

Ultraschallprüfung von orthotropen Fahr- bahnplatten zur frühzeitigen Detektion ermüdungsbedingter Risse

Helmut SCHMEINK, Markus HOLTHAUS
GSI-Niederlassung SLV Duisburg, Bismarckstraße 85,
47057 Duisburg, Tel. 0203 3781 155
Norman RÖW
GSI-Niederlassung SLV Saarbrücken, Heuduckstraße 91
66117 Saarbrücken, Tel. 0681 58823-0

Kurzfassung. Orthotrope Fahrbahnplatten werden seit den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts gebaut. Die Bezeichnung „orthotrop“ gründet auf die richtungsabhängigen Eigenschaften der Konstruktionsweise hinsichtlich der Steifigkeit bzw. Elastizität. Bei dieser Bauweise wird die Fahrbahnplatte mit geschlossenen Steifen, die U-, V- oder trapezförmig ausgeführt sein können, versteift. Aufgrund der hohen dynamischen Beanspruchung durch Verkehrslasten kann die Ermüdungsfestigkeit dieser Konstruktionen nach kurzer Nutzungsdauer überschritten sein. Ermüdungsbedingte Risse, die oft ihren Ausgangspunkt an den Schweißnähten der Steifen haben und zum Teil in die Fahrbahn wachsen, können daraus resultieren. Die Sichtprüfung und die Magnetpulverprüfung werden zur Detektion derartiger Risse eingesetzt. Ergibt die Sicht- oder Magnetpulverprüfung einen deutlichen Rissverdacht, werden die Steifen teilweise geöffnet, um einen Zugang zur Innenseite zu erhalten und das Prüfergebnis zu bestätigen bzw. Sanierungsmaßnahmen einzuleiten. Die frühzeitige Detektion von Rissen gestattet Sanierungsmaßnahmen von der Unterseite der Fahrbahnkonstruktion, die eine Sperrung der Fahrbahn nicht erfordern. Die Prüfaussage der Ultraschallprüfung wird durch Geometrieechos erschwert, die sich nur schwer von Rissanzeigen unterscheiden lassen. Der Einsatz von optimierten Kriechwellenprüfköpfen und die Anwendung der Gruppenstrahlertechnik (Phased Array) wurden als prüftechnische Lösungen untersucht. Die Ergebnisse dieser Arbeit werden nachfolgend vorgestellt.

1. Einführung

In einem Forschungsvorhaben der GSI mbH (Gesellschaft für Schweißtechnik International), wurde in den Niederlassungen SLV Duisburg und SLV Saarbrücken die zerstörungsfreie Prüfung orthotroper Fahrbahnplatten mit Hilfe der Ultraschallprüfung untersucht. Abb. 1 zeigt eine solche Fahrbahn, die über Trapezsteifen versteift ist. Eine derartige Konstruktion weist richtungsabhängige Eigenschaften bezüglich der Steifigkeit und Elastizität auf und wird daher als „orthotrop“ bezeichnet. Orthotrope Fahrbahnplatten werden bereits seit den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts gebaut. U-, V- oder trapezförmige Steifen dienen der Versteifung der Fahrbahnplatte.



Abb. 1. Orthotrope Fahrbahnplatte.

Aufgrund der hohen dynamischen Beanspruchung durch Verkehrslasten ist die Ermüdungsfestigkeit dieser Konstruktionen von besonderer Bedeutung. Ermüdungsbedingte Risse in den Steifen als auch in der Fahrbahnplatte können daraus resultieren. Um die Tragsicherheit der Konstruktionen sicherzustellen und den Sanierungsaufwand gering zu halten, ist eine möglichst frühe Detektion von Rissen mittels zerstörungsfreier Prüfverfahren anzustreben. Hierbei kommen derzeit die Sichtprüfung und die Magnetpulverprüfung zur Prüfung der Bauteiloberfläche zum Einsatz. Abb. 2 zeigt typische Bereiche der Rissinitiierung.

