

Themenvorschlag für eine Master Thesis

Monitoring an den Kreuzhofbrücken München – Fahrzeugparameteridentifikation anhand von Messdaten

Betreuer

Jonas Geng / Marcel Nowak
Zimmer: N3609
Tel.: 089/289-23083
E-Mail: jonas.geng@tum.de / marcel.nowak@tum.de

Allgemeines und Hintergrund

Die Kreuzhofbrücken (BW 40/45 und BW 40/46) wurden 1967 fertiggestellt und befinden sich im Südwesten von München an der Kreuzung mit der Bundesautobahn A95. Diese beiden dreifeldrigen Brücken wurden als Spannbetonhohlplatten mit Spannweiten von ca. 20,5, 30,5 und 20,5 m gebaut. Über die Brücke BW 40/45 führen drei Fahrbahnabschnitte: die beiden Fahrbahnen der A95 (eine für jede Fahrtrichtung) und eine Auffahrt. Das Bauwerk ist etwa 38 m breit, um etwa 72° geneigt und weist eine Konstruktionsfuge zwischen den Fahrbahnen der BAB A95 auf. Die Brücke BW 40/46 ist dagegen nur etwa 11,5 m breit und im Grundriss clothoidförmig. Über diese Brücke führt die Ausfahrt der A95. An beiden Bauwerken wurde im Zeitraum 2021 bis 2023 ein umfangreiches Monitoring durchgeführt. Messdaten wurden mittels Dehnmessstreifen, Inklinometer, Accelerometer, Temperatursensoren und vereinzelt mit optischen Fasern erfasst. Ergänzt wurden das Monitoring durch eine Messeinheit bestehend aus Laserscanner und Webcam. [1]

Neben der direkten Messung der aus dem Verkehr resultierenden Tragwerksbeanspruchung am jeweiligen Sensorpunkt sollte auch eine Identifikation relevanter Fahrzeugparameter (z.B. Fahrzeuggewicht, Achsanzahl, Achsabstände, etc.) anhand der Messdaten erfolgen, mittels Methoden des indirekten Einwirkungsmonitorings. Hierbei wird versucht den Belastungsprozess durch Lösung eines inversen Problems („Eingangssproblem“) zu beschreiben. Hierzu wird am Tragwerk die resultierende Beanspruchung gemessen, und hiervon – bei Bekanntsein des Tragwerksverhaltens und -zustands – auf die tatsächliche Einwirkungsgröße zurückgeschlossen [1]. Für Verkehrslasten haben sich hierbei verschiedene Methoden des sog. „Bridge-Weigh-in-Motion“ (BWIM) etabliert. Ausgehend vom ursprünglichen Verfahren aus [2] haben sich im Laufe der Zeit unterschiedliche Varianten des BWIM herausgebildet (z.B. [3]-[6]). Ihnen gemein ist das grundlegende Prinzip, dass aus verkehrsinduzierten Messsignalen der Tragwerksbeanspruchung (in aller Regel erfasst durch Dehnmessstreifen) mit Hilfe von Erkenntnissen zur Tragwerksbeanspruchung aus definierten Probelastungen („bekannte Einwirkung“) auf die verursachende Einwirkung zurückgeschlossen werden soll, häufig durch Lösung eines Optimierungsproblems.

Ziel

Das Ziel der Arbeit ist die Entwicklung einer geeigneten Auswerte-Routine zur Fahrzeugparameteridentifikation anhand bereits vorhandener Messdaten von den Kreuzhofbrücken München. Aufbauend auf bereits etablierten Konzepten und gezielter Weiterentwicklung soll ein Algorithmus zur automatisierten Datenauswertung erarbeitet werden. Zudem sollen Empfehlungen für zukünftige Anwendungen an ähnlichen Brückentypen erarbeitet werden.

