

# Ortung von Spanngliedern zum schadensfreien Bohren im Rahmen von Ertüchtigungsmaßnahmen

Thomas KIND

BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Fachgruppe 8.2, Berlin  
Thomas.kind@bam.de

**Kurzfassung.** Am Beispiel der Ertüchtigung einer Brücke in Bremen wird gezeigt, wie mit den zerstörungsfreien Prüfverfahren (ZfP) Radar- und Ultraschall die genau Lage vorgespannte Bewehrung gefunden bzw. bestätigt werden kann. Im Rahmen von Ertüchtigungsmaßnahmen an Spannbetonbrücken werden häufig Kernbohrungen durchgeführt, die die vorhandenen Spannbewehrungen nicht beschädigen dürfen.

Es wird die Vorgehensweise beschrieben, wie mit ZfP ein wesentlicher Beitrag geleistet wird, das Risiko einer Beschädigung zu minimieren und somit eine bessere Planungssicherheit für die Ertüchtigungsmaßnahmen zu schaffen. Dabei werden auch die Grenzen der beiden Verfahren aufgezeigt.

## Einführung

In den letzten Jahren ist die Nachrechnung der Tragfähigkeit von Straßenbrücken im Bestand notwendig geworden aufgrund eines geänderten Nutzungsverhaltens, neuen Erkenntnissen bei der Tragfähigkeitsplanung und einer erheblichen Verschlechterung der ins Alter gekommenen Bausubstanz dieser Brücken. Eine Nachrechnung soll die Entscheidungsfindung unterstützen, inwieweit eine Brücke durch eine Ertüchtigung weitergenutzt werden kann oder ob ein Neubau notwendig wird. Mit dem Begriff Ertüchtigung wird eine grundlegende Instandsetzung zusammen mit Verstärkungsmaßnahmen einer Brücke verstanden [1][2][3][4].

Die Ertüchtigung von Spannbetonbrücken wird häufig mit externen Spanngliedern am Überbau als Verstärkungsmaßnahme durchgeführt. Die externen Spannglieder werden dabei am Überbau u. a. durch Querspannglieder befestigt. Für die Führung und Aufnahme der Querspannglieder sind Kernbohrungen notwendig, die die vorhandene Spannbewehrung nicht beschädigen dürfen, um eine zusätzliche Schwächung der Brücke zu vermeiden [5].

Radar- und Ultraschallverfahren können als zerstörungsfreie Ortungsverfahren von Spanngliedern im Vorfeld für eine schadensfreie Kernbohrung eingesetzt werden. Beide Verfahren sind in der Lage, von der Oberfläche aus die Lage einzelner Spannglieder zu bestimmen. Wird die zerstörungsfreie Ortung im Vorfeld einer Ertüchtigungsmaßnahme durchgeführt, können die Ergebnisse in die Planung der Ertüchtigungsmaßnahme einfließen und dabei helfen, Verzögerungen bei den Baumaßnahmen zu vermeiden. Mögliche Risiken, die eine Verzögerung verursachen können, sind z. B. deutliche Abweichungen der tatsächlichen Lage der Spannglieder von den Bestandsunterlagen oder das Vorhandensein zusätzlicher Einbauteile, die in den Bestandsunterlagen nicht eingezeichnet sind. Eine

Verzögerung von Ertüchtigungsmaßnahmen kann durch die rechtzeitige Berücksichtigung der Ergebnisse von ZiP-Untersuchungen vermieden werden, da die Planungen nicht mehr überarbeitet werden müssen. Auch wenn eine Abweichung zwischen Bestandsunterlagen und tatsächlicher Lage der Spannbewehrung nicht erwartet wird, kann die zerstörungsfreie Sondierung sicherstellen, dass die Positionen der Kernbohrungen fehlerfrei markiert (angezeichnet) worden sind.

Ob die Aufgabe die Spannglieder zu orten mit beiden ZiP Verfahren erfolgreich gelöst werden kann und welches Verfahren eingesetzt werden muss, hängt von der Einbautiefe der Spannglieder, den Betoneigenschaften und der Dichte der Bewehrung ab.

