

# Zusammenfassung

Die Zustandserfassung und -beurteilung bestehender Stahlbetonbauten wird, aufgrund der im letzten Jahrhundert zahlreich erstellten Bauwerke, ein immer wichtigerer Bereich des Bauingenieurwesens. Die Modellierung bestehender Stahlbetonelemente mittels Spannungsfeldern oder Fachwerken bildet eine elegante Lösung zur rechnerischen Überprüfung der Tragsicherheit. Aktuelle Bemessungsnormen bauen vielfach auf einfacheren, starr-plastischen Spannungsfeldansätzen auf und bilden somit die tieferen Näherungsstufen der Spannungsfeldmethoden. Bei der rechnerischen Überprüfung der Tragsicherheit, anhand aktueller Normen und Bemessungsregeln, kann oftmals der Querkraftnachweis bei Trägerstegen von Stahlbeton- und Spannbetonträgern oder Kastenbrückenträgern nicht erbracht werden. Als Ursache können beispielsweise die sehr geringen Querkraftbewehrungsgehalte bestehender Träger genannt werden oder auch die Modellvereinfachungen der Spannungsfeldansätze tieferer Näherungsstufen und damit auch der Normansätze. Um unnötige Verstärkungsmassnahmen zu vermeiden, bietet sich der Nachweis anhand präziserer Methoden an. Dabei können beispielsweise elastisch-plastische Spannungsfelder verwendet werden, welche als Methoden höherer Näherungsstufe gelten und die Berücksichtigung zusätzlicher Querkraftwiderstandsanteile und die genauere Abbildung des Trägerverhaltens ermöglichen.

Die vorliegende Forschungsarbeit geht allgemein auf die Querkraftbemessung von Stahlbeton- und Spannbetonelementen anhand von Spannungsfeldern ein und legt einen besonderen Fokus auf die Analyse bestehender Tragwerke durch elastisch-plastische Spannungsfelder. In einem Überblick werden die gängigen Spannungsfeldmethoden, deren Entwicklung, Grundlagen und Potentiale beschrieben.

Das Tragverhalten bestehender Träger unter Belastung wurde anhand einer Versuchsserie an zwölf Stahlbeton- und Spannbetonträgern studiert. Die Versuchskörper haben möglichst realitätsnah die Situation von schwach schubbewehrten Durchlaufträgern mit Vorspannung zu repräsentieren und werden ebenfalls mittels elastisch-plastischer Spannungsfelder analysiert. Die geprüfte Versuchsserie erlaubt die Beschreibung und Quantifizierung der verschiedenen Querkrafttraganteile, des Einflusses von Trägerflanschen und der Spannkraftzunahme in geeigneten Vorspanngliedern. Anhand der Versuchsergebnisse werden zudem bestehende Bemessungsansätze, bezüglich deren Anwendbarkeit auf Träger mit schwachen Querkraftbewehrungsgehalten, validiert.

Bestehende Spannungsfeldansätze weisen entweder grössere Modellvereinfachungen auf (starr-plastische Spannungsfelder) oder erfordern einen relativ grossen Modellierungs- und Rechenaufwand (elastisch-plastische Spannungsfelder, implementiert in die Methode der Finiten Elemente). In der vorliegenden Arbeit wird daher ein neuer Ansatz hergeleitet, welcher ebenfalls auf elastisch-plastischem Materialverhalten beruht. Die vorgeschlagene Methode weist weniger Modellvereinfachungen als die starr-plastischen Spannungsfelder auf. Sie zeichnet sich gegenüber der bestehenden Methode der elastisch-plastischen Spannungsfelder durch einen geringe-

ren Modellierungsaufwand und eine deutlich reduzierte Rechenzeit aus. Der Ansatz enthält zudem je eine Formulierung zur Berücksichtigung der Spannkraftzunahme in geneigten Spanngliedern und zur Berücksichtigung des Flanscheinflusses. Die Validierung des präsentierten Ansatzes erfolgt anhand von 57 getesteten Trägern verschiedener Versuchsserien. Der Vergleich zwischen den Analyseresultaten des hergeleiteten Ansatzes und den Versuchsergebnissen zeigt eine gute Genauigkeit der vorgeschlagenen Methode. Die Anwendbarkeit und Genauigkeit wird bestätigt durch einen zweiten Vergleich der Resultate mit denjenigen einer Analyse der 57 Träger anhand der bestehenden Methode der elastisch-plastischen Spannungsfelder.

**Stichworte:** Stahlbeton, Spannbeton, Bemessung, Querkraft, Träger, Spannungsfeld, Vorspannung, Querkraftbewehrung, Trägerflansch, Schubversuch, bestehendes Tragwerk.