

Zerstörungsfreie Kartierung des Untergrunds und Zustandsbewertung einer großen Autobahnbrücke

Umfassende Begutachtung der Brückenfahrbahn und der Abdichtung mittels Mehrkanal-GPR

Die Herausforderung

Um eine langfristige Anlagenverwaltung zu gewährleisten und gezielte Instandhaltungsmaßnahmen zu planen, benötigte der Anlagenbetreiber eine detaillierte Begutachtung der inneren Struktur und des Zustands der Abdichtung einer wichtigen Autobahnbrücke. Konkret stand die Inspektion vor mehreren entscheidenden Herausforderungen:

- Nicht dokumentierte innere Geometrie: Aktuelle, hochdetaillierte Zeichnungen der oberen Bewehrungsschicht und der genauen Anordnung des transversalen Vorspannsystems (PT) lagen nicht vor.
- Verdacht auf Beschädigung der Abdichtung: Es bestand der Verdacht auf eindringende Feuchtigkeit, doch deren Ausmaß, Ort und Auswirkungen auf die Haftung der Abdichtung unter der ca. 100 mm dicken Asphaltschicht waren unbekannt.
- Einschränkungen der automatisierten Diagnose: Standardalgorithmen zur automatisierten GPR-Zustandserfassung konnten aufgrund zweier sich verstärkender Faktoren nicht verwendet werden:
 1. Die stark unregelmäßige, „flickartige“ Anordnung der Bewehrungsmatte der ersten Schicht.
 2. Hohe Grundwasserkonzentration infolge von drei Tagen ununterbrochenem Regen vor der nächtlichen Untersuchung.
- Minimierung von Verkehrsbeeinträchtigungen: Die Diagnosearbeiten mussten zügig und mit einem Minimum an Kernbohrungen oder zerstörenden Prüfungen durchgeführt werden.

Die Lösung

Es wurde ein fortschrittliches Bodenradar (GPR) von Proceq eingesetzt, das hochauflösende Datenerfassung mit gezielter physikalischer Validierung kombinierte.

1. Hochauflösende GPR-Vermessung

Die GPR-Untersuchung wurde nachts mit den Mehrkanalsystemen GM8000 und GS9000 durchgeführt, um hochdichte Untergrundprofile über die gesamte Fahrbahn zu erfassen.

2. Mehrschichtige Signalanalyse

Da automatisierte Kartierungsalgorithmen unter den stark gesättigten Bedingungen nicht anwendbar waren, analysierten die Ingenieure die dielektrischen Eigenschaften und Signalamplituden der Radardaten manuell:

- Kartierung der Abdichtungsgrenze: Die Signalstärke an der Grenze zwischen Asphalt und Beton wurde ausgewertet. Reflexionen mit niedriger Amplitude (orange/grüne Zonen) deuteten auf eine trockene, intakte Abdichtung hin, während Reflexionen mit hoher Amplitude und hoher Dielektrizitätskonstante (rote Zonen) auf Wasseransammlungen und eine mögliche Ablösung hindeuteten.
- Kartierung von Bewehrungsstahl und Vorspannkabeln: Die hyperbolischen Reflexionen des Längs- und Querstahls wurden verfolgt, um die Tiefe, den Abstand und die strukturelle Beziehung zwischen den Bewehrungsplatten und den darunterliegenden Vorspannkanälen zu kartieren.

3. Kalibrierung mittels gezielter Probegruben

Anstelle umfangreicher zerstörender Prüfungen wurden lediglich drei lokal begrenzte Probegruben ausgehoben, um die Interpretationen der GPR-Signale zu kalibrieren und zu bestätigen:

- Probegrube 1 wurde in einer Zone mit hoher Amplitude angelegt, um den Verdacht auf eine defekte Abdichtung zu überprüfen.
- Die Probegrube 3 wurde in einer Zone mit niedriger Amplitude (orange) angelegt, um eine intakte Abdichtung und trockenen Beton zu bestätigen.



Ergebnisse

Die GPR-Untersuchung lieferte eine klare, umsetzbare Übersicht über den inneren Zustand der Brücke, wodurch der Auftraggeber von allgemeinen Instandhaltungsmaßnahmen zu gezielten, lokalisierten Reparaturen übergehen konnte.

