



**VSVI Hessen -Vortragsveranstaltung in Friedberg am 23.05.2018**  
**-Ingenieurbauwerke-**  
**Dauermonitoring an Stahlbauwerken am Beispiel der Thalaubachtalbrücke-**

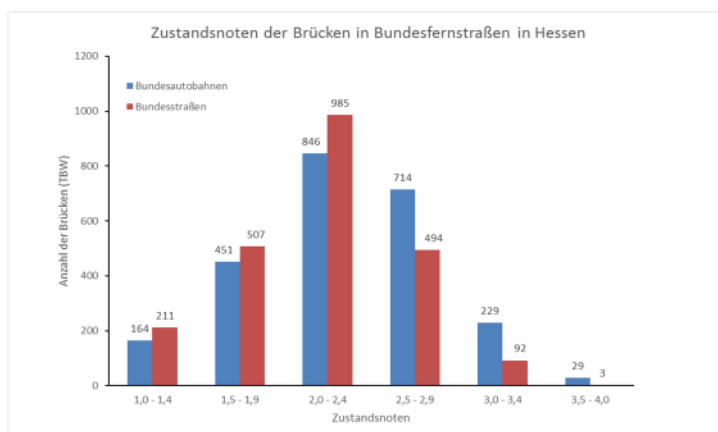
Referenten: M.-Eng. Sebastian Krahle, Hessen Mobil  
 Dominik Salg, Bilfinger Noell GmbH

RND-Problematik

Derzeit gibt es in Hessen 49 Bauwerken, bei welchen vor Ablauf der Restnutzungsdauer (RND) kein Ersatzneubau erfolgen kann.

Die RND wird in der Regel durch ein gutachterliches Verfahren mit Hilfe der Nachrechnungsrichtlinie ermittelt. Ausschlaggebend für die RND sind Defizite in der Tragfähigkeit sowie im Material.

Zur Kompensation von Tragfähigkeitsdefiziten bzw. zur Verbesserung des Ankündungsverhaltens werden von Hessen Mobil einerseits verkehrliche Maßnahmen (Einengungen, Spurführungen, etc..) andererseits aber auch Notunterstützungen und "verdichtete Kontrollen" in Form von Dauermonitorings und Sonderprüfungen gem. DIN 1076 durchgeführt. Generell gilt hierbei, die Einschränkungen für die Verkehrsteilnehmer so gering wie möglich zu halten.



Zustandsnoten der Brücken in Bundesfernstraßen in Hessen 2017

Das Bauwerk

Die Thalaubachtalbrücke, welche im Jahre 1968 dem Verkehr übergeben wurde, überspannt das Thalaubachtal im Zuge der BAB A7 ca. 15 km südlich von Fulda bei



Döllbach. Die Konstruktion besteht aus je einem 312 m langen reinen Stahlüberbau pro Richtungsfahrbahn mit 7 Feldern und Stützweiten zwischen 32 und 54 m.



Seitenansicht der Thalaubachtalbrücke

Maßgeblich haben die geologischen Verhältnisse und ein damals geplanter Stausee, der die Pfeiler bis zu einer Höhe von ca. 10 m umspült hätte, die Konstruktion bestimmt. Aufgrund dieser Gegebenheiten wurde ein biegeweiches Stahl-Durchlaufträgersystem gewählt. Diese Anforderung an die Konstruktion führte dazu, dass die Überbauten im Querschnitt aus drei Vollwandträgern bestehen, die zusammen mit Querträgern einen Trägerrost bilden. Aus fertigungstechnischen Gründen wurden die Bleche der Fahrbahnplatte und die v-förmigen Aussteifungshohlrippen (V-Steifen) nicht in Brückenlängsrichtung, sondern quer dazu angeordnet. Die V-Steifen leiten die Kräfte nicht direkt in die Hauptträger ab, sondern über Zwischenbleche - sog. Schottbleche - die an die V-Steifen und die Obergurttflansche der Hauptträger angeschweißt wurden. Da die Fahrbahnplatte durch die Verbindung über die Schottbleche gleichzeitig den statisch angesetzten Obergurt des Hauptträgers bildet, ist diese maßgeblicher Teil des Haupttragsystems.



