

Der folgende Artikel erschien in der Zeitschrift
EI - DER EISENBAHNINGENIEUR 6/17

Innovativer Schallresonator löst die Herausforderung „Bahnlärm“



Innovativer Schallresonator löst die Herausforderung „Bahnlärm“



Erstmals wurde die akustische Wirksamkeit eines Schallschutz-Aufsatzelementes analytisch und empirisch ermittelt und ein neues innovatives Produkt entwickelt.

Abb. 1: Fonocon Schallresonator

ROBERT REICHARTZEDER

Schallschutzwände bieten aus physikalischen Gründen jetzt und auch in Zukunft die mit Abstand höchste Wirksamkeit für den Lärmschutz von Anrainern entlang von Verkehrswegen. Mithilfe von sogenannten Aufsatzelementen als oberen Abschluss von Schallschutzwänden ist es möglich, in das Wandsystem zusätzliche innovative lärm-mindernde Effekte zu integrieren. Seit Jahren bzw. Jahrzehnten werden immer wieder Produkte präsentiert und mehr oder weniger seriöse akustische Kennwerte in Umlauf gebracht. Im Zuge eines Forschungsprojektes konnte ein Produkt entwickelt werden, welches alle relevanten Themenbereiche berücksichtigt und bestmöglich abdeckt. Neben dem auf europäischer Ebene normativ geregelten Anforderungsprofil der mechanischen und akustischen Kenngrößen wurden auch wirtschaftliche, konstruktive und anwendungstechnische Aspekte berücksichtigt. Diese innovative Produktlösung mit dem Namen „Fonocon Schallresonator“ ist somit eine wertvolle Ergänzung der Lärmschutz-Produktfamilie von Forster.

Schallschutzwände sind eine weit verbreitete technische Maßnahme für den Lärmschutz von Anrainern entlang von Verkehrswegen.

Das Ausmaß dieser Lärmreduktion wird einerseits durch genormte intrinsische Parameter (Schallbeugungsindex, Schalldämmindex und Schallreflexionsindex) bestimmt und andererseits basiert diese Lärminderung auch auf der Bauhöhe der errichteten Schallschutzwand. Je höher eine Wand gebaut wird, desto geringer ist der Frequenzbereich des Schalls der über die Schallschutzwand gebeugt wird und umso höher ist die Lärmreduktion im Abschattungsbereich des Bauwerkes. Je niedriger die Lärmschutzwand gebaut wird, umso wichtiger wird die Dämpfung des gebeugten Schalls an der Beugungskante einer Schallschutzwand. Grundsätzlich kann diese Beugungskante als die geometrische Ausbildung der Wandoberkante angesehen werden. Eine hohe Dämpfung kann durch einen hohen Schallbeugungsindex (engl. diffraction index, DI) erreicht werden.

In der Vergangenheit wurde versucht, mithilfe von teilweise sehr aufwendigen und somit kostenintensiven Konstruktionen physikalische Gesetze auszuhebeln. Verständlicherweise wurde man immer wieder auf den Boden der Realität zurückgeholt. Auf europäischer Ebene wurden fachlich anzuwendende Normen und Regelwerke erstellt, mit denen es möglich ist, eindeutige Aussagen zur tatsächlichen Wirksamkeit von Aufsatzelementen zu machen. In diesen Regelwerken wird zwischen einem Straßen- und Bahnlärmspektrum dif-

ferenziert, und somit kann auch ein unterschiedlicher Frequenzbereich in der Beugung für diese beiden Einsatzgebiete berücksichtigt werden. Diese Gegebenheit ermöglicht ein zusätzliches Potenzial für eine Optimierung der akustischen Wirksamkeit für Schallschutz-Aufsatzelemente.

