

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Marzahn, G.

Ermittlung von Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit von Brücken im Bestand

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102105>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Marzahn, G. (2010): Ermittlung von Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit von Brücken im Bestand. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Erhaltung von Wasserbauwerken und Brücken. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 11-16.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Dr.-Ing. G. Marzahn, Straßen-NRW, Gelsenkirchen

Ermittlung von Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit von Brücken im Bestand

Zusammenfassung

Mit der Analyse des Verkehrsgeschehens auf deutschen Autobahnen ist offenkundig geworden, dass die seinerzeit in die Brücken eingeplanten Tragfähigkeitsreserven aufgrund des stark gestiegenen Verkehrsaufkommens insbesondere des Schwerverkehrs, gesteigener Achs- und Gesamtgewichte der Fahrzeuge, aber auch aus der sich entwickelnden Bautechnik und des Fortschritts der technischen Normung im Vergleich zu den heutigen Anforderungen an Ingenieurbauwerke allmählich aufgebraucht sind.

Zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit des Netzes sind daher Ertüchtigungsmaßnahmen mit dem Ziel einer Tragfähigkeitsverbesserung mit üblichen Instandsetzungsmaßnahmen zu kombinieren.

Eine grundlegende Voraussetzung dafür ist eine zutreffende Bewertung der Bauwerke hinsichtlich Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit und Ermüdungssicherheit unter Berücksichtigung des vorhandenen Bauwerkzustands.

Die Nachrechnungsrichtlinie soll für Bewertung der Bauwerke einheitliche Standards vorlegen, damit die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit bestehender Straßenbrücken insbesondere unter Berücksichtigung des gestiegenen Verkehrsaufkommens und der Fortentwicklung der Bautechnik realistisch beurteilt werden können und die Nachrechnungsergebnisse für eine Entscheidungsfindung nachvollziehbar und vergleichbar werden.

1 Einleitung

Gegenwärtig gelten in Deutschland für die Bemessung und Konstruktion von Straßenbrücken europäisch ausgerichtete Bemessungsnormen in Form der DIN Fachberichte. Die dort enthaltenen Regelungen sind jedoch auf den Brückenneubau ausgerichtet und erfassen nicht die Besonderheiten des Brückenbestandes.

Während in der Vergangenheit auf die Nachrechnung von Straßenbrücken insbesondere durch den Ansatz von Nachrechnungsklassen für die Verkehrseinwirkung näher eingegangen wurde, ist diese Vorgehensweise in den DIN Fachberichten nicht vorgesehen. Folgerichtig führt der Ansatz der DIN Fachberichte in der Nachrechnung oft nicht zum erhofften Ergebnis.

Hier einzugreifen ist die Aufgabe der Nachrechnungsrichtlinie. Neben der gezielten Modifikationen von Lastansätzen oder auch der Nachweisführung sollen technisch abgesicherte alternative Nachweisverfahren zum Einsatz kommen können, um ggf. die Nachweisführung positiv beeinflussen zu können bzw. eine erforderliche und technisch mögliche Verstärkung planen zu können.

2 Konzept der Nachrechnungsrichtlinie

2.1 Erfordernis und Zielstellung der Nachrechnungsrichtlinie

Die Nachrechnungsrichtlinie verfolgt das Ziel, die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit bestehender Straßenbrücken realistisch zu beurteilen, um vorhandene Defizite zu erkennen und das Bauwerk ggf. zu ertüchtigen.

Sie bietet darüber hinaus Hilfestellung für eine möglichst wirklichkeitsnahe Beurteilung des Bauwerks auch unter Berücksichtigung der Fortentwicklung der Bautechnik, des technischen Regelwerks, aber auch der gestiegenen Anforderungen hinsichtlich der zu erwartenden Verkehrsentwicklung insbesondere des Güterverkehrs im Vergleich zu den Randbedingungen, die der seinerzeitigen Bauwerkserstellung zugrunde lagen. Sie fördert die ingenieurmäßige kritische Auseinandersetzung mit dem Bauwerk, entbindet jedoch nicht den erfahrenen Planer und Ingenieur von einer selbständigen Bewertung der Ergebnisse, die nach wie vor eine verantwortungsvolle Ingenieuraufgabe darstellt.

