

TEXTE

160/2024

Abschlussbericht

Effektivität der Lärmaktions- planung (EffLAP)

von:

Dipl.-Ing. (FH) Frank Heidebrunn, Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Eggers,
Imke Ines Klatt, M.Sc.
LÄRMKONTOR GmbH, Hamburg

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 160/2024

REFOPLAN des Bundesministeriums Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3722 55 110 0

FB001535

Abschlussbericht

Effektivität der Lärmaktionsplanung (EffLAP)

von

Dipl.-Ing. (FH) Frank Heidebrunn, Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Eggers
Imke Ines Klatt, M.Sc.
LÄRMKONTOR GmbH, Hamburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

LÄRMKONTOR GmbH
Altonaer Poststraße 13b
22767 Hamburg

Abschlussdatum:

Dezember 2023

Redaktion:

Fachgebiet I 2.4 Lärminderung bei Anlagen und Produkten, Lärmwirkungen
Herr Matthias Hintzsche

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, November 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen*Autoren.

Kurzbeschreibung: Effektivität der Lärmaktionsplanung (EffLAP)

Mit dem „Zero pollution action plan“ der Europäischen Kommission soll die Gesundheit der europäischen Bevölkerung sowie die natürlichen Ökosysteme geschützt werden. Eines der Ziele ist es die Anzahl chronisch verkehrslärmbelasteter Menschen um 30 Prozent zu reduzieren. Dazu sollen die Mitgliedstaaten der Europäischen Union die Lärmaktionspläne nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie (Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, vom 25. Juni 2002) stärker mit einer nachhaltigen und dabei lärmindernden Mobilitätsplanung verknüpfen.

Rahmen dieses Vorhabens sind die Lärminderungspotenziale typischer Einzelmaßnahmen und Maßnahmenbündel aus den Bereichen der Lärminderungs- und der Mobilitätsplanung zu untersuchen und zu bewerten, sowie alternative Zielszenarien für die Belastung durch Verkehrslärm zu betrachten.

Seit 2014 sind im Rahmen der Datenberichterstattung laut Durchführungsbeschluss (EU) 2021/1967 der Kommission Angaben zur Wirksamkeit der nationalen Lärmaktionspläne verpflichtend. Als Grundlage dafür werden die Effekte mit Hilfe typischer Einzelmaßnahmen und Maßnahmenbündel verschiedene Szenarien quantifiziert.

Darüber hinaus ist ein Verfahren zu entwickeln und im Rahmen einer Fachbroschüre zu erläutern, mit dem in möglichst einfacher Weise auf Basis von Lärmkarten abgeschätzt werden kann, wie viele Betroffene von Maßnahmen in Teilbereichen einer Lärmkartierung geschützt werden können und welche Maßnahmen dies ermöglichen.

Abstract:

The "Zero Pollution Action Plan" by the European Commission aims to protect the health of the European population and natural ecosystems. One of the goals is to reduce the number of people chronically exposed to traffic noise by 30 percent. To achieve this, member states are encouraged to more closely integrate noise action plans under the EU Environmental Noise Directive with sustainable mobility planning.

Within the framework of this initiative, the noise reduction potentials of typical individual measures and bundles of measures from the fields of noise reduction and mobility planning are to be examined and evaluated. Additionally, alternative scenarios for the impact of traffic noise are to be considered. Since 2014, as part of data reporting according to Commission Implementing Decision (EU) 2021/1967, member states are obligated to provide information on the effectiveness of their national noise action plans. The effects are quantified by using typical individual measures and bundles of measures for various scenarios.

Furthermore, a procedure is to be developed and explained in a specialized brochure. This procedure should enable a simple estimation, based on noise maps, of how many individuals can be protected by measures in specific areas of noise mapping and which measures facilitate this protection.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis.....	10
Abkürzungsverzeichnis.....	11
Zusammenfassung.....	13
Summary.....	15
1 Einleitung.....	17
2 Szenarien zur Lärmbelastung.....	18
2.1 Einleitung.....	18
2.2 Modellierung der Szenarien.....	19
2.2.1 Bevölkerungsentwicklung.....	19
2.2.2 Straßenverkehr.....	19
2.2.2.1 Emissionswirksame Effekte durch Flotte, Elektrifizierung und Geschwindigkeit.....	21
2.2.2.2 Straßenoberflächen.....	24
2.2.2.3 Lärmsanierung.....	24
2.2.2.4 Straßenneubau und Erweiterung.....	25
2.2.2.5 Verkehrsentwicklung.....	25
2.2.3 Schienenverkehr.....	26
2.2.3.1 Lärmsanierung.....	26
2.2.3.2 Verkehrsentwicklung.....	27
2.2.3.3 Weitere Entwicklungen.....	28
2.2.4 Flugverkehr.....	28
2.2.4.1 Flottenerneuerung.....	28
2.2.4.2 Verkehrsentwicklung.....	28
2.3 Modellierung.....	29
2.3.1 Verteilung der Betroffenen auf feinere Pegelklassen und Verschiebung durch Maßnahmenwirkung.....	30
2.3.2 Straßenverkehr.....	31
2.3.2.1 Straßengeometrie und Verkehrsdaten.....	31
2.3.2.2 Straßenattribute.....	31
2.3.2.3 Einwohnerzahlen und Immissionen.....	32
2.3.2.4 Ermittlung der Belastetenzahlen pro Straßenabschnitt und Lärmpegelklasse.....	34
2.3.3 Modellierung der zu berücksichtigenden Lärmsanierungsabschnitte.....	36
2.4 Ergebnisse.....	36

