

## Teil 2: Praktische Beispiele aus dem Eisenbahn- und Straßenbrückenbau

Heinz Steiger, Krebs und Kiefer, Darmstadt

### Ursache der Tragreserven und Form der Nachweisführung

Die Weiterentwicklung der Vorschriften in Verbindung mit den stetigen Erhöhungen der Verkehrslasten im Brückenbau hat die Situation entstehen lassen, dass viele der in den 60er und 70er Jahren erstellten Brücken hinsichtlich der Schubtragfähigkeit nicht mehr den aktuellen Vorschriften genügen. Diese Brücken müssen entweder aufwändig ertüchtigt oder sogar durch neue Brücken ersetzt werden.

Mit der im ersten Teil vorgestellten ganzheitlichen Nachweisführung hinsichtlich Biegung und Schub können oft Schubtragfähigkeiten nachgewiesen werden, die über den mit den herkömmlichen Fachwerkmodellen ermittelten Tragfähigkeiten liegen. Diese höhere Schubtragfähigkeit folgt maßgeblich aus folgenden Unterschieden:

- Bei den Fachwerkmodellen folgt die Neigung der Druckstrebe aus halbempirischen Formeln und wird über die Steghöhe konstant angesetzt. Die Interaktion mit der Biegung erfolgt nur über die im Zuggurt liegende Längsbewehrung.
- Bei der ETB folgt die Neigung der Hauptstauchungen (Druckstrebe) aus den beanspruchungsabhängigen Steifigkeiten aller im Querschnitt liegenden Materialien. Die Interaktion mit der Biegung wird sowohl mit allen im Querschnitt liegenden Längsbewehrungen als auch mit dem Beton hergestellt.
- Es werden ferner die im Querschnitt möglichen Umlagerungen berücksichtigt.

Deshalb darf bei Bauwerken, die keinerlei Schadensmerkmale aufweisen, angenommen werden, dass die Tragfähigkeit auch dann erfüllt ist, wenn der herkömmliche Schubnachweis nicht erfüllt ist. Dieser Fall tritt häufig bei vorgespannten Bauwerken auf.

Der ganzheitliche Nachweis der Tragfähigkeit mit der ETB erfolgt in drei Schritten:

- Die an den Nachweisstellen wirkenden Schnittgrößenkombinationen ( $N$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ,  $V_z$ ,  $V_y$  und  $T$ ) folgen aus einer Stabwerksberechnung bzw. können einer beliebigen Berechnung entnommen werden.
- Mit der ETB wird der dazugehörigen Gesamtverzerrungszustand berechnet:  
 $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  – Hauptdehnung und Hauptstauchung mit Drehung  $\Theta$   
 $\varepsilon_{Rand}$  – Stauchung in Stablängsrichtung am Querschnittsrand  
 $\varepsilon_{L\ddot{a}}$ ,  $\varepsilon_{B\ddot{u}}$  – Dehnung der Längsbewehrung und der Bügel
- Über eine Verzerrungsbegrenzung wird die Tragfähigkeit nachgewiesen:  
 $\varepsilon_{Rand} \geq - 3.5$  bzw.  $- 2$  ‰ und  $\varepsilon_{L\ddot{a}} \leq 25$  ‰ entspricht dem Biegenachweis  
 $\varepsilon_2 \geq - 2$  ‰ und  $\varepsilon_{B\ddot{u}} \leq \varepsilon_{Versagen}$  ersetzt den Schubnachweis

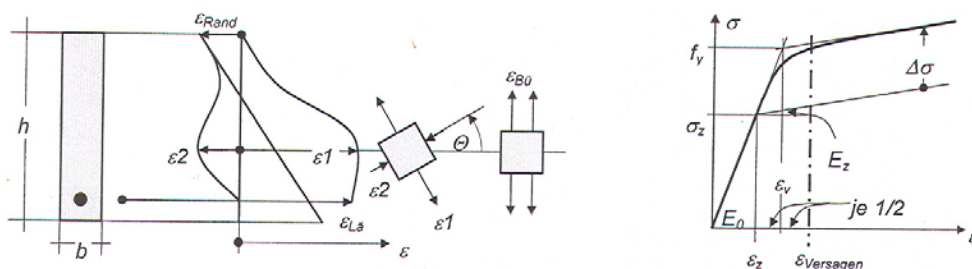


Bild 1. Gesamtverzerrungszustand und Nachweisgrenze für die Bügeldehnungen

Der berechnete Gesamtverzerrungszustand kann ebenso anschaulich wie beim bekannten Biegenachweis auf seine Richtigkeit überprüft werden, denn auch hier müssen die Spannungsergebnisse mit den vorgegebenen Schnittgrößen im Gleichgewicht stehen.