In [5] wurde die Ortung von Spanngliedern für eine schadensfreie Kernbohrung mit Radar als Einzelverfahren vorgestellt. Eine Kombination aus dem schnellen Radarverfahren und dem detailliert auflösenden Ultraschallverfahren wird in dieser Arbeit am Beispiel der Untersuchung an einer Spannbetonbrücke in Bremen gezeigt.

### Untersuchungsobjekt und Ertüchtigungsmaßnahmen

Das Bauwerk BW165 ist eine Plattenbalkenbrücke aus Spannbeton und befindet sich in Bremen. Die Brücke verlängert die Weserbrücke „Stephanibrücke“ und führt den Verkehr der Bundesstraße 6 über die Neustadt. Das Bauwerk ist 1967 errichtet worden und hat eine Gesamtlänge von 362,5 m. Der Querschnitt besteht aus zwei Balken, die die Fahrbahnplatte tragen, und insgesamt vier Fahrspuren aufnehmen (Abbildung 1 u. Abbildung 2).



Abbildung 1: Seitenansicht des Bauwerkes BW165



Abbildung 2: Unteransicht des Bauwerkes BW165

Insgesamt sind bis zu 6 Längsspannglieder im Querschnitt eines Plattenbalkens eingebaut. Die Einbautiefe von der Seite ausgehend beträgt maximal ca. 60 cm. Zwischen den Auflagern und den Widerlagern sind teilweise in den Plattenbalken Verdrängungskörper eingebaut. Die maximale Breite der Brückenbalken beträgt 2,60 m.