Die Nachrechnungsrichtlinie ist insbesondere erforderlich, weil bei der Bewertung bestehender Straßenbrücken gegenüber Brückenneubauten weitere und zum Teil andere Parameter zu berücksichtigen sind. Dazu zählen z.B.:

- 1) Bei der Planung von Neubauten kann der Entwicklung des Regelwerks i.d.R. gefolgt werden, wohingegen deren Umsetzung – unter der Voraussetzung des Vorliegens zwingender Gründe – bei Bestandsbauwerken meist nur zu unverhältnismäßigen Kosten möglich ist.
- 2) Bei der Planung von Neubauten kann der jeweilige Stand der Technik beachtet werden (Werkstoff, Konstruktion und Ausführung), wohingegen bei Bestandsbauwerken auf die seinerzeitigen Regelungen und Vorschriften Rücksicht genommen werden muss.
- 3) Während bei der Dimensionierung von Neubauten zufälligen und z.T. unbekanntem Einflüssen durch die Vorgabe von bestimmten Sicherheitsfaktoren Rechnung getragen werden muss, sind diese Einflüsse bei Bestandsbauwerken bekannt und können daher direkt berücksichtigt werden.
- 4) Bei der Bewertung von Bestandsbauwerken ist der jeweils aktuelle Bauwerkszustand einzubeziehen.
- 5) Bei der Bewertung sind auch die in der Praxis bisher gesammelten Erfahrungen zur vorliegenden Tragwerksart, Querschnittsform, Bauverfahren etc. angemessen zu berücksichtigen.

Aus der Gesamtheit aller gewonnenen Erkenntnisse lassen sich im Zuge der Nachrechnung Rückschlüsse ziehen, um ein zutreffendes Urteil für das betrachtete Einzelbauwerk abgeben zu können.

2.2 Verstärkungsszenarien

Unser Straßennetz muss zukunftsfähig ausgerichtet sein. Daher sollen etwaige Verstärkungsmaßnahmen den aktuellen Verkehr und je nach Randbedingung auch einen abschätzbaren zukünftigen Verkehr abdecken.

Das administrativ den Nachrechnungen vorzugebende Verkehrslastmodell bzw. das anzustrebende Verkehrslastniveau leitet sich aus der Straßenkategorie, der Schwerverkehrsbelastung und ggf. weiterer Parameter ab. Als generelles Niveau für die Verkehrseinwirkung bei der Nachrechnung gilt daher, sofern keine Einschränkung der Restnutzungsdauer von vornherein eingeplant wird oder die Strecke nur untergeordnete verkehrliche Bedeutung für den Schwerverkehr besitzt, mindestens das Verkehrslastmodell LM1 gemäß DIN Fachbericht 101:2009.

Bei nur mäßiger verkehrlicher Bedeutung oder vor dem Hintergrund einer begründet kürzeren Restnutzungsdauer (Ausbaupläne der Strecke) kann alternativ zum vorhergehenden Ansatz das Lastmodell BK 60/30 oder im Ausnahmefall BK 60 vereinbart werden. Hierzu bedarf es jedoch einer Abstimmung mit dem Baulastträger, weil hinsichtlich der erwarteten Verkehrsentwicklung die Restnutzungsdauer wahrscheinlich eingeschränkt werden muss, wenn nicht von vornherein nur ein Übergangszeitraum überbrückt werden soll. In diesen Fällen ist sicher zu stellen, dass die Bauwerke für die angestrebte Übergangszeit ertüchtigt werden. Hierbei wird die Restnutzungsdauer allein aus der Sicht zur zukünftigen Verkehrsentwicklung gesehen, d.h. die Frage der Abdeckung der tatsächlichen Verkehrsbeanspruchung durch das favorisierte Verkehrslastmodell beantwortet. Eine Unterschreitung des Verkehrslastmodells BK60/30 nach DIN 1072:1985 wird nicht empfohlen.

