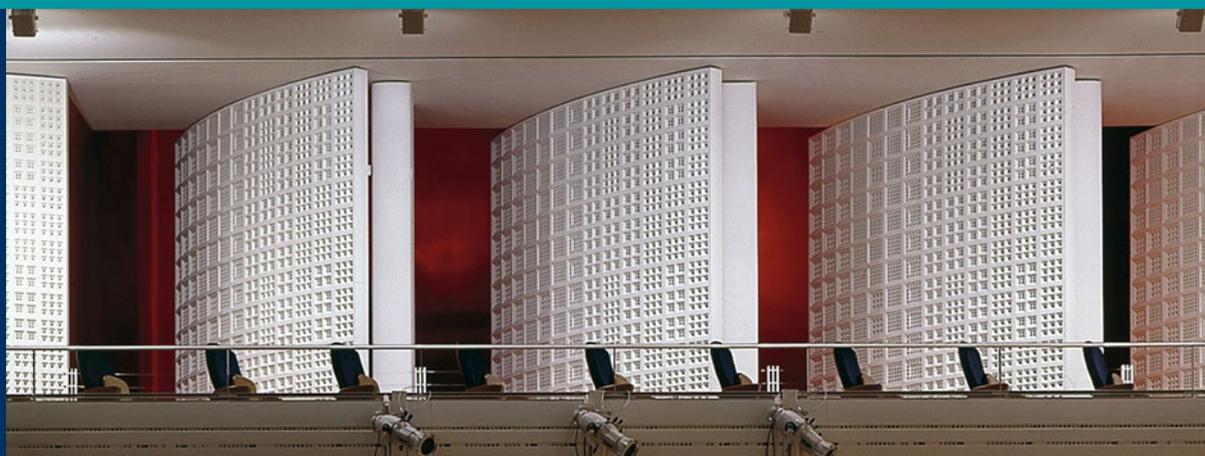


2020

BAUPHYSIK KALENDER



Bau- und Raumakustik

2020

BAUPHYSIK KALENDER

Bau- und Raumakustik

Herausgegeben von
Univ. Prof. Dr.-Ing. Nabil A. Fouad

20. Jahrgang

Hinweis des Verlages

Die Recherche zum Bauphysik-Kalender ab
Jahrgang 2001 steht im Internet zur Verfügung
unter www.ernst-und-sohn.de

Titelfoto: Detailansicht der Türen zu den Nachhallkammern im Kultur- und Kongresszentrum Luzern
(Foto: KKL Luzern)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

© 2020 Wilhelm Ernst & Sohn,

Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG,
Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be reproduced in any form – by photoprinting, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publisher.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Umschlaggestaltung: Sonja Frank, Berlin

Herstellung: pp030 – Produktionsbüro Heike Praetor, Berlin

Satz: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Printed in the Federal Republic of Germany.

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

ISSN 01617-2205

Print ISBN 978-3-433-03289-3

ePDF ISBN 978-3-433-61008-4

ePub ISBN 978-3-433-61010-7

oBook ISBN 978-3-433-61009-1

Vorwort

Der Bauphysik-Kalender feiert dieses Jahr seine 20. Ausgabe. Seit seinem ersten Erscheinen im Jahre 2001 stellt der Bauphysik-Kalender ein aktuelles, verlässliches und praxisgerechtes Nachschlagewerk auf allen Teilgebieten der Bauphysik dar. Der Begründer des Bauphysik-Kalenders, Herr Univ.-Prof. em. Dr. Erich Cziesielski, hatte bereits damals erkannt, dass die bauphysikalischen Überlegungen auf den Teilgebieten Wärme-, Feuchte-, Schall- und Brandschutz sowie Licht im Bauplanungsprozess immer mehr an Bedeutung gewinnen und dass es an der Zeit war, neben den Beton-, Mauerwerk- und Stahlbau-Kalendern auch einen Bauphysik-Kalender herauszugeben. Die folgenden Ziele wurden dabei für den Bauphysik-Kalender festgelegt:

- Schaffung eines Überblickes über die neuesten Regelwerke und Normen auf dem Gebiet der Bauphysik.
- Bauphysikalische Simulations- und Berechnungsverfahren werden vorgestellt und erläutert.
- Die konstruktive Ausbildung ausgewählter Bauteile und Bauwerke unter Beachtung bauphysikalischer Kriterien wird dargestellt.
- Materialtechnische Grundlagen sowie materialtechnische Tabellen werden zur Verfügung gestellt.

Der diesjährige Bauphysik-Kalender befasst sich mit dem Schwerpunktthema Bau- und Raumakustik, ein

Thema, das eines der wichtigsten Qualitätskriterien bei der Bewertung von Gebäuden bzw. Räumen in allen Kategorien darstellt. Er enthält neben den jährlich aktualisierten und in Abschnitt D abgedruckten Beiträgen zu den materialtechnischen Tabellen insgesamt 21 Beiträge, die das Gebiet der Bau- und Raumakustik in drei Rubriken, nämlich zu den Regelwerken, zu bauphysikalischen Planungs- und Nachweisverfahren sowie zu der konstruktiven Ausbildung von Bauteilen und Bauwerken sowohl im Neubau als auch im Bestand umfassend abdecken und die neuesten Erkenntnisse auf diesen Gebieten vorstellen.

Der Bauphysik-Kalender 2020 will mit seiner Beitragsvielfalt den Bogen von der Forschung zur Praxis und vom Planungsbüro zur ausführenden Firma spannen und dabei auf neue Entwicklungen und Tendenzen hinweisen. Er stellt eine solide Arbeitsgrundlage sowie ein aktuelles Nachschlagewerk nicht nur für die Praxis, sondern auch für Lehre und Forschung dar. Für kritische Anmerkungen sind die Autoren, der Herausgeber und der Verlag dankbar.

Der Herausgeber möchte an dieser Stelle allen Autoren für ihre Mitarbeit und dem Verlag für die angenehme Zusammenarbeit herzlichst danken.

Hannover, im November 2019

Nabil A. Fouad

Inhaltsübersicht

A Allgemeines und Normung

- A 1 Lärmschutz im Städtebau 3
Michael Jäcker-Cüppers, Christian Beckert
- A 2 VDI 4100:2012-10 – Wegweiser für den erhöhten Schallschutz? 19
Martin Schäfers
- A 3 Neue DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ 41
Oliver Kornadt, Maximilian Redeker
- A 4 Schallschutz im Wohnungsbau – DEGA-Schallschutzausweis 71
Christian Burkhart
- A 5 Anforderungen im baulichen Schallschutz 107
Tanja Skotke, Wolfgang M. Willems
- A 6 Die Neufassung der DIN 18041 im Hinblick auf Sprachverstehen und Schallbelastung
in Kommunikationsräumen 149
Helmut V. Fuchs
- A 7 Schallschutz gegen Außenlärm 165
Annika Moll, Andreas Meier

B Bauphysikalische Planungs- und Nachweisverfahren

- B 1 Schallschutz im Holzbau 185
Joachim Hessinger, Andreas Rabold, Bernd Saß, Markus Schramm
- B 2 Trittschallschutz 269
Jürgen Maack, Thomas Möck, Jochen Scheck
- B 3 Nachweis des Luft- und Trittschallschutzes sowie des Schutzes gegen Außenlärm von Massivbauten
nach DIN 4109:2018 und VDI 4100:2012 347
Helmut Marquardt
- B 4 Schallmessungen am Bau 391
Alfred Schmitz
- B 5 Umsetzung eines Ringversuchs am akustischen Wandprüfstand 439
Michael Flieger, Markus Hofmann, Oliver Kornadt
- B 6 Akustische Messräume für einen erweiterten Frequenzbereich 461
Helmut V. Fuchs, Xueqin Zha
- B 7 Raumakustik und Beschallungstechnik 499
Michael Vorländer, Ingo Witew
- B 8 Schall absorbierende Bauteile – Eine aktuelle Übersicht 539
Helmut V. Fuchs, Xueqin Zha

C Konstruktive Ausbildung von Bauteilen und Bauwerken

- C 1 Schalldämmung von Fenstern, Türen und Vorhangfassaden 595
Joachim Hessinger, Bernd Saß
- C 2 Leistungsfähigkeit von Baukonstruktionen 645
Tanja Skottke, Wolfgang M. Willems
- C 3 Schallschutz bei zweischaligen Haustrennwänden von Doppel- und Reihenhäusern 693
Klaus Focke
- C 4 Schall lenkende und dämpfende Maßnahmen in kleineren Räumlichkeiten 727
Helmut V. Fuchs, Xueqin Zha
- C 5 Schall lenkende und absorbierende Maßnahmen in größeren Räumlichkeiten 757
Helmut V. Fuchs
- C 6 Bauen im Bestand – Möglichkeiten und Grenzen 783
Christian Burkhart

D Materialtechnische Tabellen

- D 1 Materialtechnische Tabellen für den Brandschutz 797
Nina Schjerve, Ulrich Schneider († 2011)
- D 2 Materialtechnische Tabellen 835
Rainer Hohmann

Stichwortverzeichnis 891

Hinweis des Verlages

Die Recherche zum Bauphysik-Kalender ab Jahrgang 2001 steht im Internet zur Verfügung unter www.ernst-und-sohn.de

A

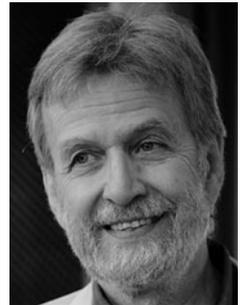
Allgemeines und Normung

A 1 Lärmschutz im Städtebau

Michael Jäcker-Cüppers, Christian Beckert

Dipl.-Ing. Michael Jäcker-Cüppers
DEGA-Geschäftsstelle
Alte Jakobstraße 38, 10179 Berlin

Studium des Bauingenieurwesens in Berlin und Fayetteville, USA. Von 1982 bis 2009 wissenschaftlicher Angestellter am Umweltbundesamt in Berlin, später Dessau-Roßlau im Arbeitsgebiet „Lärmschutz“, zuletzt als Leiter des Fachgebiets „Lärm-minderung im Verkehr“. Seit 2000 Lehrbeauftragter an der TU Berlin für das Fach „Städtebaulicher Lärmschutz“. Ab 2009 Mitglied der Leitung des Arbeitsrings Lärm der Deutschen Gesellschaft für Akustik (ALD, www.ald-laerm.de), aktuell als Vorsitzender.



Dr. Christian Beckert
Referat Lärmbekämpfung und Luftreinhaltung
Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie Sachsen-Anhalt
Leipziger Straße 58, 39112 Magdeburg

Physikstudium an der Technischen Universität „Otto von Guericke“, Magdeburg, Abschluss mit Promotion. Von 1984 bis 1989 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Universitätsklinikum Magdeburg im Institut für Biochemie und im Institut für Kommunalhygiene mit Schwerpunkt Lärmwirkungsforschung, 1990 bis 1993 Leiter des Bereichs Umweltradioaktivität im Bezirkshygieninstitut Magdeburg und im Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt. Seit 1993 Referatsleiter Lärmbekämpfung im Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt und ab 1997 Vorsitzender im Bund-Länder-Ausschuss Physikalische Einwirkungen der Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI).



Inhaltsverzeichnis

1	Aktuelle Herausforderungen im städtebaulichen Lärmschutz	5	5.2	Schienenverkehrslärm	12
			5.2.1	Spezifische Probleme	12
2	Beeinträchtigungen durch Lärm	5	5.2.2	Aktueller Stand des Immissionsschutzes	12
2.1	Methodische Vorbemerkungen	5	5.2.2.1	Geräuschemissionsgrenzwerte	12
2.2	Die Besonderheiten des Lärms	5	5.2.2.2	Lärmvorsorge	12
2.3	Belästigungen	6	5.2.2.3	Lärmsanierung	12
2.4	Aktuelle Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung	6	5.3	Gewerbelärm	13
2.5	Ausmaß der Belastungen durch Verkehrslärm in Deutschland	7	5.3.1	Spezifische Probleme	13
			5.3.2	Durchgeführte und beabsichtigte Änderungen der TA Lärm	14
3	Generelles Konzept des Lärmschutzes	7	5.4	Umgebungsärm	14
3.1	Prinzipien des Lärmschutzes	7	5.5	Bauleitplanung	14
3.2	Instrumente zum Schutz vor Lärm	8	6	Fazit	15
4	Aktueller Stand des Lärmschutzes in Deutschland und Europa	8	7	Literatur	16
5	Exemplarische Darstellung von quellenspezifischen Regelungen	10			
5.1	Straßenverkehrslärm	10			
5.1.1	Spezifische Probleme	10			
5.1.2	Aktuelle Aktivitäten zum Schutz gegen Straßenverkehrslärm	10			
5.1.3	Lärmvorsorge	10			
5.1.4	Lärmsanierung	11			
5.1.5	Straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen zum Schutz vor Lärm	11			
5.1.6	Fazit	11			

1 Aktuelle Herausforderungen im städtebaulichen Lärmschutz

Der städtebauliche Lärmschutz steht in Deutschland aktuell vor einigen Herausforderungen:

- Die **demographische Entwicklung** verläuft in Deutschland uneinheitlich. Während in der Fläche mit einem Bevölkerungsschwund zu rechnen ist, sind einige Ballungsräume Wachstumsgebiete. Dort zeigen die explodierenden Mieten und Immobilienpreise einen Mangel an bezahlbarem Wohnraum auf. Beim Wohnungsbau wird aus Gründen des Umweltschutzes der Vorrang der Innenentwicklung postuliert (Baugesetzbuch BauGB [1], §1 (5), Satz 3). Dies bedingt ein Aneinanderrücken von – in der Regel lauten – Emissionsquellen und sensibler Nutzung und damit eine Verschärfung der Lärmkonflikte.
- Allerdings zeigt die aktuelle **Bestandsaufnahme der Geräuschbelastungen** [2] in Deutschland – in Rahmen der Kartierung gemäß der Umgebungslärmrichtlinie – schon heute ein hohes Maß an Belastungen, vor allem durch den Straßenverkehr. Auch die Umfrageergebnisse zu den Störungen durch Lärm belegen einen hohen Störungsgrad. Daneben ist eine Zunahme neuer Quellen zu beobachten, vor allem beim Freizeitlärm durch das gestiegene Maß an „Events“ usw. Die bisherigen Minderungen als Ergebnis einer langjährigen Lärmschutzpolitik sind offensichtlich unzureichend.
- Neue Ergebnisse der **Lärmwirkungsforschung** (World Health Organisation Environmental Noise Guidelines (WHO ENG) [3], Forschungsprojekt NORAH [4]) belegen für den Verkehrslärm zum einen eine gestiegene Sensibilität der Bevölkerung in Bezug auf die Beeinträchtigungen durch Lärm, zum anderen liegen jetzt vermehrt manifeste und international streng abgesicherte Belege für die gesundheitlichen Auswirkungen von Verkehrslärm vor.

