

Ermüdungsfestigkeit von Holz-Beton-Verbundträgern im Straßenbrückenbau

Forschungsvorhaben iVTH/DGfH/Aif 15052N

Forschungsstelle:	Universität Stuttgart Fakultät 2, Bau- und Umweltingenieurwissenschaften Institut für Konstruktion und Entwurf (KE) Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart Telefon: 0711 68566245, Telefax: 0711 68566236 e-mail: sekretariat.ke@uni-stuttgart.de
Leiterin der Forschungsstelle:	Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann
Projektleiter/in:	Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann

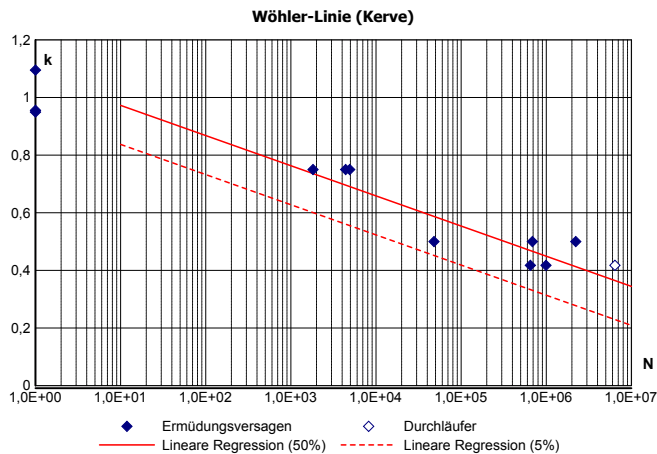
Zusammenfassung

Um Bauwerke in Holz-Beton-Verbundbauweise für normale Straßenbrücken mit Schwerlastverkehr realisieren zu können, sind die Nachweise der Ermüdungsfestigkeit nicht nur für die Teilquerschnitte sondern auch für die in der Verbundfuge eingesetzten Verbindungsmittel erforderlich. Während für die einzelnen Verbundpartner standardisierte Verfahren zur Bestimmung der Ermüdungsfestigkeit in den entsprechenden Anwendungsnormen bereits vorliegen, sind keine allgemein anerkannten Methoden für die Ermittlung der Lebensdauer unter oft wiederholter Beanspruchung der Verbindungsmittel von Holz-Beton-Verbundtragwerken in der Literatur vorhanden. Dies stellt ein Hindernis zur Verbreitung der Holz-Beton-Verbundbauweise im Brückenbau dar.

Wegen der sehr unterschiedlichen Prüfkörpergeometrien, Belastungsprotokolle und Materialien der Versuche, in der über dieses Thema gefundenen Literatur war es nicht möglich die sehr wenigen vorhandenen Resultate zusammenzufassen und gemeinsam auszuwerten, um eine Wöhler-Linie zur Abschätzung der Lebensdauer der Verbindungen unter wiederkehrende Belastung zu ermitteln. In Gegensatz dazu, liegt eine standardisierte Wöhler-Linie für Verbindungen in Stahl oder Stahl-Beton-Bauwerke bereits vor. Diese Situation stellt einen Nachteil für die Holz-Beton-Verbundbauweise gegenüber den anderen herkömmlichen Bauweisen (Stahlbeton- und Stahl-Beton-Verbundbauweise) dar, die für die Realisierung von Brücken und Überführungen kleiner und mittlerer Spannweite normalerweise zum Einsatz kommen. Das Vorhandensein von Wöhler-Linien für die "Grundmaterialien" Holz und Beton, aus denen die Holz-Beton-Verbundtragwerken bestehen, reicht sicherlich nicht aus, um einer fundierte Aussage über das Ermüdungsverhalten der Verbundfuge zu formulieren. Um die neue und innovative Holz-Beton-Verbundbauweise im Straßenbrückenbau einführen zu können, waren also unbedingt systematische Untersuchungen zur Verbundfuge erforderlich.

Aus diesem Grund wurde eine Reihe von experimentellen Untersuchungen durchgeführt, um das Verhalten ausgewählter Verbindungsmittel zu charakterisieren. Darüber hinaus wurde die Ermüdungsfestigkeit der Verbundfuge durch numerische Simulationen und Bemessungen

einer Holz-Beton-Verbundbrücke ermittelt. Diese erlaubt die Bedeutung des Ermüdungsnachweis im Vergleich zum Tragfähigkeitsnachweis zu beurteilen.



(a) Wöhler-Linie (Kerve als Verbindungsmittel, $R = 0,1$) (b) Push-Out Verurschkörper

Abb. 1: Wöhler-Linie und Push-Out Verurschkörper

Als erster Schritt erfolgten Scherversuche an symmetrischen Push-Out-Prüfkörpern, die statisch und unter zyklischer Belastung getestet wurden (vgl. 1). Mit den Ergebnissen konnte man eine erste Wöhler-Linie für die beiden untersuchten Verbindungsmittel Kerve und X-Verbinder herleiten.