2.4.1	Straßenverkehr	37
2.4.1.1	Validierung.....	37
2.4.1.2	Kombinierte Maßnahmenwirkung	40
2.4.1.3	Ergebnisse.....	40
2.4.2	Schienenverkehr	42
2.4.3	Flugverkehr	44
2.4.4	Auswertung der Gesundheitseffekte.....	45
3	Vergleich der Belastetenzahlen zwischen VBEB und BEB	49
3.1	Einleitung	49
3.2	Ableitung einer Umrechnungsfunktion	49
3.2.1	Betroffene in 0,1 dB-Pegelklassen	49
3.2.2	Betroffenenverhältnis BEB/VBEB in 0,1 dB-Klassen	58
3.3	Ergebnis des Vergleichs.....	63
4	Schätzverfahren zur Maßnahmenwirksamkeit	64
4.1	Grenzen der Anwendung des Verfahrens.....	64
4.2	Bebauungssituationen	65
4.2.1	Verfahren Einzelgebäude.....	65
4.2.2	Verfahren Wohnblöcke.....	66
4.2.3	Anteil Wohnen	67
4.3	Maßnahmen Straßenverkehr	68
4.3.1	Geschwindigkeitsreduktion	68
4.3.2	Straßenraumgestaltung	69
4.3.3	Fahrbahnoberfläche.....	69
4.3.4	Verkehrslenkung und -beschränkungen	70
4.4	Maßnahmen Straßenbahnen	71
4.5	Schallschutzwände/-wälle.....	72
4.6	Workshop.....	73
4.7	Fachbroschüre.....	73
5	Literaturverzeichnis.....	75

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Verkehrssituationen im HBEFA 4.1 (Umweltbundesamt, 2019) Quelle: Software zum HBEFA 4.1.....	20
Abbildung 2:	Entwicklung des Flugverkehrs in Europa.....	29
Abbildung 3:	Illustration des Effekts einer Reduktion der Lärmbelastung auf die Betroffenen in den Pegelklassen	30
Abbildung 4:	Straßennetz der Kartierung 2022 (schwarz) erweitert mit Geometrien aus der Kartierung 2017 (pink).....	33
Abbildung 5:	Fassadenpegel von Häusern (blaue Punkte) hinterlegt mit Lärmpegelraster	34
Abbildung 6:	Bufferpolygone aus Tag-Abend-Nacht-Pegel	35
Abbildung 7:	Vergleich der Modellierung Straßenverkehr mit Auswertung zur Lärmkartierung	38
Abbildung 8:	Darstellung der Lärmkarte L_{DEN} sowie des Straßennetzes.....	39
Abbildung 9:	Beispiel für Gebäudepunkte und Lärmraster	39
Abbildung 10:	Exemplarische Darstellung der kombinierten Maßnahmenwirkung	40
Abbildung 11:	Veränderung der Belasteten durch Straßenverkehr – ohne Lärmsanierung	41
Abbildung 12:	Veränderung der Belasteten durch Straßenverkehr – mit Lärmsanierung	42
Abbildung 13:	Veränderung der Belasteten durch Schienenverkehr – ohne Lärmsanierung	43
Abbildung 14:	Veränderung der Belasteten durch Schienenverkehr – mit Lärmsanierung	44
Abbildung 15:	Veränderung der Belasteten durch Flugverkehr	45
Abbildung 16:	Veränderung der Betroffenheit durch ischämische Herzkrankheiten (IHD).....	46
Abbildung 17:	Veränderung der Belästigung („highly annoyed“, HA).....	47
Abbildung 18:	Lärmkartierung Baden-Württemberg 2017, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen	50
Abbildung 19:	Lärmkartierung Baden-Württemberg 2017, Betroffene Nacht in 0,1-dB-Klassen	50
Abbildung 20:	Lärmkartierung Schleswig-Holstein 2017, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen	51
Abbildung 21:	Lärmkartierung Schleswig-Holstein 2017, Betroffene Nacht in 0,1-dB-Klassen	51
Abbildung 22:	Lärmkartierung Schleswig-Holstein 2022, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen	52
Abbildung 23:	Lärmkartierung Schleswig-Holstein 2022, Betroffene Nacht in 0,1-dB-Klassen	52

Abbildung 24:	Lärmkartierung Lübeck 2022, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen	53
Abbildung 25:	Lärmkartierung Lübeck 2022, Betroffene Nacht in 0,1-dB- Klassen.....	53
Abbildung 26:	Lärmkartierung Hannover 2017, Betroffene DEN in 0,1-dB- Klassen.....	54
Abbildung 27:	Lärmkartierung Hannover 2017, Betroffene Nacht in 0,1-dB- Klassen.....	54
Abbildung 28:	Lärmkartierung Hannover 2022, Betroffene DEN in 0,1-dB- Klassen.....	55
Abbildung 29:	Lärmkartierung Hannover 2022, Betroffene Nacht in 0,1-dB- Klassen.....	55
Abbildung 30:	Lärmkartierung Leverkusen 2017, Betroffene DEN in 0,1-dB- Klassen.....	56
Abbildung 31:	Lärmkartierung Leverkusen 2017, Betroffene Nacht in 0,1-dB- Klassen.....	56
Abbildung 32:	Lärmkartierung Berlin 2022, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen	57
Abbildung 33:	Lärmkartierung Berlin 2022, Betroffene Nacht in 0,1-dB- Klassen.....	57
Abbildung 34:	Lärmkartierung Baden-Württemberg 2017, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB.....	59
Abbildung 35:	Lärmkartierung Schleswig Holstein 2017, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB.....	59
Abbildung 36:	Lärmkartierung Schleswig Holstein 2022, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB.....	60
Abbildung 37:	Lärmkartierung Lübeck 2022, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB	60
Abbildung 38:	Lärmkartierung Hannover 2017, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB.....	61
Abbildung 39:	Lärmkartierung Hannover 2022, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB.....	61
Abbildung 40:	Lärmkartierung Leverkusen 2017, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB.....	62
Abbildung 41:	Lärmkartierung Berlin 2022, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB	62
Abbildung 42:	Beispiele Einzelgebäude.....	66
Abbildung 43:	Beispiele Wohnblöcke.....	67
Abbildung 44:	Wirkung einer Lärmschutzwand.....	73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anteil der Elektrofahrzeuge.....	22
Tabelle 2:	Änderung der Pkw-Emissionen.....	23
Tabelle 3:	Änderung der Lkw-Emissionen.....	23
Tabelle 4:	Mittlere jährliche Zunahme im Rahmen der Lärmsanierung Bundesfernstraßen	24
Tabelle 5:	Änderung der Verkehrsmengen – Straßenverkehr	26
Tabelle 6:	Zunahme im Rahmen der Lärmsanierung Schiene.....	26
Tabelle 7:	Änderung der Verkehrsmengen – Schienenverkehr	27
Tabelle 8:	Änderung der Verkehrsmengen – Flugverkehr	29
Tabelle 9:	Schema des finalen Datensets nach dem Summieren der Einwohnerzahlen pro Straßenabschnitt und Lärmpegelklasse	35
Tabelle 10:	Ermittelte Gesundheitseffekte	46
Tabelle 11:	Wirkung von Lärmschutzwänden	72

