

# Zustandsuntersuchung von Spanngliedern mit Hilfe von zerstörungsfreien Methoden am Beispiel der Brücke von Rosbrück

Maël PORTIER

Conseil Général de la Moselle, Direction des Routes Départementales

**Zusammenfassung.** – Die Brücke von Rosbrück ist ein Bauwerk aus Spannbeton, das vom Département Moselle verwaltet wird. Da sie schon 1952 gebaut wurde, weist sie mehrere Spannkabel auf, die offensichtlich rissig oder brüchig sind. Diese Schädigungen stellen die Tragfähigkeit des Bauwerks in Frage.

Es erschien daher notwendig, den Zustand der Kabel im Inneren der Träger zu überprüfen. Im Vorfeld der Kontrolle mittels der MFL-Methode (Magnetic Flux Leakage) wurde deren Position im Verhältnis zu den Ausführungsebenen überprüft. Da diese Überprüfung schlüssig war, wurden dann die MFL-Messungen an einem der Träger des Bauwerks durchgeführt. Die Ergebnisse sind beweiskräftig und es wurden keine Mängel nachgewiesen. In der Folge erscheint es nötig, die Überprüfung (Auskultation) auf geschädigte Bereiche auszudehnen.

## Einleitung

Die Brücke von Rosbrück ist ein Bauwerk mit vorgespannten Trägern (VIPP) und wurde im Jahre 1952 erbaut. Sie gehört zu den ersten Brücken, die im Département Moselle gemäß der damals bekannten technischen Empfehlungen aus Spannbeton gebaut wurden. Gegenwärtig weist das Bauwerk erste Schäden auf, die auf einen Verlust seiner Tragfähigkeit hindeuten. Angesichts der dringlichen Lage hat das Département Moselle einen Neubau der Brücke geplant. Trotzdem ist es bis zu Beginn dieser Bauarbeiten von Nöten, den inneren Zustand des Bauwerks zu erkunden.

Im Rahmen des Projekts CURE MODERN hat das Fraunhofer-Institut für zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP das Bauwerk zerstörungsfreien Prüfungen unterzogen [1], die bei der Auskultation der gesamten Brücke dienlich sind. Zu diesem Zwecke führte das Fraunhofer IZFP sowohl Georadar-Messungen durch, um die Spannkabel zu lokalisieren, als auch Messungen zur



Magnetflussableitung, um so eventuelle Rissbildungen in einigen Kabeln zu überprüfen (Paragraph 4).

## 1. Beschreibung des Bauwerks

### 1.1 Aufbau und Struktur

Bei der Brücke von Rosbruck handelt es sich um ein sog. « VIPP » (Viaduc à travée indépendante / Viadukt mit unabhängigen Brückenfeldern), das aus 8 Hauptträgern und 8 Querstreben besteht, die per Nachspannung verspannt sind. Das Bauwerk hat eine Breite von 14,60 m und seine Spannweite zwischen den Auflagern liegt bei 47,25. Es liegt eine Schräge von 44,01 Grad zwischen der Auflagerlinie und der Längsachse der Fahrbahnplatte vor.



Abbildung 1. Querschnitt der Fahrbahnplatte

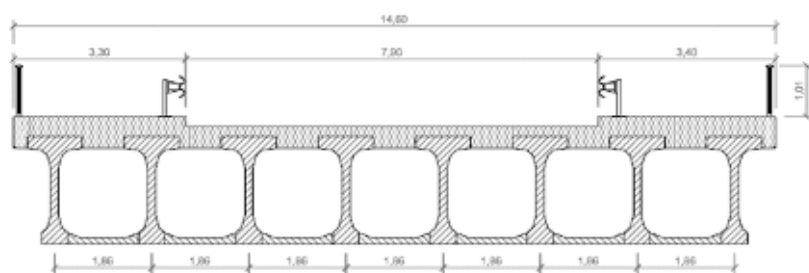


Abbildung 2. Foto des Bauwerkshöhenmaßes

### 1.2 Umgebung

Das Bauwerk liegt zwischen den Gemeinden Rosbruck und Morsbach und ermöglicht der Departementstraße 603, ein Bündel von vier Eisenbahngleisen zu überqueren, von denen zwei unter Verwaltung der SNCF stehen. Diese beiden Strecken bilden die Eisenbahnverbindung zwischen Metz und Saarbrücken, während es sich bei den beiden anderen um Zugänge zu Rangierstrecken handelt, die von der Gesellschaft SGM verwaltet werden.