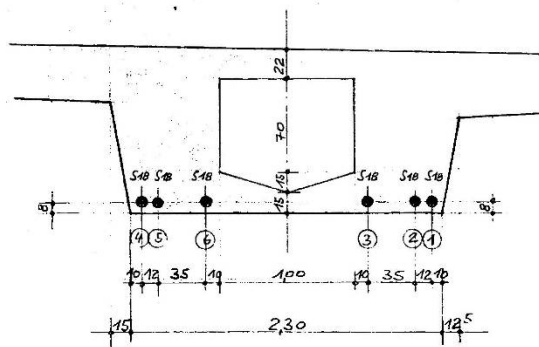
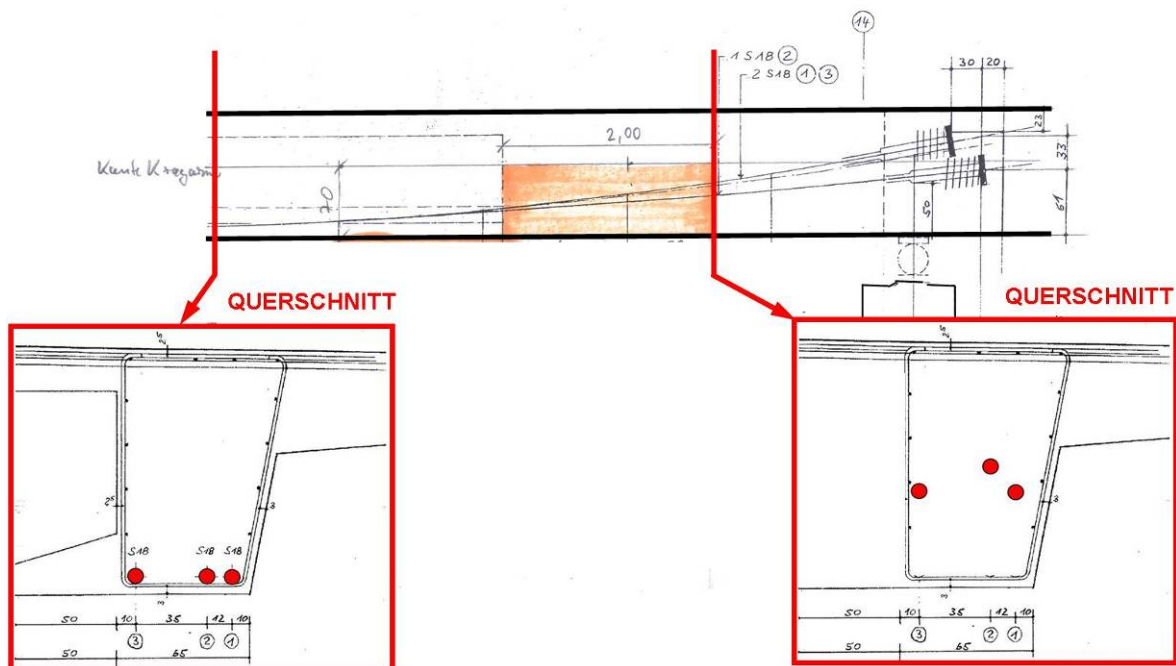
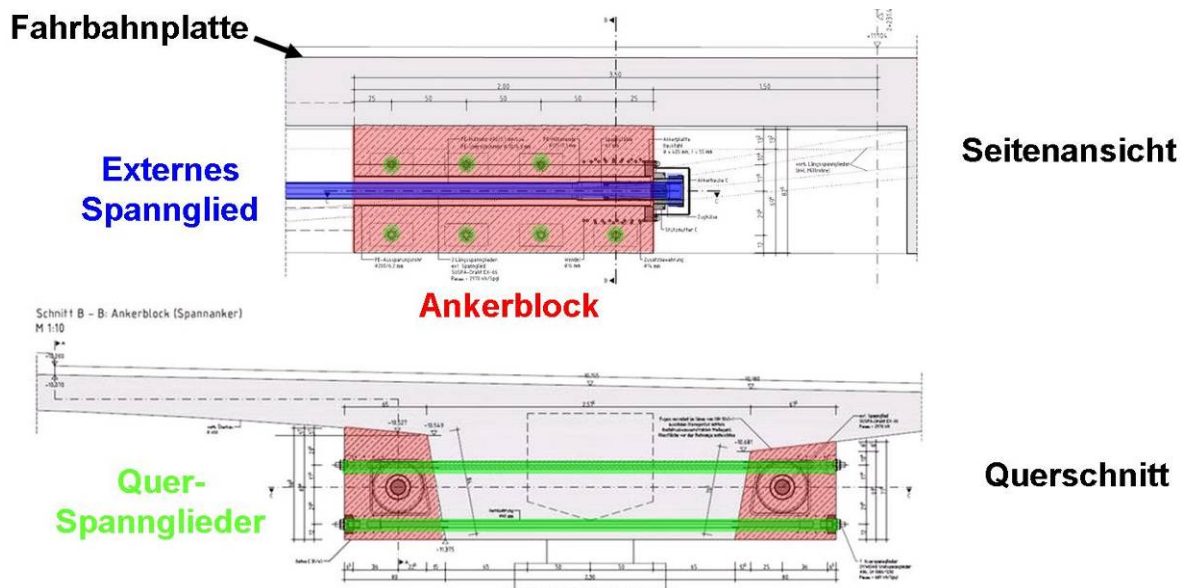


Abbildung 3: Querschnitt durch den Plattenbalken mit sechs Spanngliedern und einem Verdrängungskörper in der Mitte



**Abbildung 4:** Längs- und Querschnitte durch den Plattenbalken; die orange markierte Fläche markiert die Untersuchungsfläche für Radar

Für die Ertüchtigung der Brücke wurden vier externe Längsspannglieder an den Seitenflächen der zwei Plattenbalken befestigt. Die Spannanker wurden in acht Ankerblöcken aus Stahlbeton (Abbildung 5) an den Plattenbalken mit Hilfe von mehreren Querspanngliedern befestigt. Im Bereich der Stützen werden die externen Längsspannglieder über Stahlumlenkstrukturen in Position gehalten.



