



Foto: Meier

Ertüchtigung der Brücken in Nordrhein-Westfalen

In der Diskussion über den Einsatz von Giga-Linern wurde untersucht, wie es um die Tragfähigkeit der Brücken im Straßennetz bestellt ist. Die Untersuchungen zeigen, dass nicht erst bei Fahrzeugen mit Gesamtgewichten von bis zu 60 Tonnen Probleme zu erwarten sind. Durch den täglichen Verkehr, insbesondere den Güterverkehr, haben die Brücken „schwer zu tragen“. Dies gilt vor allem für Autobahnen, aber auch für stark befahrene Bundes- und Landesstraßen. Noch sind alle bestehenden Brücken auch dank regelmäßiger Wartung und Unterhaltung stand- und verkehrssicher. Damit das so bleibt, sind große Anstrengungen nötig.

Von **Dr.-Ing. Karlheinz Haveresch** und **Dr.-Ing. Gero Marzahn**

Veranlassung zur Überprüfung der Straßenbrücken

Die meisten Brücken des Autobahnnetzes wurden zwischen 1960 und 1980 errichtet. Sie stammen aus einer Zeit, die durch sparsamen Baueinsatz geprägt war. Mit einem Alter von 30 bis 50 Jahren haben diese Brücken bereits einen großen Teil ihrer geplanten Nutzungszeit erfüllt (s. **Abb. 1**, nächste Seite).

Die in die Brücken eingeplanten Tragreserven sind auf Grund der ungebremsten Zunahme des Güterverkehrs sowie der wachsenden Anzahl an Schwervertransporten mit Gewichten von oft mehr als 150 Tonnen allmählich aufgebraucht. Bis 2050 ist für den Güterverkehr eine weitere Steigerung des Schwerverkehrs auf deutschen Autobahnen von mehr als 50 Prozent zu erwarten. Das Güteraufkommen wird von heute 3,7 Milliarden Tonnen auf rund 5,5 Milliarden Tonnen ansteigen. Die Güterverkehrsleistung wächst in dieser Folge bei längeren

Transportwegen sogar von derzeit 600 Milliarden auf dann mehr als 1.200 Milliarden Tonnenkilometer an [1].

Da eine große Zahl der Brücken des Bestands für geringere Belastungsklassen gebaut wurde und die dabei zugrunde gelegten Regeln für die Brückensatik oft nicht mehr den heutigen Anforderungen genügen [2], ergibt sich ein direkter Handlungsbedarf. Beispielsweise bei Staus auf den Autobahnen können sich aufgrund der zunehmenden Güterverkehrsdichte kritische Ansammlungen von Schwerverlastfahrzeugen ergeben. Aber auch kleinere Brücken können durch die Schwerverlastfahrzeuge überbeansprucht werden. Sie müssen daher gegebenenfalls durch verkehrsbeschränkende Maßnahmen gesichert werden.

Aber nicht allein eine höhere Belastung, sondern vielmehr die Kombination aus höherer Belastung und überholtem technischen Standard ist für viele Bauwerke kritisch. Nach den Untersuchungen der Bundesanstalt für Straßenwesen hat sich herausgestellt,