2.3 Konzept der Nachrechnung

Bei der Nachrechnung von Straßenbrücken handelt es sich um ein abgestuftes Verfahren, bei dem im Laufe der Bearbeitung die Intensität zunimmt und die Nachweisführung im Vergleich zum normativen Vorgehen modifiziert wird. Die Modifizierungen können sowohl die Einwirkungsseite, die Widerstandseite wie auch die Nachweise selbst erfassen, ohne jedoch das in den Bemessungsnormen geforderte Sicherheitsniveau einzuschränken.

Es ist vorgesehen, alle Nachweise im semiprobabilistischen Nachweisverfahren zu führen (Bild 1). Zum einen spiegelt das Teilsicherheitskonzept den Stand der Wissenschaft wider, zum anderen sind durch die Anwendung von Teilsicherheitsfaktoren vielfach Möglichkeiten gegeben, in den Nachweisgang gezielter und behutsamer einzugreifen, als dies mit einem globalen Sicherheitsfaktor der Fall wäre.

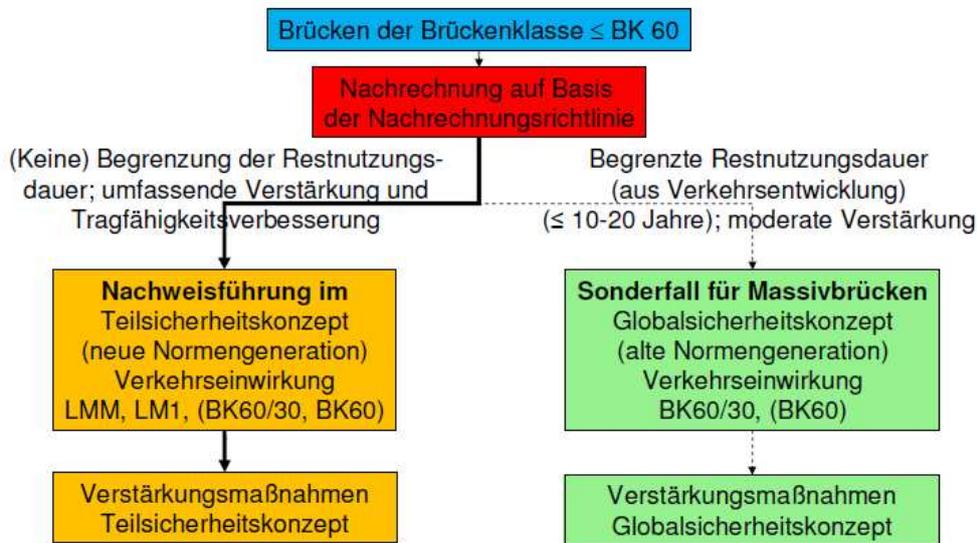


Bild 1: Grundkonzept der Nachrechnung von Straßenbrücken

Nur für Massivbrücken soll darüber hinaus nach gegenwärtigem Stand ein Nachweis im alten Normungssystem ermöglicht werden; hierbei ist allerdings generell ein Ziellastniveau BK60/30 anzustreben. Die Restnutzungsdauer wird zugleich aus Gründen der erwarteten Verkehrsentwicklung bei höherwertigen Strecken auf ca. 15-20 Jahre eingeschränkt. Im Ausnahmefall wird für einzelne Bauwerke die Brückenklasse 60 aufrecht erhalten bleiben müssen, allerdings mit der Einschränkung der Restnutzungsdauer auf etwa 10 Jahre.