Ansicht Schottblech / V Steife

# QUERSCHNITT

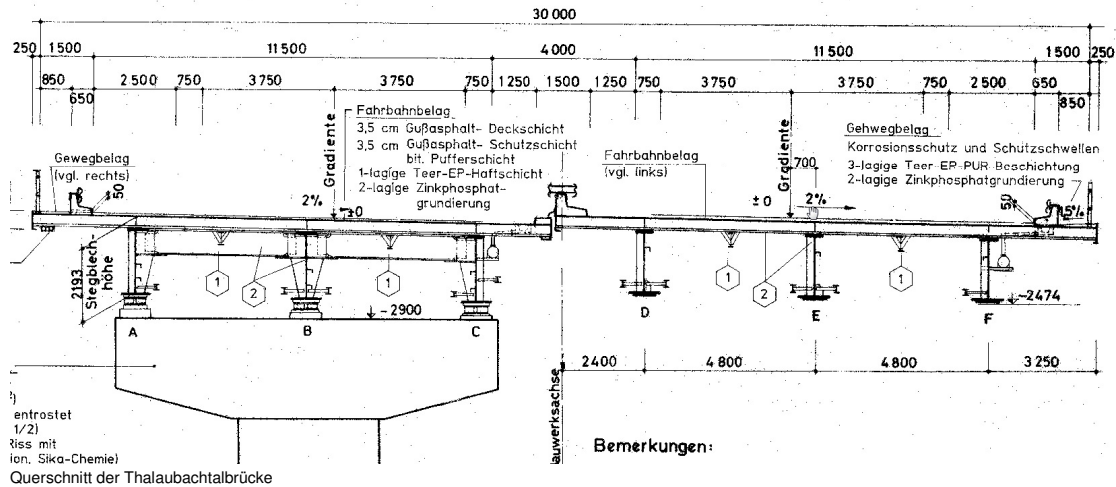
M. = 1 : 75

AM PFEILER

(Fahrtrichtung Kassel)  
Teilbauwerk 1

IM FELD

(Fahrtrichtung Würzburg)  
Teilbauwerk 2



## Defizite aus der Nachrechnung

Im Zuge der Nachrechnung wurden u.a. Defizite bei den Schweißnahtverbindungen des Fahrbahnplatten-Deckbleches mit den Obergurtflanschen der Hauptträger offensichtlich. Die Schweißnähte, welche die Verbindung zwischen Hauptträger-Obergurt und Schottblechen sowie Schottblechen und Fahrbahnplatten-Deckblech sicherstellen, wurden zu gering dimensioniert, da das Versatzmoment aus der Schubkraft zwischen Deckblech der Fahrbahnplatte und Hauptträger-Obergurt rechnerisch nicht berücksichtigt wurde. Im Bereich der maximalen Schnittgrößen (Pfeilerbereiche) beim Ansatz von Lasten der Brückenklasse 60 treten Spannungsüberschreitungen bis zum 1,4-fachen des zul. Wertes auf. Da es keine Möglichkeit der Kräfteumlagerung gibt und die Last beim Versagen einer Schweißnaht die dahinterliegende nächste Schweißnaht zusätzlich belastet, besteht die Gefahr eines Versagens ähnlich dem Prinzip eines sich öffnenden Reißverschlusses.

Die Ermüdungsproblematik wurde einer besonderen Betrachtung unterzogen: Nach Nachrechnungsrichtlinie 13.10.1 (2) darf ein Nachweis der Restnutzungsdauer auch auf Grundlage bruchmechanischer Untersuchungen erfolgen.