Prinzipieller Ablauf

- Grundlagenrecherche zu Bridge-Weigh-in-Motion (Konzepte und Anwendungsbedingungen), unter Zuhilfenahme KI-basierter Werkzeuge
- Einarbeitung in relevante Vorarbeiten des Lehrstuhls (Gänstorbrücke Ulm, A92)
- Einarbeitung und Aufbereitung relevanter bisheriger Untersuchungen des Lehrstuhls zu den Kreuzhofbrücken (vorhandene Messdaten, Datenvorverarbeitung, Probelastungen und gemessene Einflussflächen, numerische Rechenmodelle, etc.)
- ggf. Vergleichsrechnung Probelastungen Numerische Modellierung vs. Messdaten
- Untersuchung verschiedener BWIM-Ansätze zur Fahrzeugparameteridentifikation anhand Messdaten zu Probelastungen (für beide Brückenbauwerke), unter Berücksichtigung und ggf. Kombination verschiedener vorhandenen Arten an Messdaten (DMS, Inklinometer, Accelerometer, ggf. Faseroptik)
- (Weiter)Entwicklung eines geeigneten BWIM-Ansatzes für die Anwendung zur Fahrzeugparameteridentifikation an den Kreuzhofbrücken, ggf. inkl. numerischer Vergleichsrechnungen
- Empfehlung für geeignete BWIM-Ansätze, Sensoranordnungen und erforderliche Messrandbedingungen für die Anwendung an den Kreuzhofbrücken

Voraussetzungen

- Motivation und Interessen am Thema
- Gute Grundlagen in Statik und Mechanik
- Gute Grundlagen im Brückenbau
- Vorkenntnisse in Umgang und Verarbeitung von Messdaten sind vorteilhaft
- Vorkenntnisse in SOFiSTiK und Programmierung mit Python sind vorteilhaft

Literatur

- [1] Tepho, T.; Fischer, O.; Nowak, M. (2022) Objektspezifische Verkehrslastansätze im Rahmen des Ankündigungsnachweises nach „Handlungsanweisung Spannungsrisskorrosion“ am Beispiel der Kreuzhofbrücken München. In: 5. Brückenkolloquium - Fachtagung für Beurteilung, Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von Brücken, S.499-504. (DOI: 10.24053/9783816901259)
- [2] Schnellenbach-Held, M., Karczewski, B.; Kühn, O. (2014) Intelligente Brücke – Machbarkeitsstudie für ein System zur Informationsbereitstellung und ganzheitlichen Bewertung in Echtzeit für Brückenbauwerke. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Heft B 105, Bundesanstalt für Straßenwesen. (URL: <https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/index/index/docId/736>)
- [3] Moses, F. (1979) Weigh-in-motion system using instrumented bridges. Journal of Transportation Engineering 105, H. 3, S. 233-249. (DOI: 10.1061/TPEJAN.0000783)
- [4] Nowak, M.; Fischer, O. (2023) Verkehrsmonitoring an einer Autobahnbrücke – Datenerfassung zur lokalen Verkehrscharakteristik als Grundlage für objektspezifische Verkehrslastmodelle. Beton- und Stahlbetonbau 118, H. 9, S. 636-648. (DOI: 10.1002/best.202300043)
- [5] Nowak, M.; Fischer, O. (2020) Estimation of truck weights based on strain measurements from tendons of a post-tensioned concrete bridge. Chen, A.; Ruan, X.; Frangopol, D. (Hrsg.) Life-Cycle Civil Engineering: Innovation, Theory and Practice – Proceedings of the 7th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCCE 2020), Shanghai, China. (DOI: 10.1201/9780429343292-227)
- [6] Kathmann, T.; Scotti, C.; Kucera, U. (2020) Bridge-WIM Pilotversuch – Begleitung und Auswertung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Heft V 337, Bundesanstalt für Straßenwesen. (URL: <https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/index/index/docId/2462>)
- [7] Freundt, U.; Vogt, R.; Böning, S.; Pierson, C.; Ehrle, P. (2014) Roadtraffic Management System (RTMS). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Heft B 100, Bundesanstalt für Straßenwesen. (URL: <https://www.bast.de/DE/Publikationen/Berichte/unterreihe-b/2014-2013/b-100.html>)