Forschungs- und Entwicklungsprojekt

Die grundsätzliche Idee der Nutzung des Effektes von Schallresonatoren wurde in Zusammenarbeit mit dem Sachgebiet Akustik und Erschütterungen der DB Systemtechnik in München entwickelt. Das zugrunde liegende akustische Konzept des Aufsatzelementes basiert auf $\lambda/4$ -Resonatoren. Diese einseitig geschlossenen Resonatoren löschen den Schalldruck bei der Resonanzfrequenz an Öffnungen der einzelnen Resonator-Kammern aufgrund destruktiver Interferenz aus. Das bedeutet, dass ein Resonator einer bestimmten Bauteillänge den Schalldruck im zugehörigen Frequenzbereich bei Schallgeschwindigkeit (ca. 343 m/s) an der Öffnung des Resonators auslöscht. Ziel dieses Forschungsprojektes war, diesen Effekt konstruktiv akustisch bestmöglich und wirksam in ein Schallschutz-Aufsatzelement (Abb. 1) zu integrieren.

Zur Optimierung des Schallresonators mussten die Längen der einzelnen Resonatoren-Kammern an den Anwendungszweck (standardisiertes Schienen-Verkehrslärmspek-

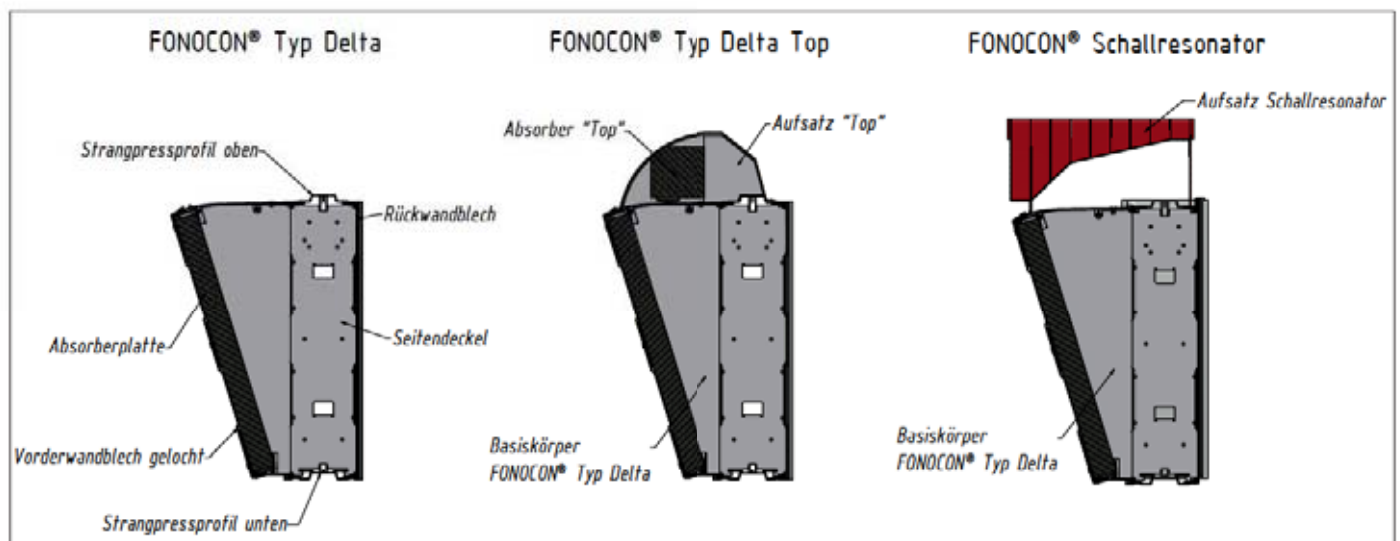


Abb. 2: Untersuchte Varianten von Aufsatzelementen

trum EN 16272-3-2 [3]) angepasst werden. In einem ersten Entwurf wurde eine lineare Änderung der Resonator-Längen über die Breite des Aufsatzelementes gewählt. Es konnten entsprechende Erkenntnisse aus Simulationen, aber auch aus normierten akustischen Messungen gewonnen werden, um in weiterer Folge eine optimierte konstruktive Lösung zu entwerfen.