Lärm ist die letzte nahezu flächendeckende und sensorisch wahrnehmbare Umweltbelastung, die trotz vieler Bemühungen um Minderung nach wie vor besteht. Die Lärmbekämpfung muss also intensiviert werden. Dabei sind folgende Punkte anzustreben:

- Eine Einbettung der Lärmbekämpfung in eine **nachhaltige Stadtentwicklungspolitik**: Synergien mit Klimaschutz und Luftreinhaltung sind zu nutzen.
- Das Potenzial **neuer technischer Entwicklungen** (Digitalisierung, Automatisierung, Elektrifizierung) ist auch für den Lärmschutz zu nutzen.
- Nach wie vor aber muss das **Bewusstsein** der städtebaulichen Akteure auf allen Ebenen für die Notwendigkeit der Minderung von Beeinträchtigung durch Lärm erhöht werden.

Die rechtlichen Regelungen zum Schutz gegen Lärm sind unvollständig in verschiedenen Rechtsgebieten (Immissionsschutzrecht, Baurecht, Verkehrsrecht, Sicherheits- und Ordnungsrecht) verortet. Kurz: Das Recht auf Schutz gegen Lärm ist unvollständig und

segmentiert. So besteht ein Schutzanspruch gegen Verkehrslärm lediglich beim Neubau oder der wesentlichen Änderung von Straßen und Schienen, nicht jedoch im Bestand. Hier sind Geräuschbelastungen, beispielsweise durch Verkehrszunahme, bis zum enteignungsgleichen Eingriff vom Betroffenen hinzunehmen. Dazu kommt, dass auf das geänderte Freizeitverhalten mit einer Lockerung von Regelungen zum Schutz gegen Lärm reagiert wird. Der Bund als Verordnungsgeber hat bereits entsprechend reagiert durch

- die Einführung des Urbanen Gebiets (MU) mit höheren Tagesrichtwerten in der Bauleitplanung ([5], §6a),
- die Abschaffung von bestimmten Ruhezeiten bei Sportanlagen [6].

Dies bedeutet eine Verschlechterung des Schutzniveaus.

Zu welchen zusätzlichen Belastungen die Zunahme von Ausnahmegenehmigungen beim Freizeitlärm [7] in der Freizeitlärmrichtlinie der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz führen wird, lässt sich schwer einschätzen, weil derartige Leitlinien lediglich empfehlenden Charakter haben. Es bleibt den Ländern überlassen, eigene Regelungen zum Freizeitlärm zu treffen.

2 Beeinträchtigungen durch Lärm

2.1 Methodische Vorbemerkungen

Die Analyse der Beeinträchtigungen durch Geräusche ist die Grundlage einer jeden Lärmschutzpolitik. Mit den Untersuchungen über die negativen oder schädlichen Wirkungen von Geräuschen lassen sich Schutzziele formulieren und Minderungsmaßnahmen einleiten. In der traditionellen deutschen und europäischen Lärmschutzpolitik wird die Wirkung von Geräuschen auf *akustische Indikatoren* bezogen, z. B. das Ausmaß von Belästigungen in Abhängigkeit der während eines Zeitraumes (tags oder nachts) durchschnittlich einwirkenden Geräusche. Letztere werden als *Mittelungspegel* L_m bezeichnet und in Dezibel (dB(A)) gemessen und berechnet. Im Rahmen der europäischen Lärmschutzpolitik wurde ein Nachtpegel L_{night} und ein gewichteter Ganztagespegel L_{den} eingeführt, der sich aus dem Tages-, Abend- und Nachtpegel zusammensetzt, wobei wegen der höheren Störwirkung der Abendpegel (in Deutschland 18 bis 22 Uhr) und Nachtpegel (in Deutschland von 22 bis 6 Uhr) einen Aufschlag von 5 bzw. 10 dB(A) bekommen [8].

In zunehmendem Maß werden neuerdings auch *psychoakustische Kenngrößen* zur Bewertung von Schalleignissen herangezogen.

2.2 Die Besonderheiten des Lärms

Das Ausmaß der Beeinträchtigungen durch Geräusche ist von der Tages- und Wochenzeit abhängig: In der

Tabelle 1. Umfrageergebnisse zu den Belästigungen durch Lärm in Deutschland in Prozent der Bevölkerung, Stand 2016 [9]

Lärmquelle	Gefühl der Belästigung durch einzelne Lärmquellen in [%]				
	äußerst	stark	mittelmäßig	etwas	überhaupt nicht
Straßenverkehr	8	15	25	28	24
Nachbarn	5	9	17	28	40
Gewerbe	2	6	16	22	53
Flugverkehr	4	5	13	22	56
Schienenverkehr	2	4	13	19	61

Nacht ist zur Gewährleistung eines gesunden Schlafs ein deutlich geringerer Geräuschpegel erforderlich als am Tag. Auch zu den Erholungszeiten („Feierabend“, Mittagsruhe, Wochenende usw.) ist der Anspruch an ein niedrigeres Geräuschniveau hoch. In der EU wurde dies durch das Konzept des L_{den} berücksichtigt.

Geräusche sind andererseits essenzieller Bestandteil des Lebens – sie sind unerlässlich für die menschliche Kommunikation, sie machen uns auf Gefahren aufmerksam und sind Quelle von Lebensqualität (Theater, Musik usw.). Das macht die Lärmbekämpfung bei manchen Aktivitäten – z. B. in der Freizeit – besonders schwierig.

2.3 Belästigungen

Tabelle 1 zeigt das Ausmaß der *Belästigungen* durch Lärm für die Quellen Straßenverkehr, Nachbarn, Gewerbe, Flugverkehr und Schienenverkehr. Die Daten werden alle zwei Jahre im Rahmen der Studie zum Umweltbewusstsein in Deutschland erhoben [9]. Danach ist der Straßenverkehr die dominierende Lärmquelle: Nur 76 Prozent der Bevölkerung fühlen sich nicht von ihm gestört, 23 Prozent fühlen sich sogar erheblich gestört (äußerst und stark).

Der Lärm von Nachbarn ist die zweitwichtigste Lärmquelle, vor dem Gewerbe, dem Flugverkehr und dem Schienenverkehr. Nur 10 Prozent der Bevölkerung fühlen sich überhaupt nicht belästigt, 75 Prozent hingegen durch zwei oder mehr Quellen.

2.4 Aktuelle Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung

Im Oktober 2018 hat das europäische Regionalbüro der Weltgesundheitsorganisation WHO seine neuen Leitlinien für den Umgebungslärm vorgestellt ([3], Verkehrslärm, Lärm von Windenergieanlagen und Freizeitlärm). Auf der Basis einer methodisch strengen Bewertung der jüngeren Lärmwirkungsstudien seit 1999 werden Empfehlungen von Grenzwerten zum Schutz der *menschlichen Gesundheit* abgeleitet. Tabelle 2 listet diese Leitlinienwerte auf.

Die Leitlinienwerte werden aus Expositions-Wirkungskurven als Funktion des L_{den} oder des L_{night} gewonnen. So ergibt sich der Leitlinienwert für das Vermeiden hoher Belästigungen für einen Prozentsatz der hoch Belästigten von 10 Prozent, siehe Zeile 5 der Tabelle 2 (absolutes Risiko). Inzidenz ischämischer Herzkrankheiten bedeutet u. A. das Auftreten von Herzinfarkten.

Tabelle 2. WHO-Leitlinienwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit für den Umgebungslärm in dB(A) (vereinfacht nach [3])

Gesundheitswirkung	Risikoschwelle	Straßenverkehr [dB(A)]		Schienenverkehr [dB(A)]		Luftverkehr [dB(A)]	
		L_{den}	L_{night}	L_{den}	L_{night}	L_{den}	L_{night}
Inzidenz ischämischer Herzkrankheiten	5 % Anstieg des relativen Risikos	59,3				52,6	
Hohes Maß an Schlafstörungen	3 % absolutes Risiko		45,4		43,7		40 ^{*)}
Hohes Maß an Belästigung	10 % absolutes Risiko	53,3		53,7		45,4	
Gerundete Leitlinienwerte		53	45	54	44	45	40
Empfehlungsstärke		stark		stark		stark	

*) Beim nächtlichen Leitlinienwert für die Schlafstörungen beim Luftverkehr beträgt das absolute Risiko 11 %. Die WHO hat sich aber wegen der hohen Berechnungsunsicherheiten entschieden, keinen Wert unter 40 dB(A) zu empfehlen.

Tabelle 3. NORAH: Gesundheitliche Risiken durch Lärm: Risikoerhöhung in Prozent pro 10-dB(A)-Zunahme der Exposition als gemittelter 24-Stunden-Pegel L_m

Krankheit	Flugverkehr	Straßenverkehr	Schienenverkehr
Herzinfarkt	– (Todesfälle: 3,2)	2,8	2,3
Schlaganfall	– ($L_m < 40/L_{max} > 50 : 5$)	1,7	1,8
Herzinsuffizienz	1,6	2,4	3,1
Depression	8,9 (ab $L_m \geq 55$: Sinken des Risikos)	4,1	3,9 (ab $L_m \geq 65$: Sinken des Risikos)
Brustkrebs	– (L_m (23–5 Uhr) ≥ 55 : 3faches Risiko)	–	–

Die Leitlinienwerte liegen beim Straßen- und Schienenverkehr deutlich unter den Lärmvorsorgewerten beim Neubau eines Verkehrsweges in einem allgemeinen Wohngebiet ([10], 59/49 dB(A) tags/nachts).

Bei der Straße wurde bislang als Schwelle für gesundheitliche Risiken im strengeren Sinn ein Tagespegel von 65 dB(A) [11] angenommen. Der WHO-Leitlinienwert liegt deutlich darunter.

Ende 2015 waren bereits die Untersuchungsergebnisse des deutschen NORAH-Projekts vorgestellt worden [12]. Es wurden u. a. Risikoerhöhungen für verschiedene Erkrankungen in Folge von Verkehrslärm ermittelt (Tabelle 3).

Bemerkenswert sind Einzelergebnisse wie zum Schlaganfallrisiko durch Fluglärm. Selbst bei sehr niedriger gemittelter Belastung unter 40 dB(A), aber bei Auftreten von Maximalpegeln während des Überflugs über 50 dB(A), wurde eine Risikoerhöhung von 5 Prozent ermittelt. NORAH hat insgesamt die Information zu den gesundheitlichen Risiken im strengen Sinne deutlich ausgeweitet.

Tabelle 4. Kumulierte Belastung (in dB(A)) der Bevölkerung durch Verkehrslärm gemäß der EU-Richtlinie zum Umgebungslärm in Millionen (gerundet) (Stand 30.12.2018; Quelle [2])

Quelle	L_{den}			L_{night}		
	> 55 dB(A)	> 65 dB(A)	> 70 dB(A)	> 50 dB(A)	> 55 dB(A)	> 60 dB(A)
Straßenverkehrslärm	8,43	2,26	0,66	5,44	2,60	0,83
Schienenverkehrslärm	6,43	1,00	0,32	5,16	2,01	0,70
Fluglärm	0,85	0,03	0,004	0,24	0,04	0,002

2.5 Ausmaß der Belastungen durch Verkehrslärm in Deutschland

Tabelle 4 zeigt, wie viel Menschen in Deutschland durch bestimmte Immissionspegel in dB(A) infolge des Verkehrslärms belastet sind. Diese Daten werden im Rahmen der *Strategischen Lärmkarten* nach der EU-Richtlinie zum Umgebungslärm erhoben, wobei zu beachten ist, dass die Lärmkartierung nicht flächendeckend erfolgt und die Kartierungsschwelle in der Nacht 50 dB(A) beträgt. Die Zahlen bilden somit nur die untere Grenze der Belastung ab.