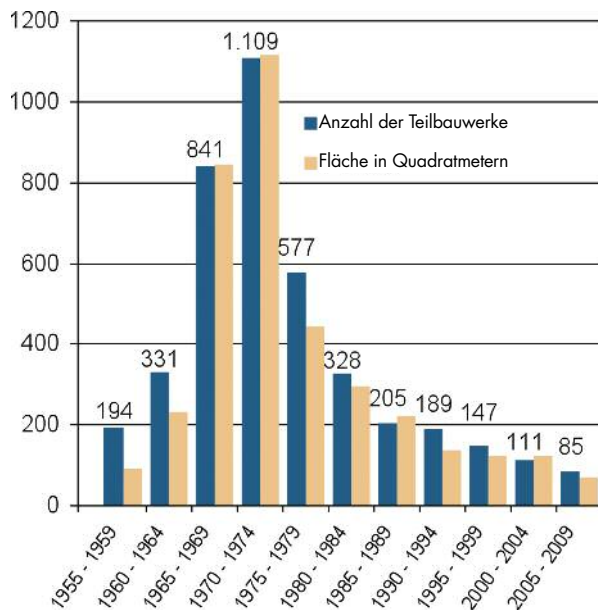


Abb. 1: Altersstruktur der Brücken im Zuge von Bundesautobahnen in NRW

dass vor allem die langen Brücken unter den wachsenden Verkehrsmengen leiden. Schlussfolgernd muss festgehalten werden, dass viele ältere Brücken ausgeprägte Defizite in der Gebrauchstauglichkeit aber auch in der Tragfähigkeit besitzen können, die durch eine Nachrechnung aufgedeckt und durch eine Verstärkung behoben werden müssen. Allen Beteiligten ist bewusst, dass es oftmals nicht bei reinen Verstärkungsmaßnahmen bleiben wird, sondern dass im Rahmen der wirtschaftlichen Abwägung auch Ersatzneubauten angegangen werden müssen. Nordrhein-Westfalen ist aufgrund des hohen Schwerverkehrsaufkommens und der Altersstruktur seiner Autobahnen und Bundesstraßen das mit Abstand am stärksten betroffene Bundesland.

Arbeitsprogramm

Eine „Projektgruppe Brückenertüchtigung“ hat bei Straßen.NRW die Aufgabe übernommen, vorrangig die Autobahnbrücken in statischer Hinsicht zu überprüfen und nachzurechnen und auf dieser Grundlage Maßnahmen einzuleiten. Damit erarbeitet sie die Basis für eine systematische Brückenertüchtigung

Eine Brückenertüchtigung ist komplex und bedeutet beispielsweise für die Autobahnbrücken, dass die Tragfähigkeit der bestehenden Brücken während aller weiteren Bauphasen noch so groß sein muss, dass eine Baustellenverkehrsführung (in der Regel zwei Fahrstreifen für Lkw und zwei Fahrstreifen für Pkw auf einem Überbau) für die Aufrechter-

haltung des Verkehrs während der Brückenerneuerung verantwortbar ist. In dieser Nutzungsphase wird ein Brückenbauwerk am stärksten beansprucht.

Aufgrund des sehr großen Bestands an Brücken in Nordrhein-Westfalen muss die Projektgruppe nach einer Prioritätenreihung vorgehen. In einem ersten Arbeitspaket sind 300 Großbrücken zeitnah zu untersuchen (**Abb. 2**). Dabei sollen die Haupttrouten für den Schwerverkehr in Nordrhein-Westfalen (A1, A2, A3 und A40) zuerst bearbeitet werden. Für die sich aus der Überprüfung dieser Brücken ergebenden Ertüchtigungsmaßnahmen wird ein Bauvolumen von 3,5 Milliarden Euro kalkuliert.

Erste Erfahrungen und Verstärkungsbedarf

Die Bundesanstalt für Straßenwesen hat im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums Forschungsaufträge vergeben, um gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse über die Auswirkungen des zunehmenden Schwerlastverkehrs auf den Brückenbestand zu gewinnen und daraus die notwendigen Maßnahmen für die Erhaltung und Ertüchtigung (Verstärkung) dieser Bauwerke ableiten zu können. Der Landesbetrieb Straßenbau NRW hat dabei intensiv mitgewirkt. Es hat sich herausgestellt, dass insbesondere ältere Großbrücken häufig nicht mehr den aktuell gestellten Anforderungen an das Tragwerksverhalten genügen. Die enorme Zunahme des Schwerverkehrs auf den deutschen Fernstraßen ist seinerzeit von den Konstrukteuren schlichtweg nicht vorhergesehen worden. Für die Überbeanspruchungen der älteren Brücken müssen alle und gegebenenfalls bisher nicht genutzte Tragwerksreserven herangezogen werden. Die Reserven der Bauwerke werden dadurch früher als ursprünglich kalkuliert aufgezehrt und stehen nicht mehr für die Kompensation des natürlichen Alterungsprozesses der Bauwerke zur Verfügung.