**Abbildung 5:** Überbauverstärkung mit externen Spanngliedern

### Aufgabenstellung und ZiF Untersuchung

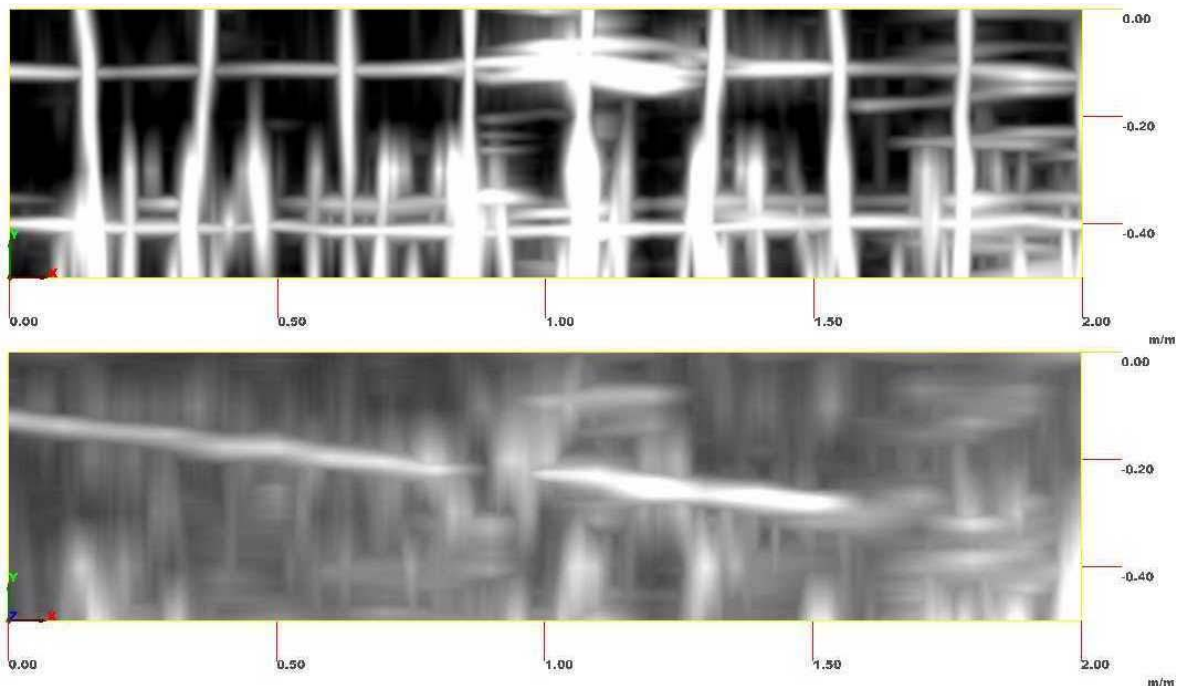
Im Rahmen der Durchführung der Ertüchtigungsmaßnahme wurden mehrere Kernbohrungen durch die vorhandenen Plattenbalken notwendig. Die Kernbohrungen ermöglichen die Aufnahme und Führung der Querspannglieder zur Befestigung der Ankerblöcke. Da die Kernbohrungen im Bereich der vorhandenen Spannbewehrung der

Brückenbalken lagen, sollte die Lage der vorhandenen Spannglieder mittels zerstörungsfreier Untersuchung festgestellt und auf der Betonoberfläche eingezeichnet werden.



**Abbildung 6:** Radarmessung mit Hilfe einer Schablone

Zunächst wurden die Seitenflächen, in denen die Kernbohrungen durchgeführt werden sollten, mit Radar untersucht. Hierzu wurden mit einer 2,6-GHz-Antenne auf einer Fläche von 2 m x 0,70 m horizontale und vertikale Messlinien im Abstand von 10 cm aufgenommen. Das Messraster wurde durch eine Schablone vorgeben, die auf die Oberfläche geklebt wurde (Abbildung 6). Nach der Rekonstruktion der Radardaten wurde eine Serie von Tiefenschnitten erzeugt, um den Verlauf der Spannglieder zu ermitteln. Anhand der Tiefenschnitte konnte die Lage der oberflächennahen schlaffen Bewehrung und die Lage des ersten Hüllrohres bestimmt werden (Abbildung 7). Die Lage des zweiten und dritten Hüllrohres (s. Abbildung 4) ließ sich aufgrund der begrenzten Reichweite des Radarverfahrens jedoch nicht ermitteln.