Das Verkehrsaufkommen in diesem Abschnitt liegt bei 12.000 Fahrzeugen pro Tag, darunter 400 LKW. Darüber hinaus wird die Brücke von mehreren ÖPNV-Linien genutzt.



Abbildung 3. Lageplan des Bauwerks

## 2. Geschichte

Das 1952 erbaute Bauwerk wies schon 1977 Setzungserscheinungen auf Ebene der Lager auf, die zu einer Stauchung der Brückenlager führten. Im Jahre 1984 wurden mehrere Risse zwischen dem unteren Mauerwerk und den Stützen entdeckt. Diese waren ein Indiz für Mängel in der Quervorspannung, in der einige Drähte korrodiert waren, und diese Mängel in der Vorspannung führten wiederum 1985 dazu, dass sich Teile der unteren Schalung ablösten. Es wurde eine Vorrichtung zur Erfassung von herabfallendem Material angebracht, um die Sicherheit des Bahnverkehrs zu gewährleisten.

Nach Auftreten von Rissen wurden 1986 Kernbohrungen durch die Betonbewehrungen hindurch vorgenommen, die eine schlechte Haftung zwischen den verschiedenen Betons aufzeigten. Ein Teil der unteren Schalung war zerstört und die Abdichtung wurde 1992 ersetzt. Die Schäden an Widerlagern und Brückenlagern wurden nicht behandelt.

Im Jahre 2000 wurde die Quervorspannung verstärkt.

Eine Überprüfung, die 2003 durchgeführt wurde, erbrachte den Nachweis für Wassereintritte an mehreren Stellen der Fahrbahnplatte.

## 3. Aktuelle Schäden

Das Bauwerk weist an mehreren Punkten eine Schädigung der Trägersockel auf, wobei die schlechte Betonqualität und Dichtigkeitsmängel die Hauptgründe dafür sind. Diese Schädigungen legen die Vorspannkabel frei, die nicht durch eine dichte Ummantelung geschützt werden. Diese Kabel sind daher nach Jahren und aufgrund ihrer Anfälligkeit gegenüber äußerer Einflüsse korrodiert. Einige Kabelstränge sind schließlich sogar gebrochen.

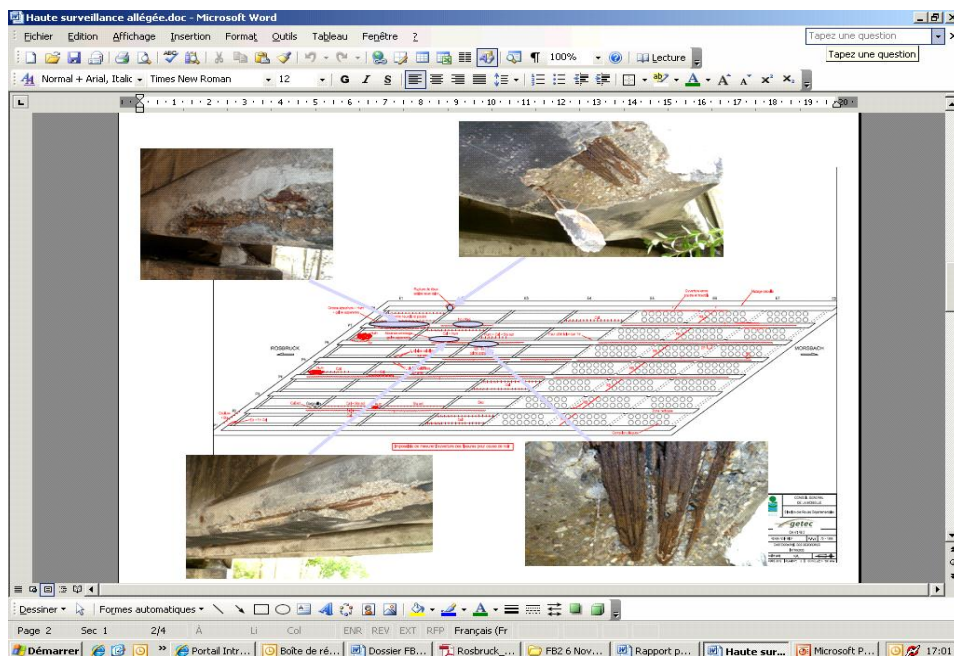


Abbildung 4. Lokalisierung von Schädigungen der Trägersockel

Einige Risse, insbesondere auf dem Träger P4, folgen dem Verlauf der Vorspannkabel. Sie weisen Wassereintrittsspuren auf, die auf Dichtigkeitsmängel auf Ebene der Trägerendstücke hindeuten.

