bauwerke mit Tragfähigkeiten der Brückenklasse BK 60 und kleiner schwindet von Jahr zu Jahr.

Für die Analyse des Brückenmodernisierungsnetzes kann mit seiner Einführung in 2018 auch der Traglastindex herangezogen werden. Auch dieser Kennwert verzeichnet eine positive Entwicklung der Brückenmodernisierung (Bild 14). So ist der Anteil an Bauwerken mit einem Traglastindex von I oder II zwischen 2019 und 2020 um rund 3 % gestiegen. Das entspricht jeweils fast 200.000 m² Brückenfläche. Zugleich ist der Anteil der Brücken mit einem schlechten Traglastindex von IV oder V um rund 2 % gesunken.

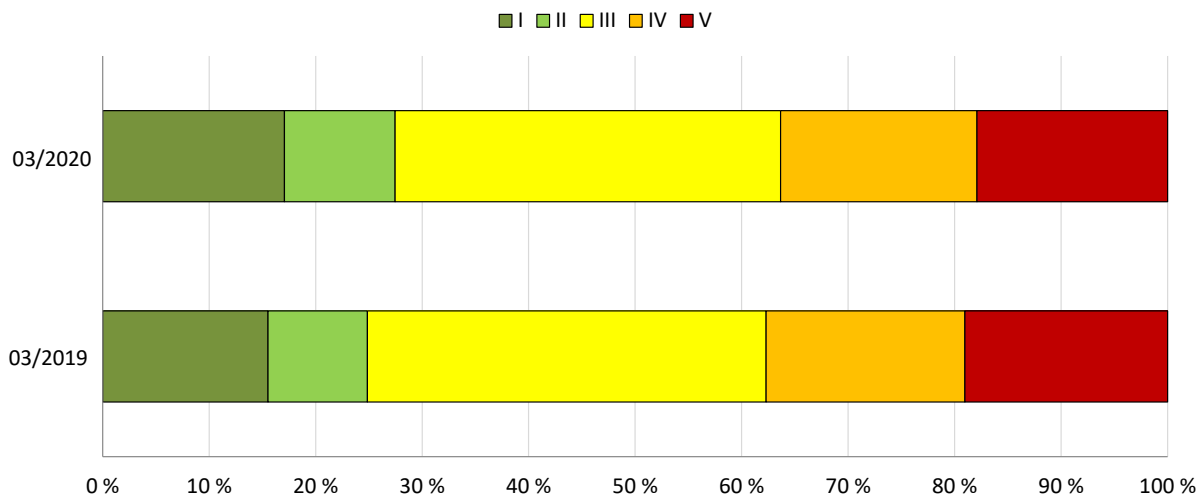


Bild 14 Entwicklung des Traglastindex für Brücken des Brückenmodernisierungsnetzes anteilig zur Brückenfläche [%] jeweils zum Stichtag 01.03. eines jeden Jahres (Quelle: BMVI)

Der Fokus der Strategie zur Brückenmodernisierung liegt seit knapp vier Jahren auf dem Brückenmodernisierungsnetz. Verglichen mit den Zeiten, die für Nachrechnung, Planung von Verstärkungsmaßnahmen oder Ersatzneubauten und deren bauliche Umsetzung erforderlich sind, ist es ein bescheidener Anfang, der aber sehr zuversichtlich stimmt. Die Brückenmodernisierung ist ein langfristig angelegter Prozess und gehört zu den prioritären und kontinuierlich zu leistenden Aufgaben zur Erhaltung der Infrastruktur, die vom Bund, den Ländern und der Wirtschaft über viele Jahre große Anstrengungen abverlangen wird.

4.3.4 Betrachtung kritischer Einzelbauwerke der BAST-Liste

Obwohl die Strategie der Brückenmodernisierung auf Korridore abhebt, dürfen die besonders kritischen Einzelbauwerke, die 2008 zu Beginn der systematischen Brückenertüchtigung in der BAST-Liste gefasst wurden und sich ggf. auch außerhalb des Brückenmodernisierungsnetzes befinden, nicht vernachlässigt werden. Bei den Bauwerken der BAST-Liste handelt es sich durchweg um Großbrücken, die durch deutliche Defizite in der Tragfähigkeit gekennzeichnet sind.