Im Zuge des weiterführenden Forschungsprojektes wurde von der Forster Metallbau GmbH, gemeinsam mit dem Geschäftsfeld Transportation Infrastructure Technologies des AIT Austrian Institute of Technology GmbH in Wien, der Schallbeugungsindex an verschiedenen Bauformen von Aufsatzelementen nach der europäischen Norm 16272-4:2014 [2] empirisch und analytisch untersucht. Das hauptsächliche Ziel war, ein in seiner Wirkungsweise neuartiges Schallschutz-Aufsatzelement zu konzipieren und für die Verwendung im Bahnbereich die akustische Effizienz mittels Simulationen zu optimieren. Für diesen Prozess wurde ein neu implementiertes Simulationstool (die quasi-periodische Randintegralmethode gekoppelt mit der schnellen Multipolmethode) eingesetzt, welches die Vorhersage des Schallbeugungsindex in Anlehnung an die EN 16272-4:2014 [2] im gesamten geforderten Frequenzbereich (Terzbänder von 100 bis 5000 Hz) für dreidimensionale periodische Strukturen ermöglicht.

Bei den untersuchten Bauformen handelte es sich um die Produktlinie Aufsatzelemente Typ Delta bzw. Aufsatzelemente Typ Delta Top und das neu entwickelte Aufsatzelement Fonocon Schallresonator (Abb. 2).

Akustische Wirksamkeit nach EN 16272-4: 2014 [2]

Um neben dem intrinsischen Parameter Schallbeugungsindex und dessen akustischem Effekt auch die gesamte Wirksamkeit in möglichen realen Einsatzbedingungen zumin-

dest abschätzen zu können, wurden auch Simulationen zur Thematik der gesamten Schallreduktion („Einfügedämpfung“, engl. insertion loss, IL) durchgeführt. Diese beinhaltet sowohl den Effekt der Resonatoren als auch die begleitenden Effekte, wie die vorspringende Kante des Schallresonators (im Verhältnis zur restlichen Schallschutzwand), die geometrische Orientierung der Absorptionsfläche und die eventuelle relative Erhöhung der Lärmschutz-

wand aufgrund der Bauhöhe des Aufsatzelementes. Die erstellten Simulationsmodelle für die Optimierung der akustischen Wirksamkeit des Schallresonators wurden mit begleitenden messtechnischen Versuchen kalibriert und somit deren Ergebnisse abgesichert.

Schlussendlich war es möglich, einen abgesicherten Wert von >2 dB nach EN 16272-4 sowohl analytisch (Abb. 3) als auch empirisch (Abb. 4) zu erzielen. Die Ergebnisdifferenz der

