

Adaptive Brückenbauwerke und modulare Verstärkungskonzepte

Adaptive Bridges and Modular Strengthening Concepts

Busse, D.; Empelmann, M.

Abstract

Bridges are usually designed for an 80 to 100 year design life. Due to a variety of constraints a detailed prediction of traffic growth and future requirements on infrastructure is hardly possible. Therefore, alternative concepts are being developed allowing to react flexible on varying boundary conditions. The main idea is to add a modular system of secondary structures (e. g. struts or trusses) to the primary system with a minimized impact on traffic. Within a research project funded by the BAST, the basic requirements of an adaptive bridge design were explained and a modular strengthening concept was developed. The proposed concepts were studied in detail using a typical box girder bridge.

1. Einführung

Brücken werden heutzutage für eine Nutzungsdauer von 80 bis 100 Jahren konzipiert. Sie sind dabei so zu bemessen und auszubilden, dass sie mit angemessener Zuverlässigkeit die geforderten Gebrauchseigenschaften behalten und den Einwirkungen standhalten, die während ihrer Herstellung und Nutzung auftreten. Dies setzt eine hinreichend genaue Vorhersage der Verkehrsentwicklung, möglicher Ausbaumaßnahmen usw. voraus. Derartige Voraussagen sind über längere Zeiträume nur schwer möglich. In der Folge rückt aktuell die Instandsetzung und Verstärkung von bestehenden Brücken zunehmend in den Fokus. Die dabei erforderlichen Maßnahmen erfordern meist massive Eingriffe in den Bestand sowie eine erhebliche Einschränkung der verkehrlichen Nutzung.

2. Adaptive Brückenbauwerke

Im Rahmen des BAST-Innovationsprogramms „Adaptive und intelligente Brücken der Zukunft“ wurde am iBMB, Fachgebiet Massivbau in Kooperation mit Hochtief Consult die konstruktive Adaption von Straßenbrücken untersucht /1/.

Die konstruktive Adaption wurde im Rahmen der Projektbearbeitung definiert /2/. Eine adaptive Brücke kann einfach und schnell für z. B. erhöhte Beanspruchungen

(infolge Verkehr, Temperatur etc.), eine Erweiterung der Verkehrsfläche (zusätzliche Fahrspur, Verbreiterung des Überbaus etc.) oder der Brückenausstattung (Lärmschutzwände, Leiteinrichtungen etc.) angepasst werden.

Um derartige Adaptionen schnell und einfach ausführen zu können, müssen ergänzende Bauelemente zu einem beliebigen Zeitpunkt und während der Nutzung mit der vorhandenen Struktur verbunden werden können und in der Lage sein, zuverlässig die einwirkenden Lasten aufzunehmen. Den Anschlusspunkten kommt damit eine besondere Bedeutung zu. Sie müssen bei der Errichtung der Brücke vorbereitet und einfach zugänglich sein, um einen späteren Eingriff in den Bestand sowie vor allem eine Beeinflussung der Nutzung zu vermeiden (Bild 1).

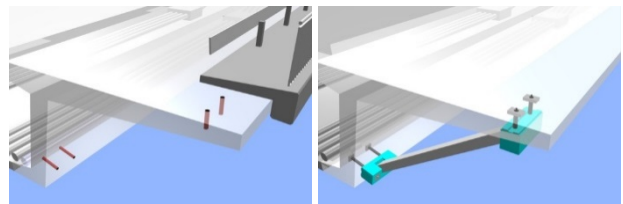


Bild 1: Adaptive Brücke mit Leerrohren für die nachträgliche Ergänzung einer Druckstrebe /3/

3. Modulare Verstärkungskonzepte

Neben der Definition adaptiver Brückenbauwerke wurde aus aktuell und potentiell im Brückenbau einsetzbaren Verstärkungsmaßnahmen ein Maßnahmenkatalog zur Anpassung der Brückeneigenschaften abgeleitet. Hierbei wurde neben der statischen Wirksamkeit auch die konstruktive Durchbildung der Maßnahmen betrachtet. Des Weiteren wurde auf bauverfahrens- und betriebstechnische Aspekte eingegangen. Neben diesen klassischen Punkten, die auch bei aktuellen Verstärkungsmaßnahmen wichtige Bewertungskriterien darstellen, wurden mit Blick auf die Entwicklung modularer Verstärkungskonzepte zusätzlich die Kombinationsmöglichkeiten der untersuchten Maßnahmen betrachtet.

Im Rahmen des Projektes wurden so zahlreiche standardisierte Adaptionenmaßnahmen entwickelt. In Bild 2 und 3 sind diese für die Adaption einer Hohlkastenbrücke aus-

zugsweise dargestellt. Die Maßnahmen können durchgehend einzeln oder kombiniert eingesetzt werden. Der Anschluss an das Bestandsbauwerk erfolgt immer in lokalen Anschlusspunkten. Die Bauteile werden unter der Brücke bzw. seitlich oder innerhalb des Querschnitts angeschlossen, um so Kollisionen mit z. B. Spanngliedern oder Entwässerungsleitungen zu minimieren.