Alternativ darf nach Nachrechnungsrichtlinie 13.10.3 (4) auf den Nachweis der Ermüdung verzichtet werden, wenn die vorläufig eingeschränkte Nutzungsdauer auf maximal 12 Jahre festgelegt wird. Hierzu ist u.a. der Überbau soweit zu verstärken, dass alle Bauteile ausreichende Tragsicherheiten aufweisen. Weiter dürften bisher keine Ermüdungsschäden festgestellt worden sein. Da letzteres jedoch nicht zutrifft - es wurden bereits bei den Prüfungen nach DIN 1076 Ermüdungsschäden festgestellt - wären zusätzliche Kompensationsmaßnahmen zur rechtzeitigen Erkennung der Entwicklung bzw. Entstehung von Ermüdungsschäden notwendig.

Eine Instandsetzung der Konstruktion im Hinblick auf einen Austausch oder eine Ertüchtigung der mit unzureichenden Ermüdungswiderständen ausgestatteten Bauteile zur dauerhaften Behebung der konstruktiv bedingten Ursachen der Ermüdungsschäden ist technisch nicht durchführbar.

Es wurde daher zur zeitlich begrenzten Beherrschung der fortbestehenden Ermüdungsproblematik folgende Vorgehensweise gewählt:

Zunächst erfolgt die Instandsetzung der Ermüdungsrisse und als zusätzliche Kompensationsmaßnahme Durchführung von Sonderprüfungen im Abstand von 3 Monaten mit besonderem Augenmerk auf neue Ermüdungsrisse, Rissbildungen in bereits instandgesetzten Bereichen und eventuelles Risswachstum.

Schäden sind sofort zu beheben; ggfs. ist kontinuierliches Nachschweißen erforderlich.

Unter diesen Rahmenbedingungen konnte der Ansatz einer reduzierten Restlebensdauer von 6 bis 8 Jahren als noch vertretbar erachtet werden.

Da die beschriebene Vorgehensweise in der Nachrechnungsrichtlinie nicht explizit vorgesehen ist, wurden die von Gutachterseite empfohlenen weiteren Untersuchungen an den Schweißnähten durch Hessen Mobil beauftragt: Für den Anschluss der Schottbleche an die Hauptträger der Talbrücke Thalaubach wurden bruchmechanische Untersuchungen im Hinblick auf eine mögliche Sprödbruchgefährdung und einen Ermüdungsrisssfortschritt der Schweißnähte durchgeführt.

Das Ergebnis der bruchmechanischen Berechnungen hatte weitere kompensierende Überwachungsmaßnahmen zur Folge, da mit sinkenden Temperaturen in der kalten Jahreszeit mit erhöhter Sprödbruchgefahr der Schweißnähte an den Schottblechen gerechnet werden muss.

Dies erforderte die Verdichtung der regelmäßigen Sonderprüfintervalle im Winterhalbjahr ab einer Temperatur von 5° C bis 0°C von bisher drei Monaten auf einen Monat, bei Temperaturen von unter 0° C bis -5°C auf zwei Wochen und unter -5° C auf ein wöchentliches Intervall.

Da die Überprüfung der Schweißnähte in den engen Intervallen zeitlich und personell nicht leistbar ist, wurde die Installation eines dauerhaften Monitorings des gesamten Tragwerks geprüft. Die sog. Schallemissionsprüfung ist ein geeignetes Messverfahren für diese Anwendung.

Da dieses Messverfahren jedoch in Deutschland bislang nicht an (Brücken-) Bauwerken durchgeführt wurde, sondern hauptsächlich als Prüfverfahren im Behälterbau eingesetzt wird, erfolgte im Vorfeld zu einem Dauermonitoring eine 10-tägige Testmessung an ausgesuchten Schottblechen. Aufgrund der positiven Erfahrungen aus dieser Testmessung entschied sich Hessen Mobil, ein Dauermonitoring mithilfe der Schallemissionsprüfung an der Thalaubachtalbrücke durchzuführen.