**Abbildung 7:** Radartiefenschnitte aufgenommen an der Seite eines Plattenbalkens; (oben) schlaffe Bewehrung im Tiefenbereich 0 – 12 cm; (unten) Spannglied im Tiefenbereich 15 – 21 cm

Das zweite Hüllrohr sollte laut Bestandsunterlagen in einer Tiefe von etwa 30 cm liegen, was unter günstigen Randbedingungen noch in der Detektionsreichweite von Radar



liegt. Bei einer vergleichbaren Spannbetonbrücke konnten in einer Tiefe von ca. 35 cm noch Schubnadeln detektiert werden [5].

Wegen der beschränkten Eindringtiefe des Radarverfahrens wurde alternativ das Ultraschallverfahren mit einem Punkt-Kontakt-Prüfkopf, der Transversalwellen erzeugt, eingesetzt. Die Eindringtiefe des Ultraschallverfahrens liegt je nach Betoneigenschaften meist in einem Bereich von 0,5 m bis 1,0 m. Für eine Ultraschallmessung müssen die einzelnen Prüfköpfe des Messkopfes direkt auf die Betonoberfläche angedrückt werden. Aus diesem Grund ist die Messung sehr aufwändig, da der Messkopf immer wieder auf- und abgesetzt werden muss. Als erstes wurde mit einer Handmessung untersucht (Abbildung 8), ob mit dem Ultraschallverfahren eine höhere Eindringtiefe erreicht werden kann. Nachdem gezeigt werden konnte, dass mit dem Ultraschallverfahren auch das zweite Hüllrohr detektierbar ist, wurde das Ultraschallverfahren großflächig und automatisiert eingesetzt [7][8]. Die Messfläche für die Ultraschalluntersuchung entsprach mit 1,2 m x 0,5 m etwa 60 % der Messfläche der Radaruntersuchung (Abbildung 9). Der Messpunktabstand betrug 2 cm in horizontaler und vertikaler Richtung. Die Polarisation des Messkopfes wurde parallel zu den Längsspanngliedern ausgerichtet, so dass die horizontal verlaufenden Spannglieder am besten detektiert werden konnten.



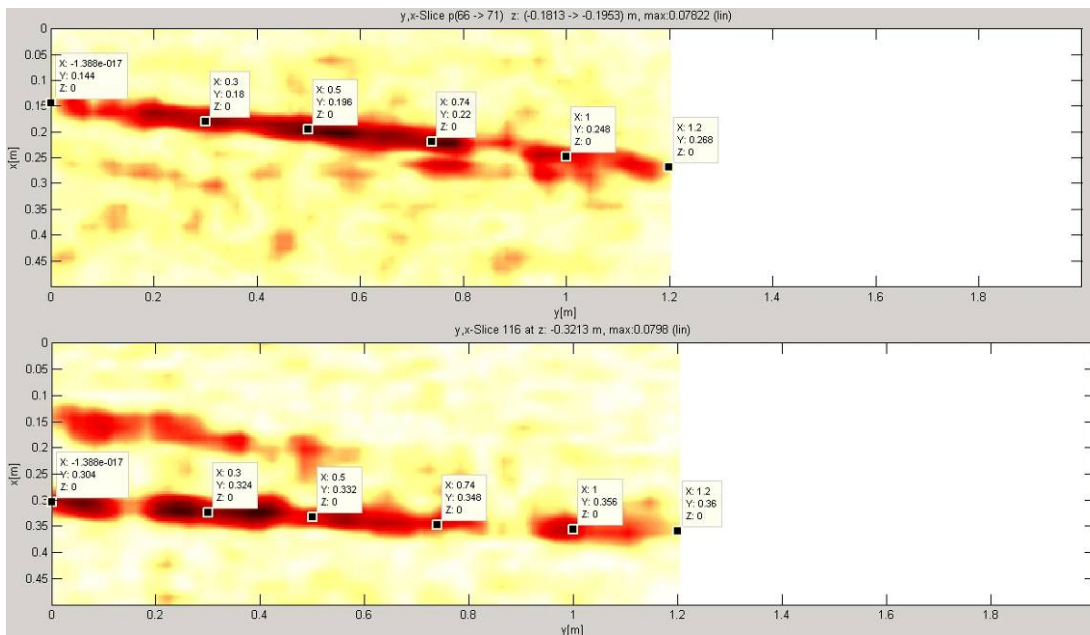
**Abbildung 8:** Ultraschallhandmessungen