In einer zweiten Phase des Vorhabens wurden Referenz- und Ermüdungsversuche an ganzen Holz-Beton-Verbundträgern durchgeführt. Mit den Ergebnissen dieser Tests konnte man weitgehend die bereits erreichten Resultate der Scherversuche bestätigen, sowohl hinsichtlich der beobachteten Versagensmechanismen, als auch bezüglich des Ermüdungsverhaltens.

Zur Ermittlung wirksamer Ermüdungsbelastung in einer Brücke stehen in den Normen un-

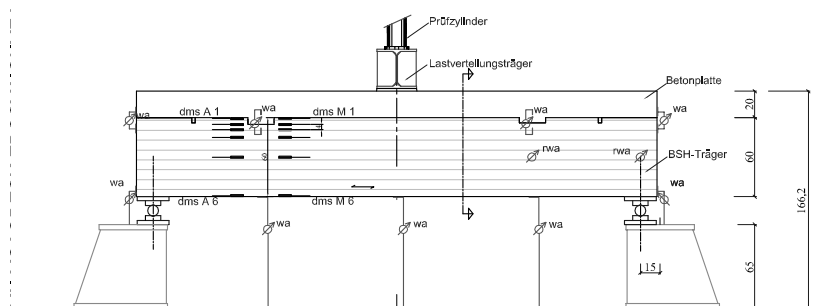


Abb. 2: Verbundträger

terschiedliche Lastmodelle zur Verfügung. Nicht nur die Ermüdungsfestigkeitswerte können den Nachweis bestimmen, sondern auch die verwendete Einwirkung beeinflusst wesentlich die Werte der Schädigung. Um diese Wirkung abschätzen zu können, wurden verschiedene

Vergleichsrechnungen durchgeführt. Dabei wurden die für eine Brücke wichtigen Parameter (Verkehrskategorie, Spannweite, Verkehrsart, usw.) variiert. Diese Bemessungen wurden auf der Basis der FE-Methode und mit einem mechanischen Stabwerkmodell ausgeführt.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Anwendung des Ermüdungslastmodells ELM3 nach [1] zusammen mit der in Anhang C der Norm [2] enthaltenen Methode zum Ermüdungsfestigkeitsnachweis zu konservativen Ergebnissen im Vergleich zur Verwendung des genaueren Ermüdungslastmodells ELM4 nach [3] führt.

Mit dem ersten Verfahren kann die Ermüdung auf der Basis einer schädigungsäquivalenten Einwirkung (Einzelfahrzeug) analysiert werden, so dass der Nachweis wie die üblichen Nachweise der statische Tragfähigkeit ausführbar ist. Die Reduzierung aller unterschiedlichen Schwerlastfahrzeuge auf eine einzige vierfachen Doppelachse lässt lediglich eine pauschale Analyse der Schädigung zu. Die Unterscheidung zwischen Verkehrsarten (große Entfernung, mittlere Entfernung und Ortsverkehr) nach [3] ist nicht möglich. Diese Vorgehensweise liefert Ergebnisse die teilweise viel zu sehr auf der sicheren Seite liegen, und erscheint lediglich für Brücke der Verkehrskategorie VK4 nach [3] geeignet. Für Verkehrskategorie VK3 und VK2 ist die Anwendung einer genaueren Methode zu empfehlen.

Mit dem ELM 4 werden die Einwirkungen der einzelnen Schwerlastfahrzeugtypen besser gewichtet, so dass auch die Verbundfuge in HBV-Brücken mit höheren Verkehrsaufkommen (VK3, VK2) nachweisbar sind. Um diese Methode zu verwenden, wird eine Hypothese über die Schädigungsakkumulation benötigt und der rechnerische Aufwand für die Bestimmung der Betriebsfestigkeit ist deutlich höher.

Auf der Basis der Ergebnisse der Simulationen, konnte man zeigen, dass der Ermüdungsnachweis der Verbundfuge, für eine Holz-Beton-Verbundbrücke ab einer bestimmten Spannweite und bei manchen Verkehrskategorien nicht mehr maßgebend ist. Die vorgestellten Ergebnisse können als Orientierung für praktische Anwendungen verwendet werden. Aus den vorgestellten Ergebnissen wurden für die praktische Durchführung des Betriebsfestigkeitsnachweises im StraÙebrückenbau konkrete Empfehlungen erarbeitet.

Die vorliegende Forschungsarbeit wurde mit der finanziellen Förderung der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) aus den Mitteln des Bundesministerium für Wirtschaft, im Auftrag des internationalen Verein für Technische Holzfragen, iVTH.e.V (in Nachfolge der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e. V., DGfH) ermöglicht. Den Förderern sei für die Unterstützung recht herzlich gedankt.

Förderkennzeichen: AiF 15052 N

Literatur

- [1] DIN FB 101. *Einwirkungen auf Brücken*. DIN - Deutsches Institut für Normung e. V., 2009.
- [2] DIN 1074. *Holzbrücken*. Deutsches Institut für Normung e.V., 2006.
- [3] Eurocode 1. *DIN EN 1991-2 Einwirkungen auf Tragwerken: Einwirkungen auf Brücken*. CEN - Europäische Komitee für Normung, 2004.