Letztere erlauben ein Abfließen von Wasser entlang der Vorspannkabel und bewirken somit deren Korrosion.

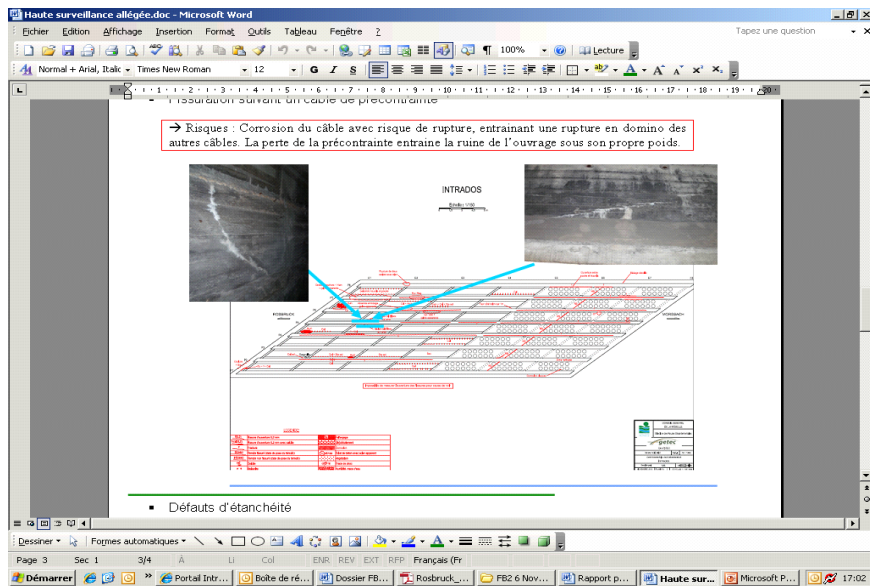


Abbildung 5. Lokalisierung der Risse

Die festgestellten Unregelmäßigkeiten deuten auf generelle Dichtigkeitsmängel hin. In der Tat sind in mehreren Bereichen Wassereintritte aufgetaucht und dies insbesondere an den verschiedenen Fugen zwischen oberer Deckung und den Hauptträgern.

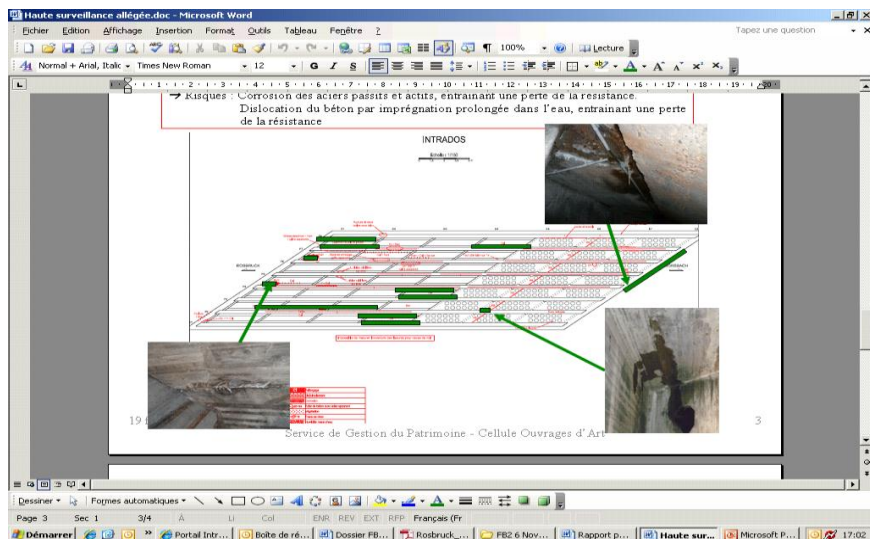


Abbildung 6. Lokalisierung der Wassereintrittsbereiche

## 4. Überprüfung des Bauwerks

### 4.1. Überprüfung der Ortsbestimmung von Vorspannkabeln

#### 4.1.1.

Ist man im Besitz der Bewehrungspläne, ist es wichtig zu prüfen, ob diese beim Bau der Brücke beachtet wurden. Diese Überprüfung wurde am Träger P7 durchgeführt und die dabei erzielten Ergebnisse wurden dann auf die anderen Träger des Bauwerks übertragen.