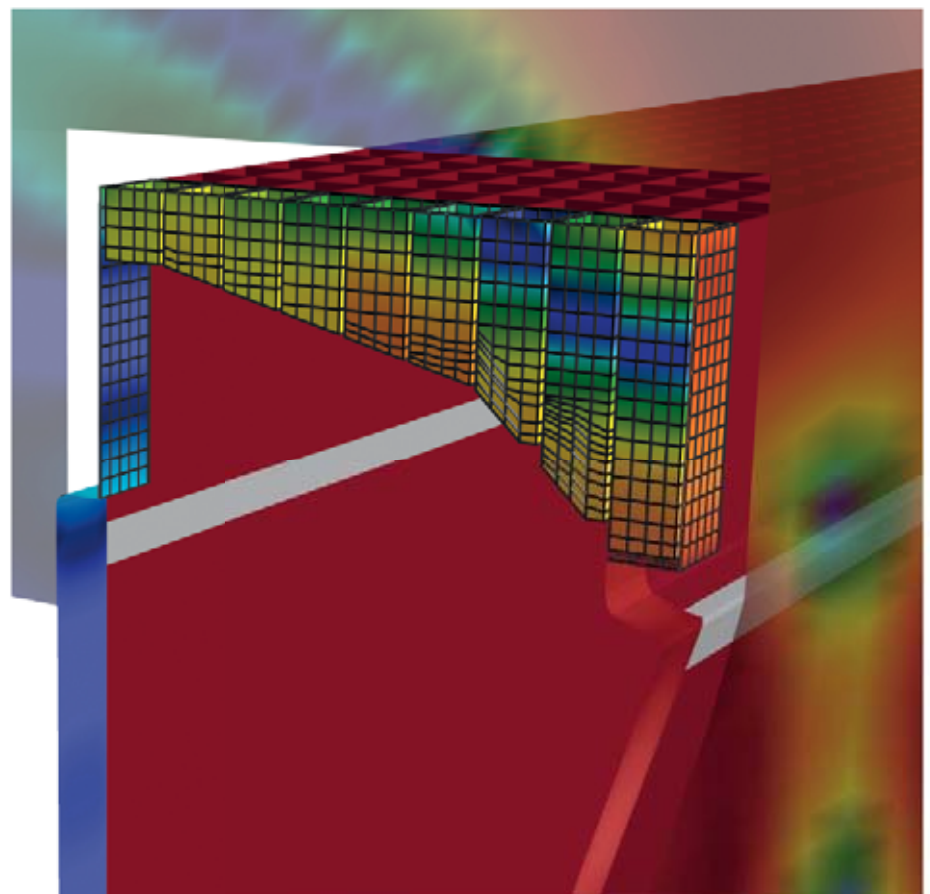


Abb.3: Simulation Fonocon Schallresonator



Abb. 4: Prüfstand Akustik

beiden Verfahrensmethoden befand sich aufgrund der Kalibrierung des analytischen Modells im geringen Prozentbereich. Es ist hier nochmals auf die optimierte Wirksamkeit und damit Effizienz des Resonators für das normierte Bahnlärmspektrum hinzuweisen.

Abschätzung akustische Gesamtwirksamkeit im Fernfeld

Wie bereits angemerkt, betrifft diese Lärminderung nach EN 16272-4 nur einen Teil der akustischen Wirksamkeit des neuen Schallschutz-Aufsatzelementes. Neben dieser Optimierung der Schallbeugung sind noch mindestens zwei zusätzliche Aspekte für eine Lärminderung hilfreich. Einerseits die vorspringende Kante des Produktes (im Verhältnis zur restlichen Schallschutzwand) und andererseits die geometrische Orientierung der Absorptionsfläche. Eine eventuelle relative