Strukturaufbau und Kartierung der Bewehrung

Die GPR-Untersuchung erfasste erfolgreich den komplexen Aufbau der oberen Bewehrungsschichten der Brücke:

- Erste Schicht (Tiefe: 150 mm–200 mm): In rechteckigen Feldern mit einem Abstand von 4 m zueinander angeordnet. Längsstäbe liegen ganz oben und ruhen direkt auf den darunter liegenden Quer-Vorspannlitzen. Dies deutet darauf hin, dass die Bewehrungsmatte beim ursprünglichen Betonieren wahrscheinlich direkt auf den Vorspannkanälen auflag.
- Zweite Schicht (Tiefe: ~300 mm): Eine sekundäre Bewehrungsmatte wurde erfolgreich kartiert.
- Strukturelle Anomalien: Es wurden lokale Bereiche identifiziert, in denen die Stahlmatte der ersten Schicht deutlich tiefer (300 mm–350 mm) über den Querspannseilen liegt.

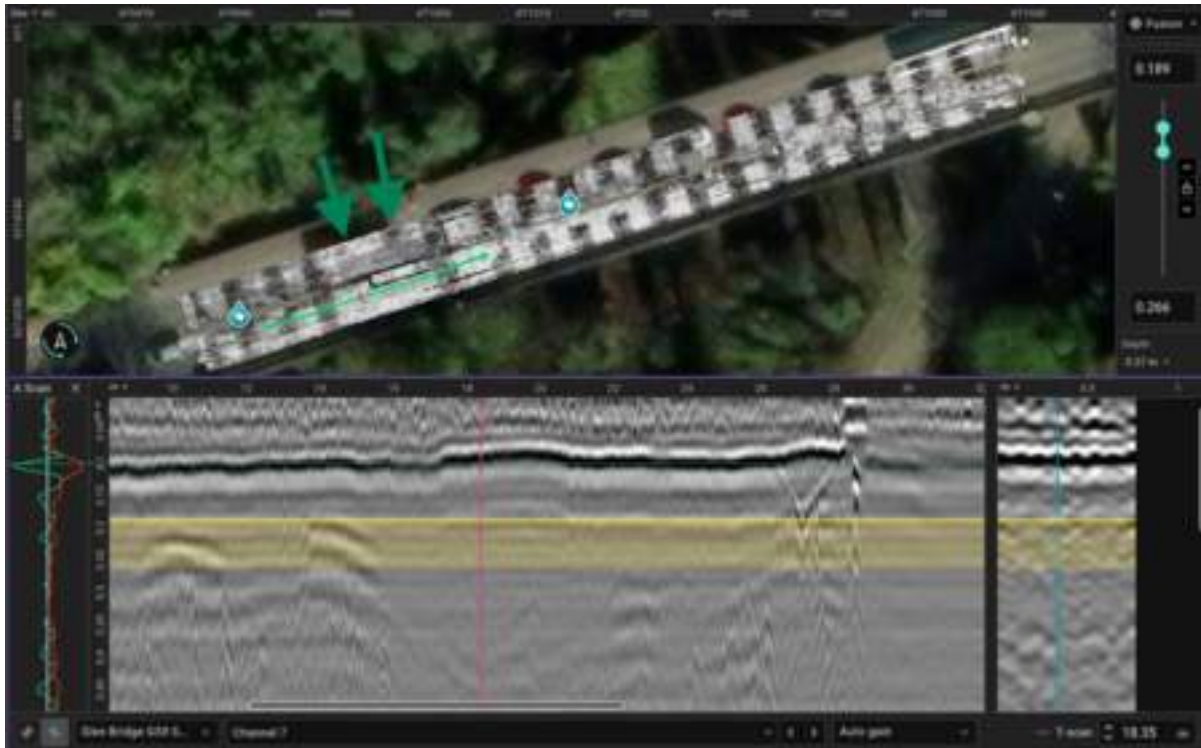


Fig.1 Overview of 1st layer reinforcement

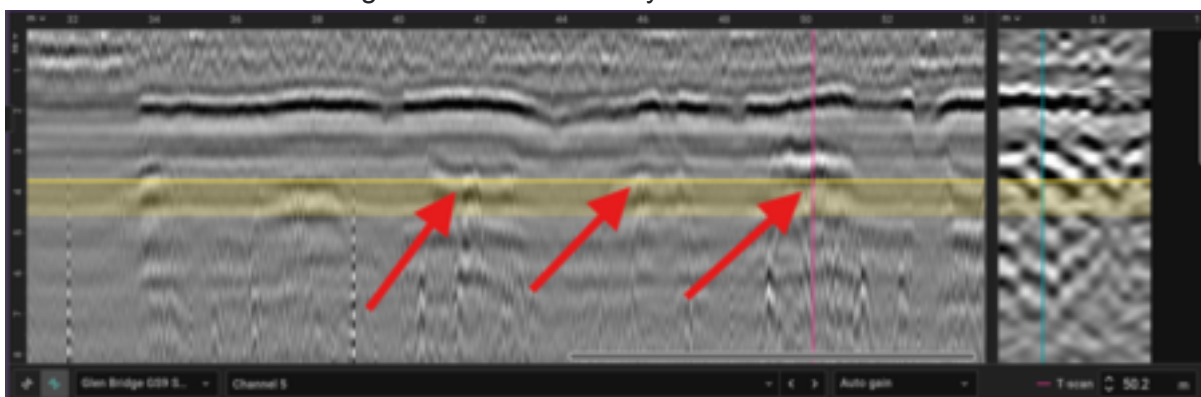


Fig.2 possible PT strands

Abdichtung und Feuchtigkeitskartierung