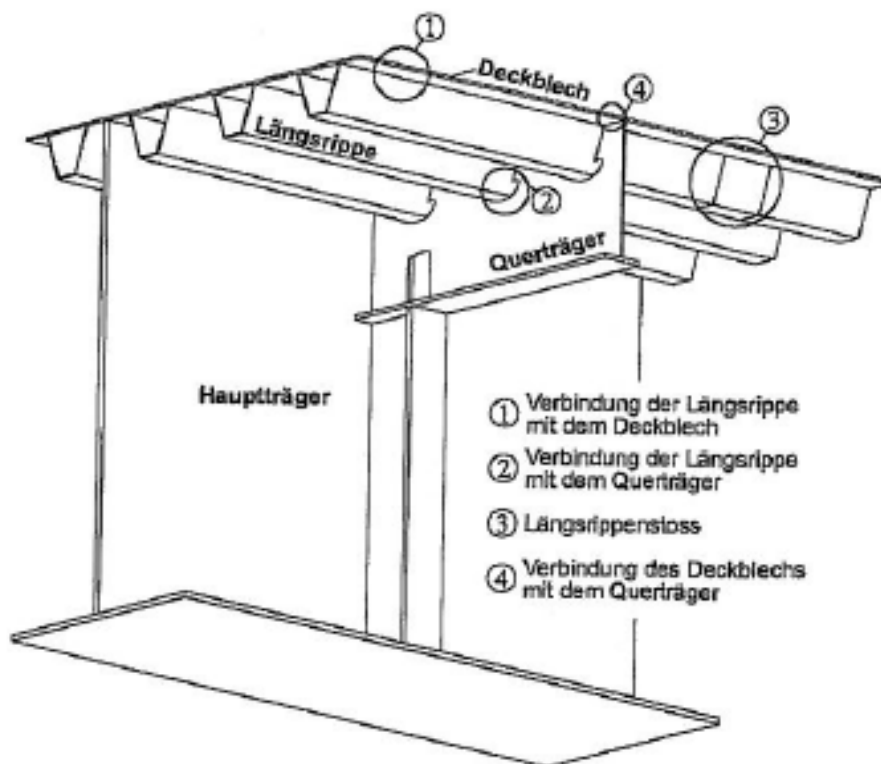


Abb. 2. Typische Orte der Rissinitiierung an orthotropen Fahrbahnplatten*[1].

In der hier vorgestellten Arbeit wurde die Rissinitiierung an den Schweißverbindungen zwischen Längsrippe und Deckblech untersucht. Ein Rissverlauf in das Deckblech hinein ist besonders kritisch zu bewerten. Ziel des hier beschriebenen Forschungsvorhabens ist die frühzeitige Detektion derartiger Risse. Nachfolgend werden

*[1] (DVS Merkblatt DVS 1709)

die zerstörungsfreien Prüfverfahren hinsichtlich ihrer Prüfaussage sowie deren physikalischen Einschränkungen vorgestellt.

2. Sichtprüfung

Die Sichtprüfung der Schweißverbindungen wird turnusmäßig alle 3 Jahre durchgeführt. In der umfangreicheren Hauptprüfung, alle 6 Jahre, kann die Sichtprüfung durch eine Magnetpulverprüfung ergänzt werden. Abb. 3 zeigt einen Brückenbesichtigungswagen, der die Sichtprüfung der äußeren Fahrbahnbereiche ermöglicht.



Abb. 3. Brückenbesichtigungswagen und Einhausung zur schweißtechnischen Sanierung eines Risses.

Bei einem Rissverdacht innerhalb der Steifen werden diese teilweise geöffnet, um einen Zugang zur Innenseite zu erhalten und eine Magnetpulverprüfung durchzuführen. Nach der Prüfung müssen die Steifen wieder verschweißt werden. Diese Vorgehensweise erfordert einen großen Aufwand, so dass sich die Frage nach einem zerstörungsfreien Prüfverfahren stellt, das Informationen über den Fahrbahnbereich liefert, der durch die Steifen verdeckt ist.