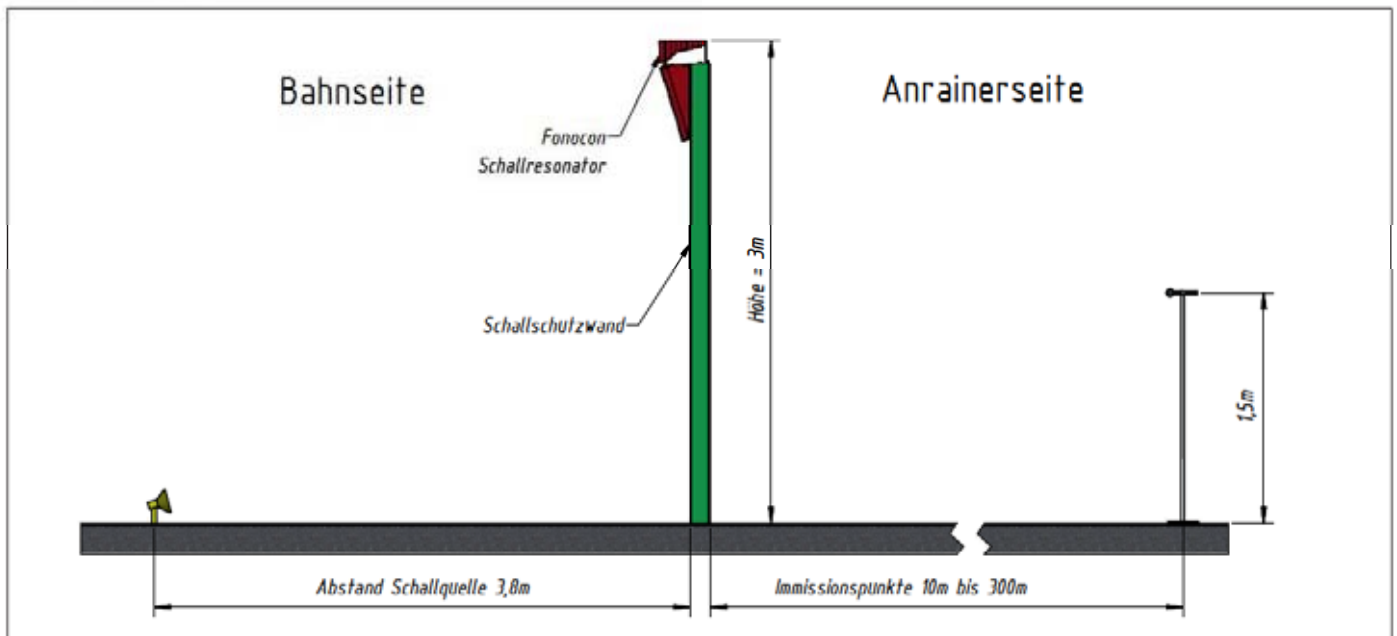


Abb. 5: Vereinfachte Annahme für Simulation Wirkung im Fernfeld

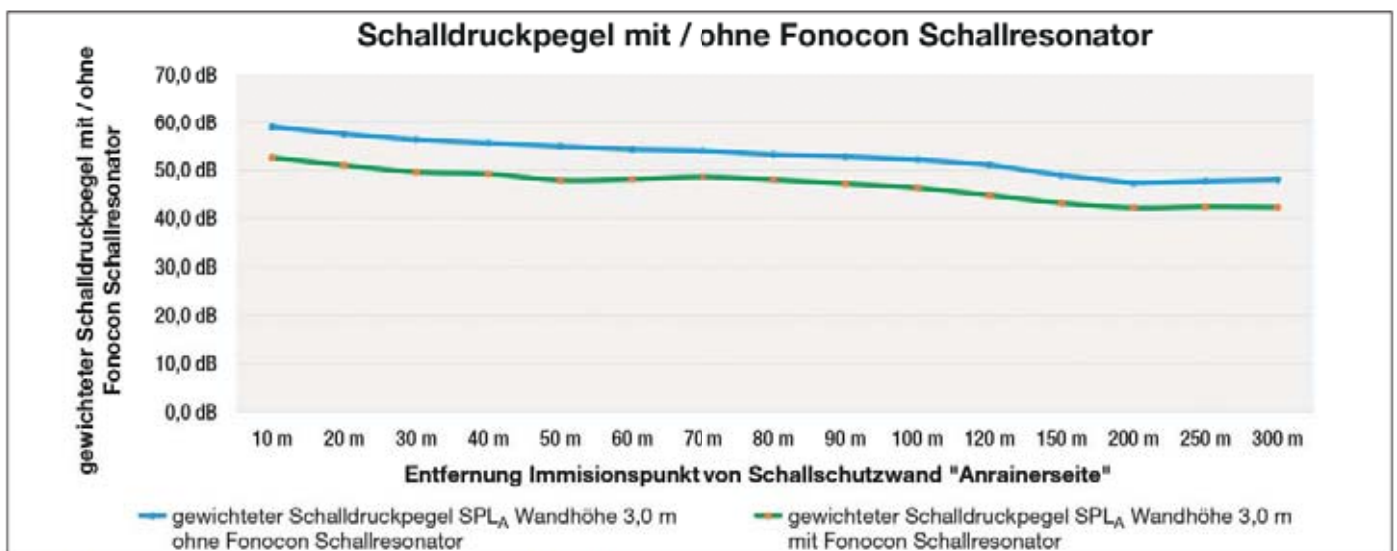


Abb. 6: Akustische Gesamtwirkung Schallresonator im Fernfeld

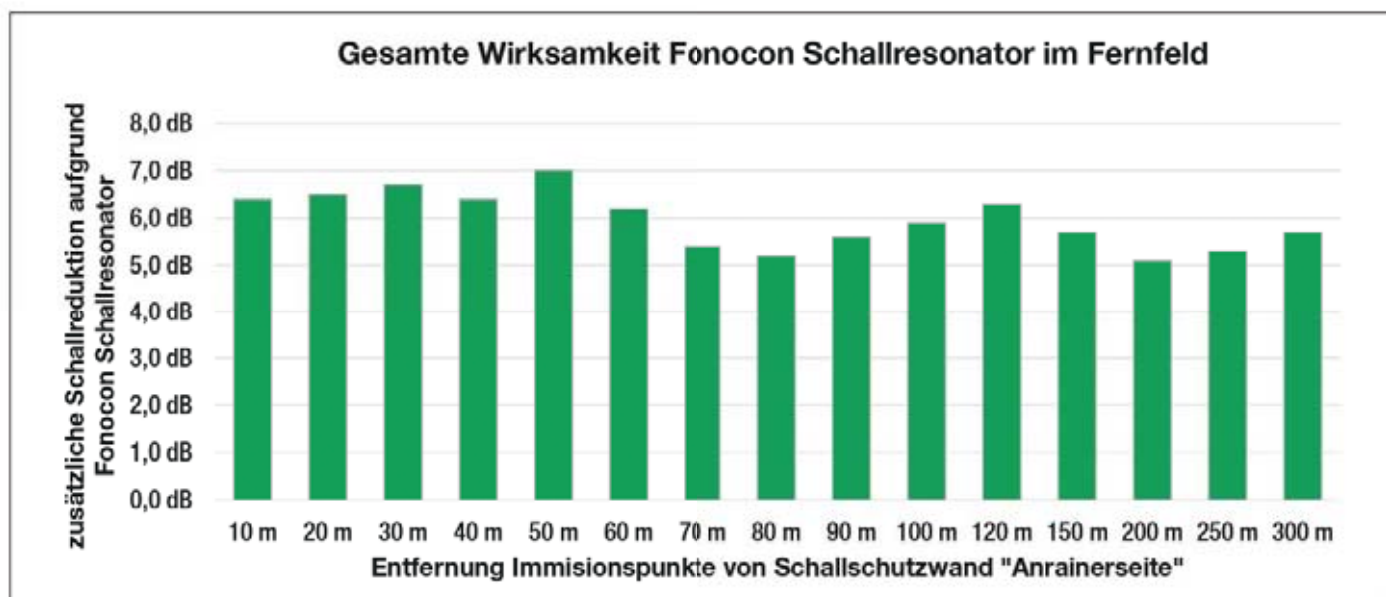


Abb. 7: Zusätzliche akustische Gesamtwirkung Schallresonator im Fernfeld

Erhöhung der Schallschutzwand aufgrund der Bauhöhe des Schallresonators bei der Nachrüstung von bestehenden Wänden wird hier dezidiert nicht berücksichtigt.

Es wurde die Wirkung der Aufsatzelemente im sogenannten Fernfeld hinter der Lärmschutzwand mittels Simulation untersucht. Diese Simulationen wurden wie bereits zur Bestimmung des Schallbeugungsindex mit

der quasi-periodischen Randintegralmethode durchgeführt und sind somit nur für die periodischen Schallfelder angedacht (ähnlich wie bei 2D-Simulationen). Es ist allerdings ein analoger Effekt für andere Schallfelder zu erwarten und die Ergebnisse aus diesen Simulationen können für eine tendenzielle Abschätzung des Effektes dienen. Des Weiteren wurde der Boden im Bereich der Schallschutzwand in allen Simulatio-

nen sehr konservativ als voll reflektierend angenommen. Der tatsächliche Effekt kann je nach Umgebungsbedingungen variieren.