Entsprechend dem Detaillierungsgrad der Berechnung und den umfangreicher werdenden Nachweismodifikationen wird eine 4-fache Stufung in der Nachweisführung vereinbart (Bild 2):

Stufe 1: Standardberechnung DIN Fachbericht oder Eurocode

Die Stufe 1 entspricht dem Vorgehen wie beim Brückenneubau. Es sind die Einwirkungen wie auch die Nachweisformen der DIN Fachberichte bzw. zukünftig der Eurocodes zu verwenden. In Stufe 1 müssen sowohl Tragfähigkeit als auch Gebrauchstauglichkeit ohne jegliche Einschränkung nachgewiesen werden.

Stufe 2: Nachweis mit Regelungen der DIN Fachberichte + Regelungen der Nachrechnungsrichtlinie

In der Stufe 2 ist das Lastniveau LM1 aus DIN-Fachbericht 101:2009 zu berücksichtigen. Die Stufe 2 grenzt sich von der Stufe 1 dadurch ab, dass zusätzlich zu den normativ geforderten Nachweisen auch spezielle Regelungen der Nachrechnungsrichtlinie zu beachten sind. Dadurch soll die Nachweisführung gezielt modifiziert werden können, so dass Nachweise, die nach Stufe 1 nicht erbracht werden konnten, nun ggf. erfüllbar werden.

Zur Steuerung der Stärke des Eingriffs in die Nachweisführung sind vier Unterteilungen vorgenommen worden: Stufe 2a, 2b, 2c und Stufe 2d (Bild 2). Während bei Stufe 2a die Modifikationen in der Nachweisführung keine Herabsetzung der planmäßigen Nutzungsdauern bewirken, können in den Nachweisstufen 2b bis 2d derartige Einschränkungen notwendig

werden. Geeignete Kompensationsmaßnahmen können sich positiv auf die Restnutzungsdauern auswirken.

Darüber hinaus besteht in der Nachweisstufe 2c die Möglichkeit, die Verkehrseinwirkung auf die BK60/30 umzustellen, sofern die Nachweise mit dem LM1 nicht erbracht werden können. Die Nachweisführung darf dann ab diesem Schritt entweder im Teilsicherheitssystem mit den geltenden DIN Fachberichten (vorzugsweise) oder im alten System mit globalen Sicherheitsfaktoren gemäß den seinerzeitigen Bemessungsnormen (Stand 2003) erfolgen.

Für den Ausnahmefall darf in Stufe 2d das Lastmodell der Brückenklasse 60 unter Beachtung einer Restnutzungsdauer von etwa 10 Jahren berücksichtigt werden, sofern die Nachweise mit dem LM 1 oder BK60/30 nicht erbracht werden können und weitergehende Einschränkungen infolge des Nachrechenergebnisses nicht erforderlich werden. Bei der Stufe 2d ist insbesondere mit umfangreichen Kompensationsmaßnahmen zu rechnen, so dass im Allgemeinen von einer sehr kurzen Restnutzungsdauer ausgegangen werden muss.