3. Magnetpulverprüfung

Die Magnetpulverprüfung kann im Rahmen der Hauptprüfung (alle 6 Jahre) als Ergänzung zur Sichtprüfung durchgeführt werden. Die Prüfmethode ermöglicht die Detektion sehr feiner Risse, die unterhalb des menschlichen Auflösungsvermögens liegen. Abb. 4 zeigt die Anzeige der Magnetpulverprüfung an einer rissbehafteten Steife. Der Riss ist zum Teil in die Trapezsteife hineingewachsen und wurde „abgebohrt“, um ein weiteres Wachstum zu verhindern. Trotz dieser Maßnahmen ist es bei dem gezeigten Riss zu einem weiteren Wachstum gekommen.



Abb. 4. Risswachstum an der Schweißnaht zwischen einer Trapezsteife und dem Deckblech. Der Riss ist zum Teil in die Steife hineingewachsen. Das „Abbohren des Risses“ blieb erfolglos.

4. Ultraschallprüfung

Abb. 5 zeigt einen Rissverlauf, der von der Schweißnahtwurzel ausgeht und in das Deckblech hinein wächst. Dieser Rissverlauf kann weder mit der Sichtprüfung noch mit der Magnetpulverprüfung detektiert werden.

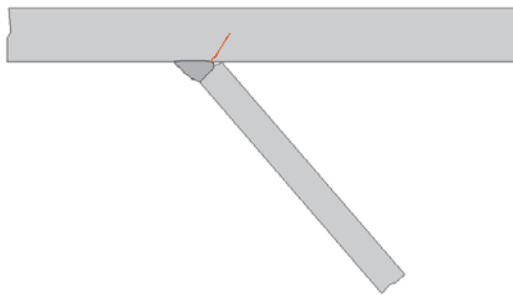


Abb. 5. Rissverlauf von der Wurzel der Schweißverbindung in das Deckblech der Fahrbahn hinein.

Der in Abb. 5 gezeigte Rissverlauf ist mit einem großen Sanierungsaufwand verbunden. Die Steife muss ausgeklinkt werden, ohne das Deckblech weiter zu beschädigen. Dieses erfordert neben dem hohen Arbeitsaufwand ein großes Fingerspitzengefühl und ist daher zeitintensiv. Risse im Deckblech müssen vor der schweißtechnischen Reparatur ausgeschliffen werden. Die Magnetpulverprüfung des ausgeschliffenen Bereichs stellt sicher, dass keine Risspitze im Deckblech verbleibt (Abb. 6).



Abb. 6. Ausgeklinkter Bereich einer Trapezsteife. Durch Magnetpulverprüfung wurde sichergestellt, dass das Deckblech frei von Rissen ist.

Für den Fall, dass der Riss das Deckblech erreicht hat oder diesem zu nahe gekommen ist, kann die Sanierung eine Sperrung der Fahrbahn erfordern. In dem Fall muss der Fahrbahnbelag abgetragen werden, um die schweißtechnische Reparatur durchführen zu können.

Ziel der vorliegenden Arbeit war deshalb die frühzeitige Detektion von Rissen mittels Ultraschallprüfung. Hierzu wurde zunächst die klassische Schweißnahtprüfung mittels Winkelprüfköpfen untersucht. Das Arbeiten mit dem 45°-Winkelprüfkopf erlaubt keine Differenzierung zwischen den geometrisch bedingten Anzeigen aus der Wurzel der Schweißnaht und einem Anriss an der Wurzel (Abb. 7).