Die Auskultation erfolgte mit Hilfe des Werkzeugs Ps 1000 Hilti. Der Untersuchungsbereich wurde in mehrere, vom Messinstrument definierte Teile unterteilt, was die Erfassung eines Bereichs von 1,20 X 1,20 m ermöglichte. Auf diese Art konnte jeder zwischen zwei Abstandshaltern gelegene Trägerabschnitt in 5 Teile zerlegt werden.

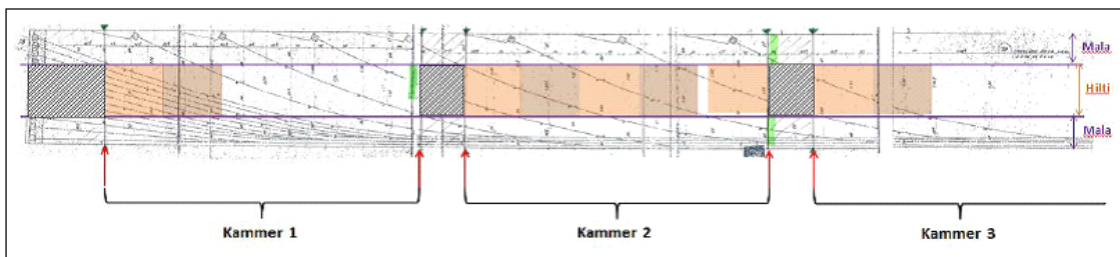


Abbildung 7. Unterteilung des Trägers in mehrere Kontrollbereiche

#### 4.1.2. Ergebnisse

Da die Ergebnisse direkt bei der Überprüfung abgelesen werden konnten, stellte man fest, dass die Vorspannkabel korrekt im Träger positioniert waren. Diese Ergebnisse wurden mit den Ausführungsplänen verglichen, wodurch man die Position der Kabel im Trägerinneren bestätigen konnte.

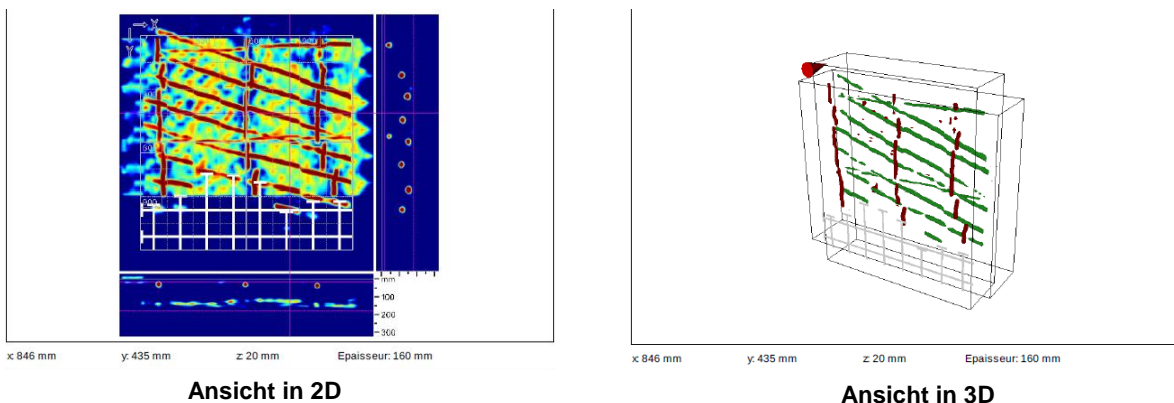
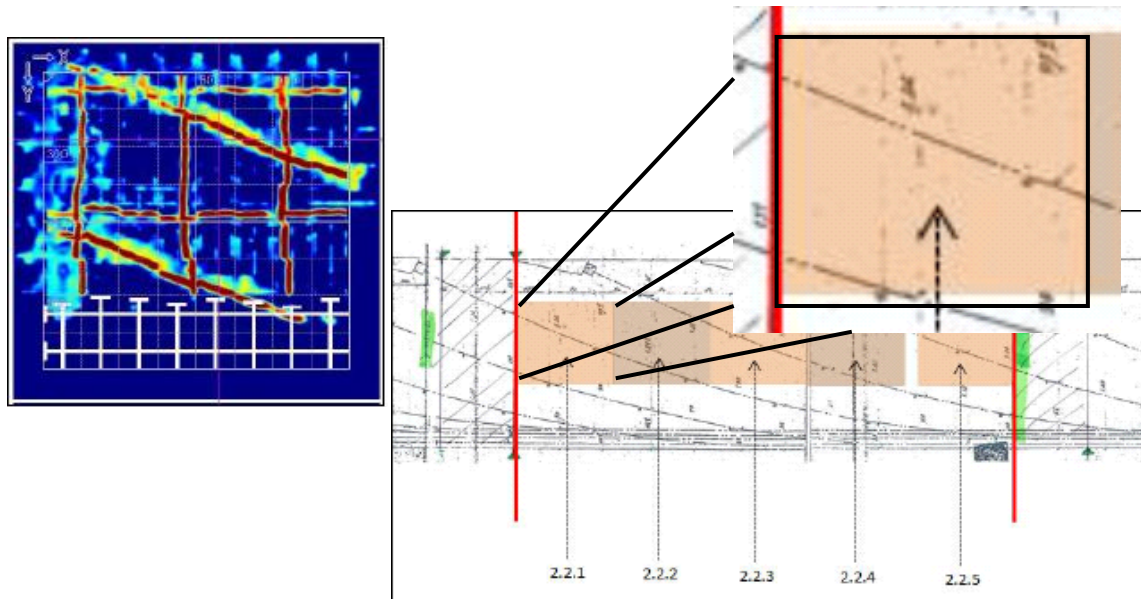