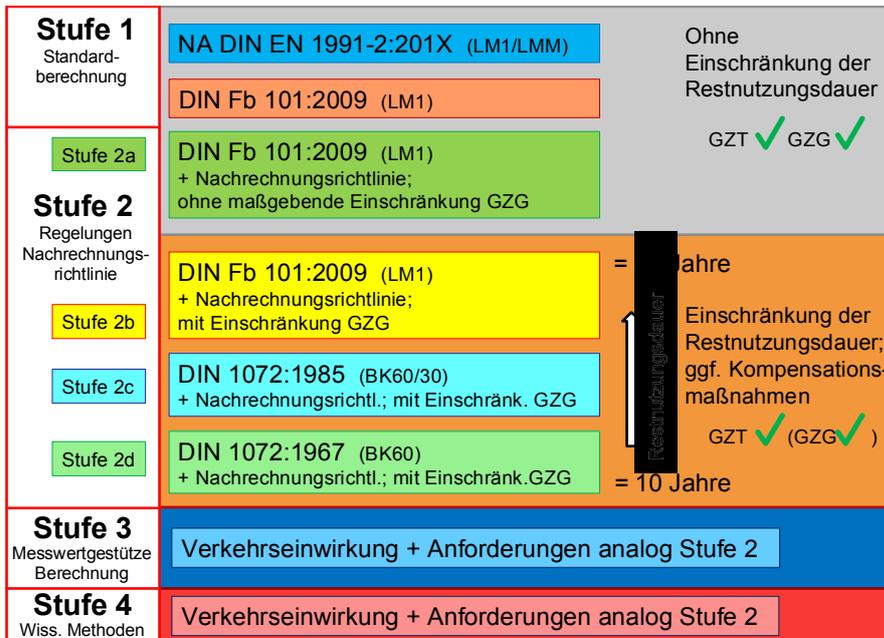


Bild 2: Schema der Nachrechnung von Straßenbrücken für Strecken mit hohem Schwerverkehrsanteil

Sofern die Verkehrslastmodelle BK60/30 oder BK60 im Teilsicherheitssystem nachgewiesen werden, werden die Teilsicherheitsbeiwerte für die Verkehrseinwirkung auf jeweils 1,50 analog dem DIN Fachbericht 101:2009 festgesetzt. Die Eigengewichtslast wird mit 1,35 abgesichert.

Stufe 3: Messwertgestützte Berechnung

Bei Berechnungen nach Stufe 3 werden am Bauwerk ermittelte Messergebnisse in der weiteren Nachweisführung berücksichtigt. Durch die Messung erfasst man das tatsächliche Tragverhalten unter Gebrauchslasten und erhält Hinweise für eine realistischere Erfassung der Tragwerksbeanspruchungen.

Stufe 4: Nachweisführung mit genaueren wissenschaftlichen Methoden

In der Stufe 4 dürfen wissenschaftliche Methoden, wie z.B. spezielle geometrisch und physikalisch nichtlineare Verfahren, zum Nachweis ausreichender Tragsicherheit verwendet werden. Der Nachweis ausreichender Tragsicherheit darf ggf. durch direkte Ermittlung der rechnerischen Versagenswahrscheinlichkeit mit Hilfe probabilistischer Methoden geführt werden. Die Stufe 4 ist nur in Abstimmung mit dem Baulastträger anzuwenden.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Die Nachrechnungsrichtlinie wird derzeit erarbeitet. Wesentliche Kapitel, insbesondere zu den einzelnen Bauweisen, sind bereits weit gediehen, jedoch konnten noch nicht alle vorgesehenen Kapitel in der zur Verfügung stehenden kurzen Zeitspanne umfassend fertig gestellt werden. Weitere Schritte, z.B. alternative Nachweismethoden, werden entwickelt und durch initiierte Forschungsvorhaben wissenschaftlich abgesichert, bevor sie nach mehreren Pilotanwendungen in die Nachrechnungsrichtlinie integriert und allgemein anwendbar werden.

Die Richtlinie ist kompakt und praxisfreundlich aufgebaut. Für weitergehende Fragen oder auch für zukünftige Fortschreibungen ist das den einzelnen Regelungen unterlegte Hintergrundwissen in einem Hintergrundbericht in einer Anlage zusammengefasst. Ablaufdiagramme runden das Bild ab.

Die Arbeitsgruppe, die sich der Erstellung der Nachrechnungsrichtlinie verschrieben hat, ist interdisziplinär aus Vertretern der Straßenbauverwaltungen, der Wissenschaft und von Ingenieurbüros zusammengesetzt. All Ihnen gilt mein Dank.

4 Literatur

DIN 1072:1967-11: Straßen- und Wegbrücken. Lastannahmen.

DIN 1072:1985-12: Straßen- und Wegbrücken. Lastannahmen.

DIN Fachbericht 101:2009-03: Einwirkungen auf Brücken.