



Anwendungsleitfaden für eine Gesamtlärm- bewertung

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Fachgebiet I 2.4
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de
 /umweltbundesamt
 /umweltbundesamt
 /umweltbundesamt

Autoren:

Manfred Liepert, Johannes Lang, Ulrich Möhler,
Möhler + Partner Ingenieure AG, Augsburg

Projektbearbeitung:

Sarah Benz, Michael Gillé, Dr. rer. biol. hum. Janice
Hegewald, Corinna Kurz, Dirk Schreckenberg, Dr. Martin
Schröder, Prof. Dr. med. Andreas Seidler, MPH, Hartmut
Stapelfeldt

Redaktion:

Julia Treichel, Umweltbundesamt

Satz und Layout:

YEAH – Bild, Code & Herzklopfen

Publikationen als pdf:

www.umweltbundesamt.de/publikationen

Bildquellen:

www.pexels.de
www.pixabay.com
www.unsplash.com

Stand: Januar 2019

Anwendungsleitfaden für eine Gesamtlärm- bewertung



Inhalt



**1 Gesamtlärm –
Simultane Einwirkung mehrerer Geräuschquellen..... 8**

1.1 Wirkung der Geräuschquellen..... 8

1.2 Substitutionsverfahren der VDI 3722-2..... 8

1.3 Aktualisierung und Erweiterung des Verfahrens nach VDI 3722-2 .. 11

1.4 Gesundheitswirkungen und zusammenfassender Kennwert
für Lärmwirkung..... 13

1.5 Verwendung der Kennwerte für Planvorhaben..... 14



2 Kostenverteilung bei Schallschutzmaßnahmen 18

2.1 Methodik 18

2.2 Beschreibung der Vorgehensweise..... 21

2.3 Anwendungsbeispiel 22

2.4 Anwendungsbeispiel bei Betrachtung der Gesundheitswirkungen 28



**3 Anwendungsbereich der VDI 3722-2 und Vorschlag
für eine Gesamtlärmbewertung..... 32**

Literaturverzeichnis 34

The background of the slide is a photograph of a concrete bridge or overpass structure, viewed from below. The bridge has multiple arches and a large cylindrical support pillar. A semi-transparent teal rectangle is overlaid on the right side of the image, containing the number '1' and the text 'Gesamtlärm'.

1

Gesamtlärm

1 Gesamtlärm – Simultane Einwirkung mehrerer Geräuschquellen

1.1 Wirkung der Geräuschquellen

In Deutschland geben rund 40 Millionen Menschen an, von zwei oder mehr Quellenarten von Lärm betroffen zu sein. Dabei zeigt sich, dass insbesondere der Straßenverkehrslärm bei deutlich mehr als der Hälfte der Befragten Belästigungen hervorruft. Jedoch tragen auch andere Geräuschquellen, wie Gewerbelärm, Schienenverkehrslärm oder Fluglärm, zur Belästigung der Bevölkerung bei.

Die verschiedenen Geräuschquellenarten unterscheiden sich sowohl in ihrem Klangbild als auch in der stündlichen und tageszeitlichen Zeitstruktur deutlich voneinander. Diese Unterschiede führen jedoch zu einer unterschiedlichen Belästigungswirkung dieser Quellen. Daher können Geräusche mit gleichem äquivalentem Dauerschallpegel der unterschiedlichen Quellen aufgrund ihrer akustischen Unterschiede (vgl. Abbildung 1) unterschiedlich lästig oder störend empfunden werden.

Die im deutschen Immissionsschutzrecht meist angewendeten äquivalenten Dauerschallpegel können diese Unterschiede nicht in angemessener Weise in einem Einzahlwert, der mit Grenzwerten zu vergleichen wäre, widerspiegeln. Eine wissenschaftlich fundierte Möglichkeit, die unterschiedlichen Geräusche zu einem Gesamtwert zu summieren, bietet das Substitutionsverfahren der VDI 3722-2 „Wirkung

von Verkehrsgeräuschen – Blatt 2: Kenngrößen beim Einwirken mehrerer Quellenarten“ [1].

1.2 Substitutionsverfahren der VDI 3722-2

Das Substitutionsverfahren der VDI 3722-2 sieht vor, als akustische Größe weiterhin den auf äquivalenten Dauerschallpegeln basierenden quellenspezifischen Beurteilungspegel zu verwenden. Dessen Wert ist jedoch mit einem Wert gleicher Wirkung wie eine gewählte Referenzquelle zu ersetzen (substituieren).

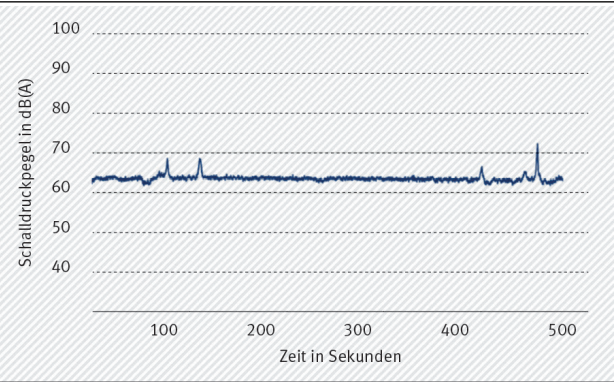
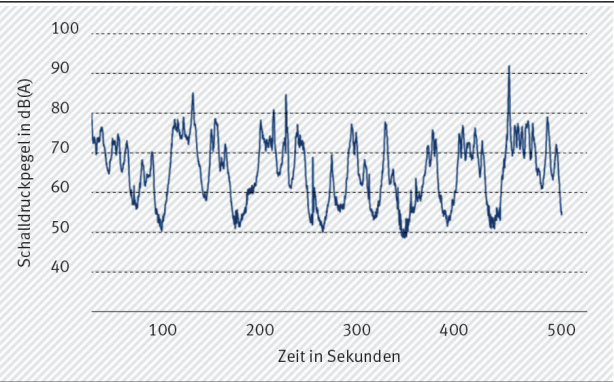
Beispiel: Der Beurteilungspegel einer Quelle A mit einem Wert von 55 dB(A) wird durch den Wert von 57 dB(A) der Referenzquelle B ersetzt, da dieser dieselbe Wirkung wie der geringere Wert von Quelle A verursacht. Der neue Wert wird in der VDI 3722-2 als „renormierter Ersatzpegel“ bezeichnet. Werden von allen einwirkenden Quellen die renormierten Ersatzpegel gebildet, können diese zu einem „Effekt-bezogenen Substitutionspegel“ wirkungsgerecht aufsummiert werden.

