

Fachwissen Technische Akustik

Gerhard Müller
Michael Möser *Hrsg.*

Luftschall aus dem Schienenverkehr

Fachwissen Technische Akustik

Diese Reihe behandelt die physikalischen und physiologischen Grundlagen der Technischen Akustik, Probleme der Maschinen- und Raumakustik sowie die akustische Messtechnik. Vorgestellt werden die in der Technischen Akustik nutzbaren numerischen Methoden einschließlich der Normen und Richtlinien, die bei der täglichen Arbeit auf diesen Gebieten benötigt werden.

Gerhard Müller • Michael Möser
Herausgeber

Luftschall aus dem Schienenverkehr

 Springer Vieweg

Herausgeber

Gerhard Müller
Lehrstuhl für Baumechanik
Technische Universität München
München, Deutschland

Michael Möser
Institut für Technische Akustik
Technische Universität Berlin
Berlin, Deutschland

Fachwissen Technische Akustik

ISBN 978-3-662-55462-3 ISBN 978-3-662-55463-0 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-55463-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2017

Dieser Beitrag wurde zuerst veröffentlicht in: G. Müller, M. Möser (Hrsg.), Taschenbuch der Technischen Akustik, Springer NachschlageWissen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015, https://doi.org/10.1007/978-3-662-43966-1_17-1.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Deutschland

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Inhaltsverzeichnis

Luftschall aus dem Schienenverkehr	1
Stefan Lutzenberger, Dorothee Stiebel, Christian Gerbig und Rüdiger G. Wettschureck	

Autorenverzeichnis

Christian Gerbig Akustik und Erschütterungen, DB Systemtechnik GmbH,
München, Deutschland

Stefan Lutzenberger Müller-BBM Rail Technologies GmbH, Planegg bei
München, Deutschland

Dorothee Stibel Akustik und Erschütterungen, DB Systemtechnik GmbH,
München, Deutschland

Rüdiger G. Wettschureck Beratender Ingenieur für Technische Akustik,
Großweil, Deutschland

Luftschall aus dem Schienenverkehr

Stefan Lutzenberger, Dorothee Stiebel, Christian Gerbig und
Rüdiger G. Wettschureck

Zusammenfassung

Das vorliegende Kapitel gibt einen Überblick über bahnakustische Fragestellungen und beschreibt dabei die wichtigsten Mechanismen, Minderungsmaßnahmen, Mess- und Simulationsverfahren und zeigt typische Mess- und Berechnungsergebnisse. Daneben werden Prognoseverfahren beschrieben und es wird auf die Bewertung von Schienenverkehrslärm eingegangen.

1 Einleitung

Das vorliegende Kapitel ist Teil der Überarbeitung des Kapitels „Geräusche und Erschütterungen aus dem Schienenverkehr“ aus der dritten Auflage des Taschenbuchs der Technischen Akustik [1] sowie des Kapitels „Noise and Vibration from Railroad Traffic“ der ersten Auflage der englischen Ausgabe „Handbook of Engineering

Acoustics“ [2]. Im Rahmen der Überarbeitung wurden die Kapitel zum Luftschall und zum Körperschall getrennt, die Struktur der Kapitel neu gestaltet, und es wurden neuere wissenschaftliche, normative und praktische Erkenntnisse sowohl aus dem Inland, als auch aus dem Ausland eingearbeitet. Außerdem werden alle Diagramme soweit möglich und sinnvoll nun A-bewertet dargestellt.

Wichtige Grundlagen wurden in den früheren Auflagen von Kollegen bei der Deutschen Bahn und bei Müller-BBM erarbeitet, namentlich von den früheren Autoren Camil Stüber, Günther Hauck, Ludger Willenbrink und Rolf J. Diehl.

Das Kapitel soll den praktisch tätigen Ingenieur bei seiner Arbeit unterstützen. Es gibt daher einen Überblick über die zahlreichen Themen und Fachgebiete der Bahnakustik. Neben den grundlegenden Mechanismen der Schallentstehung wird auf das Innengeräusch in Schienenfahrzeugen, das Außengeräusch, mögliche Minderungsmaßnahmen und die Schallimmission eingegangen. Im Kapitel werden Schallemissionsdaten von

S. Lutzenberger (✉)
Müller-BBM Rail Technologies GmbH, Planegg bei
München, Deutschland
E-Mail: Stefan.Lutzenberger@MuellerBBM.com

D. Stiebel • C. Gerbig
Akustik und Erschütterungen, DB Systemtechnik GmbH,
München, Deutschland
E-Mail: Dorothee.Stiebel@deutschebahn.com; Christian.Gerbig@deutschebahn.com

R.G. Wettschureck
Beratender Ingenieur für Technische Akustik, Großweil,
Deutschland
E-Mail: post@wettschureck-acoustics.eu

Schienenfahrzeugen dargestellt und es werden zahlreiche Mess- und Berechnungsergebnisse typischer Situationen gezeigt. Weiter wird auf die Durchführung von Messungen wie auch auf Simulationsrechnungen und Prognosen eingegangen.