Der Bearbeitungsstand der von der BAST gelisteten kritischen Einzelbauwerke (BAST-Liste) ist mittlerweile in einem sehr weit fortgeschritten Stadium (Bild 15). Über drei Viertel der Bauwerke sind derzeit in Bearbeitung (Bearbeitungsstufen I bis IV, siehe Abschnitt 4.2) oder bereits mit angestrebten Brückentragfähigkeit hergestellt. Weniger als ein Viertel der Bauwerke der Liste muss noch untersucht werden. Gegenüber der letzten Berichterstattung von 2019 hat sich der Anteil der fertiggestellten Bauwerke um fast 3 % erhöht, der in Bearbeitung befindlichen Bauwerke um rund 1 % verbessert und der Anteil der noch abzuarbeitenden Bauwerke um etwa 3 % reduziert, was rund 550 Teilbauwerken entspricht.

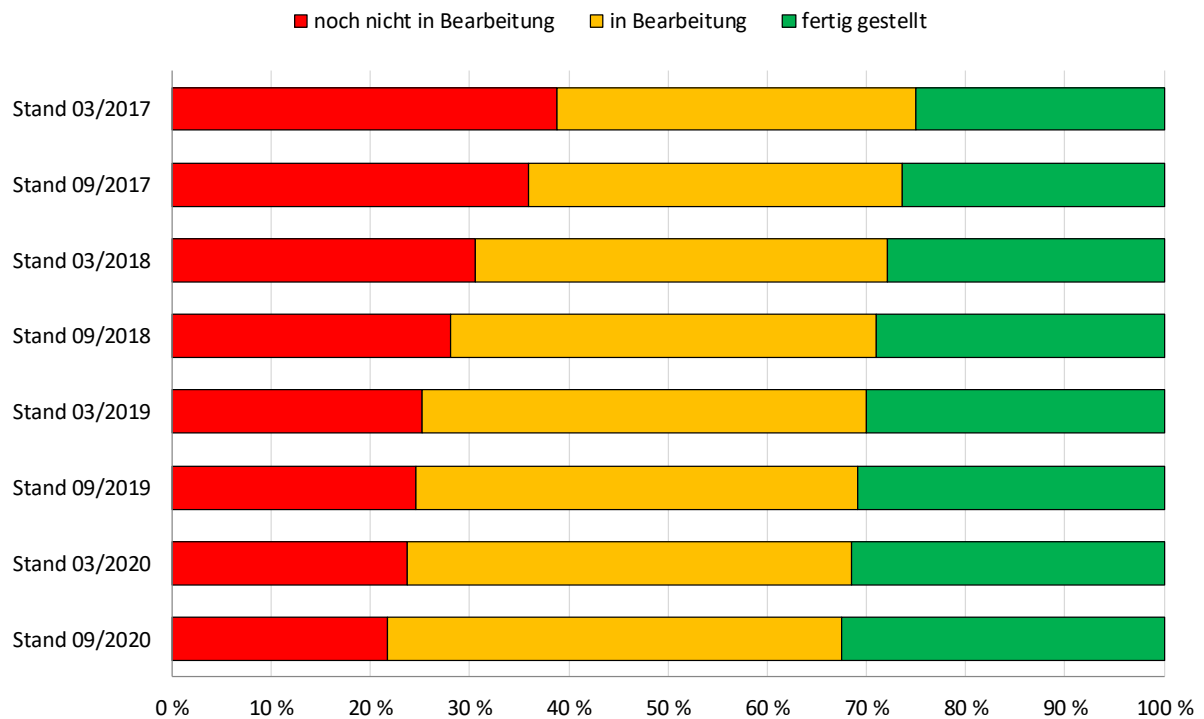


Bild 15 Bearbeitungsstand der vorrangig zu untersuchenden Bauwerke der BAST-Liste anteilig zur Anzahl an Teilbauwerken [%], Stand 01.09.2020 (Quelle: BAST)