Durch die Analyse des dielektrischen Kontrasts an der Grenzfläche zwischen Asphalt und Abdichtung konnten die Ingenieure Bereiche mit Feuchtigkeitsansammlungen identifizieren:

- **Fuge am südwestlichen Widerlager:** Es wurde ein großer Bereich mit Wasseransammlungen identifiziert. Aufgrund der Neigung der Brücke wird der Abfluss an der Dehnungsfuge abrupt gestoppt, was zu einer anhaltenden Wassersättigung führt. Die Probegrube 1 bestätigte, dass diese Sättigung zu einer schlechten Haftung der Abdichtungsbahn geführt hat.

- **Sättigung des Versorgungsgrabens:** Dielektrische Signale mit **hoher Amplitude** wiesen auf eine gesättigte Zone hin, die sich auf halber Länge der Spannweite quer über die Fahrbahn erstreckte und mit einem quer verlaufenden Versorgungs- bzw. Kommunikationskabelgraben zusammenfiel.
- **Unbeschädigte Bereiche:** Die Fahrbahn in westlicher Richtung und die östlichen Abschnitte wiesen Reflexionen mit geringer Amplitude auf. Die Probegrube 3 bestätigte, dass diese Bereiche über eine vollständig intakte Abdichtung und trockenen darunterliegenden Beton verfügen.