Liegt mit der vorhandenen Bewehrung die Tragfähigkeit dennoch nicht vor, so muss der Querschnitt verstärkt werden. Letztendlich liefert die Einhaltung der Verzerrungsgrenzen dann die erforderlichen Verstärkungsmaßnahmen. Bei allen auf diesem Wege untersuchten Bauwerken fielen diese deutlich geringer aus als nach der herkömmlichen Methode auf der Basis des Fachwerkmodells.

## Nachweisbeispiele

Aufgabenstellung 1: Einstufungsberechnung/Tragfähigkeitsermittlung eines Bauwerks für diverse Verkehrslastmodelle nach DIN-Fachbericht

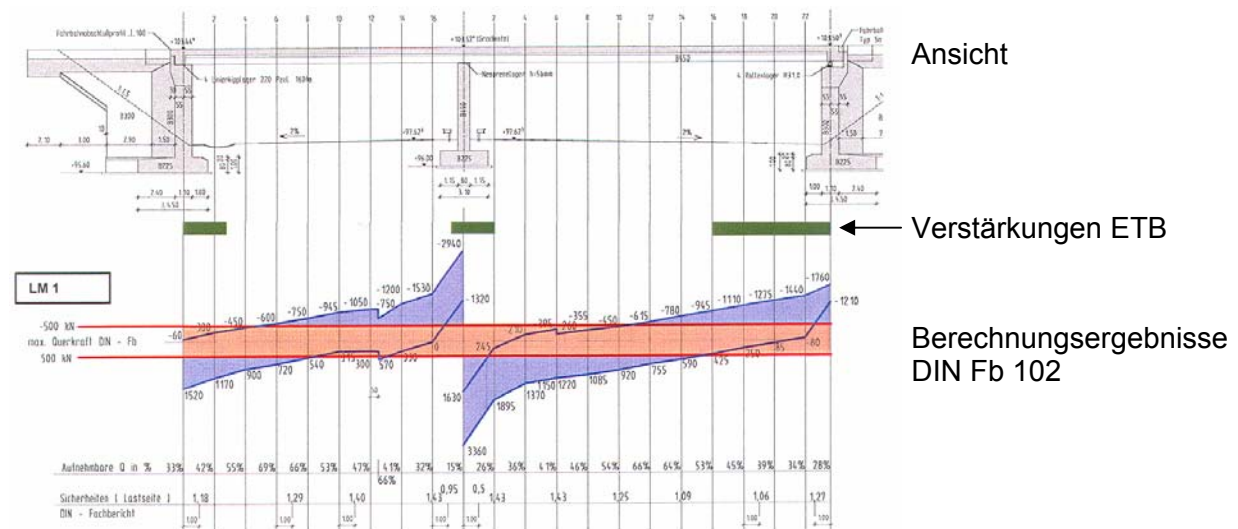


Bild 2. Brückenansicht, Berechnungsergebnisse und erforderliche Verstärkungen nach der ETB

Aufgabenstellung 2: Einstufungsberechnung nach RIL 805 und DIN 4227

Ergebnisse: RIL 805 u. DIN 4227:  
 $\beta_{UIC71}$  u.  $\beta_{SSW} > 1,0$  für M + N  
 $\beta_{UIC71}$  u.  $\beta_{SSW} = 0,71$  für V  
 ETB/QuMe:  
 $\beta_{UIC71}$  u.  $\beta_{SSW} = 1,11$  für V

Aufgabenstellung 3: Machbarkeitsstudie für Rückbau des Bestandes unter Verkehr

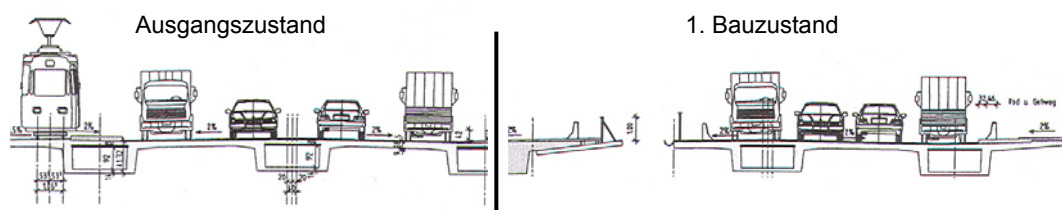


Bild 3. Brückenquerschnitt im Ausgangszustand und im 1. Bauzustand

Die Nachrechnung nach DIN-Fachbericht ergab, dass nur 45 % der aufzunehmenden Querkraftbeanspruchung durch die vorhandene Schubbewehrung aufnehmbar sind. Die Betrachtung mit ETB/QuMe ergab hingegen eine minimale Sicherheit der Bügelbewehrung gegenüber dem Erreichen der Fließgrenze von 1,15.