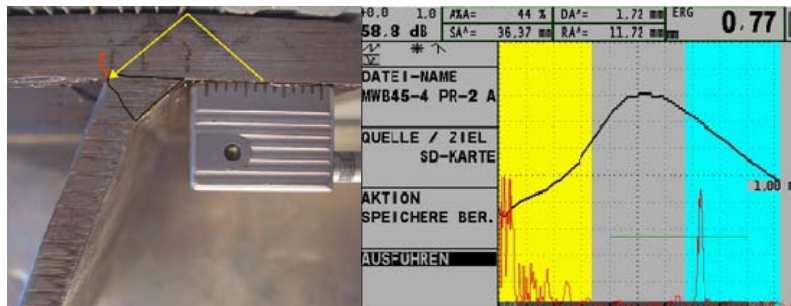


Abb. 7. Ultraschallprüfung der Schweißverbindung zwischen Trapezsteife und Deckblech mit einem 45°-Winkelprüfkopf. Das zugehörige Ultraschallbild erlaubt keine Unterscheidung zwischen dem geometriebedingten Wurzelecho und einem möglichen Riss an der Wurzel.

Die Prüfung mit dem 70°-Winkelprüfkopf ermöglicht die Detektion von Rissen, die bereits tief in das Deckblech hinein gewachsen sind (Abb.8). Eine frühzeitige Detektion konnte auch mit diesem Winkelprüfkopf nicht erreicht werden.



Abb. 8. Ultraschallprüfung der Schweißverbindung zwischen Trapezsteife und Deckblech mit einem 70°-Winkelprüfkopf. Ein fortgeschrittenes Risswachstum, das hier durch eine gefräste Nut modelliert wurde, lässt sich feststellen.

Als weiterer Lösungsansatz zur frühzeitigen Rissdetektion wurde die Gruppenstrahlertechnik (Phased Array) untersucht. Die Gruppenstrahlertechnik ermöglicht die bildliche Darstellung eines weiten Winkelbereichs und liefert damit eine große Informationsfülle, die zu neuen Erkenntnissen führen kann. Bei der vorliegenden Prüfaufgabe lieferte die Gruppenstrahlertechnik jedoch keinen größeren Informationsgehalt als die Arbeit mit den festen Winkeln 45° bzw. 70°.

Als letzten Lösungsansatz wurde die Ultraschallprüfung mittels Kriechwellenprüfköpfen untersucht. Kriechwellen breiten sich annähernd parallel zur Ankoppelfläche aus, so dass keine geometriebedingten Echos aus der Schweißnahtwurzel entstehen. Die Abspaltung von Transversalwellen im Bereich freier Oberflächen entzieht der Kriechwelle stetig Energie, so dass ihre Reichweite gering ist (Abb. 9).

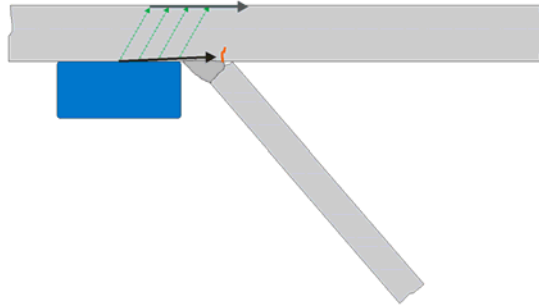


Abb. 9. Detektion einer Rissbildung mittels Kriechwellen.

Der große Vorteil der Arbeit mit Kriechwellenprüfköpfen gegenüber der Winkeleinschallung ist das Ausbleiben von Geometrieechos und die damit verbundene eindeutige Prüfaussage. Für die hier beschriebene Prüfaufgabe wurde in Kooperation mit GE Inspection Technologies ein Kriechwellenprüfkopf entwickelt, der einen möglichst großen Anteil an Schallenergie auf den Ort einer möglichen Rissbildung konzentriert. Zudem arbeitet der Prüfkopf mit zwei getrennten Schwingern in SE-Technik. Die Schwingern sind in Composit-Bauweise ausgeführt. Abb. 10 zeigt die Sohle dieses optimierten Kriechwellenprüfkopfes.