Nach den Maßstäben der WHO (siehe Tabelle 2) sind dann 8,4 bzw. 6,4 Millionen Menschen in Deutschland durch Straßen- bzw. Schienenverkehrslärm gesundheitlich gefährdet.

3 Generelles Konzept des Lärmschutzes

3.1 Prinzipien des Lärmschutzes

Einige wichtige Prinzipien des Umweltschutzes sind im Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union [13] von 2008 im Artikel 191 (2) festgelegt worden: *„Die Umweltpolitik der Gemeinschaft zielt unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Gegebenheiten in den einzelnen Regionen der Gemeinschaft auf ein hohes Schutzniveau ab.*

Sie beruht auf den Grundsätzen der Vorsorge und Vorbeugung, auf dem Grundsatz, Umweltbeeinträchtigungen mit Vorrang an ihrem Ursprung zu bekämpfen, sowie auf dem Verursacherprinzip.“

- Ein hohes Schutzniveau wird durch anspruchsvolle Ziel- oder Grenzwerte für die Immissionen konkretisiert. Es gewährt erhöhten Schutz zu sensiblen Zeiten wie Nachtruhe, Erholungszeiten, Wochenenden, Sonn- und Feiertagen. Die Gesamteinwirkungen von beeinträchtigenden Geräuschen werden berücksichtigt.
- Das Vorsorgeprinzip zielt auf die Lösung der Zielkonflikte in der Planungsphase von emittierenden Einrichtungen (Anlagen, Verkehrswege) und gewährt Schutz auch bei nur wahrscheinlichen Risiken.
- Der Vorrang von Maßnahmen an der Quelle ist durch das Verursacherprinzip bedingt: Der Verursa-

cher einer schädlichen Emission ist primär zuständig für ihre Vermeidung. Quellenbezogene Maßnahmen haben zudem in der Regel das beste Nutzen-Kosten-Verhältnis und sie tragen dazu bei, dass der Vorrang des „Außenschutzes“ umgesetzt wird. Auch die Außenwohnbereiche sollen geschützt und die Aufenthaltsqualität in öffentlichen Räumen gesichert werden. Der Außenschutz entspricht der Präferenz der Anwohner: Es besteht der weit verbreitete Wunsch nach akustischer Außenweltwahrnehmung und laut Untersuchungen des Umweltbundesamtes [14] fühlten sich 77,1 Prozent der Befragten äußerst stark oder stark belästigt, wegen Lärm die Fenster schließen zu müssen.

Qualitative Schutzziele in Deutschland werden u. a. im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [15] im Grundgesetz (GG) [16] und im Baugesetzbuch (BauGB) [1] formuliert:

- Vermeidung bzw. Minderung „schädlicher Umwelteinwirkungen“, d. h. von Gefahren, erheblichen Nachteilen oder erheblicher Belästigungen (BImSchG, §§ 1,3);
- Schutz der körperlichen Unversehrtheit (GG, Art 2(2));
- Bewahrung gesunder Wohn- und Arbeitsverhältnisse BauGB § 1 (6) 1.

3.2 Instrumente zum Schutz vor Lärm

Das wichtigste Instrument des Lärmschutzes ist die ordnungsrechtliche Festlegung von:

- Grenzwerten für Geräuschemissionen und -immissionen;
- der jeweiligen Definition und Berücksichtigung von besonders schützenswerten Zeiten wie die Nacht;
- der Regelung von Betriebsbeschränkungen (zulässige Betriebszeiten und -beschränkungen) und Ausnahmegenehmigungen oder weitergehenden Regelungen;
- Zu- und Abschlägen wegen akustischer Besonderheiten der Quelle.

Für diese ordnungsrechtlichen Festlegungen sind unterschiedliche Einrichtungen und Gebietskörperschaften zuständig (ICAO, EU, Bund, Länder, Gemeinden):

- Aus Gründen des gemeinsamen Markts liegt die Zuständigkeit für die Geräuschemissionsgrenzwerte grundsätzlich bei der EU.
- Ausnahme sind die Flugzeuge, deren Grenzwerte wegen des globalen Charakters des Flugverkehrs von der Internationalen zivilen Luftfahrtorganisation ICAO (International Civil Aviation Organization – einer Sonderorganisation der UNO) festgelegt werden.
- Geräuschemissionsgrenzwerte sind bislang vorrangig nationale Zuständigkeit – im Unterschied zu den Luftschadstoffen hat die EU für die Geräuschbelastungen keine Grenzwerte festgelegt.
- Verhaltensbezogene Vorgaben für die Lärmerzeugung finden sich in den Landes-Immissionsschutzgesetzen.

- Die Straßenverkehrsbehörden der Gemeinden können auf der Basis der Straßenverkehrsordnung (StVO §45) [17] Verkehrsbeschränkungen wie Reduzierung der zulässigen Geschwindigkeiten unter die Regelgeschwindigkeit von 50 km/h für den Straßenverkehr einführen, dabei brauchen sie bei klassifizierten Straßen ggfs. die Zustimmung der oberen Straßenverkehrsbehörden.

- Die Luftfahrtbehörden der Länder können im Rahmen der Betriebsgenehmigungen für die Flughäfen im Lande Nachtflugverbote vorsehen.

Verbindliche Vorgaben für zulässige Geräuschemissionen oder lärmrelevantes Verhalten können auch auf privatrechtlicher Ebene vereinbart werden, ein typisches Beispiel sind Hausordnungen, die Ruhezeiten regeln.

Ein weiteres wichtiges Instrument für den Lärmschutz sind die sogenannten ökonomischen Instrumente. Sie bestehen in der Gestaltung bzw. Bemessung von Zufahrtsrechten, Abgaben, Gebühren und Steuern nach dem Ausmaß der Geräuschemissionen. Ihre umweltpolitische Begründung ist die Anlastung (Internalisierung) der externen Kosten des Lärms. Da ihre Nutzung freiwilliger Natur ist, hängt ihre Effektivität stark vom Ausmaß des finanziellen oder betrieblichen Vorteils ab. Die wichtigsten Ausformungen dieses Instruments sind die Abhängigkeit der Nutzungskosten für die Infrastrukturen z. B. als lärmabhängige Trassenpreise im Schienenverkehr oder Start- und Landegebühen im Flugverkehr. Eine Lärmkomponente gibt es seit 2019 auch in der Lkw-Maut ([18], Anlage 1, Ziffer 3). Im Unterschied zu den Abgasen gibt es beim Lärm allerdings keine Emissionsklassen, die Gebühr ist damit ein reines Internalisierungsinstrument und gehört formal zu den ordnungsrechtlichen Instrumenten.

Die *staatliche Finanzierung* von Lärmschutz schließlich kann ein sehr wirksames Instrument sein. In Deutschland sind hier vor allem die Lärmsanierungsprogramme des Bundes für die Bundesfernstraßen und die Eisenbahnen des Bundes zu nennen.

Ein „weiches“ Instrument ist die *Information der Öffentlichkeit* über die Entstehung und die Folgen von Lärm, die Aufklärung und Sensibilisierung sowie die Förderung lärmarmen Verhaltens. In hohem Maß gestiegen ist der Wunsch der Öffentlichkeit nach Beteiligung bei der Lärminderung und der Planung neuer Anlagen und Infrastrukturen. Neben den gesetzlich vorgeschriebenen Beteiligungsverfahren gewinnen neue Verfahren wie die sogenannten Dialogforen an Bedeutung.

4 Aktueller Stand des Lärmschutzes in Deutschland und Europa

Das lärmbezogene Immissionsschutzrecht in Deutschland ist durch eine *separierte* Regelung für spezifische Lärmquellen in jeweils eigenen Regelwerken und

mit unterschiedlichen Zuständigkeiten gekennzeichnet. Ein auf die Gesamteinwirkung von Geräuschen bezogenes Schutzkonzept ist bislang nur in Sonderfällen eingelöst worden.

- Das Bundes-Immissionsschutzgesetz von 1974 [15] regelt den Lärmschutz bei der Planung von Anlagen des Landverkehrs, des Gewerbes, der Industrie, des Sports und für den Baulärm (AVV Baulärm) – „Lärmvorsorge“. Der Fluglärm wird separat im Luftverkehrsgesetz (LuftVG) [19] und im Fluglärmgesetz (FluLärmG) [20] von 2007 geregelt. Für den Freizeitlärm kann die Freizeitlärmrichtlinie [7] der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) herangezogen werden, ein Arbeitsgremium der Umweltministerkonferenz (UMK). Das BauGB [1] ist die Grundlage für die Berücksichtigung des lärmbezogenen Immissionsschutzes bei der Planung von Wohngebieten. Es hat angesichts des Vorrangs der Innenentwicklung zunehmende Bedeutung für die Schaffung akustisch angenehmer Wohngebiete auch beim Heranrücken an emittierende Quellen.
- Vorgaben für die zulässigen Immissionen werden in Verordnungen und allgemeinen Verwaltungsvorschriften – z. B. auf der Ermächtigungsgrundlage des BImSchG – festgelegt. Sie haben je nach Lärmsituation einen unterschiedlichen Grad an Verbindlichkeit: Verbindliche Immissionsgrenz- und -richtwerte (IGW, IRW) gibt es dabei nur für neue oder wesentlich geänderte emittierende „Anlagen“. Eine Vorgabe von Schutzziele bei der Bauleitplanung gibt es in Form von „Orientierungswerten“ nur in der DIN 18005 „Schallschutz im Städtebau“ [21] mit privatrechtlichem Charakter.
- Im deutschen wie im europäischen Immissionsschutzrecht unterliegt bei einigen Quellen (Straße, Schiene, Luftverkehr, heranrückende Wohnbebauung) der Vorrang für den Außenschutz der „Abwägung“: Bauliche oder „passive“ Schutzmaßnahmen, die nur das Einhalten von Zielwerten für die Innenpegel bewirken, sind im Fall der Unverhältnismäßigkeit von aktiven Maßnahmen zulässig. Dies bedeutet eine „Privilegierung des Verkehrslärms“ gegenüber gewerblichen Anlagen.
- Das Schutzniveau hängt zudem von der jeweiligen Gebietsausweisung ab: Je geringer der Anteil der sensiblen Nutzungen wie Wohnungen in einem Baugebiet nach der Baunutzungsverordnung (BauNVO) [5] ist, desto geringer ist das Schutzniveau. Aus der Sicht der Lärmwirkungsforschung ist diese Abstufung nicht begründet, sie spiegelt einerseits die vermuteten Erwartungen von Bewohnern an das Schutzniveau ihres Baugebiets wider, andererseits ist sie Ausdruck der angenommenen größeren Schwierigkeit, wirtschaftlich vertretbare Minderungen in stärker gemischten Gebieten zu erreichen. Bild 1 zeigt die Immissionsrichtwerte für gewerbliche Anlagen nach der TA Lärm [22] in städtischen Gebieten.

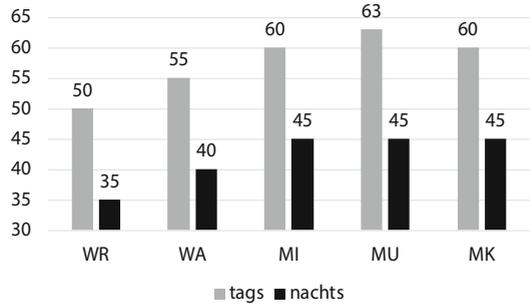


Bild 1. Immissionsrichtwerte (Beurteilungspegel) außerhalb von Wohngebäuden in dB(A) tags/nachts für gewerbliche Anlagen in Abhängigkeit von der Baugebietsausweisung; WR: Reines Wohngebiet, WA: Allgemeines Wohngebiet, MI: Mischgebiet, MU: Urbanes Gebiet, MK: Kerngebiet

Das **Urbane Gebiet** (MU) ist erst 2017 eingeführt worden ([7] § 6a): Es soll zum Zweck der Innenentwicklung eine kleinteilige Nutzungsmischung und höhere Dichten erlauben – im Gegensatz zum Misch- und Kerngebiet ist ein fester Anteil an Wohnungen nicht vorgegeben. Trotzdem wurde der Tagesrichtwert um 3 dB(A) gegenüber dem MI und MK erhöht (eine entsprechende Erhöhung des Nachtwerts ist am Widerstand des Bundesrats gescheitert). Die Grafik zeigt beträchtliche Abstufungen des Schutzniveaus: Nimmt man an, dass die IRW für das Reine Wohngebiet ein optimales Schutzniveau (zur Vermeidung „erheblicher Belästigungen“!) abbilden, so ist mit einem Zuschlag von 13 dB(A) für das MU tagsüber ein deutlich schlechterer Schutz festgelegt worden.

