Universität Stuttgart
Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften

Strukturmechanische Analyse von gekrümmten Seilbrücken am Beispiel des Mühlenstegs

P. Kruft

Der Mühlensteg in Besigheim

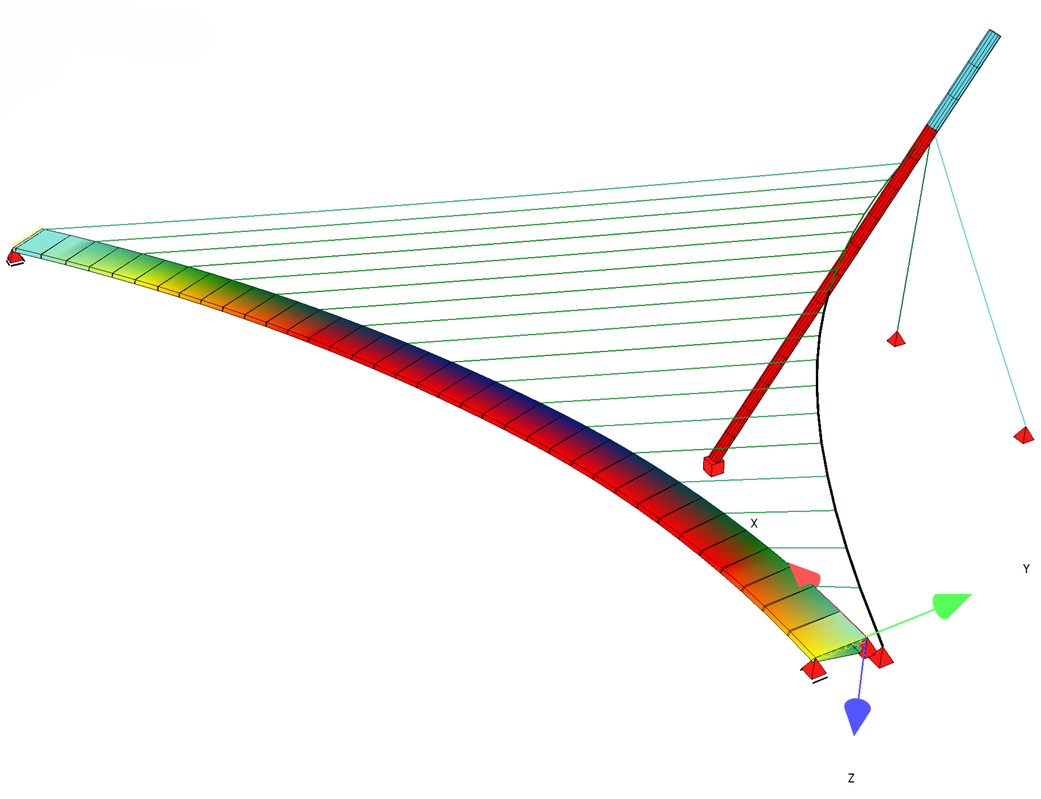
Der Mühlensteg in Besigheim ist eine 2020 fertiggestellte, einseitig aufgehängte Fußgänger- und Radwegbrücke. Das Bauwerk zeichnet sich durch einen gekrümmten Grundriss und einem komplexen, dreidimensional gekrümmten Seiltragwerk aus. Diese Geometrie führt zu einem anspruchsvollen Lastabtrag, dessen Komplexität weit über den gerader Brücken hinausgeht.

Ziel der Arbeit war die detaillierte strukturmechanische Analyse dieses Brückentyps. Im Fokus stand das Verständnis der komplexen Wechselwirkungen zwischen dem gekrümmten Überbau, der einseitigen Aufhängung mit schrägen Hängerseilen und den resultierenden Kräften, insbesondere den Torsions-, Krempel- und Umlenkkräften.

Nichtlineare FE-Analyse und Formfindung

Die Analyse erfolgte mittels eines räumlichen Finite-Elemente-Modells in SOFiSTiK. Dabei wurden die Querschnitte und die Geometrien so weit wie möglich mit bekannten oder vor Ort nachgemessenen Werten nachmodelliert. Viele Informationen über die echte Brücke hinsichtlich Querschnitten und der Geometrie waren aber nicht bekannt. Insbesondere die dreidimensionale Geometrie der Brücke, und vor allem die des komplex gekrümmten Seiltragwerks, waren unbekannt. Deshalb wurde die Geometrie des Seiltragwerks zunächst abgeschätzt, bevor es mit dem Eigengewicht und einer Seilvorspannung belastet wurde. Schließlich konnte die Geometrie des Seiltragwerks auch nochmal angepasst, und die Steifigkeit damit erhöht werden.

Dabei war eine vollständig nichtlineare Berechnung essenziell, um die Effekte großer Verformungen und den Stabilitätsgewinn durch die Seilvorspannung korrekt zu erfassen .



Ergebnisse & Ausblick

Die Analyse zeigt, dass der Lastabtrag von zwei Phänomenen dominiert wird, die bei geraden Brücken nicht auftreten:

- Horizontale Umlenkkräfte: Die schrägen Hängerseile leiten die Vertikallasten (G+Q) nicht nur als Normalkraft in den Überbau, sondern erzeugen massive horizontale Querkräfte. Diese führen zu einem dominanten Biegemoment in der horizontalen Ebene.
- Torsion & Krempelmomente: Die einseitige Aufhängung und die Krümmung erzeugen Torsionsmomente, die der Hohlkasten aufnehmen muss. Diese können aufgrund der Krümmung teilweise in ein „gewöhnliches“ Biegemoment umgewandelt werden, den Krempelmomenten.

Die Arbeit zeigt das komplexe, aber beherrschbare Tagverhalten dieses Brückentyps. Es konnte gezeigt werden, dass vor allem die Formfindung des komplexen Seiltragwerks eine Herausforderung darstellt und auch hier noch Raum für weitere Untersuchungen und Optimierungen lässt. Auch Untersuchungen zu Schwingungsverhalten und dynamischen Lasten wären bei diesem Brückentyp, anknüpfend an diese Arbeit, betrachtenswert.

Literatur

M. Bischoff, E. Ramm und A. Trautwein, Nichtlineare Baustatik, Ergänzendes Material zur Vorlesung. Institut für Baustatik und Baudynamik, Stuttgart, 2025.

M. von Scheven und M. Bischof, Finite Elemente, Ergänzendes Material zur Vorlesung. Institut für Baustatik und Baudynamik, Stuttgart, 2025.

A. Keil, „Weit und krumm: Zum Entwurf gekrümmter, seilgestützter Fußgängerbrücken,“ Stahlbau, Jg. 73, Heft 12, S. 982–989, 2004

G. Mehlhorn und M. Curbach, Handbuch Brücken. Springer Vieweg, 2014

L. K. Thorsten Helbig Michael Kleiser, Brücken - Potenziale und Perspektiven. Edition Detail, 2020

Betreuung:

Axel Trautwein

Baustatik und Baudynamik