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
AVAS	Acoustic Vehicle Alert System
BEB	Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BUB	Berechnungsmethode für den Umgebungslärm von bodennahen Quellen (Straßen, Schienenwege, Industrie und Gewerbe)
EffLAP	Effektivität der Lärmaktionsplanung (diese Untersuchung)
EU	Europäische Union
GIS	Geografisches Informationssystem / Geoinformationssystem
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz
L_D	Tag-Beurteilungspegel auf Basis der EU-Umgebungslärmrichtlinie (6:00 - 18:00 Uhr) (Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm)
L_{DEN}	Day-Evening-Night-Beurteilungspegel; 24-Stunden Beurteilungspegel auf Basis der EU-Umgebungslärmrichtlinie (Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm)
L_E	Abend-Beurteilungspegel auf Basis der EU-Umgebungslärmrichtlinie (18:00 - 22:00 Uhr) (Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm)
Lkw	Lastkraftwagen
L_N	Nacht-Beurteilungspegel auf Basis der EU-Umgebungslärmrichtlinie (22:00 - 6:00 Uhr) (Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm)
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OSM	OpenStreetMap
Pkw	Personenkraftwagen
QGIS	freie Geoinformationssystemsoftware
RLS-19	Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - Ausgabe 2019; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
RLS-90	Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - Ausgabe 1990; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
RoTraNoMo	Road Traffic Noise Model
SMA 8	Split-Mastix-Asphalt 0/8

Abkürzung	Erläuterung
SNF	schweren Nutzfahrzeuge
TraNECaM	Traffic Noise Emission Calculation Model
TREMODO	Transport Emission Model
UBA	Umweltbundesamt, Dessau
UNECE	Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen
VBEB	Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm
VBUS	Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm an Straßen
ZTV Asphalt-StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt

Zusammenfassung

Mit dem „Zero pollution action plan“ der Europäische Kommission soll die Gesundheit der europäischen Bevölkerung sowie die natürlichen Ökosysteme geschützt werden. Eines der Ziele ist es die Anzahl chronisch verkehrslärmbelasteter Menschen um 30 Prozent zu reduzieren. Dazu sollen die Mitgliedstaaten der Europäischen Union die Lärmaktionspläne nach der EU-Umgebungs-lärmrichtlinie stärker mit einer nachhaltigen und lärmindernden Mobilitätsplanung verknüpfen.

Rahmen dieses Vorhabens sind die Lärminderungspotenziale typischer Einzelmaßnahmen und Maßnahmenbündel aus den Bereichen der Lärmminde-rungs- und der Mobilitätsplanung zu untersuchen und zu bewerten, sowie alternative Zielszenarien für die Belastung durch Verkehrslärm zu betrachten.

Seit 2014 sind im Rahmen der Datenberichterstattung laut Durchführungsbeschluss (EU) 2021/1967 der Kommission Angaben zur Wirksamkeit der nationalen Lärmaktionspläne verpflichtend. Als Grundlage dafür werden die Effekte mit Hilfe typischer Einzelmaßnahmen und Maßnahmenbündel verschiedene Szenarien quantifiziert.

Darüber hinaus ist ein Verfahren zu Entwickeln und im Rahmen einer Fachbroschüre zu erläutern, mit dem in möglichst einfacher Weise auf Basis von Lärmkarten abgeschätzt werden kann, wie viele Betroffene von Maßnahmen in Teilbereichen einer Lärmkartierung geschützt werden können und welche Maßnahmen dies ermöglichen.

Dazu ist zunächst die Anzahl Personen zu ermitteln, die durch einen von einer Lärmminde-rungsmaßnahme betroffenen Bereich profitiert. Hierbei wird zwischen Ein- und Zweifamilienhäusern sowie ähnlichen Einzelgebäuden auf der einen Seite und größeren Gebäudestrukturen (Reihen-häuser, Geschosswohnblöcke, Zeilenbebauung, Blockrandbebauung usw.) unterschieden. Darüber hinaus ist für Hochhäuser, die nicht als Zeilenbebauung aufgefasst werden können, eine etwas andere Herangehensweise notwendig.

Ein- und Zweifamilienhäuser sowie ähnliche Einzelgebäude werden gezählt, sofern sie mit mindestens einer ganzen Gebäudeseite in den Lärmkarten als lärmbelastet erkennbar sind. Dann wird auf Basis der Anzahl der Gebäude und der Nutzung des Gebietes, in dem sie liegen, die Einwohnerzahl abgeschätzt, die als Betroffene zu bewerten sind.