Die Ausweisung der Baugebiete hat auch Auswirkungen auf die jeweiligen Nutzungseinschränkungen in einem Baugebiet. Relativ strikte Vorgaben für die Nutzung von im Freien betriebenen Geräten und Maschinen gibt es Wohngebieten (Betriebsverbot von 20 bis 7 Uhr und an Sonn- und Feiertagen), für die Gartengeräte Freischneider, Grastrimmer, Laubbläser und -sammler ist dort der Betrieb sogar nur werktags von 9 bis 13 Uhr und 15 bis 17 Uhr zulässig ([23], § 7).

- Besonders problematisch ist die Separierung der quellenbezogenen Schutzregelungen in Hinblick auf die *Nachtruhe*. Für den Landverkehr währt die „legale“ Nacht von 22 bis 6 Uhr. Strikte Nachflugverbote gelten nur an vier Flughäfen in Deutschland, teilweise nur für die Kernnacht von 24 bis 5 Uhr. Weitgehend gelockert sind die Regeln für die Außengastronomie, die in einigen touristisch bedeutsamen Orten inzwischen Quelle für zahlreiche Beschwerden ist. Nordrhein-Westfalen hat die Außengastronomie grundsätzlich bis 24 Uhr zugelassen, außerhalb von Kern- und Gewerbegebieten sollen die Gemeinden den Beginn der Nachtruhe „bis auf 22 vorverlegen, wenn dies zum Schutz der Nachbarschaft geboten ist“ (Landes-Immissionsschutzgesetz, [24] § 9 (2)). Für traditionelle Feste lassen sich Ausnah-

mergelungen bis um 2 Uhr morgens finden. So wird der Schutz einer mindestens 8-stündigen Nachtruhe immer mehr durchlöchert.

- *Geräuschemissionsgrenzwerte* gibt es bislang nur für neue oder wesentlich geänderte Quellen. Die EU setzt Geräuschvorschriften (Grenzwerte und die zugehörigen Messverfahren) seit 1970 für Straßenfahrzeuge, seit 1978 für im Freien betriebene Maschinen (im Wesentlichen Baumaschinen und Gartengeräte) und erst seit 2002 für Schienenfahrzeuge in Kraft (s. unten). Die Geräuschemissionsgrenzwerte sind unvollständig (z. B. gibt es für einige Baumaschinen und Gartengeräte nur Kennzeichnungen mit dem Schallleistungspegel).
- Das größte Defizit sind aber die fehlenden Regelungen für *bestehende Verkehrswege* (solche, die vor Inkrafttreten des BImSchG 1974 gebaut worden sind und seitdem nur unwesentlich geändert worden sind – „Lärmsanierung“). Für diese gibt es keine Immissionsgrenzwerte und keinen quantifizierten Rechtsanspruch auf Schutzmaßnahmen. Zwar gibt es die Lärmsanierungsprogramme des Bundes für Bundesfernstraßen (seit 1978) und -eisenbahnen (seit 1999) sowie seit 2008 die Lärmaktionsplanung gemäß EU-Recht (siehe Abschnitt 5). Wie die Daten in der Tabelle 4 zeigen, sind die Belastungen, die zu Gesundheitsrisiken im strengeren Sinne führen (z. B. nächtliche Belastungen über 55 dB(A)) mit mindestens 4,6 Millionen Betroffenen sehr hoch.

5 Exemplarische Darstellung von quellenspezifischen Regelungen

Im Folgenden sollen exemplarisch die spezifischen Probleme und Lösungsansätze bei einigen wichtigen Quellen dargestellt werden.

5.1 Straßenverkehrslärm

5.1.1 Spezifische Probleme

- Der Straßenverkehrslärm hat das höchste Ausmaß an Belastungen und Beeinträchtigungen zur Folge (Tabellen 1 und 4). Dabei sind die innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen das zentrale Problem: Hier bestehen die höchsten und in der Regel gesundheitsgefährdenden Belastungen (im strengeren Sinn). Zugleich ist das Maßnahmenrepertoire im Straßenraum selbst begrenzt. So lassen sich z. B. Lärmschutzwände dort kaum umsetzen, die Abstände von Emissions- und Immissionsorten sind z. T. sehr gering.
- Dabei ist die ausreichende und kontinuierliche Finanzierung von Maßnahmen an kommunalen Straßen seit langem ein Problem, auch wenn es einige Sonderprogramme gegeben hat.
- Ein Sonderproblem sind die absichtlich lauten Kfz wie Motorräder, die durch Manipulation der Schall-

dämpfer oder sogar standardmäßige Klappenaufluffanlagen extreme Emissionen erzeugen können sowie Pkw, die über Soundgeneratoren verfügen, die zusätzliche sehr laute Geräusche verursachen oder in innerstädtischen Straßenrennen eingesetzt werden („Poser“). Diese extremen Geräusche haben zwar wenig Einfluss auf die gemittelten Pegel, sie führen aber zu exorbitanten Belästigungen.

5.1.2 Aktuelle Aktivitäten zum Schutz gegen Straßenverkehrslärm

Aktuell werden die folgenden Maßnahmen zum Schutz gegen Straßenverkehrslärm durchgeführt:

- Maßnahmen im Rahmen der Lärmaktionsplanung LAP (siehe Abschnitt 5.4), u. a.:
 - Einbau lärmmindernder Straßendecken,
 - Senkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit unter die Regelgeschwindigkeit von 50 km/h,
 - begleitende Umgestaltungen des Straßenraums,
 - Verkehrsvermeidung: Förderung der Stadt der kurzen Wege (u. a. durch die Innenentwicklung),
 - Förderung des Umweltverbunds (Zufußgehen, Radfahren, ÖV) mit dem Ziel, den Anteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV) an den Wegen zu senken,
 - Minderung des städtischen Güterverkehrs durch neue Konzepte der City-Logistik.
- Fortführung der Lärmsanierungsprogramme an Straßen, darunter vor allem das finanziell am besten ausgestattete Programm des Bundes an seinen Fernstraßen.
- Fortschreibung der Geräuschgrenzwerte auf der Ebene der EU einschließlich der Verbesserung der Messverfahren für die Zulassung. Die seit Juli 2016 gültigen neuen Geräuschgrenzwerte für Kfz [25] haben nach Einschätzung des Umweltbundesamts nur ein sehr geringes Minderungspotenzial. Das Umweltbundesamt rechnet über alle Fahrzeuge gemittelt mit einer durchschnittlichen Reduktion der realen Emissionen im Stadtverkehr um etwa 1 dB(A) bis zum Jahr 2035 (!), da die Grenzwerte der letzten Stufe ab bereits heute von vielen Fahrzeugen eingehalten werden [26].
- Einführung der E-Mobilität: Diese hat allerdings bei den Pkw ein geringes Minderungspotenzial; bei Motorrädern und Lkw ist es deutlich höher. Die Minderungen durch die Elektrifizierung werden durch die ab Juli 2019 vorgeschriebenen akustischen Warnsysteme bei Geschwindigkeiten (AVAS) konterkariert ([25] Art. 8).

5.1.3 Lärmvorsorge

Mit der Verkehrslärmschutzverordnung (VlärmschV) [10] von 1990 sind die Schutzziele der Lärmvorsorge in Form von Immissionsgrenzwerten festgelegt worden, basierend auf der Ermächtigung und den Vorgaben des BImSchG in den §§ 41–43 [15]. Zudem regelt sie das Verfahren für die Berechnung des Beurteilungs-

Tabelle 5. Immissionsgrenzwerte (Beurteilungspegel) zum Schutz der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche beim Bau oder der wesentlichen Änderung die nicht überschritten werden dürfen

Objekte, Baugebiete	Immissionsgrenzwerte in dB(A)	
	tags	nachts
Krankenhäuser, Schulen, Kur-, Altenheime	57	47
reine und allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	59	49
Kern-, Dorf-, Mischgebiete	64	54
Gewerbegebiete	69	59

pegels. Aktuell ist es noch die RLS-90 [27], obschon die Emissionsdaten inzwischen veraltet sind. Wichtige Konkretisierungen der VLärmSchV finden sich in Richtlinien des Bundesverkehrsministeriums für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen VLärm-SchR 97 [28].

In Tabelle 5 sind die baugebietsabhängigen IGW aufgeführt. Sie liegen deutlich über den von der WHO empfohlenen Schutzwerten (siehe Tabelle 2). Für die Mischgebiete liegen sie sogar über den Schwellwerten für die Vermeidung gesundheitlicher Risiken im strengen Sinne ($L_{den} = 59$ dB(A)). Weitere Defizite der VLärmSchV sind die isolierte Betrachtung der jeweils zu ändernden Straße und der grundsätzliche Ausschluss von Schutzmaßnahmen bei rein betrieblich verursachten Erhöhungen der Pegel. Zudem erlaubt §41 (2) BImSchG den Einsatz passiver Maßnahmen, „wenn die Kosten der [aktiven] Schutzmaßnahmen außer Verhältnis zu dem angestrebten Schutzzweck stehen würde“.

5.1.4 Lärmsanierung

Von großer Bedeutung für die Bestandsstrecken sind die Lärmsanierungsprogramme des Bundes, der Länder und Gemeinden auf haushaltsrechtlicher Basis. Das finanziell am besten ausgestattete und dauerhafte Lärmsanierungsprogramm ist das seit 1978 durchgeführte Programm an Bundesfernstraßen [29]. Aktuell

werden pro Jahr 65 Millionen Euro zur Verfügung gestellt (Bundeshaushalt 2018, Kapitel 1201, Titel 74139, 74149 für aktive Schutzmaßnahmen, 82139, 82149 für passiven Lärmschutz).

Lärmsanierung an Bundesfernstraßen kann vorgenommen werden, wenn die vorhandenen Beurteilungspegel die im Bundeshaushalt festgelegten und in Tabelle 6 aufgeführten Auslösewerte (Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen VLärm-SchR97: „Immissionsgrenzwerte“) überschreiten. Im Verlauf des Programms sind die Auslösewerte für Wohngebiete deutlich um 8 dB(A) gesenkt worden. Seit 1978 bis 2016 sind insgesamt fast 1,16 Milliarden Euro ausgegeben worden [30]. Der Vorrang von aktiven Schutzmaßnahmen gilt seit 2006 auch für die Sanierung.

5.1.5 Straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen zum Schutz vor Lärm

Ein wichtiges Element bei der Minderung des Straßenverkehrslärms sind straßenverkehrsrechtliche Maßnahmen nach §45 der StVO [17] zum Schutz vor Lärm. Sie sind kostengünstige und schnell zu realisierende Maßnahmen: Sie bestehen vor allem in Form von Fahrverboten und der Senkung zulässiger Geschwindigkeiten. Tempo-30-Zonen sind inzwischen weit verbreitet und akzeptiert, während Tempo-30-Einzelanordnungen an Hauptverkehrsstraßen nach wie vor strittig sind. Hier ist Berlin Vorreiter, das mit nächtlichen Anordnungen von Tempo-30 auf Hauptverkehrsstraßen eine deutliche Minderung der nachts hochbelasteten Anwohner erreichen konnte [31]. Selten sind Geschwindigkeitssenkungen auf Autobahnen. Die Wirkungen von reduzierten zulässigen Geschwindigkeiten ergeben sich nach der RLS-90. Die Wirkung von Tempo-30 gegenüber Tempo-50 ist für den Mittelungspegel zwischen $-2,2$ bis $-2,7$ dB(A), je nach Lkw-Anteil, auf Pflaster sogar noch um 3 dB(A) höher. Die Maximalpegel der Vorbeifahrten sind etwa 5 (bzw. auf Pflaster 8) dB(A) leiser. Bei modernen Pkw lassen sich sogar Minderungen von 5 bzw. 8 dB(A) beim Maximalpegel erreichen.

5.1.6 Fazit

Die an manchen hochbelasteten Straßen erforderlichen Reduktionen um bis zu 20 dB(A) lassen sich allerdings

Tabelle 6. Auslösewerte (Beurteilungspegel) für die Lärmsanierung an Bundesfernstraßen in dB(A)

Objekte, Baugebiete	1978–1985		1986–2009		ab 2010	
	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
Krankenhäuser, Schulen, Kur-, Altenheime, reine und allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	75	65	70	60	67	57
Kern-, Dorf-, Mischgebiete, besondere Wohngebiete			72	62	69	59
Gewerbe- und Industriegebiete			75	65	72	62

nur unter Einschluss alternativer städtischer Mobilitätskonzepte mit deutlich reduziertem MIV und neuen Modellen des städtischen Güterverkehrs (vgl. UBA-Konzepte der Stadt für Morgen [32]) erreichen.