In der VDI 3722-2 werden Straßenverkehrsgeräusche als Referenzquelle verwendet, während die Beurteilungspegel von Schienenverkehrsgeräuschen und Luftverkehrsgeräuschen auf gleiche Wirkung renormiert werden. Basis für die Renormierung (Umrechnung) dieser Pegel sind sogenannte Expositions-Wirkungs-Beziehungen. Diese geben an, wieviel Prozent

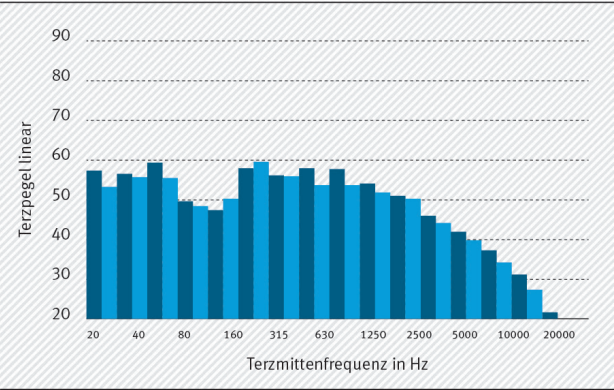
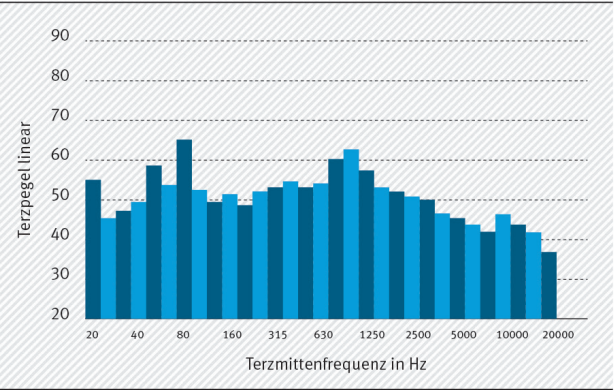
Abbildung 1

Unterschiede in Zeitstruktur und Spektrum verschiedener Geräusche

Zeitstruktur



Spektrum



Quelle: eigene Darstellung

der von den jeweiligen Geräuschen Betroffenen sich durch das Geräusch bei einem bestimmten Beurteilungspegel beeinträchtigt fühlen. Die Beeinträchtigung wird durch die erfragte Lärmbelastung und die erfragte Störung des Schlafs gekennzeichnet.

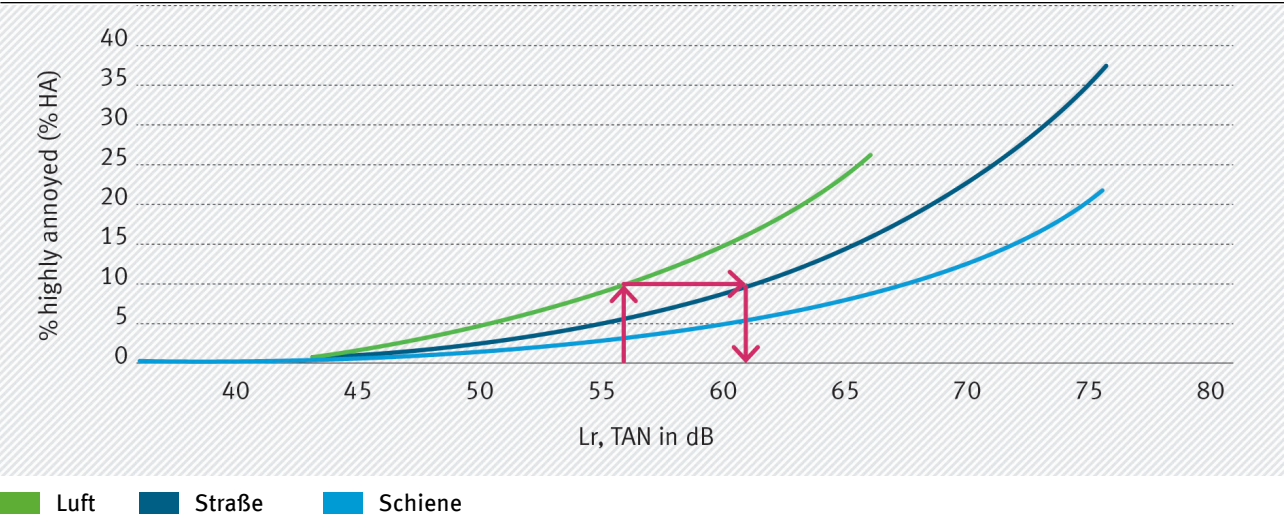
Abbildung 2 zeigt dies am Beispiel von Fluglärm. Bei einem durch Luftverkehr verursachten Tag-Abend-Nachtpegel $L_{r,TAN} = 55$ dB beträgt der %Anteil der stark Belästigten (%HA highly annoyed“) 10% (Ⓢ). Dieser %HA-Wert wird nach der %HA-Kurve für Straßenverkehrsgeräusche (Ⓢ) bei einem

$L_{r,TAN} = 60$ dB erreicht (Ⓢ). Der renormierte Ersatzpegel für eine Luftverkehrsgeräuschbelastung von $L_{r,TAN} = 55$ dB beträgt also $L_{r,Flug} = 60$ dB.

Die in der VDI 3722-2 vom Mai 2013 aufgeführten Expositions-Wirkungs-Beziehungen basieren auf wissenschaftlichen Untersuchungen zur Jahrtausend-wende. Die Richtlinie sieht vor, dass sobald neuere Beziehungen vorliegen, diese geprüft und verwendet werden sollen. Aktuelle Forschungsergebnisse lassen die in folgendem Abschnitt beschriebene Weiterfüh-rung der Richtlinie sinnvoll erscheinen.

Abbildung 2

Bestimmung des renormierten Ersatzpegels am Beispiel von %HA durch Fluglärm
Prozentanteil hoch durch Verkehrslärm belästigter Personen (%HA)



Quelle: eigene Darstellung

1.3 Aktualisierung und Erweiterung des Verfahrens nach VDI 3722-2

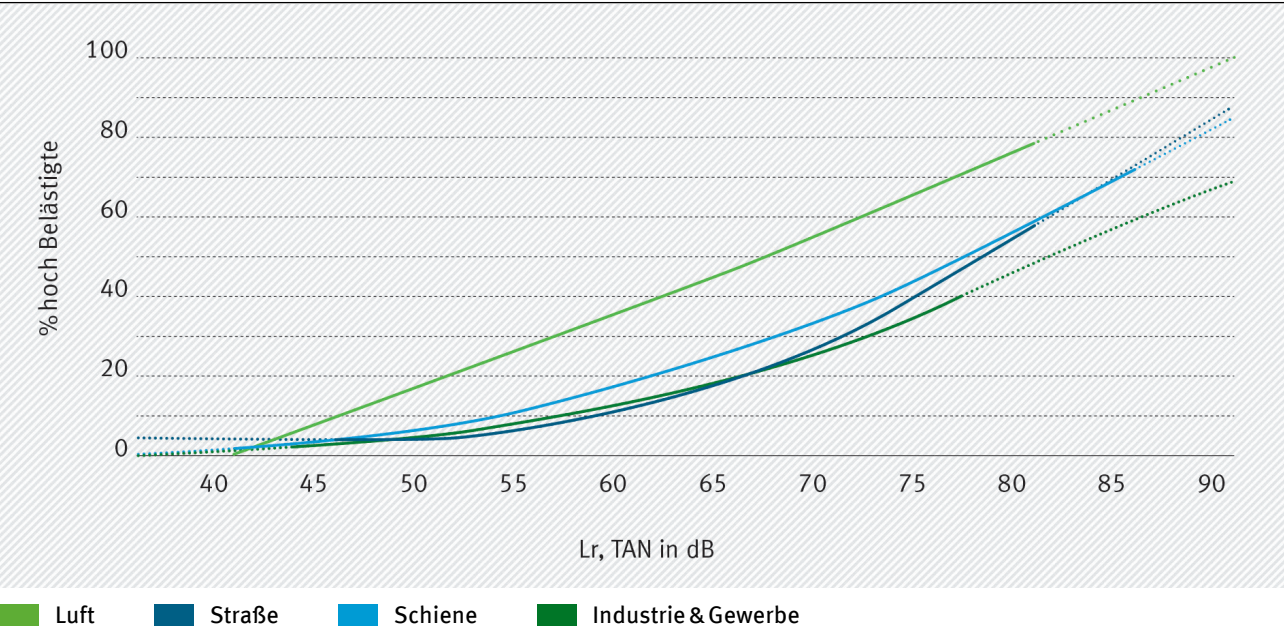
In dem Forschungsvorhaben „Modell zur Gesamtlärm-bewertung“ (FKZ 3715 55 1030) des Umweltbundes-amts werden nach dem WHO-Evidenzreview zur Belästigung durch Umgebungslärm sowie dem WHO-Review zur Wirkung von Umgebungslärm auf den Schlaf vorgeschlagen (siehe hierzu WHO: Environ-mental Noise Guidelines for the European Region,

2018). Die darin vorgeschlagenen Expositions-Wir-kungs-Beziehungen für den Wirkungsbereich allge-meine Belästigung sind in Abbildung 3 dargestellt.

