

## AcouBridge

Akustische Bewertung von Eisenbahnstahlbrücken

|                                 |                                                                                                                                                                         |                        |               |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | Mobilität der Zukunft, Mobilität der Zukunft, MdZ - VIF 2019                                                                                                            | <b>Status</b>          | abgeschlossen |
| <b>Projektstart</b>             | 01.06.2020                                                                                                                                                              | <b>Projektende</b>     | 30.11.2022    |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2020 - 2022                                                                                                                                                             | <b>Projektlaufzeit</b> | 30 Monate     |
| <b>Keywords</b>                 | Vibro-Akustik, Brückendröhnen, C-bridge Korrekturfaktor, Ersatzschallquellenmodell, sekundärer Luftschall, Schienenverkehrslärm, Schallabstrahlung von Eisenbahnbrücken |                        |               |

### Projektbeschreibung

Ausgangssituation, Problematik und Motivation

Das Modell für Brücken in der europäischen Richtlinie 2015/996/EU auf dem die RVE 04.01.02 weitgehend basiert enthält einen frequenzunabhängigen Zuschlag für das Rollgeräusch (C-bridge). In der RVE 04.01.02 werden der europäischen Richtlinie folgend Brücken in zumindest zwei Klassen eingeteilt. Erfahrungen aus akustischen Messungen des Brückendröhrens zeigen, dass es zwischen verschiedenen Brückenkonstruktionen große Unterschiede gibt, die eine differenziertere Regelung verlangen würden. Hier sollte nicht nur zwischen Brückentypen unterschieden werden, sondern auch zwischen Brückeneigenschaften (Spannweite, Blechdicke, etc). Weiterhin soll untersucht werden, anstelle des frequenzunabhängigen Zuschlags C-bridge eine zusätzliche Ersatzschallquelle mit entsprechendem Frequenzspektrum und Richtcharakteristik einzusetzen.

Ziele und Innovationsgehalt

Das Endziel ist, eine differenziertere Regelung zur Berücksichtigung der Brückenschallabstrahlung zu finden, welche einerseits Brückeneigenschaften wie Spannweite berücksichtigt, andererseits den Einfluss in einzelnen Terzbändern ausdrückt. Hier werden zwei Vorschläge erarbeitet. Erstens werden abgestufte C-bridge Korrekturfaktoren bestimmt, wie sie derzeit noch als Minimalvariante in der RVE 04.01.02 vorgeschlagen sind. Zweitens wird ein Ersatzschallquellenmodell abgeleitet, das mit der ÖAL Richtlinie 28 kompatibel ist, und sich in kommerziell erhältlichen Softwareprodukten einfach umsetzen lässt.

Um dieses Ziel zu erreichen, wird eine Parameterstudie eines repräsentativen Brückentyps durchgeführt, bei der verschiedene Brückeneigenschaften variiert werden und die Brücken dann nach ihrer abgestrahlten Schalleistung klassifiziert werden. Das dazu verwendete Berechnungsmodell wird in zwei Stufen validiert: durch detaillierte FEM+BEM Modelle und durch Ergebnisse von vibro-akustischen Messungen.

Angestrebte Ergebnisse

Erstellung einer Messdatenbasis des vibro-akustischen Verhaltens von Brücken

- Vibro-akustische Messungen an 2 Stahlbrücken und Auswertung der Schallpegel, Vibrationsamplituden, Dämpfung, Verlusten, Transferfunktionen und Resonanzen.

- Ergänzung durch vorhandene Messergebnisse aus anderen Projekten

Validierte Berechnungsmodelle der akustischen Brückenabstrahlung

- Detailliertes FEM+BEM Modell, angepasst und verglichen mit Messergebnissen

- Vereinfachtes Modell, angepasst und verglichen mit detailliertem Modell und Messung

Analyse der Einflussparameter von Brückeneigenschaften durch eine Parameterstudie und Erstellung von Brückenklassen gemäß der Abstrahlleistung

Ersatzschallquellenmodell und frequenzabhängige C-bridge-Korrekturfaktoren für einzelne Brückenklassen

## Abstract

Initial situation, problems and motivation

The model for bridges in the European guideline 2015/996/EU, on which the RVE 04.01.02 is largely based, uses a frequency independent adjustment for rolling noise (C-bridge). In the RVE 04.01.02 bridges are separated in two categories in accordance with the European guideline. Experience from acoustic measurements of railway bridges shows that there are large differences between different bridge construction types, which would require a more sophisticated regulation. It should differentiate not only according bridge type, but also bridge properties should be considered (bridge span, plate thickness, etc.). Furthermore, an additional substitute sound source with the necessary frequency spectrum and directivity should be investigated in contrast to the frequency independent adjustment C-bridge.

Goals and innovation

The final goal is a more sophisticated regulation for assessment of structure-borne noise of railway bridges, which takes parameters like the bridge span into account and estimates third-octave-band influence on noise emissions. Two regulation proposals will be developed in this work. First, gradated C-bridge-like corrections will be determined, which follow the approach of the RVE 04.01.02. Second, a substitute-source model will be derived, which follows the approach of the ÖAL guideline 28 and which can easily be implemented in existing commercial software products.

To achieve this goal, a parameter study of a representative bridge type will be conducted, in which several different bridge parameters will be varied, resulting in a classification according to their radiated sound power. The simulation model used for this parameter study will be validated in two steps, firstly by a comparison with a detailed FEM+BEM model and secondly by a comparison to vibro-acoustic measurement results.

Aspired results

Creation of a measurement-data foundation of vibro-acoustic behavior of bridges.

- Vibro-acoustic measurements on 2 steel bridges and evaluation of the sound pressure levels, vibration amplitudes, damping losses, transfer-functions and resonances.