Abbildung 8. Ergebnisse des PS 1000

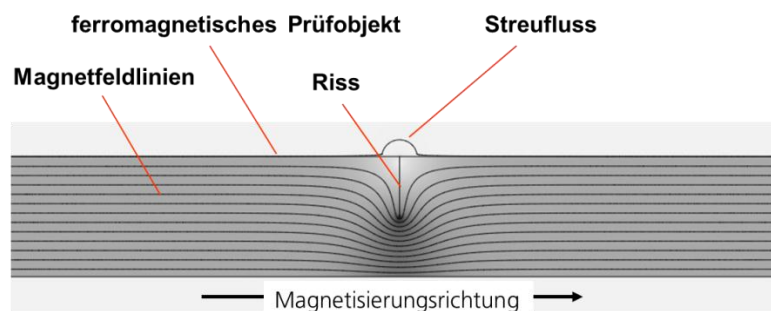


**Abbildung 9.** Vergleich der Ergebnisse des Bereichs 2.2.1. mit den Plänen

#### 4.2. Messung mit Hilfe der MFL-Methode (Magnetic Flux Leakage) [1]

##### 4.2.1. Messprinzip

Ein magnetisiertes, ferromagnetisches Element leitet den Magnetfluss zu dem zu untersuchenden Bereich. An schadhaften Stellen wie z.B. Rissen bilden sich zusätzliche Magnetpole, die nahe der Oberfläche einen magnetischen Streufluss erzeugen.



**Abbildung 10.** Durch einen Riss erzeugter Streufluss

Mittels hochempfindlicher Magnetsensoren mit niedrigem Geräuschpegel (GMRN-Sensor, Hall-Sensor) kann der magnetische Streufluss auf eine messtechnische Ebene übertragen, anhand lokaler Informationen (Drehcodierer, Manipulator) geortet und als Ultraschallbild dargestellt werden.

#### 4.2.2. Messvorrichtung

Die aus Dauermagneten, einer Weicheisenbrücke (als Brücke über dem Fluss) und einem Magnetfeldsensor bestehende Vorrichtung ermöglicht es, die Struktur durch Kontakt mit ihrer Oberfläche zu analysieren.

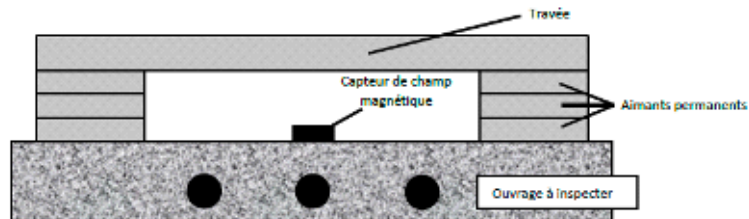


Abbildung 11. MFL-Messvorrichtung

Wenn die Messvorrichtung zu stark vereinfacht wird, weil sie keinen Drehcodierer etc. besitzt, ist keine Ortung möglich. Diese kann dann nur ungefähr durch Interpolation erfolgen, indem man eine geeignete Zeitspanne festlegt, die für die Messung einer Messlinie von gegebener Länge benötigt wird.