Dabei sind in diesem Vorschlag nun auch Beziehun-gen für den Industrie- und Gewerbelärm enthalten; diese wurden aus einer Untersuchung des nieder-ländischen Lärmwirkungsforschers Miedema (2004) abgeleitet. Der Wertebereich ist jeweils auf den in den

Abbildung 3

Aktuelle Expositions-Wirkungs-Beziehung nach WHO-Review mit linearer Verlängerung am oberen und unteren Wertebereich
Prozentanteil hoch durch Lärm belästigter Personen (% HA)



Quelle: eigene Darstellung

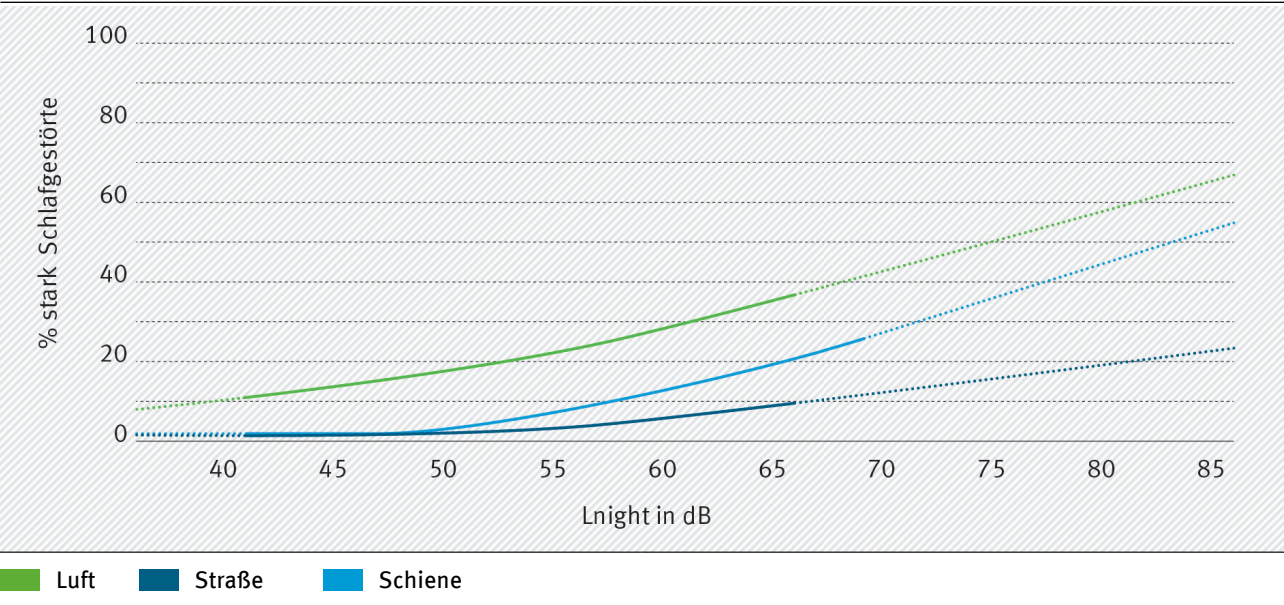
zugrunde liegenden Untersuchungen aufgetretenen Wertebereich begrenzt. In der Praxis müssen auch Pegelwerte außerhalb dieses Bereichs (Pegel ober- und unterhalb des angegebenen Wertebereichs) auf renormierte Werte umgerechnet werden und dazu die Beziehungen an beiden Enden des Pegelbereichs verlängert werden. Dies geschieht am oberen Ende des Pegelbereichs durch eine lineare Verlängerung der Kurve. Da keine Informationen über einen möglichen Verlauf oberhalb des Wertebereichs vorliegen, wird

die lineare Verlängerung als einfachste Annahme zugrunde gelegt. Am unteren Ende des Pegelbereichs wird eine lineare Verlängerung bis auf 0% Betroffenen und darunter eine Beibehaltung der 0% angewendet. Die WHO-Reviews liefern ebenfalls aktuellere Expositions-Wirkungskurven für Schlafstörungen. Diese aktuellen Funktionen mit den zugehörigen linearen Verlängerungen am oberen und unteren Ende des Wertebereichs können folgender Abbildung 4 entnommen werden:

Abbildung 4

Aktuelle Expositions-Wirkungs-Beziehung nach WHO-Review mit linearer Verlängerung am oberen und unteren Wertebereich für %HSD

Prozentanteil durch Lärm belastigter schlafgestörte Personen (% HSD)



Quelle: eigene Darstellung

1.4 Gesundheitswirkungen und zusammenfassender Kennwert für Lärmwirkung

Neben den Wirkungsbereichen der Belästigung und der Schlafstörung zeigen Studien auch, dass Geräuscheinwirkungen das Risiko für Gesundheitsbeeinträchtigungen erhöhen können. Die vorhandenen Untersuchungen lassen derzeit noch keine gesicherte Unterscheidung der verschiedenen Geräuschquellenarten bzgl. Gesundheitsrisiken zu. Jedoch ergeben sich Hinweise, dass bei gleichzeitigem Einwirken mehrerer Geräuschquellenarten die Risikoerhöhung größer ist als die zu erwartende Risikoerhöhung, wenn man die Pegel der Geräuschquellenarten energetisch addieren würde. Vielmehr scheint eine Multiplikation der Einzelrisiken (epidemiologische Risikomultiplikation) eher angebracht. Jedoch ist auch hier die Datenlage der Studien noch nicht für eine Verfestigung dieser Annahme ausreichend.

Belastbare Abschätzungen von lärmbezogenen Gesundheitsrisiken liegen insbesondere für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, mit Einschränkungen auch für depressive Erkrankungen vor. Im WHO-Review zu lärmbedingtem Risiko von Herz-Kreislauferkrankungen von van Kempen et al. (2017, 2018) wird eine Risikoerhöhung pro 10 dB Anstieg im L_{DEN} in Höhe für ischämisch Herzerkrankungen (Inzidenzfälle, d. h. Neuerkrankungen) um 8% bezogen auf Straßenverkehrslärm genannt. Ein Startpunkt in der Exposition für die metaanalytische Risikoabschätzung für Herz-Kreislauferkrankungen wird nur für

Straßenverkehrslärm genannt: Danach wird eine gepoolte Expositions-Wirkungs-Beziehung im L_{DEN} -Bereich von 42 bis 80 dB vorgestellt. Es ist auf der Grundlage aktueller Ergebnisse noch nicht eindeutig zu sagen, welche Verkehrslärmart die stärksten und welche die vergleichsweise schwächsten Gesundheitsrisiken beinhaltet. Es wird daher bislang auch von gleich hohen Gesundheitsrisiken der verschiedenen Verkehrslärmarten ausgegangen.