Für Reihenhäuser, Geschosswohnblöcke, Zeilenbebauung, Blockrandbebauung und ähnliche Gebäudestrukturen wird eine Gebäudelänge im Zentrum der verlärmten Gebäudestruktur ausgemessen. Diese wird mit der Anzahl für Wohnen genutzter Etagen multipliziert und daraus wird die Anzahl Betroffener ermittelt.

Für Hochhäuser, deren Gebäudestruktur nicht wie zuvor geschildert abgebildet werden kann, ist die Bruttogeschossfläche der Etagen, die zum Wohnen genutzt werden, als Basis der Ermittlung der Betroffenenzahlen heranzuziehen.

In einem weiteren Teil wird die Wirksamkeit von unterschiedlichen Maßnahmen zur Lärmminde-rung zusammengestellt, um eine Abschätzung der Möglichkeiten zu geben, die eine Entlastung der Betroffenen ermöglichen. Dazu wurde die mittlere Wirksamkeit der folgenden Maßnahmen aufgeführt und mit Erläuterungen für den Sachbearbeiter versehen:

- ▶ Geschwindigkeitsreduktion (für Straßenverkehr und Straßenbahn)
- ▶ Fahrbahnoberfläche (für Straßenverkehr und Straßenbahn)
- ▶ Straßenraumgestaltung

- ▶ Verkehrslenkung und -beschränkungen
- ▶ Minderungsmaßnahmen auf dem Ausbreitungsweg (Lärmschutzwälle/-wände)

Die Vorgehensweise wurde auf einem Online-Workshop mit einem Fachpublikum vorgestellt und diskutiert. Im Anschluss wurde dieses Verfahren in einer Fachbroschüre beschrieben und anhand von Beispielen aus der Praxis weiter erläutert.

Die aktuelle Lärmkartierungsrunde (Runde 4) berechnet die Lärmkarten auf Basis der „Berechnungsmethode für den Umgebungslärm von bodennahen Quellen (Straßen, Schienenwege, Industrie und Gewerbe) (BUB)“ (BUB, 2021) und bewertet die Betroffenheit nach der „Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (BEB)“. In der vorhergehenden Lärmkartierungsrunde (Runde 3) wurden dagegen vorläufige Berechnungsmethoden herangezogen und die Betroffenheit nach der „Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB)“ (VBEB, 2007) ermittelt. Da die VBEB eine gleichmäßige Verteilung der Betroffenen auf den Gebäudemantel vorsieht, die BEB dagegen die Betroffenen jedoch auf die lautere Hälfte des Gebäudemantels verteilt, führt dies in der Runde 4 zu erheblich höheren Betroffenenzahlen.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde analysiert, ob es möglich ist, eine Abschätzung der Betroffenen nach BEB auf Basis der nach VBEB ermittelten Betroffenen zu erstellen. Dazu wurden umfangreiche Vergleiche auf Basis der genauen Immissionspegel aller Fassadenpunkte von zwei Bundesländern und vier Städten unterschiedlicher Größe durchgeführt. Die Betroffenenanzahlen wurden für diese Untersuchungsräume, für die teilweise die Fassadenpunkte aus beiden Kartierungsrunden ausgewertet wurden, jeweils in 0,1-dB-Klassen ausgewertet. Dabei erfolgte die Auswertung jeweils sowohl gemäß BEB als auch gemäß VBEB. Es zeigte sich, dass keine wesentlichen Unterschiede aus den Berechnungsverfahren (BUB oder vorläufige Berechnungsmethoden) erkennbar sind. Allerdings stellten sich starke Unterschiede zwischen den einzelnen untersuchten Kartierungen heraus, die nicht auf die Größe des Untersuchungsraums oder auf einen Unterschied zwischen Bundesland und Agglomeration schließen lassen. Insgesamt war keine anwendbare Regel ableitbar, die eine Abschätzung mit verwendbarer Genauigkeit ermöglicht. Lediglich die Aussage, dass in der jeweils höchsten Klasse ($L_{DEN} > 75 \text{ dB(A)}$ und $L_N > 70 \text{ dB(A)}$) nach BEB mit 205% der nach VBEB Betroffenen berechnet wird, lässt sich erkennen.

Summary

The "Zero Pollution Action Plan" by the European Commission aims to protect the health of the European population and natural ecosystems. One of the goals is to reduce the number of people chronically exposed to traffic noise by 30 percent. To achieve this, member states are encouraged to more closely integrate noise action plans under the EU Environmental Noise Directive with sustainable mobility planning.

Within this initiative, the potentials of typical individual measures and bundles of measures in the fields of noise reduction and mobility planning are examined and evaluated. Alternative scenarios for traffic noise exposure are also considered. Since 2014, according to Commission Implementing Decision (EU) 2021/1967, reporting on the effectiveness of national noise action plans is mandatory. The effects are quantified based on typical individual measures and bundles of measures.

Furthermore, a procedure is to be developed and explained in a specialized brochure, allowing for a simple estimation, based on noise maps, of the number of individuals who can be protected by measures in specific areas of noise mapping and the measures that enable this. The first step is to determine the number of people affected by an area impacted by a measure. A distinction is made between single and two-family houses and similar individual buildings on one side, and larger building structures (terraced houses, apartment blocks, row housing, etc.) on the other. A slightly different approach is necessary for high-rise buildings that cannot be considered row housing.

Single and two-family houses and similar individual buildings are counted if they are identifiable as noise-affected in the noise maps with at least one full side. Then, based on the number of buildings and the land use of the area they are in, an estimate is made of the population that should be considered as affected.

For terraced houses, apartment blocks, row housing, block housing, and similar building structures, the length of the building is measured in the center of the noise-affected building structure. This is multiplied by the number of floors used for residential purposes, and the number of affected individuals is determined.