5.2 Schienenverkehrslärm

5.2.1 Spezifische Probleme

Die aktuellen Geräuschbelastungen im Schienenverkehr sind in Tabelle 4 dargestellt. Sie sind in den Nachtstunden nur unwesentlich geringer als beim Straßenverkehrslärm, obwohl die Verkehrsleistungen auf der Schiene deutlich geringer sind als auf der Straße. Auf manchen Strecken mit hohem Anteil des internationalen Verkehrs, wie dem europäischen Güterverkehrskorridor Rotterdam-Genau, der durch das Weltkulturerbe Mittelrheintal führt, betragen die nächtlichen Belastungen bis zu 80 dB(A), 25 dB(A) über den traditionellen Schutzziele zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken [11].

Grund für diese überproportionale Belastung ist die Tatsache, dass die Nacht für den Güterverkehr genutzt wird, der zudem traditionell mit den lautesten Wagen, den Güterwagen mit Grauguss-Bremssohlen (GG), durchgeführt wird. Zwar sind diese Wagen durch die erste EU-Geräuschvorschrift für konventionelle Schienenfahrzeuge im Jahr 2006 (vgl. die ersten EU-Geräuschvorschriften für Kfz im Jahr 1970!) seitdem nicht mehr zugelassen, die geringe Erneuerungsquote von durchschnittlich nur 2,5 Prozent pro Jahr bei den Schienenfahrzeugen führt dazu, dass die Geräuschvorschriften kurzfristig nicht wirksam sind. Zudem sind auch andere Lärmschutzinstrumente lange Zeit zum Schutz der nationalen Bahnen in der EU und Deutschland bis etwa 2000 nicht umgesetzt worden. Die hohen Belastungen durch den Schienengüterverkehr haben dazu beigetragen, dass Infrastrukturweiterungsprojekte auf den massiven Widerstand der Bevölkerung stoßen und damit die klimapolitisch erforderliche Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene nicht vorankommt. Der Eisenbahnsektor und die Politik haben seit dem Jahr 1999 (in Deutschland) einen Paradigmenwechsel eingeleitet. Inzwischen ist die Bekämpfung des Schienenverkehrslärms der innovativste Bereich in der deutschen Lärmschutzpolitik, auch wenn die Belastungen noch nicht relevant gesunken sind [33].

5.2.2 Aktueller Stand des Immissionsschutzes

5.2.2.1 Geräuschemissionsgrenzwerte

Im Gegensatz zu den Fahrzeugen des Straßenverkehrs und den Flugzeugen gab es für die Schienenfahrzeuge lange Zeit keine Geräuschemissionsgrenzwerte. Die EU hat im Rahmen einer Strategie zur Überwindung der Wettbewerbsschwächen des Schienenverkehrs die Voraussetzungen dafür geschaffen, die mangelnde Interoperabilität, also die starken technischen und be-

trieblichen nationalstaatlichen Barrieren zu überwinden. Es sind sogenannte Technische Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) seit 2002 eingeführt worden, mit denen die technischen Regeln für die verschiedenen Aspekte des Schienenverkehrs harmonisiert wurden. Zu den ersten TSI gehörte die TSI für die Fahrzeuge des Hochgeschwindigkeitsverkehrs; sie führte zum ersten Mal für die Schienenfahrzeuge Geräuschemissionsgrenzwerte ein. 2006 folgte die TSI Fahrzeuge – Lärm für den konventionellen Verkehr. Für die Güterwagen wurden Geräuschemissionsgrenzwerte eingeführt, die mit GG-Wagen nicht mehr einzuhalten sind – es ist der Beginn einer wichtigen Minderungsmaßnahme der Emissionen. Die lärmbezogenen TSI wurden weiterentwickelt und harmonisiert, aktuell gilt die TSI Fahrzeuge – Lärm von 2014 [34].

5.2.2.2 Lärmvorsorge

Für die Lärmvorsorge (Neubau und wesentliche Änderung von Schienenwegen) [33, 35] gelten die gleichen Vorschriften wie für den Straßenverkehr (für die Immissionsgrenzwerte siehe Tabelle 5). Allerdings bestand für den Schienenverkehr die Besonderheit, dass die Beurteilungspegel beim Schienenverkehr aus dem Mittelungspegel abzüglich eines Betrags von 5 dB(A) gebildet wurden, dem sogenannten Schienenbonus. Auf der Grundlage der neueren Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung (vgl. auch die WHO-Empfehlungen in Tabelle 2) wurde 2013 der Schienenbonus – für die Lärmvorsorge bei Eisenbahnen ab dem 01.01.2015 und für die Straßenbahnen ab dem 01.01.2019 – abgeschafft [35].

Für Neu- und Ausbaustrecken besonderen Ranges hat der Bundestag im Januar 2016 beschlossen [36], dass die beim landgebundenen Verkehr zulässige Abwägung zwischen aktiven (die Außenpegel reduzierenden) und passivem (auf den Innenraumschutz bezogenen) Schallschutzmaßnahmen zugunsten des vollen Aktivschutzes nicht vorgenommen wird („Vollschutz“ bzw. „übergesetzlicher“ Lärmschutz.). Diese Verbesserung des Schutzniveaus wird derzeit bei dem Ausbau der Rheintalbahn angewandt und von den Regionen auch bei anderen Ausbauprojekten gefordert, z. B. beim geplanten Ausbau der Seehafenhinterlandverbindungen in Niedersachsen [37].

5.2.2.3 Lärmsanierung

1999 wurde mit dem Lärmsanierungsprogramm an Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes begonnen [33, 35]. Die Auslösewerte entsprachen denen des entsprechenden und schon seit 1978 laufenden Programms für die Bundesfernstraßen [29], allerdings bis Ende 2014 noch mit dem Schienenbonus, weshalb die Auslösewerte in Form der Mittelungspegel bis 2014 um 5 dB(A) über denen für die Bundesfernstraßen lagen (siehe Tabelle 7). Die Abschaffung des Schienenbonus für die Lärmvorsorge wurde ab 2015 auch für die Lärmsanierung und ab 2016 die Senkung der Auslöse-

Tabelle 7. Auslösewerte (Mittelungspegel) für die Lärmsanierung an Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes in dB(A)

Objekte, Baugebiete	1999–2014		2015		ab 2016	
	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts
Krankenhäuser, Schulen, Kur-, Altenheime, reine und allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete	75	65	70	60	67	57
Kern-, Dorf-, Mischgebiete, besondere Wohngebiete	77	67	72	62	69	59
Gewerbe- und Industriegebiete	80	70	75	65	72	62

werte um 3 dB(A) seit 2010 bei der Straße übernommen. In relativ rascher Zeit wurde somit das Schutzniveau um 8 dB(A) verbessert. Seit 1999 sind auch die im Bundeshaushalt bereitgestellten Finanzmittel von etwa 51 Millionen Euro auf 150 Millionen Euro verdreifacht worden. Für die Abwägung zwischen aktiven und passiven Maßnahmen wurde ein Verfahren entwickelt, mit denen die Kosten der potenziellen aktiven Maßnahmen mit ihrem monetarisierten Nutzen verglichen werden. Liegt der Nutzen über den Kosten, sind aktive Maßnahmen grundsätzlich gerechtfertigt [38]. Aktuell findet für das gesamte Netz eine Nachsanierung statt, um für die von Geräuschmissionen der Bestandsstrecken Betroffenen gleiches Schutzniveau zu schaffen. Die seit Anfang 2019 veröffentlichten Gesamtlisten der überarbeiteten Sanierungsabschnitte können den Internetseiten des BMVI entnommen werden [39]. Dort ist auch die seit 2019 gültige Förderrichtlinie [38] online gestellt worden, die ebenfalls einige bemerkenswerte Neuerungen enthält, etwa die Begünstigung von aktiven Maßnahmen bei besonders sensiblen Nutzungen wie Kuranlagen.

Ab Ende 2012 wurde die Lärmsanierung über die infrastrukturbezogenen Maßnahmen hinaus auf die Güterwagen als die Hauptquelle der Beeinträchtigungen ausgeweitet [33,35]. Das BMVI und die Deutsche Bahn haben ein Umrüstprogramm für die lauteste Fahrzeugart, die Güterwagen mit Graugussklotzbremsen (GG-Wagen), gestartet: Die Umrüstung auf andere Bremsarten (Kunststoffklotzbremsen) wird einerseits aus dem Haushaltstitel für die Lärmsanierung staatlich gefördert, andererseits werden für Züge mit den umgerüsteten Wagen geringere Trassenpreise gezahlt. Der laufleistungsabhängige Bonus für umgerüstete Güterwagen wird durch erhöhte Trassenpreise für „laute“ Güterzüge (Züge, die über 10 Prozent laute Wagen enthalten) gegenfinanziert. Der Trassenpreiszuschlag betrug zu Beginn des Umrüstprogramms 1 Prozent, er beträgt ab Dezember 2018 5,5 Prozent [40] (Dezember 2019 7 Prozent). Das Programm soll Ende 2020 abgeschlossen sein.

Die vollständige Umrüstung der Güterwagen führt zu einer flächendeckenden Pegelreduktion beim Schienengüterverkehr nach den Annahmen der Schall 03 [41] um 5 bis 8 dB(A) je nach Qualität des Schienenfahrfächenzustands (durchschnittlicher Fahrfächenzustand bzw. „Besonders überwachtes Gleis“ (BüG)

nach Tabelle 8b der Schall 03). Das BMVI spricht von Minderungen um bis zu 10 dB(A) [35].

Am 03.01.2019 waren von den geschätzten 183000 Güterwagen die in Deutschland verkehren 63,45 Prozent „leise“ Wagen, das heißt TSI-konform (nichtöffentliche Mitteilung des BMVI). Die Umrüstung stagniert aktuell. Es sind also noch erhebliche Anstrengungen vor allem seitens der ausländischen Wagenhalter und Güterverkehrsunternehmen erforderlich (deren Quote beträgt nur etwa 25 Prozent).

Mit dem Schienenlärmschutzgesetz von 2017 [42] wird der Einsatz von GG-Wagen ab 2021 auf dem deutschen Netz grundsätzlich verboten (Ausnahmen gibt es für Züge im Gelegenheitsverkehr, die allerdings ihre Geschwindigkeiten reduzieren müssen, um die erhöhten Emissionen zu kompensieren). Am 31.01.2019 hat das „Railway Interoperability and Safety Committee“ (RISC) – mit den Vertretern der Mitgliedsstaaten –, das für die Änderungen der Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität zuständig ist, eine entsprechende Änderung der TSI Fahrzeuge-Lärm beschlossen [43]. Danach ist den Güterwagen, die der TSI-Geräuschvorschrift nicht genügen – also die GG-Wagen – der Betrieb auf den sogenannten Quieter Routes ab dem 08.12.2024 untersagt. Quieter Routes sind alle Schienenstrecken mit einer Minimallänge von 20 km, auf denen nachts durchschnittlich mehr als 12 Güterzüge fahren.

5.3 Gewerbelärm

5.3.1 Spezifische Probleme

Trotz der langjährigen Praxis zur Minderung des Gewerbelärms auf der Basis der TA Lärm (1968, 1998 [22], vgl. auch die IRW in Bild 1) sind die Belästigungen durch Industrie- und Gewerbelärm noch relativ hoch (Tabelle 1).

Aus vielen aktuellen Lärmwirkungsstudien ist bekannt, dass die Sensibilität der Menschen gegenüber Geräuschen in den letzten Jahren eher zugenommen hat. Die Umfragen des Umweltbundesamts und des BMU zu Störungen durch Lärm – im Rahmen der Befragungen zum Umweltbewusstsein in Deutschland – zeigen trotz der relativ anspruchsvollen Schutzwerte der TA Lärm eine leichte Zunahme (im linearen Trend, eigenen Auswertung nach Daten des UBA) bei der Stö-

rung durch Industrie- und Gewerbelärm seit dem Jahr 2000. Der Anteil der mehr oder weniger Gestörten durch Industrie- und Gewerbelärm liegt aktuell (2016) mit 46 Prozent an dritter Stelle der störenden Quellen, noch vor dem Fluglärm (44 Prozent) und Schienenverkehrslärm (39 Prozent).

5.3.2 Durchgeführte und beabsichtigte Änderungen der TA Lärm

Im Rahmen der Innenentwicklung wurde das Urbane Gebiet (MU) in die BauNVO eingeführt ([5], § 6a) und die TA Lärm entsprechend geändert (Erhöhung der IRW am Tag um 3 dB(A) gegenüber dem Mischgebiet). Dies wird eher zu einer Zunahme der Konflikte führen.