2 Begriffe

Nachfolgend werden einige grundlegende Begriffe erläutert, die zur Charakterisierung der Geräuschsituation in der Umgebung von Schienenverkehrswegen oder allgemein von Bahnanlagen gebräuchlich sind. Bezüglich der allgemeinen Grundlagen der Akustik wird auf die einschlägige Literatur bzw. auf das entsprechende Kapitel des vorliegenden Taschenbuches verwiesen.

A-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel Der A-bewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel $L_{pAeq,T}$ entspricht dem über die Messdauer T energetisch gemittelten A-bewerteten Schalldruckpegel nach folgender Gleichung:

$$L_{pAeq,T} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (1)$$

mit dem Bezugsschalldruck $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$. Der A-bewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel wird häufig zur Charakterisierung von Stillstandgeräuschen und von Fahrzeuginnengeräuschen verwendet.

A-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel während der Vorbeifahrtzeit Der A-bewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel L_{pAeq,T_p} während der Vorbeifahrtzeit beschreibt das Vorbeifahrtgeräusch von Schienenfahrzeugen. Er wird während der Vorbeifahrtzeit $T_p = T_2 - T_1$ nach Gl. 1 bestimmt. T_1 und T_2 entsprechen den Zeitpunkten, an denen der Zugaufgang bzw. das Zugende die Mikrofonposition passiert.

AF-bewerteter maximaler Schalldruckpegel Der Maximalwert des A-bewerteten Schalldruckpegels L_{pAFmax} wird während der Messdauer T unter Anwendung der Zeitbewertung F (fast) bestimmt.

Der L_{pAFmax} dient der Charakterisierung zeitlich stark veränderlicher Geräusche wie dem Anfahr- oder dem Bremsgeräusch.

Mittelungspegel Der Mittelungspegel L_m in dB(A) nach [3] beschreibt Geräusche mit zeitlich veränderlichem Schallpegel als Einzahlwert. In den Mittelungspegel gehen Pegel und Dauer jedes Schalleignisses während der Mittelungsdauer ein. Die Zahlenangaben sind z. B. der Mittelungspegel für ein Ereignis pro Stunde $L_{m,1h}$, z. B. eine Zugvorbeifahrt einschließlich Annäherung und Entfernung, ein Pufferstoß beim Rangieren usw.

Emissionspegel Die Schallemission einer Eisenbahnstrecke (Linien-schallquelle) wird beschrieben durch den Emissionspegel $L_{m,E}$ in dB(A). Er ist der Mittelungspegel für den zu betrachtenden Zeitraum in 25 m Abstand von der Achse des betrachteten Gleises, in einer Höhe von 3,5 m über Schienenoberkante (SO), bei freier Schallausbreitung.

Bei punktförmigen Schallquellen, wie z. B. Pufferstößen oder Gleisbremsen beim Rangierbetrieb, ist es der Mittelungspegel in dB(A), den die Quelle bei ungerichteter Schallabstrahlung in 25 m Abstand von ihrer Mitte erzeugt.

Beurteilungspegel Der Beurteilungspegel dient zur Kennzeichnung der, auf ein Gebiet oder einen Punkt eines Gebietes einwirkenden, Schallimmissionen.

Er wird bestimmt aus den unter Berücksichtigung von fahrzeug- und fahrwegtypischen Besonderheiten ermittelten Emissionspegeln, den Ausbreitungsdämpfungen auf den jeweiligen Ausbreitungswegen und gegebenenfalls den Korrekturgrößen bezüglich bestimmter Lärmwirkungen bzw. Wirkungsunterschiede im Vergleich zu anderen Verkehrslärmarten.

Akustische Rauheit Die akustische Rauheit charakterisiert kleinste Unebenheiten auf den Laufflächen von Schiene (Schienenrauheit) oder Rad (Radrauheit) welche für die Anregung des Rollgeräusches maßgeblich ursächlich sind. Die akustische Rauheit wird in μm angegeben, der Rauheitspegel L_r berechnet sich aus dem Effek-