For high-rise buildings whose structure cannot be depicted as previously described, the gross floor area of the floors used for residential purposes is used as the basis for determining the numbers of affected individuals.

In another section, the effectiveness of different noise reduction measures is compiled to provide an estimate of the possibilities for relieving those affected. The average effectiveness of the following measures is listed, with explanations for the staff:

- ▶ Speed reduction (for road traffic and trams)
- ▶ Road surface (for road traffic and trams)
- ▶ Street design
- ▶ Traffic control and restrictions
- ▶ Mitigation measures on the propagation path (noise barriers/walls)

The approach was presented and discussed in an online workshop with a professional audience. Subsequently, this procedure was described in a specialized brochure and further explained with examples from practice.

The current round of noise mapping (Round 4) calculates the noise maps based on the “Berechnungsmethode für den Umgebungslärm von bodennahen Quellen (Straßen, Schienenwege, Industrie und Gewerbe) (BUB)” [“Calculation Method for Environmental Noise from Ground-Level Sources (Roads, Railways, Industry, and Commerce) (BUB)”] and assesses the impact using the “Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (BEB)” [“Calculation Method for Determining the Numbers of Affected by Environmental Noise (BEB)”]. In the previous noise mapping round (Round 3), preliminary calculation methods were used, and the impact was determined using the “Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB)” [“Preliminary Calculation Method for Determining the Numbers of Affected by Environmental Noise (VBEB)”]. Since the VBEB envisages an even distribution of those affected on the building envelope, while the BEB distributes the affected to the louder half of the building envelope, this leads to significantly higher numbers of affected in Round 4.

As part of this investigation, it was analyzed whether it is possible to estimate the numbers of affected according to BEB based on the numbers of affected determined according to VBEB. Extensive comparisons were made based on the exact immission levels of all facade points in two federal states and four cities of different sizes. The numbers of affected were evaluated for these investigation areas, for which the facade points from both mapping rounds were partially evaluated, in 0.1 dB classes. The evaluation was done according to both BEB and VBEB. It was found that no significant differences were apparent from the calculation methods (BUB or preliminary calculation methods). However, strong differences were revealed between the investigation areas that could not be attributed to the size of the investigation area or to a difference between federal state and agglomeration. Overall, no applicable rule could be derived that allows for an estimation with usable accuracy. Only the statement that in the highest class ($L_{DEN} > 75$ dB(A) and $L_N > 70$ dB(A)), the number of affected according to BEB is calculated with 205% of the number of affected according to VBEB can be identified.

1 Einleitung

Mit dem „Zero pollution action plan“ der Europäische Kommission soll die Gesundheit der europäischen Bevölkerung sowie die natürlichen Ökosysteme geschützt werden. Eines der Ziele ist es die Anzahl chronisch verkehrslärmbelasteter Menschen um 30 Prozent zu reduzieren. Dazu sollen die Mitgliedstaaten die Lärmaktionspläne nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie stärker mit einer nachhaltigen lärmindernden Mobilitätsplanung verknüpfen.

Um die Potenziale abschätzen zu können, sollen im Rahmen dieses Vorhabens die Lärminderungspotenziale typischer Einzelmaßnahmen und Maßnahmenbündel aus den Bereichen der Lärminderungs- und der Mobilitätsplanung untersucht und bewertet werden, sowie alternative Zielszenarien für die Belastung durch Verkehrslärm betrachtet werden.

Seit 2024 sind im Rahmen der Datenberichterstattung laut Durchführungsbeschluss (EU) 2021/1967 der Kommission Angaben zur Wirksamkeit der nationalen Lärmaktionspläne verpflichtend. Als Grundlage dafür sollen die Effekte mit Hilfe typischer Einzelmaßnahmen und Maßnahmenbündel verschiedener Szenarien quantifiziert werden. Dazu werden im Arbeitspaket 1 für die Jahre 2022, 2030 und 2040 statistische Lärmbelastungen der Bevölkerung Deutschlands ermittelt. Für die Jahre 2030 und 2040 werden zusätzlich neben dem Grundszenario „Do-nothing“ zwei weitere Szenarien „Business-as-usual“ und „Optimistic“ betrachtet. Die Auswirkungen dieser Szenarien auf die Lärmbelastung werden ermittelt und innerhalb wie außerhalb der Ballungsräume bewertet.

Im Rahmen des Arbeitspakets 2 wird ein Schätzverfahren zur Wirksamkeit von typische Minderungsmaßnahmen aus den Lärmaktionsplänen für den Straßenverkehr und für Straßenbahnen entwickelt. Ziel ist dabei ein einfaches Verfahren, dass von Sachbearbeitern vor Ort ohne oder mit nur geringer Kenntnis von Geoinformations-Systemen (GIS) sowie auf Basis von Ergebnissen aus der Lärmkartierung verwendet werden kann. Dieses Schätzverfahren wird im Rahmen eines Experten-Workshops vorgestellt und Anregungen aus diesem Workshop aufgenommen. Darauf basierend wird eine Fachbroschüre entwickelt, die dieses Verfahren vorstellt.

2 Szenarien zur Lärmbelastung

2.1 Einleitung

Zur Analyse, ob mit bisher geplanten Maßnahmen eine Erreichung der zuvor genannten Ziele des „Zero pollution action plan“ der Europäische Kommission möglich ist, soll eine Ermittlung der Lärmbetroffenheit in verschiedenen Szenarien erfolgen. In den Berechnungen sollen die folgenden drei Szenarien betrachtet werden, die sich in den Ansätzen zur Lärminderungswirkung und ggf. Verkehrsentwicklung deutlich unterscheiden:

► Do-nothing

Im Szenario „Do-nothing“ werden als Fortschreibung des Status Quo keine Veränderung der Fahrzeugemissionen und keine Lärmschutzmaßnahmen berücksichtigt. Es fließen nur die zu erwartende Bevölkerungs- und Verkehrsentwicklung in die statistische Betrachtung ein. Beim Flugverkehr wird hier der „pessimistische Fall“ mit der höchsten Zunahme berücksichtigt.