Seitens des Bausektors wird schon seit langem gefordert, die von der TA Lärm ausgeschlossenen Lösung der Probleme durch passiven Schallschutz wie beim landgebundenen Verkehr endlich zuzulassen (siehe auch Abschnitt 5.5). Der Arbeitsring Lärm der Deutschen Gesellschaft für Akustik ALD hat diese Bemühungen wie folgt bewertet:

„Der Vorrang des Außenschutzes – das zeigen die Forderungen und Präferenzen der Betroffenen – ist bei gewerblichen und Sportanlagen beizubehalten ... Für einen angemessenen Interessenausgleich zwischen Anwohnern und Anlagenbetreibern ist Außenlärmenschutz unabdingbar. Die im Zusammenhang mit der innerstädtischen Verdichtung geforderte Festsetzung von Innenpegeln würde die Schutzkonzeption des deutschen Lärmschutzrechts zur Disposition stellen: Sind Immissionsrichtwerte innen (und nicht mehr außen) einzuhalten, wird Lärmbekämpfung nicht mehr vorrangig an der Quelle ansetzen müssen. Damit entfällt für den Anlagenbetreiber der Anreiz zur Emissionsminderung. Das widerspricht dem im BImSchG angelegten Verursacherprinzip. Nur über eine Festsetzung von Außenpegeln kann auch ein Mindestmaß an Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum gesichert werden.“ [44]

Zudem stellt eine Überwachung von Innenpegeln die Vollzugsbehörden vor kaum zu überwindende technische und organisatorische Hürden: Variabilität des Frequenzspektrums, Impulshaftigkeit, Geräuschspitzen und tieffrequente Geräuschanteile sind zu berücksichtigen, die so beim Verkehrslärm nicht gegeben sind. Eine entsprechende dauerhaft wirksame Dimensionierung der Schallschutzfenster ist daher grundsätzlich kaum möglich.

5.4 Umgebungslärm

Die Lärmaktionsplanung (LAP) nach der EU-Richtlinie zum Umgebungslärm [8] ist seit dem Jahr 2008 im Fünfjahresrhythmus durchzuführen. Hierzu sind die Geräuschbelastungen nach einheitlichen europäischen Geräuschindikatoren (L_{den} und Nachtpegel L_{night}) und Prognosemodellen (seit dem 01.01.2019 CNOSSOS-DE) zu ermitteln und Lärmaktionspläne, vorrangig für

den Verkehrs- und Gewerbelärm, aufzustellen. Dabei ist die Öffentlichkeit zu beteiligen. Der Prozess wurde 2007/2008 gestartet, aktuell wird die 3. Stufe umgesetzt. Die LAP ist besonders für Kommunen von Bedeutung, da nun auch die Bestandsstraßen der Kommunen systematisch in die Lärminderung einbezogen werden müssen. Die Pflicht zur Öffentlichkeitsbeteiligung hat das Bewusstsein für Lärmprobleme deutlich erhöht. Die LAP bietet zudem grundsätzlich die Möglichkeit, das Zusammenwirken der verschiedenen Lärmquellen zu berücksichtigen.

Die LAP ist in Deutschland schleppend angelaufen und auch im Jahr 2016 hatten noch nicht alle dazu verpflichteten Ballungsräume und Gemeinden ihre Lärmaktionspläne der 2. Stufe (2012/2013) entwickelt. Zudem genügten etliche der Lärmaktionspläne nicht den EU-Vorgaben. Auch wurde in einigen Fällen die Öffentlichkeit nicht korrekt beteiligt.

Die Europäische Kommission hat deshalb am 29.09.2016 ein Vertragsverletzungsverfahren gegen Deutschland eingeleitet (Nummer 2016/2116) und inzwischen durch eine begründete Stellungnahme verschärft [45]. Das Verfahren läuft derzeit immer noch. Die Lärmaktionsplanung und die Lärmsanierungsprogramme als zweites wichtiges Instrument der Heilung lauter Bestandssituationen sind bislang nicht harmonisiert worden. Die Bürgerinnen und Bürger sind deshalb mit zwei unterschiedlichen Vorgehensweisen und damit auch unterschiedlichen Belastungsberechnungen konfrontiert, was zu Irritationen führt. Allerdings wird seit 2019 versucht, die Programme für den Bereich des Schienenverkehrslärms zu harmonisieren.

5.5 Bauleitplanung

Die Bauleitplanung nach dem BauGB [1] hat im Zuge des städtischen Wohnungsneubaus nach dem Prinzip der Innenentwicklung einen hohen Stellenwert für die Vermeidung neuer geräuschbelasteter Wohngebiete. Grundsätzlich bestehen dabei einige Probleme:

- Das Schutzniveau in einem Baugebiet wird – wie bereits beschrieben – durch die Gebietsausweisung (BauGB, BauNVO [5]) bestimmt, ohne dass eine Begründung aus der Sicht der Lärmwirkungsforschung dafür vorliegt.
- Das Schutzziel „Gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse“ im BauGB ist semantisch nicht konsistent mit dem BImSchG-Schutzniveau, dass auch die Vermeidung erheblicher Belästigungen zum Ziel hat.
- Für die heranrückende Wohnbebauung gibt es nur die Orientierungswerte der DIN 18005, „Schallschutz im Städtebau“ [21], die allerdings ein ambitioniertes Schutzniveau vorgeben.
- 2017 wurde das Urbane Gebiet (MU) mit dem geringsten Schutzniveau für Gebiete mit Wohnnutzungen eingeführt (Bild 1). Es besteht die Gefahr des Etikettenschwindels, wenn eigentlich Allgemeine Wohngebiete (WA) – nur aufgrund der höheren baulichen Dichte – als MU konzipiert werden.

Besonders umstritten ist das Problem einer an gewerbliche Anlagen heranrückenden Wohnbebauung. Das Bundesverwaltungsgericht hat in seiner Rechtsprechung das Prinzip der „Spiegelbildlichkeit“ für die Bauleitplanung eingeführt (Urteil des BVerwG 4 C 8.11 vom 29.11.2012 [46]), indem es die Gültigkeit der Schutzprinzipien für den Gewerbelärm auch für den Fall der heranrückenden Wohnbebauung postuliert hat. Das betrifft vor allem die Vorgabe, dass die TA Lärm keine Lösung der Lärmkonflikte durch passiven Schallschutz zulässt. Das Gericht hat die Bedeutung des Außenschutzes unterstrichen:

„Damit sichert die TA Lärm von vornherein für Wohnnutzungen einen Mindestwohnkomfort, der darin besteht, Fenster trotz der vorhandenen Lärmquellen öffnen zu können und eine natürliche Belüftung sowie einen erweiterten Sichtkontakt nach außen zu ermöglichen, ohne dass die Kommunikationssituation im Innern oder das Ruhebedürfnis und der Schlaf nachhaltig gestört werden können.“

Es hat deshalb zahlreiche Initiativen gegeben, die Ausschließlichkeit des Außenschutzes in der TA Lärm oder für die heranrückende Wohnbebauung zu beseitigen. So hat die Bauministerkonferenz am 22. Februar 2019 im TOP 10 „Anpassung der TA Lärm ... an die Erfordernisse einer nachhaltigen Stadt- und Ortsentwicklung“ gefordert: „Anpassung des Bundesimmissionschutzrechtes (BImSchG und/oder TA Lärm), das es ermöglicht, Lärmgrenzwerte bei an Gewerbebetriebe heranrückende Wohnbebauung durch passive Schallschutzmaßnahmen einzuhalten.“ [47].

6 Fazit

Die Lärmwirkungsforschung hat in den letzten Jahren neue Erkenntnisse zu den schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche gewonnen. Die Empfindlichkeit der Bevölkerung gegenüber diesen Geräuschen ist zum Teil deutlich gestiegen. Es wurde nachgewiesen, dass die möglichen Krankheitsrisiken nicht nur – wie seit längerem bekannt – Herzinfarkte, sondern weitere relevante Krankheitsbilder (wie Depressionen, Herzinsuffizienz, Schlaganfälle usw.) umfassen. Zwar blickt Deutschland auf eine lange Praxis der Lärmbekämpfung zurück, spätestens mit dem Bundes-Immissionsschutzgesetz von 1974 sind grundlegende Prinzipien und Schutzkonzepte rechtlich verankert worden. Das BImSchG hatte aber von Anfang an das Defizit, bestehende Lärmsituationen nicht einzubeziehen und keine konkreten Verfahrensweisen für die Minderung der Gesamtlärmbelastung bereitzustellen. Manche Quellen wie der Schienenverkehr sind erst sehr spät (ab etwa 1999) einer systematischen Minderung unterzogen worden. Neue Quellen sind in großer Zahl hinzugekommen, z. B. die motorisierten Laubblätter oder der tourismusinduzierte, verhaltensbezogene Lärm. Deshalb wundert es nicht, dass die Beeinträchti-

gungen der Bevölkerung durch Geräusche immer noch zu hoch sind. Die Schutzmaßnahmen konnten den großen Zuwachs an Lärmquellen, beispielsweise durch die Massenmotorisierung nur teilweise kompensieren. Zum Teil liegt dies auch daran, dass manche Programme wie das der Umrüstung der Güterwagen einen langen Umsetzungszeitraum brauchen. Auch die Vorgaben zur Minderung der Geräuschemissionen von Kraft- und Schienenfahrzeugen oder Flugzeugen (mit Ausnahme von Start- und Landeverboten für sehr laute Flugzeuge) bewirken wegen der bisherigen Anwendung allein auf Neufahrzeuge nur ein sehr langsames Sinken der Emissionen.

Die beiden zentralen Forderungen an die Politik sind eine Gesamtlärmbetrachtung und ein verbindlicheres Recht für die Bestandsituationen.

Das historisch gewachsene Immissionschutzrecht für die verschiedenen Quellen muss harmonisiert werden, damit diese in eine Gesamtlärmbetrachtung einbezogen werden können. Die Zersplitterung in diverse Regelwerke mit jeweils spezifischen Vorgehensweisen ist für die Betroffenen schwer nachzuvollziehen (auch wenn sie zum Teil ihre Berechtigung in den Eigenarten der Quellen hat). Die Schutzprinzipien für die sensiblen Zeiten wie die Nacht oder die Sonn- und Feiertage müssen aufeinander abgestimmt werden. Bezüglich des Schutzes der Außenwohnbereiche, der Stadtplätze und der noch ruhigen Gebiete sollte die Harmonisierung auf hohem Niveau erfolgen: Eine Stärkung der aktiven Schutzmaßnahmen beim Verkehrslärm statt einem Abbau des ausschließlichen Aktivschutzes in Regelwerken wie der TA Lärm.

Für die Bestandsituationen sind grundsätzlich ebenfalls Immissionsgrenz- oder -richtwerte einzuführen, die in einem Stufenplan einzuhalten sind. Dazu hat es ja bereits in Form des Verkehrslärmschutzgesetzes weit gediehene Gesetzesvorschläge in den 80er-Jahren gegeben. Auch die bisherige Anwendung von Geräuschgrenzwerten nur für die jeweils neuen Quellen ist zu überdenken. Das Beispiel des Schienenverkehrslärms und die faktische Elimination der lauten Güterwagen ab 2020 in der Schweiz, 2021 in Deutschland und 2025 in der EU zeigt die grundsätzliche Machbarkeit solcher Lösungen.

Ein Blick auf die einzelnen Quellen zeigt ein sehr unterschiedliches Maß an technischer und rechtlicher Innovation.

Gerade bei der Quelle, die die höchsten Beeinträchtigungen zur Folge hat, beim Straßenverkehr, sind die geringsten Fortschritte erzielt worden. Diese sind zudem eher das Ergebnis lokalen Handelns oder der Initiativen der Länder – wie bei der Einführung von Tempo-30-Regelungen an klassifizierten Straßen.

Große Fortschritte sind hingegen bei der Minderung des Schienenverkehrslärms erzielt worden. Hier sind die wichtigsten Regelungsdefizite seit Ende der 90er-Jahre weitgehend beseitigt worden, der Schutz vor Schienenverkehrslärm kann inzwischen als ein gutes Beispiel für andere Quellen gelten. Mit dem einstim-

migen Beschluss des Bundestags 2016 zum „übergesetzlichen Lärmschutz“ bei bestimmten Infrastrukturprojekten ist sogar die Revision der Lärmvorsorge eröffnet. Trotzdem bleiben an den wichtigsten Bahnstrecken auch nach Umsetzung der Programme bis Ende 2020 die Belastungen zu hoch, eine Weiterentwicklung des Instrumentariums ist deshalb erforderlich.

In den urbanen Gebieten wird die Lärmsituation durch das Zusammenwirken von Verkehr, Gewerbe und Industrie, Sport- und Freizeitanlagen bestimmt. Die Anhebung der Immissionsrichtwerte in den urbanen Gebieten hat zur Folge, dass sich auch der Gesamtlärm deutlich erhöhen dürfte. Es steht zu befürchten, dass die Bewohner Stadtquartiere mit hohen Immissionen bei nachlassendem Siedlungsdruck wieder verlassen werden, sodass das ursprüngliche Ziel einer nutzungsgemischten Stadt der kurzen Wege nur partiell erreicht wird. Der bis heute unzureichende Verkehrslärmschutz darf nicht zum Maßstab für eine „Anpassung“ der Lärmschutzgesetzgebung an die veränderten Bedingungen der Innenentwicklung werden.

Ein fortschrittlicher Lärmschutz sollte besser in andere Politikfelder integriert werden: Vor allem die Lösung des Straßenverkehrslärmproblems ist ohne einen grundlegenden Verkehrswandel, der auch für den Schutz des Klimas und vor Luftschadstoffen unumgänglich ist, nicht zu schaffen. Der Straßenverkehrslärmschutz muss stärker in eine nachhaltige Stadt- und Regionalpolitik integriert werden, die aktuell wegen der erforderlichen Dekarbonisierung, der Nutzung der Digitalisierung und veränderter Mobilitätsformen ohnehin vor einem großen Wandel steht. Die prioritären Nachhaltigkeitsinstrumente der Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung sind auch für die Lärmbekämpfung zu nutzen.