Es wurden gängige Abmessungen bzw. Einflussparameter für die Planung von Schallschutzwänden herangezogen. Diese sind ein Gleisabstand zur Schallschutzwand von ca. 3,8 m und eine Wandhöhe über Schienenoberkante von 3,0 m. Als Höhe des Lärmemissions-

Abb. 8: Montage Schallschutz-Aufsatzelement





Abb. 9: Einsatz Fonocon Schallresonator

punktes wurde vereinfacht die Kontaktfläche von Radsatz mit Schiene herangezogen.

Für eine zumindest in der Größenordnung aussagekräftige Einschätzung der akustischen Wirksamkeit des Schallresonators im Fernfeld wurde der gewichtete Schalldruck an Immissionspunkten in einem Abstand zur Wand von 10 m bis 300 m ermittelt.

Der Unterschied der gewichteten Schalldruckpegel an den variierenden Immissionspunkten mit und ohne Schallresonator mit identer Wandhöhe von 3,0 m ist in Abb. 6 dargestellt. Als Basisvergleichswert wurde das standardisierte Schienenverkehrslärmspektrum nach EN 16272-3-2 [3] herangezogen. In Abb. 6 ist der in seiner Größenordnung zu erwartende akustische Zusatzeffekt aufgrund der Verwendung eines Schallresonators tabellarisch aufbereitet.

Ziel ist, mithilfe eines Vergleichs des IL einer Schallschutzwand mit bzw. ohne Schallresonator unter identen Beurteilungs- und Einflusskriterien den akustischen Zusatzeffekt des Schallresonators abzuschätzen. Die ermittelte Größenordnung wird in Abb. 7 dargestellt. Es kann festgestellt werden, dass neben dem normativ bewerteten Schallbeugeeffekt von > 2dB auch noch ein zusätzlicher wirksamer Lärminderungseffekt in merkbarer Größenordnung wirksam ist. Die in Abb. 7 angeführten Zahlenwerte sollen dies nur dem Grunde nach verdeutlichen und sind sicherlich von getroffenen Annahmen und Methodiken beeinflusst.

Wie bereits angemerkt, sind aufgrund der angedachten Verwendung des Schallresonators im Bereich der Bahninfrastruktur neben den allgemein üblichen mechanischen Ei-

genschaften auch spezielle mechanische und andere sicherheitsrelevante Anforderungen zu erfüllen. Nichtakustische Eigenschaften für Lärmschutzwände entlang von Straßen sind in der europäisch harmonisierten Normenreihe EN 1794 [6] klar geregelt und unterliegen einer Konformitätsbeurteilung mit zugehöriger Deklaration der Leistungen (Leistungserklärung nach Bauproduktenverordnung). Diese Struktur ist für die Nutzung durch Bahnbetreiber in dieser Art nicht so harmonisiert geregelt, wird aber großteils sehr restriktiv mithilfe von nationalen Produktzulassungen abgedeckt.

Aufgrund des geschlossenen Kompetenzkreises beim dargestellten Forschungsprojekt war es möglich, auch diese erforderlichen, zusätzlichen Thematiken aus dem Bereich Infrastruktur eines Bahnbetreibers zu berücksichtigen. Hier können als Schlagwörter Montage, Tragfähigkeit, Ermüdung, Erdung oder Nachrüstung von bestehenden Lärmschutzwänden angeführt werden.