#### Verfahrensbeschreibung:

Die Schallemissionsprüfung (englisch: **A**coustic **E**missions **T**esting = AT) wird seit Jahrzehnten weltweit in der Materialforschung und -prüfung, bei Laborprüfungen von Komponenten und Bauteilen sowie als Prüfverfahren für Risse- und Leckagedetektion sowie Korrosionserscheinungen im Bereich der Prozessindustrie, Kraftwerksbranche und im Behälterbau erfolgreich eingesetzt.

Für die Schallemissionsprüfung kommen alle Werkstoffe in Frage, die Schallemissionsquellen von genügend hoher Amplitude erzeugen, wie Metall, Keramik, Glas, Gestein, Beton, spröde Polymerwerkstoffe, Holz und Verbundwerkstoffe. Mechanismen der Schallemission sind z.B. Rissbildung, Rissfortschritt, Delamination, Rissuferreibung u.v.a.m.

Die Zielstellung der Schallemissionsprüfung bei industriellen Anwendungen ist es, anhand der Aufzeichnung und Analyse von Schallemissionssignalen die Fertigungsqualität oder den Schadenszustand von Komponenten und Bauteilen zu

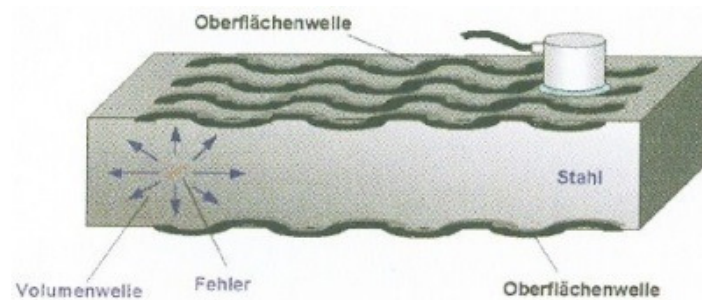
charakterisieren, bruchkritische Schadenssituationen vor dem ultimativen Versagen anzuzeigen und Bereiche hoher Schallemissionsaktivität bzw. –intensität zu lokalisieren.

Die Schallemissionsprüfung wird als begleitendes Prüfverfahren u.a. bei der Abnahmeprüfung, Wiederkehrenden Prüfung sowie Lebensdauer-/Zustandsüberwachung eingesetzt.

Internationale Bedeutung hat die Schallemissionsprüfung von Druckbehältern, Tanks, Rohrleitungen, Ventilen, geologischen Endlagerstätten, Brücken und Staudämmen erlangt.

#### Messprinzip

Die Schallemissionsprüfung basiert auf der Detektion dynamischer Verschiebungen im Nanometer-Bereich an der Oberfläche des Prüfobjekts, welche durch akustische Wellen (elastische Spannungswellen) bewirkt werden. Diese Wellen werden durch kurzzeitige, sehr kleine Verschiebungen erzeugt, die bei plötzlichen Spannungsänderungen in schnell ablaufenden Prozessen im Werkstoff entstehen. Durch diese Schallwellen entsteht eine Wechseldruckanregung des Schallemission-Sensors.



Messprinzip Schallemissionsprüfung

Der Wechseldruck erzeugt im aktiven Piezoelement des Schallemission -Sensors einen elektrischen Spannungsausschlag, dessen Amplitude von der frequenzabhängigen Sensorempfindlichkeit und der Stärke des Schallemissionsereignis abhängt. Die bei der Schallemissionsprüfung ausgenutzten Wellentypen sind Volumenwellen (in geologischen Strukturen).

#### Objektspezifische Maßnahmen:

Zur permanenten Überwachung der Thalaubachtalbrücke wurde an insgesamt 51 Schottblechen Schallemission-Sensoren appliziert. An vier Stellen wurden Temperatur-Sensoren zur Erfassung der Luft- und Bauteiltemperaturen (an Fahrhahnober- und unterseite sowie am Untergurt des Hauptträgers) installiert. In der südlichen Widerlagerkammer wurde die Zentraleinheit für die Datenerfassung und Datenfernübertragung in einem klimatisierten Schrank untergebracht. Es wurden ca. 3.600 m Steuerungskabel verlegt.



