

Entwicklung lebensdauerorientierter Entwurfsstrategien für Brückenbauwerke

Development of Service-Life-Design Strategies for Bridges

Empelmann, Martin; Heumann, Gunnar

Abstract

In future the existing road bridges will require enormous maintenance and repair measures. Therefore and with regard to the expected life-time of 100 years, Service-Life-Design-Strategies for new bridges have to be developed, which focus on durability and low-maintenance constructions. The present paper deals with some key aspects of such bridge design, which are currently investigated at the iBMB. By the use of a probabilistic service-life-design it is possible to obtain specific information about the considered structural element and proposed optimization measures can be quantified.

1. Einleitung

Brückenbauwerke sind ein wesentlicher Bestandteil der Verkehrsinfrastruktur eines Landes. Ihre monetäre Bedeutung für die Leistungsfähigkeit eines Wirtschaftsraumes übersteigt um ein Vielfaches ihr eigenes Anlagenvermögen, welches allein im Bundesfernstraßennetz annähernd 40 Mrd. Euro beträgt und sich dabei auf ca. 36.000 Brückenbauwerke aufteilt. Vor dem Hintergrund der Unterhaltung und Instandsetzung des großen Bauwerksbestandes besteht die Notwendigkeit, Konzepte für den Neubau von Brückenbauwerken zu entwickeln, die den Aspekt der Nachhaltigkeit berücksichtigen und so zu lebenszyklusgerechten Bauwerken führen. Am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Fachgebiet Massivbau, der TU Braunschweig wurden dahingehende Ansätze entwickelt.

2. Lebensdauer maßgebender Bauteile von Stahlbeton- und Spannbetonbrücken

Brücken sind entsprechend nationaler Vorgaben i. d. R. für eine Nutzungsdauer von 100 Jahren auszulegen. Dies entspricht der doppelten Nutzungsdauer üblicher Hochbauten und bedingt besondere qualitätsbildende Maßnahmen bzw. Strategien, um die Dauerhaftigkeit, d. h. Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, über die Lebensdauer des Bauwerks sicherzustellen.

Auszüge aus dem Ergebnis einer umfangreichen Literaturrecherche und einer begleitenden Systemanalyse zu

den derzeit realisierten mittleren Lebensdauern von Brückenkomponenten (d. h. mittlere Nutzungszeit ohne die Durchführung von Instandsetzungsmaßnahmen) enthält Tabelle 1. Hieraus ist einerseits zu erkennen, dass die durchschnittlichen Lebensdauern sehr stark streuen. Andererseits ist auch erkennbar, dass durch die aktuell angewendeten Entwurfsstrategien für Brückenbauwerke die geforderte Lebensdauer nicht erreicht wird. Dies hat zur Folge, dass kostenintensive Instandsetzungsmaßnahmen (ggf. auch mehrmalig) durchzuführen sind. Die an den Betonoberflächen auftretenden Schäden werden primär durch chlorid- oder carbonatisierungsinduzierte Korrosion des Bewehrungsstahls (Anteil ca. 70 %) verursacht.

TABELLE 1: Anhaltswerte für die mittlere Lebensdauer von Brückenkomponenten

Bauteilgruppe	Lebensdauer
Unterbau Beton (spritzwasserunbel.)	80 bis 110 Jahre
Unterbau Beton (spritzwasserbel.)	40 bis 60 Jahre
Überbau Beton	70 bis 100 Jahre
Betonkappen	25 bis 50 Jahre

3. Ansätze für die Errichtung lebensdauerorientierter Brückenbauwerke

Ansätze für die Verlängerung der Lebensdauer und Steigerung der Dauerhaftigkeit lassen sich zahlreich in der Literatur finden. Für eine systematische Entwicklung lebensdauerorientierter Entwurfskonzepte ist jedoch ein strukturiertes Vorgehen notwendig. Unter Berücksichtigung, dass viele Faktoren durch spätere Nutzungseinflüsse bereits vorgegeben sind, reduziert sich die Auswahl möglicher Ansätze für die Verlängerung der Lebensdauer und die Steigerung der Dauerhaftigkeit auf wenige, wesentliche Einflussparameter. Dies sind:

- Baustoffe: z. B. Optimierung der Betonzusammensetzung (Zementart und -gehalt, w/z-Wert, Betonzusatzstoffe) und Einsatz von Hochleistungsbetonen (hochfester, ultrahochfester, „dichter“ normalfester Beton, Faserbeton),

- Form von Bauteilen und bauliche Durchbildung: z. B. Wahl kompakter Querschnittsformen ggf. mit einer erhöhten Betondeckung, und
- Qualität der Bauausführung: z. B. Vermeidung von Bewehrungs- und Betonierfehlern bei der Bauausführung durch strenge Bauüberwachung, Ausführung einer intensiven Nachbehandlung, Verwendung von Fertigteilen aufgrund der höheren Ausführungsqualität, Gebrauch eines Qualitätsmanagement-systems.