Für eine Abschätzung der gesamten Wirkung von Lärmeinwirkungen kann es sinnvoll sein, die verschiedenen Wirkungsbereiche (Belästigung, Schlafstörung und Erkrankungsrisiken) in einem Wirkungsindex zu integrieren. Dieser Wirkungsindex soll dann alle betrachteten Wirkungsbereiche zu einem Einzahlwert zusammenfassen. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) verwendet hierzu das sog. DALY-Verfahren. Dieses Maß gibt bezogen auf einen Stressor die Zahl der durch Beeinträchtigungen, Erkrankungen oder Tod verlorenen gesunden Lebensjahre (disability-adjusted life years) an. Um dieses Maß berechnen zu können, müssen die einzelnen Wirkungsaspekte gewichtet und addiert werden. Zur Bewertung der Schwere der Beeinträchtigung, wird ein Beeinträchtigungsgewicht (DW, disability weights) verwendet, das im Wertebereich von 0 (völlige Gesundheit) bis 1 (Tod) liegt. Als Beeinträchtigungsgewichte gibt die WHO 2011 in ihrer Untersuchung „Burden of disease from environmental noise“ u. a. folgende Werte an:

Tabelle 1

Beeinträchtigungsgewichte (DW) für verschiedene Gesundheitsbeeinträchtigungen

DW	WHO (2011)
Akute Ischämische Herzerkrankungen gesamt	0,350 – 0,352
Schlafstörungen	0,070
Belästigung	0,02

Quelle : WHO 2011

Für einen Einwirkort (z. B. Wohnung) lässt sich somit ein Maß für die Gesamtwirkung von verschiedenen Lärmquellen berechnen, indem man den Anteil der einzelnen Beeinträchtigungen abhängig von den Lärmpegeln berechnet und die verschiedenen Beeinträchtigungskenngrößen gewichtet aufsummiert.

1.5 Verwendung der Kennwerte für Planvorhaben

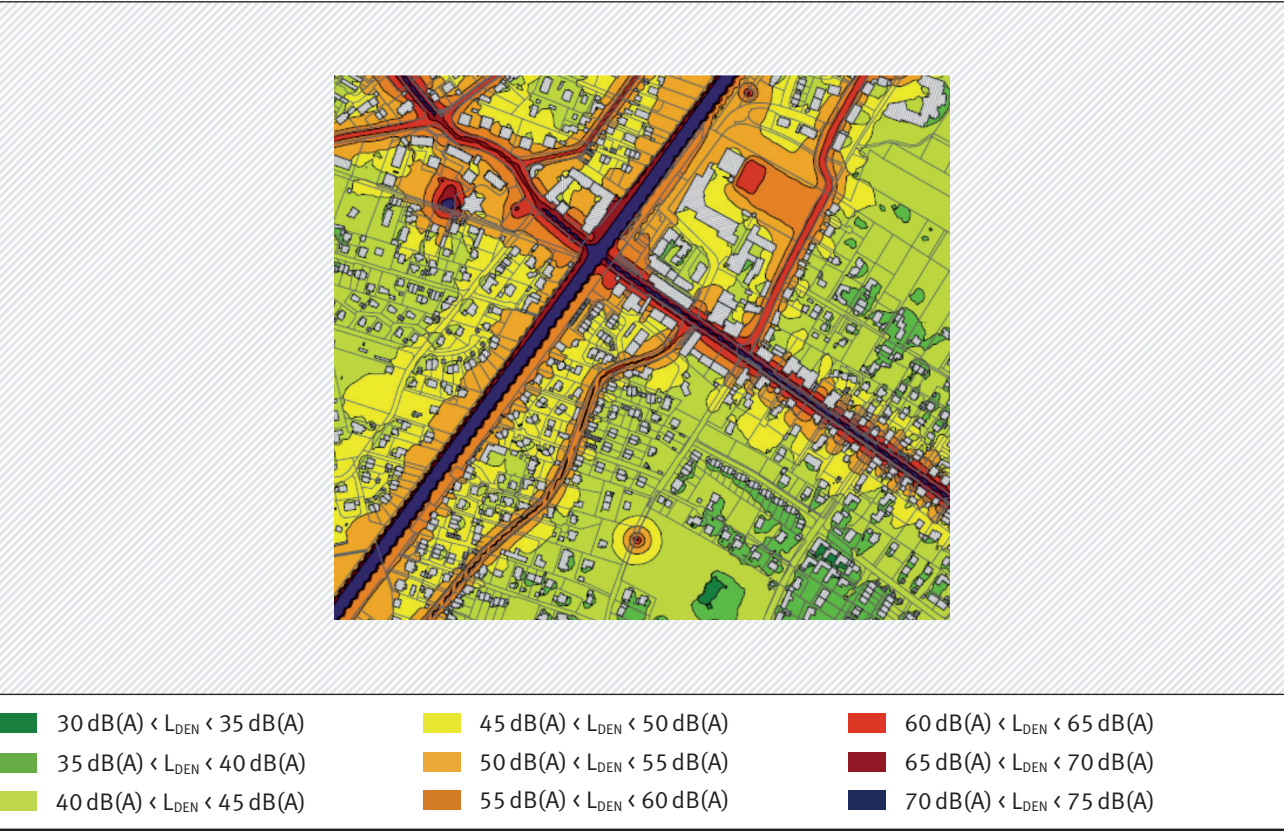
Das Verfahren der VDI 3722-2 zur Bewertung von Einwirkungen aus mehreren Lärmquellen ist dazu geeignet, Planungsalternativen aus schalltechnischer

Sicht zu bewerten. Das Verfahren hierzu ist in der VDI-Richtlinie (Kapitel 6) beschrieben.

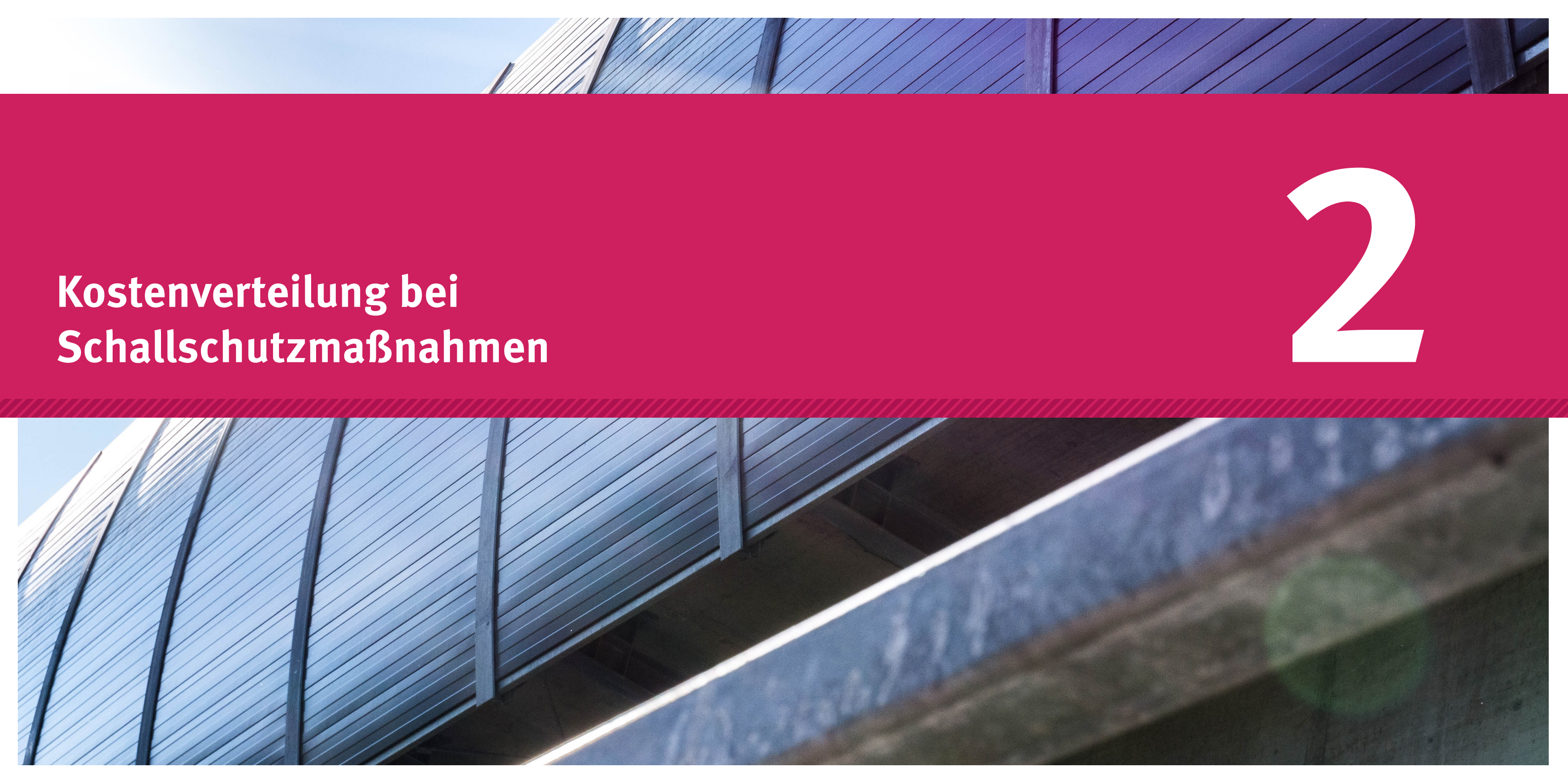
Im Wesentlichen werden dabei in einem Plangebiet (beispielhafte Darstellung in Abbildung 5) für jedes Gebäude die quellenspezifischen Pegel berechnet und daraus der Anteil der Beeinträchtigungskenngröße aus den Expositions-Wirkungs-Beziehungen ermittelt. Multipliziert mit der Zahl der Einwohner des Gebäudes und aufsummiert über alle Gebäude des Plangebiets ergibt dies die Gesamtzahl der beeinträchtigten Personen im Untersuchungsgebiet.