**Abbildung 9:** Automatisierte Ultraschallmessungen

Die Ultraschalldaten wurden in derselben Weise ausgewertet wie die Radardaten. Aus der Serie von Tiefenschnitten der rekonstruierten Ultraschalldaten sind zwei in Abbildung 10 dargestellt. In Abbildung 10 (oben) ist das erste Spannglied (Tiefenlage rd. 19 cm) über die gesamte Länge abgebildet und entspricht auch dem Verlauf der mit dem Radarverfahren in Abbildung 7 ermittelt wurde. Aufgrund der höheren Eindringtiefe des Ultraschallverfahrens konnte jetzt auch das zweite Spannglied in einer Tiefe von etwa 30 cm lokalisiert werden (s. Abbildung 10 unten). In Abbildung 10 (unten) ist auch ein Schatten vom ersten Spannglied zu sehen, der durch eine um das Hüllrohr laufende Schallwelle entsteht.

Insgesamt wurde für acht Untersuchungsflächen der Verlauf des ersten und zweiten Spanngliedes ermittelt. Der in den Tiefenschnitten von Radar und Ultraschall ermittelte Verlauf wurde noch aufgrund der Neigung der Plattenbalkenseitenwände korrigiert, bevor er auf der Bauwerksoberfläche eingezeichnet wurde. Der in den Tiefenschnitten angezeigte Verlauf eines Spanngliedes entspricht dem Verlauf, der durch die senkrechte Projektion auf die Bauteiloberfläche entsteht. Für die horizontal ausgerichteten Kernbohrungen ist aber der Verlauf, der durch eine horizontale Projektion auf die Bauteiloberfläche entsteht, von Interesse. Die Verschiebung wird aus der Tiefe des Spanngliedes und der Neigung der Seitenwand des Plattenbalkens berechnet. Die Verschiebung betrug für das erste Hüllrohr etwa 2,7 cm (Tiefe 17 cm) und für das zweite Hüllrohr 5,5 cm (Tiefe 35 cm) bei einer Neigung der Seitenwand von etwa 9 Grad.



**Abbildung 10:** Ultraschalltiefschnitte aufgenommen an der Seite eines Plattenbalkens; (oben) 1. Spannglied in einer Tiefen von 19 cm; (unten) 2. Spannglied in einer Tiefe von 30 cm

## Durchführung der Ertüchtigung

Die Kernbohrungen wurden im Anschluss an die Sondierung der Spannglieder durchgeführt (s. Abbildung 11). Die zerstörungsfrei ermittelte Lage des ersten und zweiten Spanngliedes wurde vor dem Anzeichnen der Positionen für die Kernbohrungen direkt auf die Oberfläche der Plattenbalken eingezeichnet. Die Plattenbalken wurden im Querschnitt auf einer Länge von ca. 2,30 m mehrmals horizontal durchbohrt. Anschließend wurden die Ankerblöcke vor Ort betoniert und mit Querspanngliedern befestigt. Zum Schluss wurden die externen Längsspannglieder installiert (s. Abbildung 12).

Die Kontrolle der Betonkerne ergab, dass kein vorhandenes Spannglied im Plattenbalken beschädigt wurde. Die Position der gegenüberliegenden Austritte der Kernbohrung am Plattenbalken differierte weniger als 2 cm von den geplanten Positionen. Der Abstand zwischen den beiden Spanngliedern stimmte mit den Bestandsunterlagen bis auf eine Abweichung von 2 cm überein.