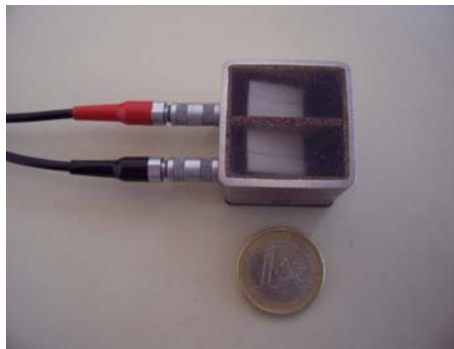


Abb. 10. Kriechwellenprüfkopf zur Detektion von Unternahrissen an Steifen von orthotropen Fahrbahnplatten.

Abb. 11 zeigt die Detektion einer 2 mm tiefen Nut in einem Vergleichskörper mit dem oben beschriebenen Kriechwellenprüfkopf.

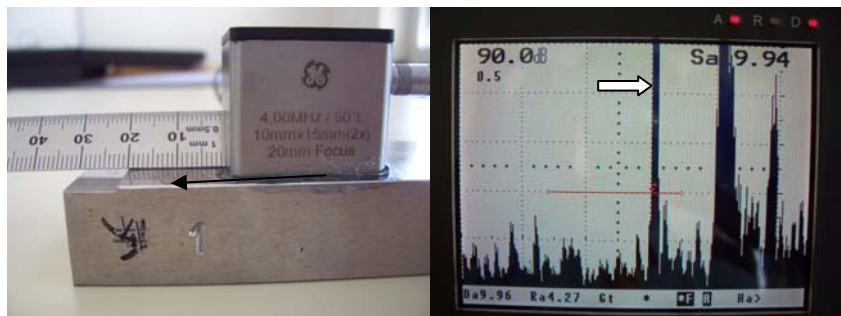


Abb. 11. Detektion einer 2 mm tiefen Nut mittels Kriechwellenprüfkopf. Das Echo der Nut ist mit einem Pfeil gekennzeichnet.

Es ist zu erkennen, dass der künstliche Reflektor in Form einer 2 mm tiefen Nut zu einem sehr deutlichen Echo mit einem großen Signal-Rausch-Abstand führt. Die Detektion

von Unternahtrissen mittels Kriechwellen führt zu einer klaren Ja/Nein-Aussage, die eine Interpretation des Prüfers weitestgehend erübrigt.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die rasante Entwicklung des Verkehrsaufkommens kann bei orthotropen (richtungsabhängigen) Fahrbahnkonstruktionen, die beispielsweise bei Autobahnbrücken zu finden sind, zu ermüdungsbedingten Rissen führen. Die Schweißnähte zwischen den Steifen und dem Fahrbahnblech sind typische Bereiche der Rissentstehung. Risse, die nach außen in die Schweißnaht oder in die Steife hinein laufen, können mit der Sichtprüfung oder der Magnetpulverprüfung gefunden werden. Risse, die in das Fahrbahnblech verlaufen sind mit der Oberflächenrissprüfung nicht zu detektieren. Die klassische Ultraschallprüfung mit Hilfe von Winkelprüfköpfen führt nicht zu einer eindeutigen Prüfaussage, da sich die Echos von Rissen nicht eindeutig von Echos aus der Geometrie unterscheiden lassen. In der hier beschriebenen Arbeit wurde ein Kriechwellenprüfkopf entwickelt, der für die vorliegende Prüfaufgabe zu einer eindeutigen Prüfaussage führt. Der entwickelte Prüfkopf und eine entsprechende Prüfanweisung sind nachfolgend bei Praxiseinsätzen zu verifizieren. Damit ergänzt die Ultraschallprüfung mittels Kriechwellen die bestehenden Prüfmethoden mittels Sichtprüfung und Magnetpulverprüfung. Ein frühzeitiges Detektieren von Unternahtrissen mittels Kriechwellentechnik kann künftig helfen, kosten- und zeitintensive Sanierungsmaßnahmen zu reduzieren, die Bauteilsicherheit weiter zu erhöhen und reparaturbedingte Fahrbahnsperren zu minimieren.