Abbildung 5

Beispiel für ein aus mehreren Quellenarten belastetes Untersuchungsgebiet



Quelle: eigene Darstellung



Kostenverteilung bei Schallschutzmaßnahmen

2

2 Kostenverteilung bei Schallschutzmaßnahmen

2.1 Methodik

Werden lärmbelastete Gebiete schalltechnisch durch Schallschutzmaßnahmen saniert, stellt sich die Frage ob und wie die Kosten für die Schallschutzmaßnahmen auf die Verursacher verteilt werden sollen. Die Verursacher sind dabei die Baulasträger der jeweiligen Geräuschquelle. Die Kostenverteilung muss möglichst diskriminierungsfrei und nachvollziehbar erfolgen, da andernfalls keine Akzeptanz erwartet werden kann.

Grundsätzlich kommen drei verschiedene Methoden zur Verteilung von Kosten für Schallschutzmaßnahmen in Frage:

Wie stark trägt eine Quelle zur Gesamtlärmbelastung bei?

Der Beitrag einer Geräuschquelle an der Gesamtlärmbelastung ist ein möglicher Indikator für den Kostenbeitrag zu einer Schallschutzmaßnahme. Eine Quelle, deren Beitrag am Gesamtlärm gegenüber den anderen Quellen vor Umsetzung von Maßnahmen dominiert, trägt anteilig entsprechend ihrem Gesamtlärmanteil einen entsprechenden Kostenanteil. Der Minderungsbeitrag an dieser Quelle durch die Schallschutzmaßnahme wird mit dieser Methode nicht bewertet.

Wie stark wird eine Lärmquelle im Vergleich zu den anderen Lärmquellen gemindert?

Eine weitere Methode ist die Kostenverteilung

anhand der Wirksamkeit einer Schallschutzmaßnahme bezüglich der betrachteten Quellenart. Bei dieser Methode werden die Kosten anhand der Verhältnisse der Pegelminderung der Quellenarten untereinander verteilt. Eine Quelle, die die doppelte Pegelminderung erfährt wie eine andere Quelle würde mit den doppelten Kosten belastet.

Wie stark ist der Anteil der Lärminderung einer Quelle an der Gesamtlärminderung?

Ein weiterer Ansatz ist der Gedanke, den Kostenanteil der Lärminderung einer Quelle in Verhältnis zur Gesamtlärminderung zu setzen. In diesem Ansatz kommt derjenigen Quelle der größte Kostenanteil zu, deren Anteil an der Gesamtlärminderung am größten ist.

Der letzte der drei Ansätze erfüllt die Anforderungen an ein Finanzierungsmodell am besten. Der Ansatz basiert auf dem Verhältnis der Lärminderung einer Quelle an der Gesamtlärminderung auf Basis von Schallenergiegrößen anstelle von Pegelgrößen (z. B. entspricht 40 dB: $10^{(0,1 \cdot 40)} = 10.000$). Um die Lärmbelastung wirkungsgerecht zu berücksichtigen, werden auch hier die Schallenergiegrößen auf Basis der Expositions-Wirkungs-Beziehungen der VDI 3722-2 ermittelt.

Wendet man diesen Ansatz an, ist die Verteilung der Kosten für Schallschutzmaßnahmen in einem

Untersuchungsgebiet unabhängig von

- ▶ der Auswahl der Größe des Untersuchungsgebiets, das bei der Kostenverteilung betrachtet wird,
- ▶ der Reihenfolge, in der mehrere Maßnahmen umgesetzt werden und
- ▶ der Wahl eines Zeitpunkts, zu dem die Kostenverteilung erstellt wird.

Zudem werden die Kosten sinnvollerweise derart verteilt, dass die größten Kosten der Quelle zugeordnet werden, deren Anteil am Gesamtlärm am stärksten gemindert wird.

Die Vorgehensweise wird im Folgenden für die Verteilung der Kosten in einem fiktiven Untersuchungsgebiet, bei dem zwei Schallschutzwände, davon eine entlang einer Straße und eine entlang einer Schienenstrecke, beispielhaft dargestellt:

Abbildung 6

Darstellung der einzelnen Lärmschutzmaßnahmen im Untersuchungsgebiet Phönixsee

Ist-Zustand vor der Ergreifung von Lärmschutzmaßnahmen



Maßnahme 1: Lärmschutzwand entlang der Schienen



Maßnahme 2: Lärmschutzwand entlang der Benninghofer Straße, südlich der Gleisanlagen



Quelle: eigene Darstellung

2.2 Beschreibung der Vorgehensweise

Bevor die einzelnen Handlungsschritte zur Durchführung der Kostenumlegung bei einer Gesamtlärmbewertung detailliert aufgezeigt werden, erfolgt eine allgemeine Erläuterung der Vorgehensweise. Das Verfahren sieht die Ermittlung eines sogenannten wirkungsbezogenen energetischen Belastungs-Index (kurz WEBI bzw. WEBI-Index) vor, der die wirkungsbezogene, energetische Belastung durch eine beliebige Geräuschquellenart auf das Untersuchungsgebiet beschreibt. Die Kostenumlegung ergibt sich aus der quellenspezifischen Lärminderung bezogen auf die Gesamtlärminderung. Die jeweilige Minderung wiederum ergibt sich aus der Differenz des Maßnahmenfalls zum Ist-Zustand.

Vor der Umsetzung der Kostenumlegung ist zunächst das entsprechende Untersuchungsgebiet einzugrenzen und die in Frage kommenden Lärmschutzmaßnahmen zu planen. Hier können sowohl eine Komplettmaßnahme als auch mehrere Einzelmaßnahmen untersucht werden.

Im nächsten Schritt sind die Beurteilungspegel für jede zu betrachtende Geräuschquellenart (Schienen- bzw. Straßenverkehrslärm, Industrie- und Gewerbelärm) nach den einschlägigen Richtlinien und Vorschriften zu berechnen. Dies gilt für den betrachteten Maßnahmenfall und den Ist-Zustand.

