

## Maßnahmen zur Reduzierung des Brückendröhns

Dorothee Stiebel<sup>1</sup>, Wolfgang Behr, Wolfgang Brandl, Karl Georg Degen

Deutsche Bahn, Technik / Beschaffungen, DB Sytemtechnik, Völckerstraße 5, 80939 München

<sup>1</sup>Email: dorothee.stiebel@bahn.de

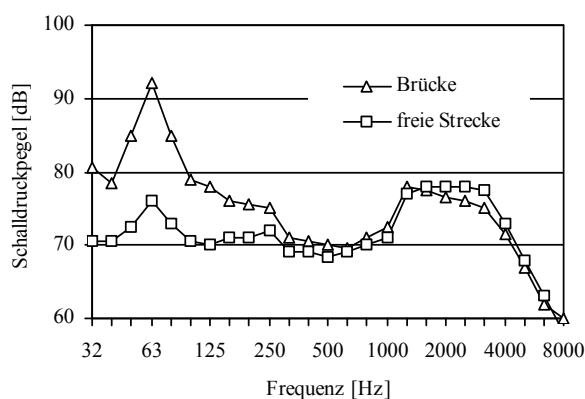
### Einleitung

Die akustische Problematik von Eisenbahnbrücken beruht darauf, dass die Brückenkonstruktion während der Überfahrt eines Zuges Luftschall abstrahlt. Da diese Lärmkomponente von Anwohnern als besonders störend empfunden wird, besteht großes Interesse an wirkungsvollen Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhns.

### Entstehung und Messung des Brückendröhns

Während der Überfahrt eines Zuges über eine Eisenbahnbrücke werden an der Rad-Schiene-Kontaktfläche Schwingungen generiert, die über den Oberbau in die Brückenkonstruktion eingeleitet werden. Als Folge führen die Brücketeile Schwingungen aus und strahlen dabei sekundären Luftschall ab. Dieses zusätzlich zum Rollgeräusch auftretende Brückendröhnen wird von Anwohnern aufgrund der niederfrequenten Geräuschanteile häufig als stark belästigend empfunden werden.

Die Bewertung des Brückendröhns erfolgt anhand der Luftschallpegel, die in einem Abstand von 25 m von der Gleismitte leicht oberhalb der Schienenoberkante an der Brücke und der angrenzenden freien Strecke während der Vorbeifahrt von Zügen gemessen werden. Die Auswertung erfolgt getrennt nach Zugtyp und Zuggeschwindigkeit. Sind der Oberbau und der Zustand der Schienen für beide Messebenen vergleichbar, ist die Differenz der unbewerteten Schalldruckpegel ein Maß für das Brückendröhnen. Als Beispiel zeigt Abbildung 1 Messergebnisse für eine stählerne Hohlkastenbrücke mit Schotterbett. Das Maximum, das im Spektrum der Brücke bei 80 Hz auftritt, entspricht dabei dem Brückendröhnen. Das Maximum oberhalb von 1000 Hz ist dem Rollgeräusch zuzuordnen. Im Beispiel ist die Brücke 7 dB lauter als die freie Strecke.



**Abbildung 1:** Schalldruckpegel-Terzspektren gemessen in einem Abstand von 25 m neben einer Stahlbrücke und neben der angrenzenden freien Strecke während der Vorbeifahrt von Reisezugwagen der Geschwindigkeit 140 km/h [1].

Allgemein gilt, dass Stahlbrücken im Mittel akustisch auffälliger sind als Brücken mit massiver Fahrbahnplatte. Als besonders laut gelten die sogenannten direkt befahrenen Stahlbrücken, bei denen die Schienen direkt oder über Schwellen auf die Brückenkonstruktion aufgebracht sind. Die Auswertung einer Vielzahl von Untersuchungen hat aber auch gezeigt, dass zwischen Brücken gleicher Bauart deutliche Unterschiede in der Schallabstrahlung auftreten können. Diese sind zum Teil auf nur geringe Unterschiede in den Konstruktionsdetails zurückzuführen.

### Lärminderungsmaßnahmen an Brücken

Konventionelle Lärminderungsmaßnahmen eignen sich für die Reduktion des Brückendröhns nicht, da Schallschutzfenster in dem betrachteten niedrigen Frequenzbereich keine ausreichende Wirksamkeit zeigen und Schallschutzwände, die sich auf einer Brücke befinden, das Brückendröhnen nicht abschirmen.