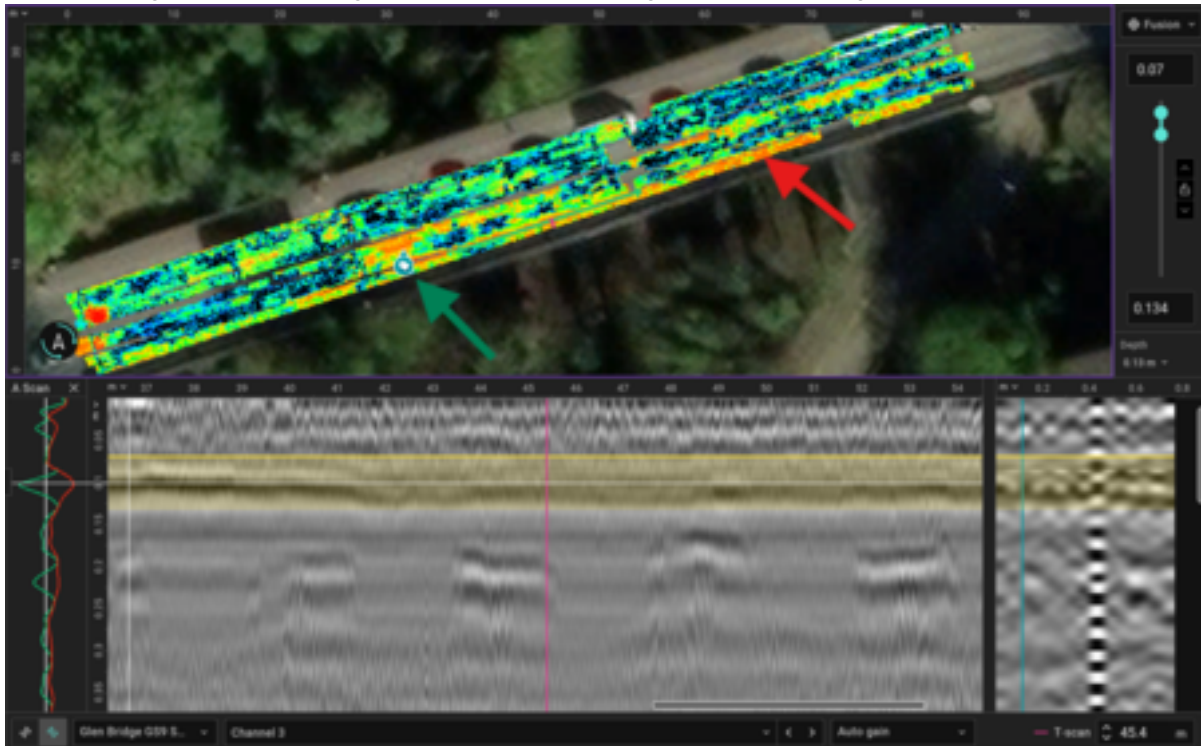


Fig.3 Low amplitude response shown in orange, high amplitude higher dielectric response in red

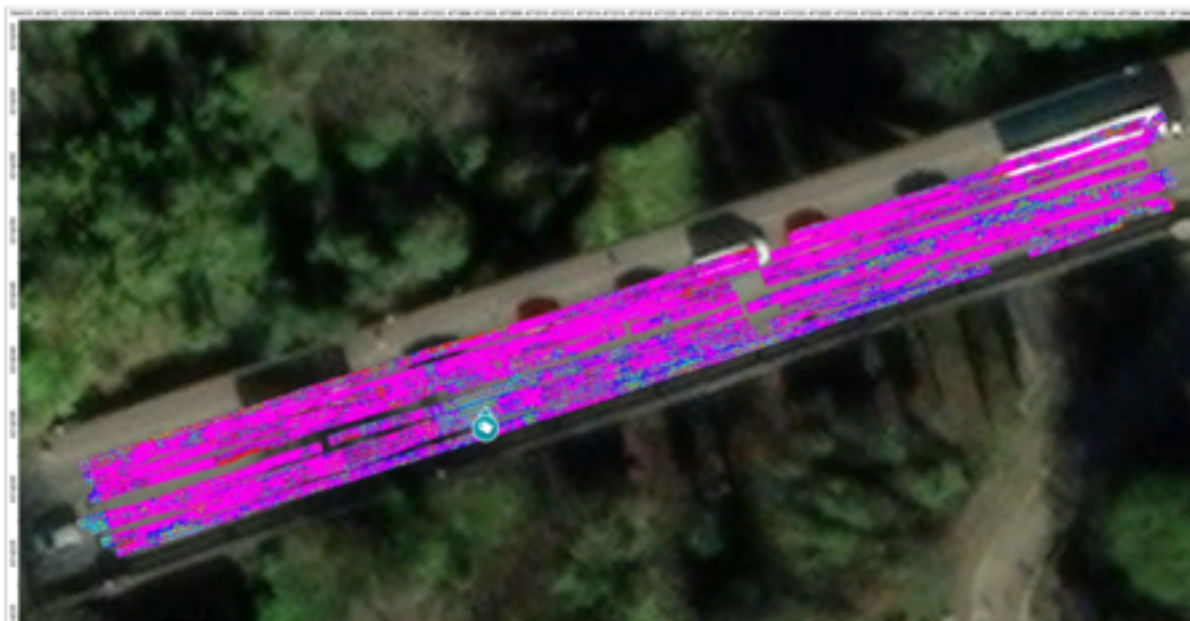


Fig.4 Waterproofing layer

Zustandsbewertung von Stahl

Obwohl keine automatisierten Verschleißmodelle ausgeführt werden konnten, konnten durch eine manuelle Analyse der Signaldämpfung erfolgreich lokale Problembereiche identifiziert werden:

- GPR-Profile zeigten ein plötzliches Abklingen bzw. Verschwinden des Signals an der Ecke des Bewehrungsmattenbereichs. Dies deutet entweder auf eine lokale Betonsättigung hin, die das Radarsignal abschirmt, oder auf eine Stahlverschlechterung im Frühstadium.

