

Schubtragfähigkeit von bestehenden Betonbrücken – von der Forschung in die Praxis

**Tobias Huber, Patrick Huber
Johann Kollegger**
Institut für Tragkonstruktionen – TU Wien

**Michael Kleiser
Lukas Gruber**
Asfinag Service GmbH

**Markus Vill
Vill ZT GmbH
Kurt Kratzer**
Kratzer ZT GmbH

**Sebastian-Zoran Bruschetini-Ambro
Andreas Schön**
ÖBB Infrastruktur AG

1. Einleitung

Bei der Zustandsbewertung eines bestehenden Brückentragwerks stellt die rechnerische Überprüfung der Tragfähigkeit einen wichtigen Punkt dar. Dabei zeigte die tägliche Ingenieurarbeit in den letzten Jahren, dass bei bestehenden Brückenobjekten Nachweise der Querkrafttragfähigkeit nach dem aktuellen Normenstand nicht mehr erfüllt werden können. Hauptträger bei Spannbetonbrücken, unbewehrte Fahrbahnplatten, sowie Plattenbrücken mit Aufbiegungen der Längsbewehrung (Abb 1 links) sind von dieser Problematik besonders betroffen [1]. Die Ursachen dafür liegen vorrangig in der geänderten Normensituation sowie den erhöhten Beanspruchungen durch den ansteigenden Transit- und Güterverkehr. Der Ablauf der Tragfähigkeitsbewertung bestehender Brückentragwerke ist in Österreich gemäß einer Nachrechnungsrichtlinie [2] (ONR 24008) in vier Stufen eingeteilt. In den ersten beiden Stufen erfolgt die Bewertung der Tragfähigkeit gemäß letztgültigem Normenstand [3], die dritte Stufe inkludiert probabilistische Untersuchungen. Eine dezidierte Möglichkeit zur Anwendung wissenschaftlich abgesicherter Rechenverfahren – wie z.B. in Deutschland – wäre in Österreich wünschenswert.

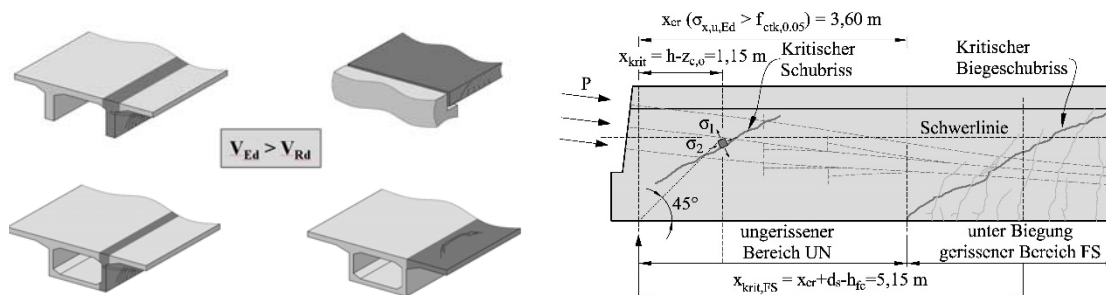


Abb. 1 links Querkraftbeanspruchte Bauteile rechts Nachweiskonzept mit Einbezug der entstandenen Rissbildung

2. Nachrechnung einer Spannbetonbrücke mit dem FSC-Modell

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens– finanziert von den österreichischen Infrastrukturbetreibern ASFINAG und ÖBB und dem bmvit– wurde ein Berechnungsmodell entwickelt, welches darauf abzielt, das Schubtragvermögen von Spannbetonbalken mit geringem Querkraftbewehrungsgrad präziser vorherzusagen. Darin wurde ein bereits in Normen angewendetes Nachweiskonzept verwendet, bei welchem der Querkraftnachweis in verschiedenen Bereichen, welche sich aufgrund der unterschiedlichen Rissbildung ergeben, zu erfolgen hat (Abb 1 rechts). In den jeweiligen Bereichen finden dann dem Tragverhalten entsprechende Berechnungsmodelle ihre Anwendung [4,5]:

- Ungerissener Bereich UN ($\sigma_{x,Ed,u} < f_{ctk,0.05}$): Hauptzugspannungsnachweis

$$\sigma_{1,Ed} \leq f_{ctd,eff} = \min \left\{ \left(1,6 - 0,2 \cdot f_{ck}^{1/3} + 0,6 \cdot \frac{\sigma_{2,Ed}}{f_{ck}} \right) \cdot f_{ctd} \right. \\ \left. f_{ctd} \right. \quad (1)$$

- Bereich mit reinen Schubrisen ST ($\sigma_{1,Ed} > f_{ctd,eff}$): „Shear Tension“ – Modell (ST-Modell)

$$V_{Rd,ST} = V_{Rd,s} + V_p + V_{cc} \geq V_{Ed} \quad (2)$$

- mit $V_{Rd,s}$ Traganteil der Querkraftbewehrung
 V_p Vertikalkomponente der Vorspannkraft nach Abzug sämtlicher Verluste
 V_{cc} Traganteil des Druckbogens bzw. Sprengwerks

- Bereich mit Biege- bzw. Biegeschubrisen FS: Modell des kritischen Biegeschubrisses [4,5] („Flexural Shear Crack“ – Modell)

$$V_{Rd,FS} = V_{Rd,s} + V_{Rd,cz} + V_p \geq V_{Ed} \quad (3)$$

- mit $V_{Rd,cz}$ Traganteil der Druckzone

Abb. 2 links zeigt die für ein im Jahre 1975 errichtetes Brückenobjekt auf der A10 errechneten maximalen Hauptzugspannungen im Auflagerbereich. Als zulässige Spannung wird eine richtungsgebundene Zugfestigkeit angesetzt. Es war trotz erhöhter rechnerischer Verkehrsbelastung somit möglich, den Hauptzugspannungsnachweis (Gleichung 1) im vorgeschlagenen Nachweisschnitt zu erfüllen. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass sich im Grenzzustand der Tragfähigkeit keine reinen Schubrisse im Bereich UN bilden. Eine Nachweisführung für einen Bereich bei dem ein Schubzugbruch zu erwarten ist (Bereich ST), kann dadurch entfallen (Gleichung 2).

Wie in experimentellen Untersuchungen festgestellt werden konnte [6], geht von der Entstehung eines kritischen Biegeschubrisses die größte Querkraftgefährdung bei Spannbetonträgern mit geringem Schubbewehrungsgrad aus. Um nun diesen kritischen Biegeschubriss vorhersagen zu können, wurde für den unter Biegung gerissenen Bereich FS (Abb. 2 rechts) ein neues Berechnungsmodell entwickelt [4,5], welches neben den bekannten Tragmechanismen der Druckzone einen wesentlichen Beitrag zum Querkraftwiderstand zutraut. Das Ergebnis einer Nachrechnung auf Basis des FSC-Modells sowie ein Vergleich mit verschiedenen normativen Ansätzen ist in Abb. 2 rechts illustriert. Während nach den in der österreichischen Nachrechnungsrichtlinie vorgeschlagenen Berechnungsmodellen keine ausreichende Querkrafttragfähigkeit für das Objekt bescheinigt werden konnte, kann auf Basis einer Berechnung mit dem vereinfachten FSC-Modell („Ingenieurmodell“) der Querkraftnachweis im unter Biegung gerissenen Bereich erfüllt werden.