Messzentrale



Sensoren während der Installation

#### Rufbereitschaft und Alarmierungsplan:

Um die Erreichbarkeit der Bauwerksprüfung von Hessen Mobil im Schadensfall gewährleisten und umgehend auf Schadenereignisse reagieren zu können, wurde eine Rufbereitschaft sowie eine Alarmierungskette eingerichtet. Die Rufbereitschaft hat die Aufgabe, bei Alarmierungen durch Überschreitung der vom Gutachter ermittelten kritischen Risslänge eine sofortige Überprüfung (Sichtprüfung und Magnetpulverprüfung) der entsprechenden Schweißnähte vor Ort durchzuführen und eventuell notwendige Sofortmaßnahmen zu initiieren (z.B. Teilspernung oder Vollsperrung).

#### Verkehrskonzepte für den Ernstfall


Bei einer Vollsperrung einer Richtungsfahrbahn ist die Überleitung des Verkehrs auf die Gegenfahrbahn vorgesehen. Um diese Verkehrsführung kurzfristig einzurichten, wurden von Hessen Mobil umfangreiche Maßnahmen getroffen (u.a. Öffnung der Mittelstreifenüberfahrten, Vorhalten einer Zuflussdosierungsanlage für Kfz > 3,5t mit umfangreicher Beschilderung).

Sollten sich gleichzeitig massive Schäden an beiden Richtungsfahrbahnen der Talbrücke Thalaubach einstellen, wäre für die Zeit der Reparatur eine Vollsperrung der A 7 notwendig. Die Umleitung der Autobahnverkehre wäre dann über die bestehende, etwa 25 km lange Bedarfsumleitung zwischen dem Autobahndreieck Fulda (bzw. A 66 Anschlussstelle Fulda-Süd) und der Anschlussstelle Bad Brückenau-Volkers zu führen. Die Bedarfsumleitung liegt zu rund 60% in Bayern. Ergänzend sind die Verkehrsteilnehmer auf weiträumige Alternativstrecken des BAB-Netzes hinzuweisen.

Um für diesen "Worst Case" gerüstet zu sein, plante Hessen Mobil ein alternatives, kleinräumiges Provisorium, das eine Umleitung wesentlicher Verkehre der A 7 im Nahbereich der Talbrücke Thalaubach möglich machen sollte.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die dauerhafte Überwachung der Schottbleche mittels Schallemissionsprüfung hat Hessen Mobil in die Lage versetzt, auf Rissentwicklungen umgehend zu reagieren. In der Zeit vom 18.12.2017 bis Ende März 2018 kam es zu insgesamt zu 6 Einsätzen für die Rufbereitschaft der Bauwerksprüfung, teilweise auch nachts bzw. an Feiertagen. Hierbei wurden stellenweise Rissänderungen und neue Risse festgestellt, welche anschließend gutachterlich analysiert wurden.

	<p>Prüfbericht vom 01.03.2018</p> <p>Träger E-West Schottblech 452 Riss an waagerechter Naht zum Stahlprofil 451 einlaufend zum Träger E-Ost Riss ca. 10 mm lang und 1 mm offen</p>
---	---

Auszug aus dem Prüfbericht vom 01.03.2018

Kritische Zustände wurden jedoch nicht erreicht, so dass der Verkehr auf der BAB A7 über die gesamte kritische kalte Jahreszeit aufrechterhalten werden konnte. Seit Beginn der wärmeren Jahreszeit Ende März/Anfang April 2018 gab es keine Alarmmeldungen seitens der Schallemissionsprüfung mehr, so dass Ende März die "rund um die Uhr" - Rufbereitschaft der Bauwerksprüfung eingestellt werden konnte. Die Schallemissionsprüfung wird auch nach einer noch durchzuführenden Verstärkungsmaßnahme bis zum Neubau des Bauwerks weiterbetrieben.