Die bisher gesammelten Erfahrungen bei der Nachrechnung älterer Brücken haben ergeben, dass die überwiegende Anzahl dieser Bauwerke nur noch begrenzte Zeit uneingeschränkt weiterbetrieben werden kann, wenn sie nicht verstärkt werden. Selbst die elementaren Anforderungen an den Grenzzustand der Tragfähigkeit (z.B. Querkrafttragfähigkeit, Ermüdungssicherheit) sind ohne eine Verstärkung häufig nicht einzuhalten. Konkret zeigen sich regelmäßig folgende Ergebnisse bei der Nachrechnung der Längstragsysteme [3 und 4]:

- Die Verkehrslasten sind heute um etwa 20 bis 30 Prozent höher als früher.
- Der Lastfall Temperatur (z.B. Sonneneinstrahlung) muss gemäß dem geltenden Regelwerk zusätzlich berücksichtigt werden. Es ergeben sich

Schnittgrößen unter Gebrauchsbedingungen, die bis zu 50 Prozent der Schnittgrößen des Lastfalls Verkehr betragen können.

- Bei manchen Brücken ist die Profilverformung statisch nicht berücksichtigt.

Speziell bei Spannbetonbrücken wurden folgende Schwächen aufgedeckt:

- Es fehlt an Vorspannung beim „Dekompressionsnachweis“.
- Der Ermüdungsnachweis ist nicht zu erbringen, die Brücke könnte an den Koppelfugen gefährdet sein (tatsächlich ist die Brücke nur gefährdet, wenn sie Koppelfugrisse hat).
- Es fehlt an Mindestbewehrung.
- Der Nachweis zur Begrenzung der Rissbreiten ist nicht zu erbringen (manche Brücken haben zu große Risse).
- Der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit ist rechnerisch nicht zu erbringen, insbesondere bei Brücken der Baujahre vor 1968 (bei diesen Brücken muss kontrolliert werden, ob sie querkraftbedingte Risse haben).
- Einige ältere Spannstahlsorten können durch Spannungsrissskorrosion gefährdet sein.

Große spezifische Defizite zeigen sich auch bei älteren Stahl- und Verbundbrücken, die häufig sehr filigrane Konstruktionselemente aufweisen. Die Erhöhung der Brückenbeanspruchung durch die Zunahme des Schwerverkehrs, Temperatureinfluss oder Profilverformung wirkt sich analog zu den Spannbetonbrücken aus. Darüber hinaus zeigen sich bei den statischen Nachweisen regelmäßig recht große Defizite bei sicherheitsrelevanten Bemessungsnachweisen, zum Beispiel:

- Tragfähigkeitsnachweise unter Beachtung von Materialabtrag durch Korrosion
- Stabilitätsnachweise (Knicken, Kippen und Beulen)
- Ermüdungsnachweise, insbesondere bei Schweißnähten und Verbunddübeln
- Nachweise der Verbindungsmittel an sich.

Außerdem sind früher Stahlsorten mit spezifischen Schwächen verwendet worden, die heute längst vom Markt verschwunden sind.

Bei der Nachrechnung der Quertragsysteme älterer Brücken stößt man erfahrungsgemäß ebenfalls auf Defizite. Man kann aber durch genauere Berechnungs-

verfahren der Schnittgrößenermittlung und genauere Nachweisführungen (bessere Abschätzung von mitwirkenden Breiten) erheblich günstigere Ergebnisse erzielen, so dass Quertragsysteme weniger problematisch sind.

Aufgrund dieser Ergebnisse besteht dringender Handlungsbedarf. Dies gilt besonders für Großbrücken der Baujahre vor 1980. Die betroffenen Brücken müssen verstärkt werden, damit sie mittelfristig noch für den Verkehr nutzbar bleiben können. Werden die Kosten dieser notwendigen Brückenverstärkung unverhältnismäßig hoch, ist es teilweise wirtschaftlicher, die Brücken zu erneuern.