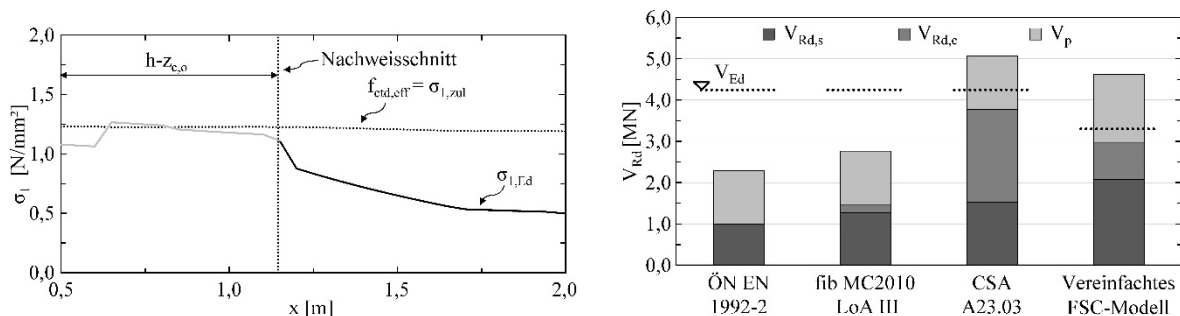


Abb. 2 links Hauptzugspannungsnachweis rechts Nachweisführung gemäß verschiedener Modelle

3. Entwicklung eines Nachweismodells für Plattenrücken mit Aufbiegungen

Ein laufendes Forschungsprojekt– finanziert durch die ÖBB und in Kooperation mit der Vill ZT GmbH– hat das Ziel der Entwicklung eines Berechnungsmodells zur realitätsnahen Vorhersage der Schubtragfähigkeit von Stahlbetonplattenbrücken mit Aufbiegungen. Gemäß ÖNORM B 4203:1963 [7] konnte bei Unterschreitung der zulässigen Grenzscherbspannungen $\tau_{0,zul}$ auf einen näheren Nachweis verzichtet werden, wenn alle Längsstäbe aufgebogen wurden, welche nicht mehr zur Aufnahme der Biegebeanspruchung benötigt wurden. Das führte zu einer typischen Bewehrungsführung wie sie in Abb. 3 links dargestellt ist. Während die Hälfte der Längsstäbe ans Auflager geführt wurde, wurden die

restlichen Stäbe bei kurzen Objekten an ein oder zwei Stellen meist unter 45° aufgebogen. Eine zusätzliche Bügelbewehrung wurde in der Regel nicht vorgesehen. Der Beitrag einer Aufbiegung zum Querkraftabtrag ist im Eurocode 2 [8] nicht explizit beschrieben, daher verbleibt zur Nachrechnung lediglich das Ansetzen einer schrägen Bügelbewehrung bis zu den Knickpunkten, darüber hinaus ist der Querkraftwiderstand des reinen Betons maßgebend.

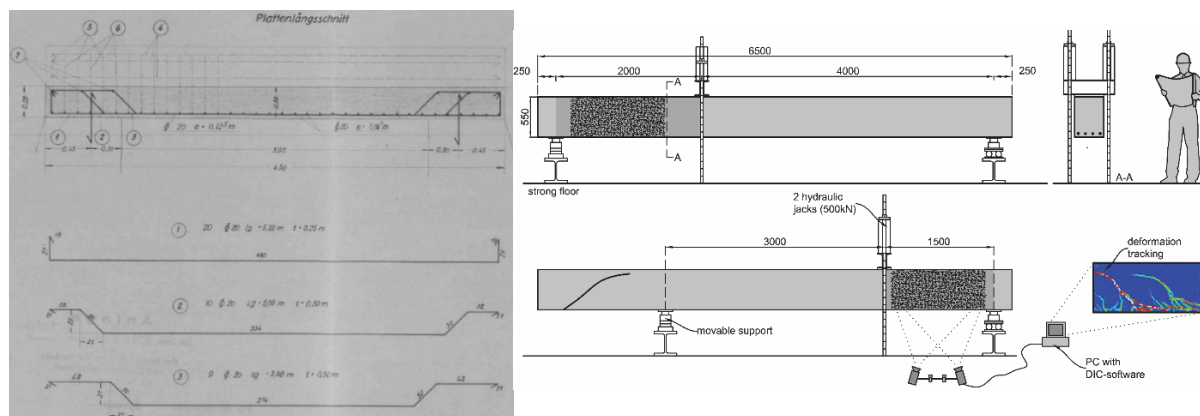


Abb. 3 links Typische Bewehrungsführung bei Plattenbrücken rechts Versuchsaufbau der Parameterstudie