Ausgehend hiervon kann im weiteren Verlauf anhand der gewählten Beeinträchtigungsfunktion (z. B. Prozent „stark Belästigte“ %HA) der relative Anteil der durch Geräuscheinwirkungen beeinträchtigten Einwohner ermittelt werden. Diese Angabe ist zur

Bestimmung der renormierten Ersatzpegel L^*_{DEN} erforderlich. Bei den renormierten Ersatzpegeln handelt es sich um wirkungsäquivalente Beurteilungspegel, deren Wert auf die gleiche Wirkung von Straßenverkehrsgeschäusen „renormiert“, d. h. umgerechnet sind. Sie ermöglichen eine direkte Vergleichbarkeit der einzelnen Geräuschquellenarten untereinander. Da das Straßenverkehrsgeschäusen die Vergleichsbasis darstellt, entfällt eine entsprechende Betrachtung bzw. Berechnung für den Straßenverkehrslärm.

Die Bildung des WEBI-Index erfolgt nun anhand der renormierten Ersatzpegel und den jeweils zugehörigen Einwohnerzahlen des betrachteten Berechnungspunktes. Um die quellenspezifische Minderung zu erhalten, wird die Differenz des $WEBI_{Ist}$ und des $WEBI_{Maßnahme}$ berechnet. Diese Differenz wiederum wird in Relation zu der gesamten Minderung des WEBI in einem Gebiet gesetzt. Als Ergebnis liegt der relative Anteil einer beliebigen Geräuschquellenart an der Gesamtlärminderung vor. Multipliziert mit den Gesamtkosten einer Lärmschutzmaßnahme ergibt sich somit der absolute Kostenanteil der jeweils betrachteten Geräuschquellenart.

Die Berechnung des WEBI-Index erfolgt hierbei zunächst punktwise und wird dann für jede Geräuschquellenart eines Maßnahmenfalls gebietsweise aufsummiert. Hierdurch kann man eine Aussage für das ganze Untersuchungsgebiet treffen. Im Weiteren werden diese Handlungsschritte noch detailliert anhand einer Beispielaufgabe erläutert. Für die Erläuterung der einzelnen Handlungsschritte wird exemplarisch ein fiktiver beliebiger Berechnungspunkt ausgewählt.

Diese punktweise Betrachtung dient lediglich der Veranschaulichung der einzelnen Handlungsschritte. In der Praxis werden die Berechnungen für alle Betroffenen eines Gebiets durchgeführt. Aus diesem Grund werden im Anschluss daran die Ergebnisse des exemplarischen Untersuchungsgebiets Phönixsee (vgl. Abbildung 6) dargestellt.

2.3 Anwendungsbeispiel

2.3.1 Schritt 1: Ermittlung der %HA

Als erster Schritt sind für jedes Gebäude die Beurteilungspegel für jede Geräuschquellenart getrennt zu berechnen. Daraus werden die %HA (Prozentsatz der „stark belästigten“) für die einzelnen Verkehrslärm-

quellenarten bestimmt. Die entsprechenden Expositions-Funktionen sind der VDI 3722-2 bzw. dem WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die europäische Region (Guidelines for Environmental Noise in the European Region; WHO, 2018) zu entnehmen. Für die Belästigung durch Gewerbelärm wird bis auf Weiteres die Expositions-Wirkungs-Gleichung für „sonstige Industrie“ aus der Studie von Miedema (2004) empfohlen. In der nachfolgenden Tabelle ist die Ermittlung der Prozent „stark Belästigte“ %HA für den Ist-Zustand und den Maßnahmenfall 1 an einem Berechnungspunkt exemplarisch dargestellt. Die Berechnung der jeweiligen Beurteilungspegel ist an dieser Stelle bereits erfolgt:

Tabelle 2

Exemplarische Berechnung der %HA an einem beliebigen Berechnungspunkt i für den Ist-Zustand und den Maßnahmenfall 1		
	Beurteilungspegel L_{DEN} [dB(A)]	%HA [%]
Ist-Zustand		
Straße	56,6	(7,7)
Schiene	53,4	9,7
Gewerbe	50,1	5,1
Maßnahmenfall 1		
Straße	54,6	(6,1)
Schiene	52,2	8,5
Gewerbe	49,9	5,0

2.3.2 Schritt 2:

Bestimmung der renormierten Ersatzpegel

Als nächstes sind anhand der Prozent „stark Belästigte“ die jeweiligen renormierten Ersatzpegel L^* , für den Schienenverkehrslärm und den Gewerbelärm zu berechnen. Dies geschieht entsprechend der unter 1.2 dargestellten Systematik. Die nachfolgende Tabelle 3 stellt noch einmal exemplarisch die Bestimmung der renormierten Ersatzpegel dar. Die Ermittlung des renormierten Ersatzpegels erfolgt dadurch, dass die Gleichung der Expositions-Wir-

kungs-Beziehung für den Straßenverkehr nach L_{DEN} , d. h. den renormierten Ersatzpegeln, aufgelöst wird. Aus den berechneten Prozentsätzen der stark Belästigten für die Lärmarten Schiene und Gewerbe können damit die renormierten Ersatzpegel für jedes Gebäude errechnet werden.

Ausgehend von den unter Tabelle 2 dargestellten Beurteilungspegeln ergeben sich für das fiktive Beispiel somit die nachfolgenden renormierten Ersatzpegel (Tabelle 4).

Tabelle 3

Beispiel zur Bestimmung der renormierten Ersatzpegel L^*_{DEN} für den Gewerbelärm und den Schienenverkehrslärm			
	Beurteilungspegel L_{DEN} [dB(A)]	%HA [%]	Renormierter Ersatzpegel L^*_{DEN} [dB(A)]
Straße	60,0	11,3	60,0
Schiene	60,0	17,4	64,5
Gewerbe	60,0	36,0	73,3

Tabelle 4

Exemplarische Berechnung der renormierten Ersatzpegel an einem beliebigen Berechnungspunkt i für den Ist-Zustand und den Maßnahmenfall 1			
	Beurteilungspegel L _{DEN} [dB(A)]	%HA [%]	Renormierter Ersatzpegel L* _{DEN} [dB(A)]
Ist-Zustand			
Straße	56,6	(7,7)	56,6
Schiene	53,4	9,7	58,6
Gewerbe	50,1	5,1	53,0
Maßnahmenfall 1			
Straße	54,6	(6,1)	54,6
Schiene	52,2	8,5	57,5
Gewerbe	49,9	5,0	52,8

2.3.3. Schritt 3:
Ermittlung des WEBI-Index

Die renormierten Ersatzpegel L^*_{DEN} werden daraufhin für jedes Gebäude delogarithmiert und somit energie-

äquivalent umgerechnet sowie mit der Einwohnerzahl N der Gebäude multipliziert. Dieser Wert wird als wirkungsbezogener Belastungsindex, kurz WEBI-Index, bezeichnet. Er berechnet sich wie folgt:

Tabelle 5

Exemplarische Berechnung des WEBI-Index an einem beliebigen Berechnungspunkt i für den Ist-Zustand und den Maßnahmenfall 1			
	Einwohner am Berechnungspunkt i [-]	Renormierter Ersatzpegel L* _{DEN} [dB(A)]	WEBI [-]
Ist-Zustand			
Straße	2,5	56,6	1.142.720,47
Schiene	2,5	58,6	1.811.089,9
Gewerbe	2,5	53,0	498.815,579
Maßnahmenfall 1			
Straße	2,5	54,6	721.007,876
Schiene	2,5	57,5	1.405.853,31
Gewerbe	2,5	52,8	476.365,179

Der WEBI-Index wird für alle Berechnungspunkte zuerst einzeln ermittelt, um anschließend daraus die gebietsweise Summe des WEBI-Index pro Quellenart zu berechnen. Wählt man anstelle des quellenspezifischen renormierten Ersatzpegels für eine Quellenart die energetische Summe der renormierten Ersatzpegel aller Quellenarten, erhält man den wirkungsbezo-

genen Index für den Gesamtlärm. Somit kann für jede Situation ein Index für jede Quellenart und für den Gesamtlärm berechnet werden.