**Abbildung 11:** Seitenansicht Plattenbalken mit Kernbohrungen und eingezeichneten Spanngliedern und Position des Ankerblocks



**Abbildung 12:** Externes Längsspannglied mit Ankerblock

## Zusammenfassung

Das Risiko der Unterbrechungen von Baumaßnahmen, die im Rahmen einer Ertüchtigung von Spannbetonbrücken durch abweichende Spangliedlage erforderlich werden, kann erheblich verringert werden, wenn die Spangliedlage vorab mit dem zerstörungsfreien Radar- und Ultraschallverfahren überprüft wird. Zusätzliche Kosten durch Bauverzögerung oder sogar Schäden können dadurch vermieden werden. Die Kosten der zerstörungsfreien Voruntersuchung liegen meistens im unteren einstelligen Prozentbereich der Gesamtkosten für eine Ertüchtigungsmaßnahme.

Trotz zerstörungsfreier Untersuchung bleibt aber immer ein Restrisiko, die Spannbewehrung nicht vollständig erfasst zu haben. Aus diesem Grund ist es notwendig, trotz zerstörungsfreier Untersuchung alle Maßnahmen zu ergreifen, damit die Kernbohrung so durchgeführt werden kann, dass eine Beschädigung verhindert wird. Dieses Restrisiko kann durch gezielte Suchbohrungen mit einer Schlagbohrmaschine oder durch die Kontrolle der Bohrflüssigkeit der Kernbohrung auf Metallspäne weiter verringert werden.

Eine abgestimmte Vorgehensweise bei der zerstörungsfreien Ortung von Spangliedern ist Grundlage für die erfolgreiche Durchführung und muss deshalb gut mit den Randbedingungen für die ZfP-Untersuchung bzw. mit der Planung der Ertüchtigungsmaßnahme abgestimmt werden. Wird dies während der Planungsphase gemacht, kann unter Umständen auch der Umfang einer ZfP-Untersuchungen reduziert werden. Auch können Kosten bei der Ertüchtigung gespart werden, wenn sich z. B. Konstruktionen umsetzen lassen, die ohne genaue Kenntnis des Spangliedverlaufes nicht möglich wären.

## Referenzen

- [1] *Naumann, J.*: Brücken und Schwerverkehr – wo sind die Grenzen?, Bauingenieur Band 82 (2007), S. 326–332.
- [2] *Naumann, J.*: Brücken und Schwerverkehr – Strategie zur Ertüchtigung des Brückenbestandes in Bundesfernstraßen, Bauingenieur Band 85 (2010), S. 210–216.
- [3] *Naumann, J.*: Brücken und Schwerverkehr – eine Bestandsaufnahme, Bauingenieur Band 85 (2010), S. 1–9.
- [4] *Marzahn, G.*: Zur Richtlinie für die Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand (Nachrechnungsrichtlinie), Beton- und Stahlbetonbau 106 (2011), Heft 11, S. 730–735.
- [5] *Kind, Th., Feistkorn, S., Trela, Ch., Wöstmann, J.*, Impulsradar für schadensfreie Kernbohrungen an Spannbetonbrücken, Beton- und Stahlbetonbau 104 (2009), Heft 12, S. 876-881.
- [6] *Kind Th., Wöstmann, J.*, Kombinierte Radar und Ultraschalluntersuchungen zum schadfreien Kernbohren im Zuge einer Verstärkung, Beton- und Stahlbetonbau 107 (2012), Heft 4, Manuskript eingereicht
- [7] *Streicher, D., Kohl, C., Wiggenhauser H., Taffe A.*: Automatisierte zerstörungsfreie Zustandsuntersuchungen von Brückenbauwerken, Beton- und Stahlbetonbau 101 (2006), Heft 5, S. 330-342.
- [8] *Taffe A., Kind, Th., Stoppel, M., Kurz, J.*: Bauwerkscanner zur automatisierten und kombinierten Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren im Bauwesen, Beton- und Stahlbetonbau 106 (2011), Heft 4, S. 267-276.