- Complementing data sets using existing measurement data from other projects

Validated simulation models for structure-borne noise of railway bridges

- Detailed FEM+BEM model, adjusted and compared to measurement results

- Simplified simulation model, adjusted and compared to detailed calculation model and measurement results

Analysis of the influence of bridge properties using a parameter study and classification to different categories according radiated sound power. Substitute-source model and frequency dependent C-bridge-like corrections for individual bridge

categories.

## **Endberichtkurzfassung**

AcouBridge befasste sich mit der akustischen Modellierung der Schallabstrahlung von Eisenbahnbrücken. Das Projekt zeigte, dass es zwischen Brückenbauweisen große Unterschiede gibt, die eine differenziertere Einteilung verlangen. Als Ergebnis wurde ein Vorschlag einer Klassifikation von Brückenbauweisen in akustisch relevante Klassen für eine mögliche Erweiterung der RVE 04.01.02 erarbeitet.

Die wesentliche Erkenntnis von AcouBridge zeigt, dass die Anwendung der in der Europäischen Umgebungslärmrichtlinie angegebenen Transferfunktionen für das „Brückendöhnen“ von untersuchten Stahlbrücken weit überhöhte Immissionswerte im Nahbereich der Brücke ergibt. Die Bauweise von Stahlbrücken im Schotterbett führt zu einer maßgeblichen Reduktion der abgestrahlten Schalleistung gegenüber Stahlbrücken mit direkter Befestigung der Gleise, welche Grundlage der europäischen Standardwerte waren.

So ergaben Messungen an einer Einfeld-Balkenbrücke in Verbundbauweise mit Längsträger aus Stahl-I-Profilen und Fahrbahnplatte aus Stahlbeton sowie konventionellen Schotteroberbau, keine Notwendigkeit zur Berücksichtigung einer Brückenersatzschallquelle im schalltechnischen Modell. Demgegenüber führt eine Brücke als obenliegendes Einfeld-Stahlfachwerk mit Fahrbahnplatte in Stahlbauweise zu relevanten Beiträgen des Brückengeräusches, welche aber wesentlich niedriger als die europäischen Standardwerte sind. Messungen und Simulationsberechnungen ergaben die Darstellung einer Brückentransferfunktion, welche derartige Brückenbauwerte im schalltechnischen Modell berücksichtigen könnte.

Das Projekt bietet Vorschläge einer Klassifikation von Brückenbauweisen in akustisch relevanten Klassen für eine mögliche Erweiterung der RVE 04.01.02.

### **Problem:**

Das Berechnungsmodell für die Schallabstrahlung von Eisenbahnbrücken nach Anhang II der europäischen Umgebungslärmrichtlinie, auf dem die RVE 04.01.02 basiert, enthält derzeit ausschließlich Standardwerte ohne detaillierte Bauartklassifikation. Erfahrungen aus akustischen Messungen zeigen, dass es für Brückenbauweisen große Unterschiede gibt, die eine differenziertere Einteilung verlangen.

### **Gewählte Methodik:**

Literaturstudie, messtechnische Erhebung von ausgewählten Eisenbahnbrücken, Baudynamische Berechnungen, Schallausbreitungsberechnungen, Überprüfung der Kompatibilität mit Regelwerken.

### **Ergebnisse:**

Vorschlag einer Klassifikation von unterschiedlichen Stahlbrücken-Bauwerken in akustisch relevanten Klassen und Werten für eine zusätzliche Brückentransferfunktion.

Schlussfolgerungen Vorschlag für eine mögliche Erweiterung der RVE 04.01.02.

#### English Abstract:

The main finding of AcouBridge shows that the application of the de-fault values specified in the European Noise Directive for sound emission of steel bridges results in excessive immission values. Steel bridges with rails in the ballast leads to a significant reduction in the radiated sound power compared to steel bridges with direct mounting of rails, which were the basis of the European Directive EN.

Measurements on a single-span steel girder bridge in composite construction with a reinforced concrete roadway slab, with the presence of under ballast mats (UBM) revealed no need to consider bridge noise source in the acoustic model. In contrast to that, a single-span steel framework bridge with ballast track leads to relevant contributions from the bridge. Measurements and simulations resulted in the definition of a new bridge values for the transfer function, which take such bridge construction types into account. The project also offers a proposal for a more detailed classification of bridges in acoustically relevant classes for a possible extension of the current RVE 04.01.02.

#### Impressum:

Bundesministerium für Klimaschutz DI Dr. Johann Horvatits Abt. IV/IVVS 2 Verkehrssicherheit und Sicherheitsmanagement  
Infrastruktur johann.horvatits@bmk.gv.at

DI (FH) Andreas Blust Abt. III/I4 Mobilitäts- und Verkehrstechnologien andreas.blust@bmk.gv.at www.bmk.gv.at

ÖBB-Infrastruktur AG Dr. Thomas Petraschek Stab Unternehmensentwicklung Forschung & Entwicklung  
thomas.petraschek@oebb.at www.oebb.at

ASFINAG Ing. DI (FH) Thomas Greiner, MSc MBA Konzernsteuerung Strategie Owner Innovation thomas.greiner@asfinag.at  
www.asfinag.at

Österreichische Forschungs-förderungsgesellschaft mbH DI Dr. Christian Pecharda Programmleitung Mobilität Sensengasse  
1, 1090 Wien christian.pecharda@ffg.at www.ffg.at

Dezember, 2022

#### **Projektkoordinator**

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

#### **Projektpartner**

- Ziviltechnikerbüro DI Dr. Christian Kirisits Ingenieurkonsulent für Technische Physik