Zur Untersuchung der exakten Wirkungsweise dieser Bauweise wurde an der TU Wien eine Testserie mit sieben Plattenstreifen (6,50/0,55/0,40 m) durchgeführt, welche jeweils an beiden Auflagern getestet wurden (Abb. 3 rechts). Die Parameter waren Anzahl und Abstand der Aufbiegungen und Abstand der Lasteinleitung zu der ersten Aufbiegung. Dabei konnte mittels der photogrammetrischen Analyse der Rissbilder gezeigt werden, dass der Wirkungsbereich wesentlich größer als im Eurocode angenommen ist und daher der kalkulierte Widerstand erhöht werden könnte. Im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts wird mittels Großversuchen (8,00/4,00/0,66 m) die Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse auf reale Plattentragwerke verifiziert mit dem Ziel, ein alternatives Nachweiskonzept für diesen Brückentyp zu Verfügung zu stellen.

DANKSAGUNG

Dem Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit), der ASFINAG Bau Management GmbH sowie der ÖBB-Infrastruktur AG wird für deren finanzielle Unterstützung und die produktive Zusammenarbeit gedankt.

LITERATUR:

- [1] HUBER, P. ET AL.: *VERGLEICH DER RECHNERISCHEN QUERKRAFTTRAGFÄHIGKEIT VON BESTANDSBRÜCKEN NACH EUROCODE 2 UND FIB MODEL CODE 2010*. BETON- UND STAHLBETONBAU 107 (2012), HEFT 7, S. 451–462.
- [2] ONR 24008: *BEWERTUNG DER TRAGFÄHIGKEIT BESTEHENDER EISENBAHN- UND STRAßENBRÜCKEN*. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT, WIEN, MÄRZ 2014.
- [3] ÖNORM EN 1992-2: *EUROCODE 2 - BEMESSUNG UND KONSTRUKTION VON STAHLBETON- UND SPANNBETONTRAGWERKEN TEIL 2: BETONBRÜCKEN - BEMESSUNGS- UND KONSTRUKTIONSREGELN (KONSOLIDIERTE FASSUNG)*. ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT, WIEN, MÄRZ 2012.
- [4] HUBER, P.: *BEURTEILUNG DER QUERKRAFTTRAGFÄHIGKEIT VON BESTEHENDEN STAHLBETON- UND SPANNBETONBRÜCKEN*. DISSERTATION, TU WIEN, 2016.
- [5] HUBER, P. ET AL.: *BERECHNUNGSANSATZ ZUR ERMITTLUNG DER SCHUBTRAGFÄHIGKEIT BESTEHENDER SPANNBETONBRÜCKENTRÄGER MIT GERINGEM QUERKRAFTBEWEHRUNGSGRAD*. BAUINGENIEUR 91 (2016), HEFT 6, S. 227–237.
- [6] HUBER, P. ET AL.: *EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG ZUM QUERKRAFTTRAGVERHALTEN VON SPANNBETONTRÄGERN MIT GERINGER SCHUBBEWEHRUNG*. BAUINGENIEUR 91 (2016), HEFT 6, S. 238–247.
- [7] ÖNORM B 4203:1963: *BERECHNUNG UND AUSFÜHRUNG DER TRAGWERKE; MASSIVBAU; EISENBAHNBRÜCKEN*, ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT, JULI 1963.
- [8] ÖNORM EN 1992-1-1: *EUROCODE 2 - BEMESSUNG UND KONSTRUKTION VON STAHLBETON- UND SPANNBETONTRAGWERKEN TEIL 1-1: TEIL 1-1: ALLGEMEINE BEMESSUNGSREGELN UND REGELN FÜR DEN HOCHBAU*, ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT, WIEN, DEZEMBER 2011.