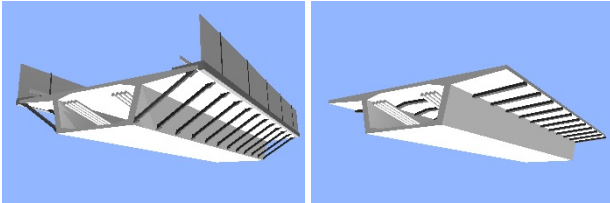


Bild 2: Verstärken einer Hohlkastenbrücke in Querrichtung durch stützende Streben (links) oder durch Rippen unter der Fahrbahnplatte (rechts)

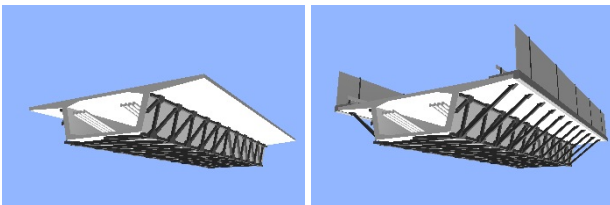


Bild 3: Verstärken einer Hohlkastenbrücke in Längsrichtung durch räumliche Fachwerke (links) und Kombination von Maßnahmen (rechts)

4. Exemplarische Umsetzung

Um die Möglichkeiten und Grenzen einer konstruktiven Adaption exemplarisch aufzuzeigen, wurde eine Modellbrücke nach aktuellem Stand der Technik bemessen. Im Anschluss wurden Adaptionmaßnahmen für zwei repräsentative Szenarien betrachtet und ihre Wirksamkeit ermittelt. Das erste Szenario beinhaltete den Ersatz der Kappen, die Ergänzung eines zusätzlichen Fahrstreifens, die Ergänzung einer Lärmschutzwand sowie den Ersatz der Stahl- durch eine Betonschutzeinrichtung (Bild 4). Für das zweite Szenario wurde zusätzlich die Verkehrslast um 30 % erhöht.

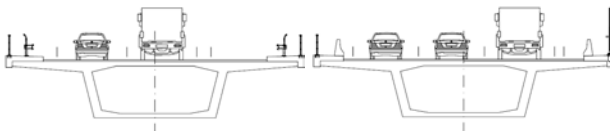


Bild 4: Definition eines repräsentativen Adaptionsszenarios /3/

Auf Basis der beiden Szenarien wurden die Defizite der Modellbrücke ermittelt (u. a. Momentenbeanspruchung in Querrichtung, Querkraftbeanspruchung in Längsrichtung).

Zum Ausgleich dieser Defizite wurden wiederum Adaptionmaßnahmen gewählt, bemessen und konstruktiv detailliert.

Für die Querrichtung ergab sich, dass vor allem stützende Streben sowie Verstärkungsrippen unter den Kragarmen zur Kompensation der Defizite geeignet waren (Bild 2). In Längsrichtung konnte die Wirksamkeit einer räumlichen Fachwerkstruktur (Bild 3) in Kombination mit einer zusätzlichen externen Vorspannung nachgewiesen werden. Zudem konnte gezeigt werden, dass sich die zusätzlichen Aufwendungen zur adaptiven Gestaltung der Modellbrücke, d. h. vor allem zur Vorbereitung von Anschlusspunkten, im untersuchten Fall zu nur etwa 4% der Gesamtkosten ergaben.

5. Fazit

Mit dem Konzept der adaptiven Brücken wurde eine Möglichkeit zur präventiven Gestaltung von Brückenneubauten entwickelt, die eine flexible und individuelle Anpassung der Brückeneigenschaften ermöglicht. Hierzu sind am Neubauwerk bereits während der Herstellung vorbeugende bzw. vorbereitende Bauelemente (z. B. Leerrohre, Ankerplatten, zusätzliche Betonstahlbewehrung) vorzusehen. Diese Vorbereitung minimiert neben dem Eingriff in den Bestand vor allem die negative Beeinflussung des laufenden Verkehrs. Der Aufwand für diese Präventivmaßnahmen ist verhältnismäßig gering und betrug für die untersuchte Modellbrücke nur etwa 4% der Gesamtkosten.

In Kombination mit modularen Verstärkungskonzepten, die vor allem den Anschluss externer Elemente (Streben, Rippen und Fachwerke in Betonfertigteilbauweise) vorsehen, steht somit ein schlüssiges Gesamtkonzept zu Errichtung zukunftsfähiger Brücken zur Verfügung.

6. Literatur

- /1/ Empelmann, M.; Busse, D.; Hamm, S.; Zedler, T.; Girmscheid, M.: Adaptive "Tube-in-Tube"-Brücken. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Heft B 102, Juli 2014.
- /2/ Empelmann, M.; Busse, D.; Hamm, S.; Girmscheid, M.; Zedler, T.: Strengthening of box Girders using adaptive "tube-in-tube" concepts. IABMAS 2012, 8.-12. Juli 2012, Stresa, Italien, Paper No. 1664.
- /3/ Girmscheid, M.; Busse, D.; Zedler, T.; Empelmann, M.; Hamm, S.: Adaptive Brückenbauwerke unter Verwendung modularer Verstärkungskonzepte. "Adaptive Tube-in-Tube Brücken". In: Beton- und Stahlbetonbau 108 (2013), S. 227–236.