4.4 Brücken im Zuge von Streckenerhaltungsmaßnahmen

Im Sinne der Verkehrsteilnehmer ist es wichtig, Baumaßnahmen der Strecke und des Brückenbaus zu bündeln, um somit baulich bedingte Eingriffe in den Verkehr zu verkürzen bzw. zu minimieren und anzahlmäßig zu beschränken. Diesem Ziel folgend werden seit 2016, zuzusagen im Vorgriff auf die inzwischen eingeführten RE-Erhaltung [11], für alle Streckenerhaltungsmaßnahmen zusätzliche Angaben zu den im Streckenabschnitt befindlichen Brückenbauwerken eingefordert, anhand derer schnell beurteilt werden kann, ob nähere Befassungen mit den Bauwerken erforderlich werden. Die Kriterien zur Bewertung und Priorisierung von Bauwerken sind identisch mit jenen, die bei den Brücken zur Festlegung des Brückenmodernisierungsnetzes angewandt wurden. Somit wird die Durchgängigkeit der Methodik gewahrt.

Die abgefragten Brückendaten liegen weitestgehend bei den Ländern in Datenbanken vor und erzeugen keine Zusatzaufwendungen. Lediglich wenige Angaben zu den vorgesehenen Erhaltungsmaßnahmen und deren Kosten sind für wirtschaftliche Abwägungen zu ergänzen.

In der Gesamtheit dienen diese Angaben den Straßenbauverwaltungen als Entscheidungsgrundlage zwischen reiner Instandsetzung, Instandsetzung inkl. Verstärkung oder einem Ersatzneubau im Hinblick auf einen wirtschaftlichen Mitteleinsatz. Darüber hinaus lässt sich zwischen dringlichen Brücken und solchen, die nachrangig bearbeitet werden können, unterscheiden. Die vorhandenen Planungs- und Baukapazitäten können dadurch bedarfsgerecht eingesetzt werden, ohne die Modernisierung wichtiger Hauptverkehrsrouten (Brückenmodernisierungsnetz) im Sinne der übergeordneten Strategie der Brückenmodernisierung zu gefährden.

4.5 Zeitbedarf

Mit dem gestiegenen Bewusstsein für das Erfordernis der Brückenmodernisierung haben die Straßenbauverwaltungen der Länder ihre Anstrengungen intensiviert, um die Überprüfung der Bauwerke schneller abzuschließen, auch wenn die beteiligten Verwaltungen und Ingenieurbüros dabei zunehmend an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen.

Ein maßgebender Zeitfaktor bei der Planung der notwendigen Brückenertüchtigungsmaßnahmen ist in der Regel die Erlangung des Baurechts. Um den dringend notwendigen Ersatz von hochbelasteten Brücken zu beschleunigen, hat der Gesetzgeber mit dem im Dezember 2018 in Kraft getretenen Gesetz zur Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsverfahren im Verkehrsbereich vom 29.11.2018 (BGBl. I S.2237) Regelungen geschaffen, um Baumaßnahmen schneller umsetzen zu können. Das im Dezember 2018 in Kraft getretene Planungsbeschleunigungsgesetz bringt insoweit eine Erleichterung, als dass anstelle eines Planfeststellungsverfahrens nunmehr auch dann ein Plange-nemigungsverfahren durchgeführt werden kann, wenn eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist. Die Neuregelung ist gerade für den Fall einer Erneuerung eines bestehenden Brückenbauwerks geschaffen worden.