Aktuelle Forschungsergebnisse, z. B. /1/ und /2/, zeigen, dass für eine differenzierte Bewertung dieser Ansätze erfolgreich die Modelle zur probabilistischen Lebensdauerprognose genutzt werden können. Diese sind in /3/ beschrieben.

In Bild 1 wird an einem typischen Brückenwiderlager im Bereich einer Straßenquerung exemplarisch das Risiko der chloridinduzierten Bewehrungskorrosion (Expositions-kategorie XD2) betrachtet und die Auswirkungen beton-technologischer Maßnahmen (hier: Wasserbindemittelwert) unter Anwendung der probabilistischen Lebensdauerprognose untersucht.

Wird der w/b-Wert für das hier betrachtete Bauteil entsprechend den Mindestanforderungen nach DIN-Fachbericht 102 mit 0,5 festgelegt, so wird unter Berücksichtigung der ansonsten baupraktisch festgelegten Randbedingungen nach 100 Jahren die Zielvorgabe an den Zuverlässigkeitsindex lediglich zu ca. 70 % erfüllt. Sofern der Zielzuverlässigkeitsindex bezogen auf eine Nutzungsdauer von 100 Jahren unter Verwendung der ansonsten gleichen Betonrezeptur eingehalten werden soll, muss der Wasserzementwert mit ca. $w/b = 0,45$ (ca. 115 % der Normenvorgabe) ausgeführt werden. Ein Wasserbindemittelwert von 0,60, der größer als normativ vorgesehen ist und z. B. durch Ausführungsfehler verursacht werden kann, führt hier erwartungsgemäß dazu, dass die Zielvorgabe um etwa 40 % unterschritten wird.

Die durchgeführten Parameterstudien belegen, dass der Einfluss der Betontechnologie auf die Lebensdauer von Brücken groß ist und ein der Wasserbindemittelwert ein wesentliches Qualitätsmerkmal eines Betonbauwerkes darstellt.

Diese Tatsache ist in der Fachöffentlichkeit hinlänglich bekannt und durch Mindestanforderungen normativ erfasst. Das hier gewählte Beispiel zeigt jedoch, dass durch die Realisierung der normativ festgelegten Mindestanforderungen in Abhängigkeit objektspezifischer

Besonderheiten innerhalb der verhältnismäßig langen Nutzungsdauern der Brückenbauwerke mit Bewehrungskorrosion zu rechnen ist, was auch durch die Angaben in Tabelle 1 bestätigt wird.

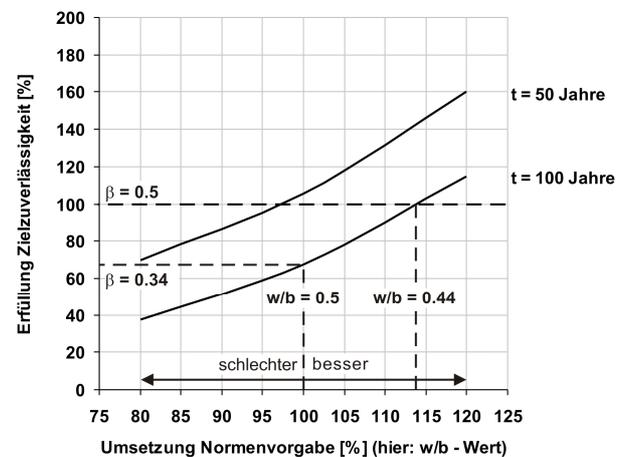


BILD 1 Bezogene Zielzuverlässigkeit (Zielvorgabe $\beta = 0,50$ entspricht 100 %) in Abhängigkeit des Wasserbindemittelwertes (Normenvorgabe $w/b = 0,5$ entspricht 100 %).

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die bisherigen Untersuchungen am IBMB – Fachgebiet Massivbau – belegen, dass durch die Einhaltung von Normenvorgaben nicht zwangsläufig die geforderten Nutzungsdauern von Brücken eingehalten werden können. Mit den hier verwendeten Forschungsansätzen ist es möglich, dauerhaftigkeitsrelevante Schwachstellen bereits in der Planungsphase zu erkennen und die Wirkung qualitätsverbessernder Maßnahmen zu quantifizieren

5. Literaturverzeichnis

- /1/ Empelmann, M.; Henke, V.; Heumann, G.; Wichers, W.: New Aspects in Durability Bridge Design. International FIB Symposium. 2008
- /2/ Empelmann, M.; Henke, V.; Heumann, G.; Wichers, W.: New Aspects on Bridge Design for Durability. Proceedings of the 1st International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering. Varenna, 2008
- /3/ International Federation for Structural Concrete (Hg.): Model code for service life design. Lausanne: Fédération Internationale du Béton (fib). 2006.