Projektpartner

Forster Metallbau Gesellschaft
m.b.H., Waidhofen/Ybbs (A)
www.forster.at

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Center for Mobility Systems
Transportation Infrastructure
Technologies, Wien
www.ait.ac.at

Zusammenfassung und Ausblick

Wie bereits angemerkt, ist auch für innovative Produkte die Erfüllung aller anzuwendenden Normen, Regelwerke und Richtlinien verpflichtend. Lärmschutzwände unterliegen entweder einer europäisch harmonisierten Produktnorm (Straße EN 14388 [5]) oder sehr restriktiven nationalen Regelwerken (z. B.: Richtlinie 804.5501 [4] der Deutschen Bahn). Ein tatsächlicher Kundennutzen kann somit nur dann erzielt werden, wenn alle für den Nutzer relevanten Aspekte schlussendlich in das Produkt integriert sind. Beispielhaft wurde im Zuge dieses Projektes auch die Möglichkeit einer sehr einfachen nachträglichen akustischen Ertüchtigung von bestehenden Lärmschutzwänden, unabhängig von Bauart oder Materialverwendung, berücksichtigt. Mithilfe einer klar definierten und gelebten partnerschaftlichen Zieldefinition zwischen den industriellen und wissenschaftlichen Partnern konnte das Produkt Fonocon Schallresonator entstehen. Insbesondere ist auf die Synergie und Wechselwirkung von analytischen und empirischen Untersuchungen unter Zuhilfenahme von begleitender konstruktiver Umsetzung hinzuweisen.

Unter Berücksichtigung von konstruktiven Anforderungen, bautechnischen Gegebenheiten, wirtschaftlicher Umsetzbarkeit und physikalischen Gesetzgebungen konnte ein normativ beurteiltes und optimiertes Produkt definiert werden. Im Zuge des gesamten Projektes wurden neben den bestmöglichen akustischen Eigenschaften auch die relevanten Einflüsse von fertigungstechnischen bzw. kaufmännischen Vorgaben und Themen der optimalen Verwendbarkeit berücksichtigt. ■

LITERATUR

- [1] Akustische Untersuchung und Optimierung der IN SITU Schallbeugung von Aufsatzelementen auf Lärmschutzwänden der Firma Forster Metallbau GmbH (Austrian Institute of Technology; Projektteam Dipl.-Ing. Harald Ziegelwanger, Dott. Ing. Marco Conter, Dipl.-Ing. Reinhard Wehr, Andreas Fuchs BSc. BSc.), 2016
- [2] EN 16272-3-2 (2014): Bahnanwendungen - Oberbau - Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschalldausbreitung - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 4: Produktspezifische Merkmale - In-situ-Werte von Schallbeugung in direkten Schallfeldern
- [3] EN 16272-3-2 (2015): Bahnanwendungen - Oberbau - Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschalldausbreitung - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 3-2: Standardisiertes Schienenverkehrslärmspektrum und Einzah Angaben für gerichtete Schallfelder.
- [4] Deutsche Bahn Richtlinie 804.5501 (2012): Lärmschutzanlagen an Eisenbahnstrecken
- [5] EN 14388 (2014): Lärmschutzvorrichtungen an Straßen-Vorschriften
- [6] EN 1794: Lärmschutzvorrichtungen an Straßen - Nichtakustische Eigenschaften



Dipl.-Ing. Dr. techn.
Robert Reichartzeder

Forster Metallbau Gesellschaft m.b.H.,
Waidhofen/Ybbs (A)
r.reichartzeder@forster.at

Eurailpress Archiv



**Eurailpress-
Abonnenten
erhalten
50% Rabatt**

→ Fachartikelarchiv mit rund **7.000 Beiträgen**

→ Historisches Archiv mit Gesamtbestand aus **110 Jahren Bahngeschichte**

Nutzen Sie jetzt den Umfang unserer Fachbibliothek mit den Vorzügen einer modernen Suche!

Ihre Vorteile

- Wissensdatenbank Bahn
- Ständige Verfügbarkeit
- Neue Beiträge ab Erscheinungstag
- Sofort-Download
- Volltextsuche
- Feste Artikel-URL



Jetzt bestellen unter www.eurailpress.de/facharchiv und vollen Zugriff erhalten