Im Falle des fiktiven Beispiels ergeben sich folgende Berechnungsergebnisse für eine punktweise Betrachtung:

Tabelle 6

Exemplarische Berechnung der Kostenverteilung an einem beliebigen Berechnungspunkt i für den Ist-Zustand und den Maßnahmenfall 1				
	WEBI Ist-Zustand [-]	WEBI Maßnahmenfall 1 [-]	Differenz [-]	Relativer Kostenanteil [%]
Straße	1.142.720,47	721.007,876	421.712,598	49,6
Schiene	1.811.089,9	1.405.853,31	405.236,587	47,7
Gewerbe	498.815,579	476.365,179	22.450,3993	2,7
Gesamt	3.452.625,95	2.603.226,37	849.399,585	100,0

2.3.4 Schritt 4: Ermittlung der Kostenanteile

Wählt man als Situation den Zeitpunkt vor bzw. nach Errichtung einer Schallschutzmaßnahme, kann aus der Differenz der quellenspezifischen WEBI-Indizes der Quelle j im Verhältnis zu der Differenz der auf den Gesamtlärm bezogenen WEBI-Indizes der Kostenanteil für die Quelle j berechnet werden.

Für das Berechnungsbeispiel an einem Berechnungspunkt ergeben sich die in Tabelle 6 dargestellte Kostenverteilung.

Würde man nun die obig dargestellten relativen Kostenanteile mit den Kostenanteilen der untersuch-

ten Lärmschutzmaßnahme multiplizieren, erhielte man den absoluten Kostenbeitrag einer Geräuschquellenart.

Für das unter 2.1 (vgl. Abbildung 6) dargestellte Praxisbeispiel wurden entsprechende Berechnungen für das gesamte Untersuchungsgebiet durchgeführt. Diese kommen zu den in Tabelle 7 dargestellten absoluten Kostenanteilen für die einzelnen Maßnahmen.

In Bezug auf die örtlichen Gegebenheiten wie der Position der Geräuschquellen und der einzelnen Lärmschutzmaßnahmen ergeben sich plausible Kostenverteilungen für das Praxisbeispiel.

Tabelle 7

Kostenverteilung für das Untersuchungsgebiet Phönixsee				
		Straßenverkehr	Gewerbebetrieb	Schienenverkehr
Maßnahme 1	Anteil	0,1 %	0,0 %	99,9 %
	Kosten	1 TSD €	0,00 €	945 TSD €
Maßnahme 2	Anteil	100,0 %	0,0 %	0,0 %
	Kosten	240 TSD €	0,00 €	0,00 €

2.4 Anwendungsbeispiel bei Betrachtung der Gesundheitswirkungen

Neben der Betrachtung der Lärmbelästigung können auch gesundheitliche Aspekte bei der Gesamtlärmbeurteilung Beachtung finden. Wie unter 1.4 dargestellt ist die Forschungslage hierzu noch nicht ausreichend um bereits jetzt einen verbindlichen Vorschlag bzw. eine Empfehlung für ein entsprechendes Verfahren festzulegen.

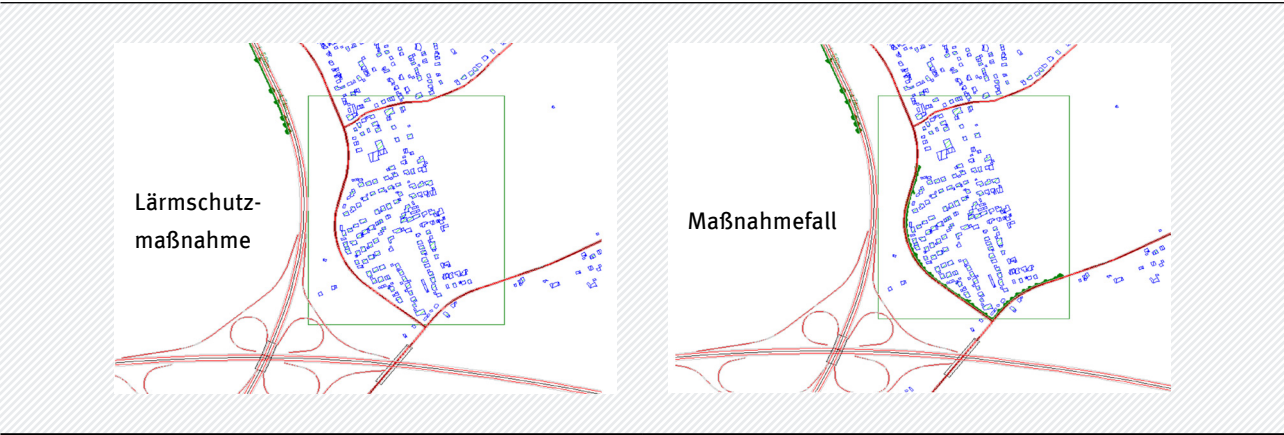
Aus diesem Grund soll an dieser Stelle das Verfahren unter gesundheitlichen Aspekten angewendet werden. Die Beeinträchtigungsfunktion für die Lärmbelästigung (Prozent „stark Belästigte“ %HA) wird hierbei durch aktuelle gesundheitsbezogene

Forschungsdaten ausgetauscht. Diese wiederum beziehen sich auf das WHO-Review zu kardiovaskulären und metabolischen Erkrankungsrisiken durch Umgebungslärm von van Kempen et al. (2018). Dort wird eine Expositions-Wirkungs-Beziehung vorgestellt, die sich auf das zusätzlich Erkrankungsrisiko für ischämische Herzerkrankungen infolge von Straßenverkehrslärm bezieht. Das relative Risiko (RR) pro 10 dB liegt hier bei 1,08 (1,01 – 1,15). Da sich die Expositions-Wirkungs-Beziehungen auf Straßenverkehrsgeräusche beziehen, wird die Vorgehensweise an einem Beispiel mit Straßenverkehrsgeräuschen unterschiedlicher Baulastträger dargestellt. In der nachfolgenden Abbildung ist das Untersuchungsgebiet dargestellt:

Abbildung 7

Darstellung des Untersuchungsgebiets Wichlinghofen

Ist-Zustand vor der Ergreifung von Lärmschutzmaßnahme und Maßnahmenfall



Quelle: eigene Darstellung

Die einzelnen Handlungsschritte sind analog zu 2.3.1 bis 2.3.4, wobei statt den Expositions-Funktionen für die Prozent „stark Belästigte“ %HA die vorangehend dargestellte Expositions-Funktion für die ischämischen Herzerkrankungen angewendet wird. Da im vorliegenden Fall nur der Straßenverkehr untersucht wurde, erübrigt sich zudem die Ermittlung von renormierten Ersatzpegeln. Sofern neuere Forschungs-

daten vorliegen, die auch andere Geräuschquellenarten miteinbeziehen kann das Ermittlungsverfahren nach 1.2 angewendet werden.