► Business-as-usual

Im Szenario „Business-as-usual“ werden als realistische Fortschreibung zu erwartende Maßnahmenwirkungen aus bereits beschlossenen und absehbaren technischen und planerischen Maßnahmen und Entwicklungen (Straßenverkehr: Elektromobilität, Senkung der Geräuschpegel-Grenzwerte von Kraftfahrzeugen, lärmindernde Straßenoberflächen usw.) berücksichtigt. Beim Flugverkehr wird hier der „mittlere Fall“ der Verkehrsentwicklung berücksichtigt.

► Optimistic

Im Szenario „Optimistic“ wird eine maximale Umsetzung möglicher Maßnahmen (Straßenverkehr: Tempo 30 (T30) innerorts, Zunahme bis zu 100% Elektromobilität usw.) berücksichtigt. Beim Flugverkehr wird hier der „niedrigste Fall“ mit teilweiser Abnahme der Verkehrsentwicklung berücksichtigt.

Ziel des „Zero pollution action plan“ ist es, die Gesundheit der europäischen Bevölkerung sowie die natürlichen Ökosysteme zu schützen. Eines der Ziele ist es die Anzahl chronisch verkehrslärmbelasteter Menschen um 30 Prozent zu reduzieren.

2.2 Modellierung der Szenarien

Für die Modellierung der Szenarien sind zum einen die Bevölkerungsentwicklung, zum anderen die Verkehrsentwicklung als auch verkehrsträgerspezifische Maßnahmen, Entwicklungen und Effekte zu betrachten.

2.2.1 Bevölkerungsentwicklung

Die Bevölkerungsentwicklung wurde anhand verschiedener Datensätze für den benötigten Zweck abgeschätzt. Die Entwicklung wurde anhand der Bevölkerungsvorausberechnung für Berlin, Bremen und Hamburg für die Ballungsräume mit rund +3,6 % bis 2030 und +6,4 % bis 2040 abgeschätzt. Für die Ermittlung der Bevölkerungsentwicklung außerhalb der Ballungsräume wurde zunächst der Anteil der Ballungsräume (>100.000 Einwohnende) für das Basisjahr ermittelt und mit dem Zuwachs für 2030 und 2040 beaufschlagt. Von der Entwicklung der Gesamtbevölkerung wurde dann der Anteil der Ballungsräume abgezogen. Es ergibt sich dann eine Veränderung außerhalb der Ballungsräume von -0,1 % bis 2030 und -1,9 % bis 2040.

Im Modell wurden die Entwicklungen der Ballungsräume auf alle Innerortsstraßen (≤ 50 km/h) angewandt, die Veränderung außerhalb der Ballungsräume auf alle übrigen Straßen. Für Schienen- und Flugverkehr wurde einheitlich der mittlere bundesweite Ansatz von +1,1 % (2030) und +0,7 % (2040) gewählt.

2.2.2 Straßenverkehr

In den zuvor benannten Szenarien sind auch Maßnahmen zu berücksichtigen, die eine Emissionsveränderung der Fahrzeugflotte berücksichtigen. Die Modellierung geht über die reine Veränderung anhand der zulässigen Höchstgeschwindigkeit hinaus. Mit der BUB (und auch den RLS-19) sind die Fahrzeugemissionen jedoch ausschließlich anhand der zulässigen Höchstgeschwindigkeit zu ermitteln. Es liegen keine Emissionsansätze vor für eine Entwicklung der Fahrzeugflotte hinsichtlich Reifenemissionen oder auch Elektromobilität. Zur Umsetzung des Projektvorhabens bedarf es zur Abbildung der gewünschten Maßnahmen daher einer emissionssensitiven Geräuschermittlung, bei der eine Trennung von Roll- und Antriebsgeräusch möglich ist. Bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen kommt es zwar nur zu geringen Antriebsgeräuschen im Vergleich zu Verbrennungsmotoren, gleichzeitig sind aber die Lärmemissionen eines „Acoustic Vehicle Alert System“ (AVAS) zu berücksichtigen.

Wie bereits im Projekt „Umweltwirkungen einer innerörtlichen Regelgeschwindigkeit von 30 km/h“ (FKZ 3720 15 108 1) (Umweltbundesamt, 2023) wurde für die Analyse das Lärmmodell TraNECaM (Umweltbundesamt, 2000) verwendet, das im Rahmen eines Forschungsprojektes für das Umweltbundesamt in den Jahren 1998 bis 2000 entwickelt wurde. Es erlaubt eine detailliertere Emissionsberechnung und es berücksichtigt auch den technischen Fortschritt der Kraftfahrzeuge. Die Datenbasis des Modells ist hinsichtlich der Straßen- und Fahrzeugkategorien deutlich breiter als die der herkömmlichen Modelle. Das Modell wurde mit finanzieller Unterstützung der EU-Kommission und der norwegischen Immissionsschutzbehörde erweitert und aktualisiert. In Norwegen wurde TraNECaM verwendet, um landesweit die Auswirkungen von Vermeidungsmaßnahmen zu quantifizieren, die zur Erreichung politischer Vermeidungsziele eingesetzt werden könnten. Gegenüber einer rein fachlichen pauschalisierten Einschätzung der Emissionsänderung bietet TraNECaM den Vorteil reproduzierbarer und dokumentierbarer Ergebnisse.