#### 4.2.3. Ergebnis

Aufgrund der Magnetisierung, die senkrecht zu den Bewehrungen ausgerichtet wird, sind letztere im Ergebnis der MFL-Messung sichtbar. Dies wird bestätigt durch einen Vergleich der Positionen der Bewehrungen in den Abbildungen 12 und 13. Die Bewehrungen befinden sich 250 mm und 750 mm vom Ausgangspunkt der Messungen entfernt. Der Südpol der Vorrichtung wird durch das Paar Dauermagnet - Brücke gebildet und der Nordpol wird in den Bewehrungen erzeugt.

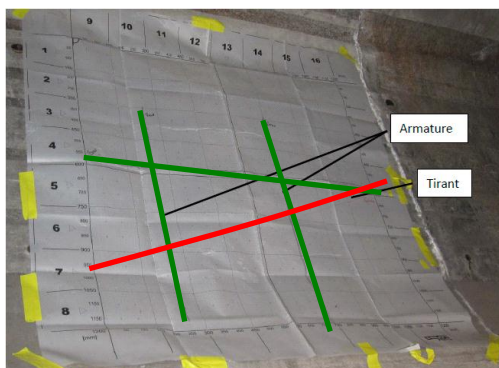


Abbildung 12. Position der Bewehrungen im Träger

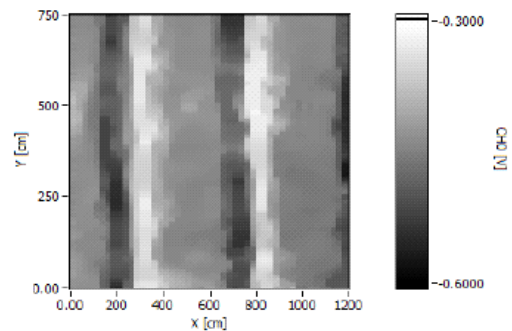


Abbildung 13. MFL - Messung

Aufgrund der höheren Beschichtung sind die Vorspannkabel in einer MFL-Messung nicht sichtbar. Sie befinden sich in größerer Tiefe und können nur sichtbar gemacht werden, wenn man eine stärkere Magnetisierung anlegt. Im Falle von Mängeln käme es zu sichtbaren Polaritätsumkehrungen. Der anomale Streufluss ist intensiver als ein durch die Bewehrung ausgelöster Streufluss, weshalb die Polaritätsumkehrung in einer niedrigeren Position sichtbar ist. Die Kabel weisen an den analysierten Stellen keine Mängel auf, da ja keine Umkehrung von Polen stattgefunden hat.

## **Fazit**

Die Überprüfungen der Brücke von Rosbruck (per Radar und MFL) ermöglichten es, die Lage der Vorspannkabel zu bestätigen und sicherzustellen, dass die Ausführungspläne und ursprünglichen Berechnungen beachtet wurden.

Da die Auskultation per MFL nur an einem begrenzten Teil des Bauwerks durchgeführt wurde, wäre es nötig, das gesamte Bauwerk einer solchen Auskultation zu unterziehen, um den tatsächlichen Zustand des Gesamtbauwerks bestimmen zu können. Denn mehrere Träger weisen in der Tat äußere Unregelmäßigkeiten auf, die auf Riss- oder sogar Bruchbildung in einigen Kabeln hindeuten.

Die Wiederaufbauarbeiten an der Brücke werden 2015 begonnen. Die Lager werden verstärkt und die angrenzenden Gründungen ausgebessert. Die aktuelle Fahrbahndecke der Brücke wird abgerissen und durch eine gemischte Decke, bestehend aus mehreren Metallträgern und einer Decke aus Stahlbeton, ersetzt.

In Erwartung dieser Arbeiten wird das Bauwerk verstärkt überwacht, um so auch die kleinste Entwicklung aufzudecken, die die Verkehrssicherheit beeinträchtigen könnte.

## **Referenzen**

[1] Fraunhofer IZFP Saarbrücken (2013) CURE MODERN – Messarbeiten in Rosbruck mit Hilfe des Magnetflussverfahrens.