Schließlich braucht der Schutz vor Lärm auch einen kulturellen Wandel. In einer liberalisierten Gesellschaft mit einem hohen Maß an Freizeitaktivitäten und einem vielfältigen Kulturangebot ist eine Besinnung auf die Tugend der Rücksichtnahme unerlässlich, da sonst der verhaltensbezogene Lärm weiter zunehmen wird. Es wird vonnöten sein, die schwierige Balance zwischen einer offenen und lebendigen Stadt und den berechtigten Ansprüchen der Bürgerinnen und Bürger auf akustische Autonomie und Phasen der Ruhe zu erreichen.

7 Literatur

- [1] Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634).
- [2] Umweltbundesamt (2019) *Umwelt und Gesundheit/ Gesundheitsrisiken durch Umgebungslärm/ Belastung der Bevölkerung durch Verkehrslärm nach Umgebungslärmrichtlinie* [online], https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/2_abb_belast-bev-verkehrslaerm_2019-01-09.png [Zugriff am 21. Jan. 2019].
- [3] World Health Organization Regional Office for Europe (2018) *Environmental Noise Guidelines* [online], <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/who-environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018> [Zugriff am 21. Apr. 2019].
- [4] NORAH Noise-Related Annoyance, Cognition and Health (2015) [online], <http://www.laermstudie.de> [Zugriff am 21. Apr. 2019].
- [5] Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786). Neugefasst durch Bek. v. 21.11.2017 I 3786.
- [6] Achtzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Sportanlagenlärmschutzverordnung – 18. BImSchV) vom 18. Juli 1991 (BGBl. I S. 1588, 1790), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 1. Juni 2017 (BGBl. I S. 1468).
- [7] Freizeitlärm-Richtlinie der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz in der Fassung vom 06.03.2015.
- [8] Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm – Erklärung der Kommission im Vermittlungsausschuss zur Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Amtsblatt Nr. L 189 vom 18/07/2002 S. 0012–0026 [online], <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32002L0049> [Zugriff am 21. Apr. 2019].
- [9] BMUB, UBA (2016) *Umweltbewusstsein in Deutschland* [online], Dessau-Roßlau https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/umweltbewusstsein_in_deutschland_2016_barrierefrei.pdf. (Zugriff am 21. Apr. 2019).
- [10] Verkehrslärmschutzverordnung vom 12. Juni 1990 (BGBl. I S. 1036), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2269) geändert worden ist.
- [11] Umweltbundesamt (2019) *Verkehr/Lärm/Verkehrslärm* [online], <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm#textpart-1> [Zugriff am 21. Apr. 2019].
- [12] Seidler, A.; Wagner, M.; Schubert, M.; Dröge, P.; Hegewald, J. (2015) Sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie mit vertiefter Befragung, in *Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH* (Hrsg.), NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld (Bd. 6). Kelsterbach: Umwelthaus gGmbH.
- [13] Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union, Fassung aufgrund des am 1.12.2009 in Kraft getretenen Vertrages von Lissabon (Konsolidierte Fassung bekanntgemacht im ABl. EG Nr. C 115 vom 9.5.2008, S. 47).
- [14] Umweltbundesamt (2011) *Auswertung der Online-Lärmumfrage des Umweltbundesamtes* [online] <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3974.pdf> [Zugriff am 21. Apr. 2019].

- [15] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771).
- [16] Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. März 2019 (BGBl. I S. 404) geändert worden ist.
- [17] Straßenverkehrs-Ordnung, Verordnung vom 06.03.2013 (BGBl. I S. 367), in Kraft getreten am 01.04.2013, zuletzt geändert durch Verordnung vom 08.10.2017 (BGBl. I S. 3549) m. V. v. 19.10.2017.
- [18] Bundesfernstraßenmautgesetz vom 12. Juli 2011 (BGBl. I S. 1378), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2251) geändert worden ist.
- [19] Luftverkehrsgesetz (LuftVG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 698), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 11 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808).
- [20] Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (Fluglärmschutzgesetz-FluLärmG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2550).
- [21] DIN 18005-1 Beiblatt 1:1987-05 (1987) *Schallschutz im Städtebau; Berechnungsverfahren; Schalltechnische Orientierungswerte für die städtebauliche Planung*, Beuth, Berlin.
- [22] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503), geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAz AT 08.06.2017 B5).
- [23] 32. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung-32. BImSchV) vom 29. August 2002 (BGBl. I S. 3478), zuletzt geändert durch Artikel 83 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474).
- [24] Gesetz zum Schutz vor Luftverunreinigungen, Geräuschen und ähnlichen Umwelteinwirkungen (Landes-Immissionsschutzgesetz NRW- LImSchG-) vom 18. März 1975- GV. NRW. 1975 S. 232, zuletzt geändert durch Artikel 6 des Gesetzes vom 20. September 2016 (GV. NRW. S. 790).
- [25] Verordnung (EU) Nr. 540/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 über den Geräuschpegel von Kraftfahrzeugen und von Austauschschalldämpferanlagen sowie zur Änderung der Richtlinie 2007/46/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 70/157/EWG. Amtsblatt der EU, L 158/131 vom 27.05.2014 [online], <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1304&from=EN> [Zugriff am 22. Apr. 2019].
- [26] Schade, L. (2014) *Entwicklung neuer Lärmkartenberechnungsverfahren (CNOSSOS-EU)*, ALD-Veranstaltung „Lärmaktionsplanung 2. Stufe“, 2014.
- [27] Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau (1990) *Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen-RLS-90*, Ausgabe 1990.
- [28] BMV (1997) *Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes-VLärm-SchR 97*, *Verkehrsblatt*, Heft 12, 1997.
- [29] BMVI (2019) *Lärmvorsorge und Lärmsanierung an Bundesfernstraßen* [online], <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/laermenschutz.html> [Zugriff am 22. Apr. 2019].
- [30] BMVI, Abteilung Straßenbau (2017) *Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2016* [online] https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Strasse/statistik-des-laerm-schutzes-an-bundesfernstrassen.pdf?__blob=publicationFile [Zugriff am 22. Apr. 2019].
- [31] Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Berlin (2019) *Verkehr/Verkehrspolitik/Tempobeschränkungen/Tempo 30 an Hauptverkehrsstraßen* [online], <https://www.berlin.de/senuvk/verkehr/politik/tempo/de/tempo30.shtml> [Zugriff am 22. Apr. 2019].
- [32] Umweltbundesamt (2017) *Die Stadt für Morgen: Umweltschonend mobil – lärmarm – grün – kompakt – durchmischt*, 2. Auflage [online], <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/die-stadt-fuer-morgen-umweltschonend-mobil-laermarm> [Zugriff am 22. Apr. 2019].
- [33] Arbeitsring Lärm der DEGA (2018) ALD-Broschüre „Schienenverkehrslärm – Ursachen, Wirkungen, Schutz“ [online], http://www.ald-laerm.de/fileadmin/ald-laerm.de/Publikationen/Druckschriften/ALD-Broschuere_Schienenverkehrslarm_Web.pdf [Zugriff am 22. Apr. 2019].
- [34] Verordnung (EU) Nr. 1304/2014 der Kommission vom 26. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge – Lärm“ sowie zur Änderung der Entscheidung 2008/232/EG und Aufhebung des Beschlusses 2011/229/EU, Amtsblatt der Europäischen Union L356/421ff. vom 12.12.2014 [online], <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1304&from=DE> [Zugriff am 22. Apr. 2019].
- [35] BMVI (2018) *Lärmschutz im Schienenverkehr*, fünfte Aufl. [online], <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/E/laerm-schutz-im-schienenverkehr-broschuere.html?nn=13190>.
- [36] Deutscher Bundestag: Antrag der Fraktionen der CDU/CSU und SPD (2016) *Menschen- und umweltgerechten Ausbau der Rheintalbahn realisieren*. Bundestags-Drucksache 18/7364 vom 26.01.2016 [online], <http://www.bundestag.de/Drucksache/18/7364>

//dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/073/1807364.pdf [Zugriff am 22. Apr. 2019].

[37] Dialogforum Schiene Nord (2015) *Kapazitätserweiterung der Schieneninfrastruktur im Raum Bremen-Hamburg-Hannover: Abschlussdokument zum Dialogverfahren*, Celle, 05.11.2015, S. 12–13 [online] <http://www.dialogforum-schiene-nord.de/downloadcenter/download/24b7100d4221ecc3c60ebfcb1fca79bd> [Zugriff am 22. Apr. 2019].

[38] BMVI (2018) Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes, überarb. Fassung 2018, vom 06.12.2018, *Verkehrsblatt*, Heft 24, S. 858–865 [online], https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Schiene/foerderrichtlinie-laermsanierung-schiene.pdf?__blob=publicationFile [Zugriff am 22. Apr. 2019].

[39] BMVI (2019) *Lärmvorsorge und Lärmsanierung an Schienenwegen* [online], <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/laermvorsorge-und-laermsanierung.html> [Zugriff am 22. Apr. 2019].

[40] DB Netze (2018) *Schiennetz-Benutzungsbedingungen der DB Netz AG 2019* (SNB 2019), Gültig ab 09.12.2018 [online], https://fahrweg.dbnetze.com/resource/blob/1354962/6a8c764103f4ce4e0543be15e4c34-5a1/snb_2019-data.pdf [Zugriff am 22. Apr. 2019].

[41] Verordnung zur Änderung der Sechzehnten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV). Anlage 2 zu §4 Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege (Schall 03), BGBl. I,

S. 2271–2313, 23.12.2014 [online], https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl114s2269.pdf%27%5D#_bgbl_%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl114s2269.pdf%27%5D__1555969888763 [Zugriff am 22. Apr. 2019].

[42] Gesetz zum Verbot des Betriebs lauter Güterwagen (Schienenlärmschutzgesetz) vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2804).

[43] EU-Kommission (2019) Commission Implementing Regulation amending Regulation (EU) No 1304/2014 as regards application of the technical specification for interoperability relating to the subsystem ‘rolling stock – noise’ to the existing freight wagons [online] http://ec.europa.eu/transparency/regcomitology/index.cfm?do=search.documentdetail&dos_id=17139&ds_id=59069&version=6&History=true [Zugriff am 22. Apr. 2019].

[44] Heinecke-Schmitt, R.; Jäcker-Cüppers, M.; Schreckenberger, D. (2018) Bewertung der staatlichen Lärmschutzpolitik anlässlich der neuen Legislaturperiode des Bundes, in *Akustik Journal* Nr. 1, S. 7–21.

[45] http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-17-3494_en.htm [Zugriff am 22. April 2019].

[46] BVerwG, Urteil vom 29.11.2012 – 4 C 8.11 [online], <https://www.bverwg.de/291112U4C8.11.0> [Zugriff am 22. Apr. 2019].

[47] Bauministerkonferenz (2019) *Protokoll über die Sitzung der Bauministerkonferenz am 22. Februar 2019 in Berlin* [online], <https://www.bauministerkonferenz.de/Dokumente/42322357.pdf> [Zugriff am 22. Apr. 2019].

A 2 VDI 4100:2012-10 – Wegweiser für den erhöhten Schallschutz?

Martin Schäfers

Dr.-Ing. Martin Schäfers
Bundesverband Kalksandsteinindustrie e. V.
Entenfangweg 15, 30419 Hannover

Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Kassel. Mehrjährige freie Mitarbeit im Ingenieurbüro für Bauphysik von Prof. Dr.-Ing. Hauser in Kassel. Anschließend wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Prof. Dr.-Ing. Seim am Fachgebiet Bauwerkserhaltung und Holzbau. Promotion zu hybriden Verbundkonstruktionen. Seit 2010 Abteilungsleiter Bauanwendung und Bauphysik im Bundesverband Kalksandsteinindustrie e. V. Im Rahmen dieser Tätigkeit Betreuung der laufenden Weiterentwicklung der verschiedenen, durch den Bundesverband angebotenen Arbeitshilfen, wie z. B. den KS-Schallschutzrechner oder die KS-Nachweisprogramme zur EnEV. Mitglied nationaler und europäischer Normungsgremien im DIN und CEN zum Wärme- und Schallschutz, u. a. tätig für die Normenreihen DIN 4109 und DIN 4108. Lehrbeauftragter für Bauphysik an der Hochschule Darmstadt; Referent zu verschiedenen Themen der Bauphysik und des Mauerwerksbaus sowie Autor zahlreicher Fachveröffentlichungen.