Zur Reduktion des Brückendröhns werden heute überwiegend elastische Materialien im Bereich des Oberbaus eingesetzt, die die Schwingungseinleitung in die Brücke vermindern. Für Brücken mit Schotteroberbau hat sich dabei der Einbau von Unterschottermatten bewährt. Unter Verwendung der im Netz der DB AG zugelassenen Materialien ist eine Reduktion des Brückendröhns von bis zu 8 dB möglich [2]. Weiterhin wurde in der Vergangenheit bei Brücken mit Schotterbett auch der Einbau besohlter Schwellen vorgeschlagen; Messungen zur Wirksamkeit geeigneter Schwellensole auf Brücken stehen aber noch aus. Für direkt befahrene Stahlbrücken werden hochelastische Schienenbefestigungen zur Reduktion der Schwingungseinleitung eingesetzt. Bei Verwendung der zugelassenen elastischen Materialien ergibt sich über den gesamten Frequenzbereich gemittelt eine Minderung des Luftschallpegels um bis zu 5 dB, in dem für das Brückendröhnen relevanten Bereich um bis zu 7 dB [3].

Die Wirksamkeiten der elastischen Elemente zur Reduktion des Brückendröhns hängt von den Materialparametern der verwendeten Elastizität, den Materialparametern der weiteren Oberbaukomponenten, der Eingangsimpedanz der Brücke und dem ursprünglich auftretenden Brückendröhnen ab. Daher müssen die genannten Wirksamkeiten aus heutiger Sicht als Obergrenze angesehen werden.

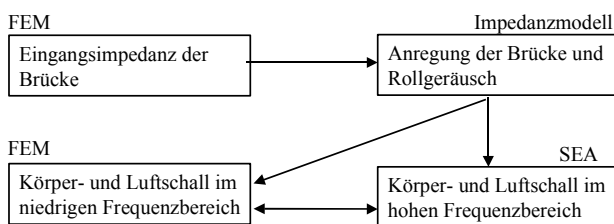
Aufgrund der Erkenntnis, dass bereits kleine Änderungen in der Konstruktion zu deutlich leiseren Brücke führen können, wurden in der Vergangenheit auch konstruktive Vorgaben zur Minderung des Brückendröhns stählerner Hohlkastenbrücken entwickelt [4]. Eine Ausweitung auf weitere Brückentypen steht jedoch noch aus.

## Einsatz von Simulationen

Aufgrund der oben genannten Einflüsse auf die Wirksamkeit der Maßnahmen sind Messergebnisse nur bedingt von einem Brückentyp auf einen anderen übertragbar. Vor dem Hintergrund der heute vorhandenen Vielzahl von Brückentypen ist daher eine umfangreiche Optimierung der genannten Maßnahmen mittels Messungen nicht möglich. Daher wurde im Jahr 2003 das DB-interne Projekt „Leise Brücke“ gestartet, in dem die Schallabstrahlung von Brücken mittels einer Kombination von Messungen und Simulationen optimiert werden soll.

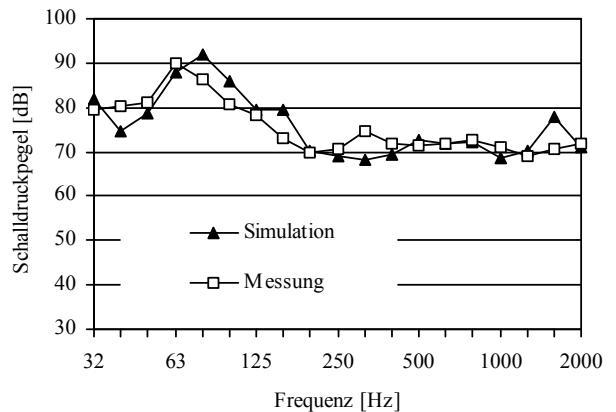
Anhand der durchgeführten Messungen soll zunächst ein besseres Verständnis der auftretenden Effekte erreicht und die Vorhersagefähigkeit der Modelle nachgewiesen werden.