Verstärkung von Brücken – Stand der Technik

Die Tragwerksverstärkung von Brücken wird bei der Brückenertüchtigung eine zentrale Bedeutung haben, damit ältere Bauwerke überhaupt noch für eine Weiternutzung hergerichtet werden können. Die Methoden der Brückenverstärkung und der Bemessung älterer Brücken für eine mittelfristige Weiternutzung sind in der Praxis noch wenig erprobt.

Üblicherweise werden lokale und globale Verstärkungen unterschieden. Während lokale Verstärkungen sich nur auf die Verbesserung der Tragwerkseigenschaften eines örtlichen begrenzten Bauteils beschränken, verbessern globale Verstärkungen ein

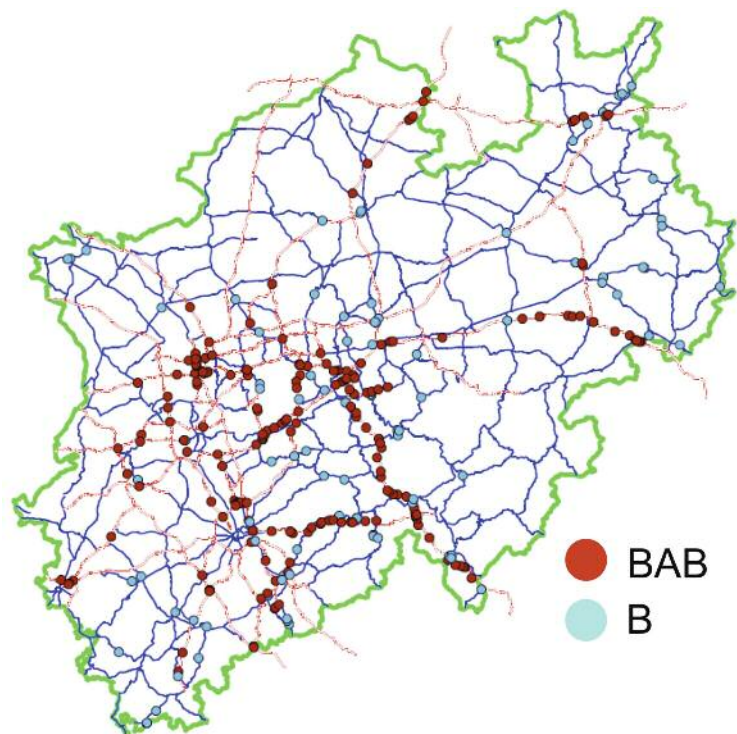


Abb. 2: 308 vordringliche Brücken gemäß BMVBS: Übersichtskarte zur Ertüchtigung des Brückenbestandes an Bundesfernstraßen.

Tragwerk als Ganzes (Längstragsystem, Quertragssystem).

Für globale Verstärkungen von Brücken sind bisher folgende Verfahren gebräuchlich:

- externe Vorspannung mittlerer und größerer Spannbetonbrücken
- aufgeklebte CFK-Lamellen in Längs- und/oder Querrichtung bei Betonbrücken mit Plattenquerschnitt
- bewehrter Spritzbeton für Unterbauten
- bewehrter „Aufbeton“ für kleinere Stahlbetonbrücken mit Platten- oder Plattenbalkenquerschnitt

Für lokale Verstärkungen von Brücken sind bisher folgende Verfahren gebräuchlich:

- eingebaute und mit Injektionsmörtel eingeklebte Bewehrung nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung
- Querschnittsergänzungen durch Beton, PCC (Ersatzbeton) oder Spritzbeton
- externe Vorspannung von Querträgern
- Tragwerksergänzungen mit diversen Stahlbauelementen (Stahlstützen, -träger, Telleranker usw.) oder Betonfertigteilen
- Verstärkung einzelner Koppelfugen mit vorgespannten CFK-Lamellen