TraNECaM erfordert in der aktuellen Version ein vorgelagertes Modell, das RoTraNoMo-Modell (RoTraNoMo, 2005). Dieses berechnet einen momentanen Vorbeifahrtpegel für verschiedene Fahrzeugunterkategorien und Emissionsstufen auf der Grundlage von sekundengenauen Fahrzeuggeschwindigkeitsspiuren getrennt für Reifen-/Fahrbahn- und Antriebsschallpegel. Das Modell wurde in den Jahren 2003 bis 2005 entwickelt und in späteren Projekten aktualisiert, um auch die in den Richtlinien 2009/661/EU, 2144/2019/EU und 540/2014/EU definierten Emissionsstufen, Phase 1 bis Phase 3, abzudecken. Hiermit sind auch Entwicklungen der Anforderungen an das Reifen-Fahrbahngeräusch abgedeckt.

Die aktuelle Version von TraNECaM unterscheidet verschiedene Straßen vorwiegend anhand sogenannter Verkehrssituationen. Diese bilden z. B. Erschließungsstraßen, Sammelstraßen, Hauptverkehrsstraßen und städtische Magistralen mit verschiedenen Geschwindigkeitsbegrenzungen ab. Zusätzlich wird bei den Verkehrssituationen nach der Lage (ländlich oder Agglomeration) unterschieden (Ericsson, et al., 2019). Die Verkehrssituationen sind identisch mit denen im „Handbuch für Emissionsfaktoren“ ab Version 4.1 hinterlegten Situationen (Umweltbundesamt, 2019) (Abbildung 1). Die Verkehrssituationen unterscheiden sich hinsichtlich der hinterlegten Verkehrszyklen unter anderem in der Anzahl der Halte und der relativen Beschleunigung und bilden somit verschiedene typische Dynamiken und Geschwindigkeiten ab. Die Wahl einer Verkehrssituation ist ein wesentlicher Faktor der Emissionsermittlung.

Für die Emissionsermittlung im vorliegenden Projekt wird aufgrund des Datenumfangs und dem Ziel einer Abschätzung auf die Betrachtung verschiedener Verkehrsqualitäten verzichtet. Es wird einheitlich als mittlere Verkehrsqualität ein „gesättigter“ Verkehr (LOS3) angesetzt. Diese sind (für Pkw) in der Regel höher als bei niedrigen Level-of-Service (z.B. LOS1: freifließender Verkehr), aber höher als bei Stop&Go- (LOS4) und Stausituationen (LOS5) (siehe auch (Umweltbundesamt, 2023)).

Abbildung 1: Verkehrssituationen im HBEFA 4.1 (Umweltbundesamt, 2019)

Area	Road type	Levels of service	Speed Limit [km/h]														
			30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	>130			
Rural	Motorway-Nat.	5 levels of service															
	Semi-Motorway	5 levels of service															
	TrunkRoad/Primary-Nat.	5 levels of service															
	Distributor/Secondary	5 levels of service															
	Distributor/Secondary(sinuous)	5 levels of service															
	Local/Collector	5 levels of service															
	Local/Collector(sinuous)	5 levels of service															
Access-residential	5 levels of service																
Urban	Motorway-Nat.	5 levels of service															
	Motorway-City	5 levels of service															
	TrunkRoad/Primary-Nat.	5 levels of service															
	TrunkRoad/Primary-City	5 levels of service															
	Distributor/Secondary	5 levels of service															
	Local/Collector	5 levels of service															
	Access-residential	5 levels of service															

Assigned Fleet Compositions:
 = Motorway
 = Rural
 = Urban

Return

Quelle: Software zum HBEFA 4.1

2.2.2.1 Emissionswirksame Effekte durch Flotte, Elektrifizierung und Geschwindigkeit

Aufgrund verschiedener Abhängigkeiten untereinander sind emissionswirksame Effekte durch Flottenentwicklung, Elektrifizierung sowie geänderte zulässige Höchstgeschwindigkeiten gemeinsam zu betrachten. Die Effekte werden einzeln hergeleitet, quantifiziert und am Ende zusammengefasst dargestellt.

2.2.2.1.1 Flottenentwicklung und Elektrifizierung

Mit den in 540/2014/EU definierten Emissionsstufen in Phase 1-3 sowie den Entwicklungen der Reifen-Fahrbahn-Geräusche einher geht eine erwartete Emissionsabnahme der Fahrzeugflotten mit zunehmendem Modelljahr. Dies ist mit TraNECaM entsprechend abgebildet. Verglichen werden die Emissionsansätze der Modelljahre 2020 (als Ausgangsjahr), 2030 sowie 2040.

In den Verkehrssituationen werden anteilig auch die Geräuschemissionen der Fahrzeuge bei Geschwindigkeiten von weniger als 30 km/h berücksichtigt. Unter Einsatz des RoTraNoMo-Modells kann der Einfluss von Elektrofahrzeugen mit zusätzlichen Emissionen durch ein Acoustic Vehicle Alert System (AVAS) genau modelliert und simuliert werden. Für die unterschiedlichen Fahrzyklen wird dabei berücksichtigt, dass das AVAS nur bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h in Betrieb ist. Derzeit bestehen Unsicherheiten bei den Emissionsansätzen für AVAS-Emissionen. Die Spanne zwischen minimalen und maximalen Emissionen, die nach UNECE R138 (UNECE Nr. 138) möglich sind, liegt bei rund 20 dB. Die maximalen Emissionen entsprechen jenen, die maximal für Pkw (auch für Verbrenner-Pkw) nach UNECE R51 (UNECE Nr. 51) zulässig sind. Dieser Emissionspegel wird jedoch von aktuellen Pkw in der Regel deutlich unterschritten. Für die Modellierung des AVAS wurde, abweichend vom Projekt „Umweltwirkungen einer innerörtlichen Regelgeschwindigkeit von 30 km/h“ (FKZ 3720 15 108 1) (Umweltbundesamt, 2023), eine detailliertere Unterscheidung getroffen. Die AVAS-Emissionen wurden mit einem mittleren Ansatz belegt, der in der Regel geringfügig unterhalb der Verbrenner-Emissionen liegt. Die Minderungseffekte durch die Elektrifizierung der Pkw-Flotte sind daher nur als gering zu bewerten. Höhere Minderungseffekte können eintreten, wenn zukünftige UNECE-Regelungen eine niedrigere AVAS-Emission festschreiben würden (siehe hierzu auch (Umweltbundesamt, 2023)).