Für die Betrachtung des Untersuchungsgebiets Wichlinghofen unter Berücksichtigung der gesundheitlichen Aspekte ergeben sich demnach die nachfolgenden Ergebnisse:

Tabelle 8

Kostenverteilung für das Untersuchungsgebiet Wichlinghofen

	Bundesautobahn	Bundesstraße	Landstraße	Gemeindestraße
Anteil	19,4 %	19,0 %	20,3 %	41,3 %
Kosten	345 TSD €	350 TSD	360 TSD €	735 TSD €

Anwendungsbereich

3



3 Anwendungsbereich der VDI 3722-2 und Vorschlag für eine Gesamtlärbewertung

Für die wesentlichen Geräuschquellenarten – Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm, Fluglärm, Industrie- und Gewerbelärm, Sportanlagenlärm, Freizeitlärm – wurden in Deutschland jeweils eigenständige Regelungen eingeführt. Die Segmentierung der Lärmquellenarten ist eine prägende Eigenschaft des bisherigen deutschen Immissionsschutzrechts. Dennoch sieht bereits das geltende Recht für einige Fallgruppen quellenartübergreifende Gesamtlärbewertungen vor. Die quellenartübergreifende Gesamtlärbewertung ist geboten,

- ▶ wenn Geräuschimmissionen aus ungleichartigen Quellen auf ein Grundstück einwirken und die Gesamtbelastung dort zu einer Gesundheitsgefahr oder zu einem Eingriff in die Substanz des Eigentums führt,
- ▶ wenn ein maßgeblicher Immissionsort derart mit andersartigen Geräuschen beaufschlagt ist, dass der Immissionsbeitrag der zu prüfenden Anlage im Anwendungsbereich der TA Lärm oder der Sportanlagenlärmschutzverordnung an diesem Immissionsort relevant zur Entstehung einer schädlichen Umwelteinwirkungen beitragen kann,
- ▶ wenn Beiträge aus unterschiedlichen Lärmquellenarten im Gebiet der EU-Lärmkartierung

relevant zur Gesamtbelastung beitragen und im Bereich der EU-Lärmaktionspläne einen relevanten Beitrag zur Entstehung von zu regelnden Lärmproblemen leisten.

In der Bauleitplanung (Aufstellung von Flächennutzungsplänen oder Bebauungsplänen) ist eine quellenartübergreifende Gesamtlärbewertung zur Ermittlung und Bewertung des Abwägungsmaterials nicht geboten, aber zulässig.

Die VDI 3722-2 ist keine Rechtsnorm. Sie ist ein technisches Regelwerk, dessen sich Vorhabenträger, planende Gemeinden, Behörden und Gerichte bei der Durchführung von Gesamtlärbewertungen als Erkenntnisquelle bedienen können.

Ein Anwendungsbereich der VDI 3722-2 könnte die Aufsummierung von mehreren Lärmquellenarten sein, wenn aufgrund der Höhe der Belastung eine verfassungsrechtliche Unzumutbarkeit zu erwarten ist. Diese ist immer dann zu befürchten, wenn potentielle Gesundheitsgefahren oder ein enteignungsgleicher Eingriff in die Nutzung von Wohneigentum zu befürchten sind. Die ständige Rechtsprechung geht zumeist von Gefahren für die Gesundheit oder einem enteignungsgleichen Eingriff ab Beurteilungspegel über 70 dB(A) tags oder 60 dB(A) nachts aus. In diesem Fall wird bereits jetzt eine Gesamtlärbewertung

angestellt. Bislang erfolgt die Gesamtlärberechnung ohne Berücksichtigung der Wirkungssaspekte durch einfache energetische Addition der Pegel verschiedener Quellen. Diese Aufsummierung verschiedener Quellen sollte zukünftig mit Hilfe des Substitutionsverfahrens der VDI 3722-2 erfolgen und das Ergebnis mit Grenzwerten für die Gesamtlärbelastung verglichen werden.

Es wird eine ergänzende Gesamtlärbewertung unterhalb der verfassungsrechtlichen Unzumutbarkeit anhand von Richtwerten vorgeschlagen. Das Bundes-Immissionsschutzgesetz sieht hier bereits den Schutz vor erheblichen Belästigungen als Gesetzeszweck vor. In Anlehnung an das Recht der Umweltverträglichkeitsprüfung wird bei der Neuerrichtung oder wesentlichen Änderung lärmemittierender Anlagen eine Gesamtlärm-Vorprüfung vorgeschlagen, wenn nach Einschätzung der zuständigen Behörde schädliche Umwelteinwirkungen durch Gesamtlärm durch das Vorhaben mitverursacht werden.

Die Regelungen einer Gesamtlärbewertung sollten in einer TA Gesamtlärm, die gemäß § 48 BImSchG erlassen wird, bestimmt werden. Diese enthält Grenzwerte für die verfassungsrechtliche Unzumutbarkeit und Richtwerte für die einfachgesetzliche Erheblichkeit von Gesamtlärm sowie das zugehörige Ermittlungsverfahren zur Berechnung der Gesamtlärmbeurteilungspegel. Die Richtlinie VDI 3722-2, die über Expositions-Wirkungs-Beziehungen wirkungsadäquate Gesamtpegel bestimmt, steht im Zentrum des vorgeschlagenen Ermittlungsverfahrens.

Als Besonderheit wären auch Dominanz- oder Irrelevanzkriterien einzuführen, die es erlauben, die Dominanz oder die Unbeachtlichkeit von Immissionsbeiträgen festzustellen.

Voraussetzung für die vorgeschlagene Vorgehensweise mit einer TA Gesamtlärm als allgemeine Verwaltungsvorschrift nach § 48 BImSchG ist, dass der Fluglärm ebenfalls im BImSchG geregelt wäre, was derzeit nicht der Fall ist. Außerdem müssten in das Fachplanungsrecht für Straßen, Schienen und Flugplätze entsprechende Öffnungsklauseln eingefügt werden. Wegen der erhöhten Bestandskraft unanfechtbarer Planfeststellungsbeschlüsse sind nachträgliche Lärmsanierungsanordnungen gegenüber Trägern von Schienen, Straßen und Flughäfen, die einen Gesamtlärmkonflikt mitverursachen, derzeit nicht möglich. Wollte man auch die Träger der genannten Verkehrsanlagen zur Bewältigung von Gesamtlärmkonflikten heranziehen, müsste insbesondere die Bestandskraft der entsprechenden Planfeststellungsbeschlüsse beschränkt werden.

Literaturverzeichnis

BASNER, M. und MCGUIRE, S., 2018. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Sleep. In: International Journal of Environmental Research and Public Health (IJERPH), 15, 519. DOI:10.3390/ijerph15030519

GUSKI, R., SCHRECKENBERG, D. und SCHUEMER, R., 2017. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. In: International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(12), 1539. DOI:10.3390/ijerph14121539

MIEDEMA, H.M.E. , 2004. Relationship between exposure to multiple noise sources and noise annoyance. In: The Journal of the Acoustical Society of America, 116(2), 949-957

VDI 3722-2, 2013. „Wirkung von Verkehrsrgeräuschen – Kenngrößen beim Einwirken mehrerer Quellenarten“, Mai 2013

VAN KEMPEN, E.E.M.M., CASAS, M., PERSHAGEN, G. und FORASTER, M., 2017. Cardiovascular and metabolic effects of environmental noise. Systematic evidence review in the framework of the development of the WHO environmental noise guidelines for the European Region. Bilthoven (The Netherlands): RIVM Report 2017-0078, doi: DOI 10.21945/RIVM-2017-0078

VAN KEMPEN, E.E.M.M., CASAS, M., PERSHAGEN, G. & FORASTER, M., 2018. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardio-vascular and Metabolic Effects: A Summary. In: International Journal of Environmental Research and Public Health, 15, 379. DOI: doi:10.3390/ijerph15020379

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 2018. Environmental noise guidelines for the European Region. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 2011. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe



► **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt
 www.youtube.com/user/umweltbundesamt
 www.instagram.com/umweltbundesamt/