Für die Modellierung wurde ein Simulationskonzept erarbeitet, das auf verschiedene, kommerziell erhältliche Simulationsprogramme zurückgreift (siehe Abbildung 2). Zunächst wird mittels der Finite-Elemente-Methode (Programm ANSYS) die Eingangsimpedanz der Brücke bei niedrigen Frequenzen berechnet und die Werte zu hohen Frequenzen ergänzt. Die Simulation der Schwingungsanregung der Brücke sowie des Rollgeräusches des Zuges erfolgt dann unter Berücksichtigung der Eingangsimpedanz mittels eines Impedanzmodells (Programm RIM-B). Für die Anregung der Brücke wird ein mittlerer Schwingschnellepegel der Fahrbahn bzw. die Krafteinleitung in die Brücke berechnet. Basierend auf diesen Ergebnissen erfolgt die Simulation des Körper- und Luftschalls bei niedrigen Frequenzen mittels Finite-Elemente-Methode (Programme ANSYS und SYSNOISE) und bei hohen Frequenzen mittels Statistischer Energieanalyse (Programm AutoSEA2). Eine Berechnung des gesamten Frequenzbereichs mit nur einem der genannten Programme ist aufgrund der theoretischen Grundlagen der Berechnungsmethoden prinzipiell nicht möglich.



**Abbildung 2:** Vorgehen zur Berechnung des Luftschalls an einer Brücke.

Abbildung 3 zeigt den Vergleich von Simulationen mit Messungen am Beispiel einer stählernen Trogbücke mit Schotteroberbau während der Überfahrt eines IC-Zuges mit einer Geschwindigkeit von 155 km/h. Dargestellt ist der Vergleich der Luftschallpegel gemessen 1,4 m neben der Seitenwand der Brücke im Vergleich mit den Simulationsergebnissen. Die Ergebnisse unterhalb von 160 Hz entsprechen dabei den Finite-Elemente-Simulationen der Schallabstrahlung der Brücke. Oberhalb von 160 Hz wurde die Schallabstrahlung der Brücke mittels Statistischer Energieanalyse berechnet. Dabei wurde auch das Rollgeräusch berücksichtigt, das im vorliegenden Fall



**Abbildung 3:** Vergleich der berechneten und der gemessenen Luftschallpegel-Terzspektren in einem Abstand von 1,4 m neben der Seitenwand einer stählernen Trogbücke mit Schotterbett während der Überfahrt eines IC-Zuges mit einer Geschwindigkeit von 155 km/h.

oberhalb von 1000 Hz trotz Abschirmung durch die Seitenwand der Brücke dominiert.

Das Beispiel zeigt, dass die Simulationen zu einer guten Übereinstimmung zwischen Messungen und Simulationen führen. Daher soll das Modellierungskonzept zukünftig auch zur Optimierung von Maßnahmen im Bereich des Oberbaus sowie zur Erstellung konstruktiver Vorgaben für leise Brücken eingesetzt werden. Das Projekt Leise Brücke wird noch bis Ende 2006 laufen.

## Zusammenfassung

Im vorliegenden Artikel wurden die heute im Netz der DB AG eingesetzten Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhnens vorgestellt. Es wurde weiterhin ausgeführt, dass eine weitere Optimierung der Maßnahmen nur mittels Simulationen möglich sein wird. Im Vergleich von Mess- und Simulationsergebnissen wurde ferner die Einsetzbarkeit der Simulation für die Optimierung des Brückendröhnens aufgezeigt.

## Literatur

- [1] Schallmessungen an der Eisenbahnbrücke über die Ems bei Münster/Westfalen, DB-interner Messbericht, 1979
- [2] G. Müller, M. Möser, Taschenbuch der Technischen Akustik, Kapitel 17.2, Springer Verlag, Berlin, 2004
- [3] R. Nowack, Elastische Schienenbefestigungssysteme als schallmindernde Maßnahme bei Stahlbrücken ohne Schotterbett, ETR 47, 215 (1998)
- [4] Untersuchung zur Verringerung der Schallabstrahlung von stählernen Eisenbahnbrücken durch konstruktive Maßnahmen, Abschlussbericht des Projektes 104 der Studiengesellschaft für Anwendungstechnik für Stahl und Eisen (1987)

## Danksagung

Die Autoren möchten sich bei Herrn Rainer Nowack für die vielen fruchtbaren Diskussionen bedanken.