Mit dem Gesetz zur weiteren Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsverfahren im Verkehrsbereich vom 03.03.2020 (BGBl. I S. 433) wird erstmalig der Begriff der „Änderung“ im neuen § 17 Abs.1 FStrG definiert. Dieser wird restriktiver als bisher gefasst, um Baumaßnahmen leichter als Erhaltungsmaßnahme und damit ohne Genehmigungsverfahren durchführen zu können. So sollen z. B. rein konstruktive Anpassungen der Straße an aktuelle Regelwerke zukünftig nicht als Änderungen, sondern als Erhaltungsmaßnahmen qualifiziert werden.

Ein wohl wesentlicher Faktor zur Planungsbeschleunigung ist auch die personelle Ausstattung, sowohl auf Seiten des planenden Vorhabenträgers als auch auf Seiten der Genehmigungsbehörde.

Ein Ziel der Reform der Auftragsverwaltung der Bundesfernstraßen zum 01.01.2021 ist die Verbesserung der Effektivität der Verwaltung der Bundesautobahnen und der Bundesstraßen in Bundesverwaltung. Die künftig für die Planung als Vorhabenträgerin zuständige „Die Autobahn GmbH des Bundes“ sowie das künftig für die Durchführung von Planfeststellungsverfahren zuständige Fernstraßen-Bundesamt, sofern die Länder keinen Antrag auf Beibehaltung der Planfeststellung in Länderzuständigkeit gestellt haben, sollen insbesondere auch personell optimal ausgestattet sein, damit zügig Baurecht erlangt werden kann.

5 Finanzierung der Brückenmodernisierung

5.1 Kostenträger

Für die Planung und die Umsetzung der Maßnahmen an Bundesstraßen in Auftragsverwaltung müssen die Länder entsprechende Planungsmittel und Personalressourcen zur Verfügung stellen. Der Bund stellt den Ländern die notwendigen Haushaltsmittel für die Realisierung der Baumaßnahmen bereit. Ab dem 01.01.2021 stellt der Bund der Autobahn GmbH die Haushaltsmittel für die Bundesautobahnen und die Bundesstraßen in Bundesverwaltung zur Verfügung.

5.2 Kostenschätzung

Der Modernisierungsbedarf für die Brückenbauwerke im Zuge des Brückenmodernisierungsnetzes wurde flächenmäßig mit rund 3,1 Mio. m² Brückenfläche abgeschätzt. Bei den mit Stand 2016 als Eingangswert für die aktuelle Erhaltungsbedarfsprognose ermittelten Baukosten von durchschnittlich 3.000 € pro m² Brückenfläche inklusive der Kosten für den Rückbau von Bestandsbauwerken ergab sich insgesamt ein Finanzbedarf für die Ertüchtigung dieser Bauwerke von rund 9,3 Mrd. Euro bis zum Jahr 2030. Aufgrund der enormen Preissteigerungen der letzten Jahre mit jährlichen Preissteigerungsraten zwischen 4 und 6 % sind mittlerweile höhere Kosten von schätzungsweise 10 bis 12 Mrd. Euro zu veranschlagen.

Die Kosten für die Modernisierung der Brücken des restlichen Autobahnnetzes in den nachfolgenden Dekaden sind hierbei nicht eingerechnet und werden in vergleichbarer Größenordnung liegen.

5.3 Haushaltsmittel für die Erhaltung von Brücken

Das BMVI hat die Investitionen in die Erhaltung der Bundesfernstraßen (Strecke und Ingenieurbauwerke) in den letzten Jahren kräftig aufgestockt. Für das Jahr 2021 stehen insgesamt 4,5 Mrd. Euro bereit, was im Vergleich zu den Mitteln in Höhe von 4,1 Mrd. Euro von 2017 einer Steigerung der Investitionen von etwa 10 % bedeutet. Die Finanzplanung für die Erhaltung soll ab dem Jahr 2022 auf jährlich rund 4,5 Mrd. Euro konstant gehalten werden.

Gemäß der Erhaltungsbedarfsprognose sollen von diesen Mitteln in 2020 rund 1,50 Mrd. Euro und ab 2021 ff. rund 1,6 Mrd. Euro in die Erhaltung von Brücken fließen.