Aufgrund der Tatsache, dass sich die beschriebene Erhöhung des Schwerlastverkehrs insbesondere bei den Brücken mit Stützweiten von 35 bis 80 Metern negativ auswirkt, müssen Großbrücken vorrangig verstärkt werden. Betonbrücken mit diesen Stützweiten sind in aller Regel in Spannbetonbauweise ausgeführt worden, so dass Verstärkungstechniken insbesondere für Spannbetonbrücken benötigt werden. In den letzten Jahren hat sich herausgestellt, dass sich dafür die Verstärkung durch externe Vorspannung am besten eignet.

Die Verstärkung von Spannbetonbrücken durch externe Spannglieder wurde ursprünglich entwickelt zur Koppelfugensanierung [5, 6], nachdem andere Verstärkungstechniken (Rissverpressung, Aufkleben von Stahllaschen usw.) nicht den angestrebten Erfolg gebracht hatten. Der Anwendungsbereich für die Verstärkung mit externen Spanngliedern hat sich in den letzten Jahren aber stark ausgeweitet, denn es hat sich gezeigt, dass eine Verstärkungsvorspannung die Defizite des Längstragsystems älterer Spannbetonbrücken beseitigen oder mindestens für eine begrenzte Nutzungsdauer kompensieren kann. Die Biegetragfähigkeit wird vergrößert. Die Defizite bei den Nachweisen der Dekompression, Ermüdung, Mindestbewehrung und Rissbreitenbeschränkung werden beseitigt. Unzulässige Durchbiegungen, die insbesondere bei einigen älteren Überbauten auftreten, können korrigiert werden.

Auch die Querkrafttragfähigkeit wird durch die externe Verstärkungsvorspannung erhöht. Durch umgelenkte Spannglieder können die einwirkenden Querkraften vermindert werden. Die schiefen Hauptzugspannungen im Beton werden außerdem durch die Druckspannungen infolge externer Vorspannung stark verringert. Erfahrungsgemäß ist eine externe Vorspannung ohne Weiteres in der Lage, die Überlastung der älteren Brücken zu kompensieren. Nachweisformate für die Querkraftbemessung, die diese Einflüsse berücksichtigen, werden zurzeit im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen mit Hochdruck erforscht und entwickelt.

Durch die breite Anwendung der externen Vorspannung als Verstärkungstechnik sind konstruktive Detaillösungen für viele Einsatzbedingungen verfügbar und die Ausführungstechnik ist ausgereift. Die Kosten für eine Verstärkung mit zentrisch geführten externen Spanngliedern sind moderat und betragen je Quadratmeter Überbaufläche etwa 50 bis 100 € für Brücken mit Kastenquerschnitt. Bei Brücken mit Plattenbalkenquerschnitt sind die Kosten tendenziell etwas höher zu veranschlagen.

Literatur

- [1] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.): Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs bis 2050. ProgTrans AG, Zürich (Schweiz); Berlin, Mai 2007
- [2] Naumann, J.: Brücken und Schwerverkehr – Strategie zur Ertüchtigung des Brückenbestands in Bundesfernstraßen. Bauingenieur 85 (2010), Nr. 5, S. 210-216
- [3] Kordina, K.: Schäden an Koppelfugen. Beton- und Stahlbetonbau 74 (1979), Heft 4, S. 95-100
- [4] König, G.; Maurer, R.: Sicherheit von Spannbetonbrücken. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 590, 1990
- [5] Haveresch, K.-H.: Nachrechnen und Verstärken älterer Spannbetonbrücken, Beton- und Stahlbetonbau 106 (2011), Heft 2, S. 89 bis 102
- [6] Iványi, G.; Buschmeyer, W.: Additional External Prestressing of Bridge Superstructures under Traffic Conditions, In: Structural Concrete 1994-1998, Deutscher Beton-Verein E.V., 1998, S. 129-133