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	21	5	Anforderungen an Konstruktionen bei kleinen Räumen	33
2	VDI 4100:2012-10: neue Kenngrößen – neue Schallschutzstufen	21	6	Auswertung aktuell üblicher Geschosswohnungsbauten	34
2.1	Alte oder neue Beurteilungskenngrößen?	21	6.1	Stichprobe der Untersuchung	34
2.2	Definition schutzbedürftiger Räume	23	6.2	Ergebnisse	34
2.3	Schallschutzstufen in VDI 4100:2012 im Vergleich zu anderen Regelwerken	23	6.3	Weitergehende Betrachtungen	35
3	Begründung der Schallschutzniveaus der neuen Schallschutzstufen	23	7	Reaktionen von Fachwelt, Baupraxis und Rechtsprechung auf VDI 4100:2012-10	37
3.1	Verfahren zur analytischen Herleitung von Anforderungen nach Moll	23	7.1	Reaktionen auf die Herausgabe von VDI 4100:2012-10	37
3.2	Weitere Überlegungen zur Begründung der Schallschutzstufen in VDI 4100:2012-10	27	7.2	VDI 4100 in der Planungspraxis und Rechtsprechung	37
4	Planung des Schallschutzes mit aktuellen Rechenverfahren	27	8	Fazit und Ausblick	38
4.1	Ingenieurmäßige Bemessung des Schallschutzes bzw. der Schalldämmung	27	9	Literatur	39
4.1.1	Berücksichtigung der Unsicherheit	27			
4.1.2	Ermittlung des maßgeblichen Raumes	27			
4.2	Vergleichsrechnungen zum Einfluss des aktuellen Rechenverfahrens	29			

1 Einleitung

Der Beitrag „Die Neufassung von VDI 4100 und ihre Auswirkung auf die Bau-/Planungspraxis und die Rechtsprechung“ aus dem *Bauphysik-Kalender 2014* wurde überarbeitet und aktualisiert. Die Schallschutznorm DIN 4109 wurde im Jahr 1944 erstmalig in Deutschland herausgegeben und stellt seit vielen Jahren das zentrale Regelwerk für den Schallschutz in Gebäuden dar. Dies liegt insbesondere darin begründet, dass DIN 4109 neben Anforderungen auch Angaben und Regelungen zu rechnerischen und messtechnischen Methoden (inklusive entsprechender Bauteildaten), die zum Nachweis der Erfüllung der Anforderungen erforderlich sind, bereitstellt. Ein ausführlicher Überblick über die wechselvolle Geschichte von DIN 4109 findet sich z. B. in [1] oder [2]. Das Ziel der Anforderungen in DIN 4109 bezieht sich ausdrücklich nur auf den Schutz von Menschen in Aufenthaltsräumen vor unzumutbaren Belästigungen und der Wahrung der Vertraulichkeit bei normaler Sprechweise. Durch ihre bauaufsichtliche Einführung hat DIN 4109 einen ordnungsrechtlichen Charakter und ist in jedem Fall einzuhalten. Privatrechtlich kann hingegen in vielen Fällen ein höheres Schallschutzniveau geschuldet sein als der in DIN 4109 definierte Schutz vor unzumutbaren Belästigungen [3]. Mit der Herausgabe von DIN 4109:1998-11 wurden mit dem Beiblatt 2 zu DIN 4109 zusätzlich Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz ausgesprochen, welche für privatrechtliche Vereinbarungen herangezogen werden können.

Diese Empfehlungen weisen gegenüber dem „Mindestschallschutz“ in DIN 4109 nur eine geringe Verbesserung (z. B. 1 dB bei Wohnungstrenndecken und 2 dB bei Wohnungstrennwänden) auf und sind deshalb für die Bewohner in der Regel nicht wahrnehmbar. Vor diesem Hintergrund erarbeitete 1994 eine Gruppe von Fachleuten auf dem Gebiet der Akustik ergänzend zu DIN 4109 erstmals die Richtlinie VDI 4100 [4]. VDI 4100 definiert neben den Anforderungen aus DIN 4109 (Schallschutzstufe I) zwei höhere Schallschutzstufen (SSt II und SSt III), die – wie bereits DIN 4109, Beiblatt 2 – als Grundlage für vertragliche Vereinbarungen herangezogen werden können.

Das Erscheinen von VDI 4100 führte zu erheblichen Widerständen verschiedener Kreise. Diese Widerstände gipfelten in der Ergänzung des Einführungserrlasses zu DIN 4109, dass VDI 4100 in NRW nicht als allgemein anerkannte Regel der Technik erlassen worden sei [5]. Nichtsdestotrotz etablierte sich die Richtlinie in der Baupraxis und wurde/wird von einem Großteil der Fachplaner als Planungshilfe eingesetzt [6, 7].

Mit der Erarbeitung und Herausgabe von E DIN 4109-10 [8] wurde im Jahr 2000 der Versuch der Harmonisierung von DIN 4109 und VDI 4100 unternommen. Dieser Versuch scheiterte jedoch am Widerstand von Teilen der Bauwirtschaft und der Bauindustrie, der eine Herausgabe der Norm als Weißdruck verhinderte.

Infolgedessen wurde VDI 4100:1994-09 mit einigen reaktionellen Änderungen, ansonsten aber weitgehend unverändert als VDI 4100:2007-08 [9] neu herausgegeben. Von der Rechtsprechung werden neben DIN 4109 Beiblatt 2 die SSt II und SSt III aus VDI 4100:2007-08 als mögliche Anhaltspunkte für die allgemein anerkannte Regel der Technik für einen Schallschutz üblicher Art und Güte genannt [3].

Im Zuge einer darauf folgenden grundlegenden Überarbeitung wurde die Richtlinie VDI 4100 auf nachhallzeitbezogene Kenngrößen ($D_{nT,w}$, $L'_{nT,w}$ und $L_{AFmax,nT}$) sowie die Berechnungsverfahren der damals noch nicht veröffentlichten DIN 4109 [10] umgestellt und nach der Veröffentlichung von zwei Entwürfen [11, 12] als VDI 4100:2012-10 [13] veröffentlicht.

Nachfolgend werden zunächst die wesentlichen Änderungen von VDI 4100:2012-10 gegenüber VDI 4100:2007 vorgestellt und erörtert. Es wird auf die Herleitung der aktuellen Schallschutzstufen eingegangen, bevor anhand von Vergleichsrechnungen – sowohl an exemplarisch gewählten, fiktiven Übertragungssituationen als auch an einer Reihe von realen, aktuellen Wohngebäuden – die Auswirkungen der aktuellen Richtlinie VDI 4100 aufgezeigt werden. Der Schwerpunkt wird dabei auf den Luftschallschutz in Wohngebäuden gelegt, da dieser im aktuellen Schallschutzkonzept von VDI 4100:2012-10 die größten Probleme für die Planung und Baupraxis verursacht. Anschließend werden erste Reaktionen der Fachöffentlichkeit auf die Herausgabe von VDI 4100:2012-10 sowie bisherige Erfahrungen zur Anwendung der Richtlinie in der Planungspraxis zusammengefasst, bevor der Beitrag mit einem Fazit und einem Ausblick auf die zukünftige Entwicklung der Regelwerke zum erhöhten Schallschutz schließt.

2 VDI 4100:2012-10: neue Kenngrößen – neue Schallschutzstufen

2.1 Alte oder neue Beurteilungskenngrößen?

In der Vergangenheit wurden Anforderungen an den Schallschutz über bauteilbezogene Kenngrößen ($R'_{v,w}$, $L'_{n,w}$) definiert. Mit der Einführung des europäischen Rechenverfahrens nach EN 12354 [14, 15], welches die Grundlage für DIN 4109 [16–24] bildet und der Praxis z. B. mit dem KS-Schallschutzrechner [25] bereits seit dem Jahr 2000 in anwenderfreundlicher Form zur Verfügung steht, weitete sich der Betrachtungshorizont aus. Das neue Rechenverfahren erlaubt die systematische Erfassung aller Schallübertragungswege unter Berücksichtigung des Einflusses der Direkt- und Reflexschalldämmung des Trennbauteils, der Stoßstellenausbildung, der Flankenbauteile sowie der Geometrie der Übertragungssituation [1] (Tabelle 1). Damit erlaubt das Rechenverfahren die Ermittlung eines „situati-

Tabelle 1. Kennwerte R'_w und $D_{nT,w}$ – Ermittlung der Kennwerte aus der Messung sowie Parameter für die Berechnung nach verschiedenen Normen

		R'_w		$D_{nT,w}$
		DIN 4109, Bbl. 1	E DIN 4109-2	VDI 4100:2012 + E DIN 4109-2
Ermittlung aus Messung:		$R'_w = L_S - L_E + 10 \lg(S/A)$		$D_{nT,w} = L_S - L_E + 10 \lg(T/T_0)$
Parameter für Berechnung:				
Bauteile/Konstruktionen	Masse des Trennbauteils m'	✓	✓	✓
	Masse der Flanken m'	pauschal	✓	✓
	Vorsatzschale auf Flanken	pauschal	✓	✓
	ungünstige Lochung	–	✓	✓
Geometrie	Trennbauteilfläche S_s	–	✓	✓
	Kantenlänge der Flanken l_f	–	✓	✓
	Flankenfläche A_f	–	✓	✓
	Empfangsraumvolumen V_E	–	–	✓
Stoßstellen	Anbindung der Flanken	–	✓	✓
	Kreuz- oder T-Stoß	–	✓	✓
	elastische Entkopplung	–	✓	✓

onsabhängigen“ Bau-Schalldämmmaßes R'_w . Weiterhin ermöglicht das Rechenmodell nach EN 12354 die Umrechnung in die nachhallzeitbezogene Kenngröße $D_{nT,w}$, bei deren Berechnung zusätzlich das Raumvolumen eine Rolle spielt.

Sowohl für DIN 4109 als auch für VDI 4100 war zwischenzeitlich eine Umstellung auf die nachhallzeitbezogenen Kenngrößen $D_{nT,w}$, $L'_{nT,w}$ und $L_{AFmax,nT}$ vorgesehen, da diese teilweise besser mit dem Hörempfinden des Menschen in Einklang stehen als die bisherigen Kenngrößen [26]. Die Umstellung auf die neuen Kenngrößen führt dazu, dass die daraus resultierenden Anforderungen an die bauteilbezogenen Größen wie bewertetes Bau-Schalldämmmaß R'_w und bewerteter Normtrittschallpegel $L'_{n,w}$ stark von der Raumgeometrie abhängen. Je größer zum Beispiel die Raumbreite senkrecht zu einer Wohnungstrennwand ist, desto kleiner kann das bewertete Bau-Schalldämmmaß R'_w sein, um die Anforderung an einen vorgeschriebenen $D_{nT,w}$ -Wert zu erfüllen. Vor dem Hintergrund dieses Zusammenhangs war das neue Konzept in E DIN 4109:2006-10 durch verschiedene Einschränkungen und Modifikationen indirekt zu einem gewissen Teil wieder in die alten Kenngrößen überführt und damit ad absurdum geführt worden (siehe z. B. [27,28]). Dies hatte eine Vielzahl von Einsprüchen gegen E DIN 4109-1:2006-10 [26] zur Folge. Angesichts dieser Schwierigkeiten hat der Normenausschuss NA 005-55-74 AA „DIN 4109“ die Entscheidung getroffen, die bauteilbezogenen Größen als kennzeichnende Größen beizubehalten und diese als Grundlage für die Definition der Anforderungen in DIN 4109-1 [16] heranzuziehen.

Sowohl für die bauteilbezogenen als auch für die nachhallzeitbezogenen Kennwerte gibt es gute Argumente und mit der Erörterung der Vor- und Nachteile der beiden Konzepte ließe sich ein umfangreiches Werk füllen. Im Rahmen der hier angestellten Betrachtungen soll nur auf einige wesentliche Aspekte eingegangen werden.

Zwei Gründe, die insbesondere in Bezug auf die Schallschutznorm DIN 4109 dazu geführt haben, die Umstellung auf nachhallzeitbezogene Kenngrößen zu widerrufen, lagen in bauaufsichtlichen Bedenken, dass das Schallschutzniveau der alten Norm durch die neuen Kenngrößen bei konsequenter Anwendung des $D_{nT,w}$ -Konzeptes abgesenkt werden würde und in der rechtlichen Problematik, die aus dem nachträglichen Einbau einer inneren Trennwand entstehen kann. In einem solchen Fall folgt aus der Änderung des Raumvolumens eine Absenkung der bewerteten Normschallpegeldifferenz $D_{nT,w}$, was bedeutet, dass ein zuvor eingehaltener Nachweis nach dem Einbau der Trennwand ggf. nicht mehr eingehalten ist. Ein Grund der für die nachhallzeitbezogenen Kenngrößen spricht, liegt in der besseren Korrelation der Kenngröße zur menschlichen Wahrnehmung, insbesondere im Falle versetzt angeordneter Räume (Abschnitt 4).

Ungeachtet der Entwicklung bei DIN 4109 hielt der für VDI 4100 zuständige Arbeitskreis an den nachhallzeitbezogenen Kenngrößen fest, wodurch das Schallschutzniveau bei deren Anwendung in bestimmten Fällen (nämlich bei großen Raumvolumina) unterhalb des Niveaus der alten Regelwerke (VDI 4100:2007 bzw. DIN 4109) liegen würde. Der Arbeitskreis umging die Problematik mit der nachfolgend beschriebenen Erhö-