5.4 Programm zur Brückenmodernisierung

Maßnahmen der Brückenmodernisierung sind Teil der Erhaltung und werden daher aus den zur Verfügung stehenden Erhaltungsmitteln finanziert. Zur besseren Abgrenzung und für eine übersichtlichere Darstellung werden seit 2015 die Mittel und Maßnahmen der Brückenmodernisierung mit einem Einzelbauvolumen über 5 Mio. Euro als Programm Brückenmodernisierung zusammengefasst und in der Anlage „Verkehrswegeinvestitionen des Bundes“ separat ausgewiesen. Seit 2015 wurden bereits 3,78 Mrd. € in die Brückenmodernisierung investiert. Die Investitionen sind dabei stetig gestiegen.

Die nachfolgenden Tabelle 1 stellt die in der Haushaltsplanung vorgesehenen Finanzmittel bis einschließlich 2024 für das Programm Brückenmodernisierung dar.

Tabelle 1 Finanzmittel „Programm zur Brückenmodernisierung“⁶

Jahr	2020	2021	2022	2023	2024
Finanzmittel [Mio. €]	780	855	950	959	959

Die Ansätze enthalten seit 2017 jährlich einen Sockelbetrag von 100 Mio. Euro für die Ertüchtigung kleinerer Brücken mit einem Bauvolumen unter 5 Mio. €, um auch die Brückenmodernisierung gan-

⁶ Im Haushalt derzeit noch unter Brückenertüchtigung gelistet.

zer Streckenabschnitte inkl. der darin befindlichen kleineren Bauwerke unter 5 Mio. Euro Investitionsvolumen voranzutreiben.

In der Anlage „Verkehrswegeinvestitionen des Bundes“ 2021 sind derzeit 115 Brückenmodernisierungsmaßnahmen mit einem jeweiligen Bauvolumen über 5 Mio. € dem Programm zur Brückenmodernisierung zugeordnet. Die Maßnahmen sind mehrjährig angelegt und umfassen sowohl Ersatzneubaumaßnahmen als auch Verstärkungen sowie Adhoc-Instandsetzungen.

Durch das Programm zur Brückenmodernisierung wird die Umsetzung der erforderlichen Ertüchtigungsmaßnahmen beschleunigt. Die Zweckbindung von Mitteln für die Brückenmodernisierung hat in den letzten Jahren dazu geführt, dass die Länder ihren Einsatz hinsichtlich Planung und Umsetzung von konkreten Maßnahmen verstärkt haben.

Literatur

- [1] DIN 1076: 1999-11: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen - Überwachung und Prüfung, Beuth Verlag, Berlin 1999.
- [2] RI-EBW-PRÜF: Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076, Berlin/Bonn 2017.
- [3] Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie), Ausgabe 05-2011, BMVBS, Berlin/Bonn 2011.
- [4] BEM-ING: Regelungen und Richtlinien für die Berechnung und Bemessung von Ingenieurbauten (noch nicht veröffentlicht).
- [5] BEM-ING, Teil 2: Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (noch nicht veröffentlicht).
- [6] DIN-Fachbericht 101:2009-03: Einwirkungen auf Brücken. Beuth Verlag, Berlin 2009.
- [7] DIN EN 1991-2:2010:12: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken; Deutsche Fassung EN 1991-2:2003 + AC:2010. Beuth Verlag, Berlin 2010.
- [8] DIN EN 1991-2/NA:2011-07: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken. Beuth Verlag, Berlin 2011.
- [9] https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Statistik/Bruecken/Brueckenstatistik.html
- [10] Verordnung (EU) Nr. 1315/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2013 über Leitlinien der Union für den Aufbau eines transeuropäischen Verkehrsnetzes und zur Aufhebung des Beschlusses Nr. 661/2010/EU Text von Bedeutung für den EWR.
- [11] RE-Erhaltung: Richtlinien für die einheitliche Gestaltung von Erhaltungsentwürfen im Straßenbau, Berlin/Bonn 2019.