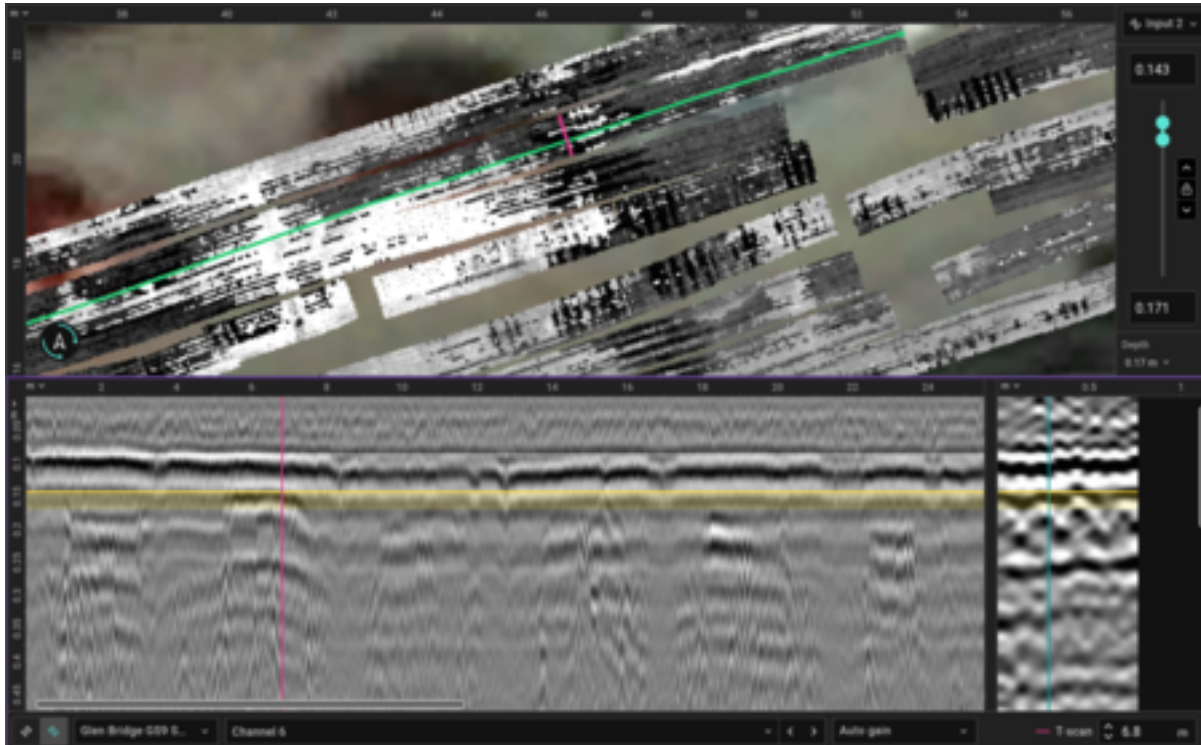


Fig.5 steel detail in centre of bridge

Fazit und umsetzbare Empfehlungen

Insgesamt wurden der Beton und die innere Stahlbewehrung der Brückenfahrbahn als in gutem baulichem Zustand befindlich befunden. Anstelle einer kostspieligen, vollständigen Erneuerung der Fahrbahnoberfläche und der Abdichtung ermöglichten die GPR-Daten effiziente Instandhaltungsempfehlungen:

1. Gezielte Reparatur der Abdichtung: Lokaler Austausch der Abdichtung am südwestlichen Ende der Brücke, wobei der Schwerpunkt auf dem Bereich mit hoher Sättigung bis zur östlichsten Begrenzung liegt.
2. Sanierung der Entwässerung: Behebung der Unterbrechung des Entwässerungswegs an der Fuge des südwestlichen Brückenpfeilers, um künftige Wasseransammlungen und ein vorzeitiges Versagen der Verbundverbindung zu verhindern.
3. Lokale Beton-/Stahluntersuchung: Durchführung einer lokalen, zerstörungsfreien Nachuntersuchung oder eines lokalen Aufbruchs zur Bewertung der vermuteten Bewehrungsdegradation.

Weitere Anwendungshinweise und Fallstudien finden Sie in unserem „[-Tech-Hub-](#)“.



[Terms Of Use](#)
[Website Data Privacy Policy](#)

Copyright © 2024 Screening Eagle Technologies. All rights reserved. The trademarks and logos displayed herein are registered and unregistered trademarks of Screening Eagle Technologies S.A. and/or its affiliates, in Switzerland and certain other countries.