Neben den AVAS-Emissionen der Pkw berücksichtigen die Emissionsberechnungen für den Lärm auch jene der schweren Nutzfahrzeuge (SNF) und Linienbusse. Da die Antriebsgeräusche bei konventionellen SNF und Bussen bei niedrigen Geschwindigkeiten deutlich über jenen eines möglichen AVAS liegen, ist das Minderungspotenzial auch mit AVAS deutlich höher als bei Pkw. Mit einer zunehmenden Elektrifizierung der schweren Nutzfahrzeuge ergibt sich insbesondere hier ein deutliches Lärminderungspotenzial. In den Emissionsansätzen zeigt sich ein mit Unterschied in den Vorbeifahrtpegeln von ungefähr 11-15 dB (LoS 1-4) bzw. rund 19 dB (LoS 5 „Stop&Go II“). Angesetzt wird in den Betrachtungen die Minderung bei LoS 3.

Der Ansatz für die Anteile der Flottenelektrifizierung entstammt Daten aus dem Modell TREMOD für die Prognosehorizonte 2030 und 2040. Die Daten wurden vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt. Die Klasse „>12 t“ wurde aus den TREMOD-Zahlen für „Last- und Sattelzüge“ sowie „Lkw >12 t“ gebildet.

Für das Szenario „Do-nothing“ wurden keine Elektrofahrzeuge emissionsrelevant berücksichtigt. Im Szenario „Business-as-usual“ wurde die Prognose aus TREMOD verwendet. Im Szenario „Optimistic“ wird davon ausgegangen, dass die TREMOD-Prognose für das Jahr 2040 bereits im Jahr 2030 eintritt. Für das Jahr 2040 wurde dann eine Voll-Elektrifizierung angesetzt. Dies wird insbesondere bei den schweren Nutzfahrzeugen zu einer deutlichen Emissionsminderung führen.

Für die Emissionsermittlung wurden die Anteile der schweren Nutzfahrzeuge grob entsprechend der Verteilung der Klassen nach BUB vorgenommen. Hierbei werden rund 1/3 der Fahrzeuge der Klasse „mittelschwere Lkw“ (hier: <12 t) und 2/3 der Fahrzeuge der Klasse „schwere Lkw“ (hier: >12 t) zugewiesen.

Tabelle 1: Anteil der Elektrofahrzeuge

Fahrzeugklasse	Szenario					
	Do-nothing		Business-as-usual		Optimistic	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040
Pkw	-	-	22 %	69 %	69 %	100 %
Lkw <12 t	-	-	17 %	59 %	59 %	100 %
Lkw >12 t	-	-	4 %	26 %	26 %	100 %

Ermittelt aus Daten von TREMOD

2.2.2.1.2 Veränderung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten im Szenario „Optimistic“

Für die Szenarien „Optimistic“ in den Jahren 2030 und 2040 wurde jeweils eine Anpassung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit angesetzt. Dies wurde entsprechend über eine Differenzbildung der Fahrzeugemissionen aus TraNECaM für unterschiedliche Verkehrssituationen abgebildet:

- ▶ Für die Reduzierung auf Bundesautobahnen von Tempo 130 (bzw. unbegrenzt) auf Tempo 120 wurde zum Beispiel der Emissionswert „Autobahn 120 km/h“ anstatt „Autobahn 130 km/h“ herangezogen. Für niedrigere Geschwindigkeiten wurde keine Änderung angesetzt.
- ▶ Für Außerortsstraßen wurde bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h die Differenz zu einer Straße mit 90 km/h herangezogen. Für Außerortsstraßen mit 110-120 km/h (ausgebaute Bundesstraßen) wurde keine über die Flottenentwicklung hinausgehende Minderung angesetzt. Außerortsstraßen mit 130 km/h (ausgebaute Bundesstraßen) wurden mit der gleichen Differenz (Minderung) wie Autobahnen (120 km/h statt 130 km/h) belegt.
- ▶ Bei den Innerortsstraßen wurde für Straßen mit 30 km/h nur die sich aus der Flottenentwicklung ergebenden Änderungen angesetzt. Für Straßen mit 50 km/h wurde die Differenz zu einer Straße mit 30 km/h herangezogen. Straßen mit 40 km/h wurden mit der gleichen Differenz belegt wie jene mit 30 km/h (keine darüber hinausgehende Minderung durch Geschwindigkeitssenkung). Straßen ab 60 km/h wurden hinsichtlich der zulässigen Höchstgeschwindigkeit nicht mit einer Wirkung belegt.

Die Effekte der Geschwindigkeitsreduzierung wurden zusammen mit den Effekten der Flottenentwicklung und Elektrifizierung ermittelt. Daher sind diese in den folgenden Auswertungen zusammen dargestellt.

2.2.2.1.3 Zusammenfassung der emissionswirksamen Effekte

Zusammengefasst ergeben sich die in Tabelle 2 und Tabelle 3 dargestellten Maßnahmenwirkungen. Die Straßenkategorie bezieht sich jeweils auf den Ursprungszustand. Für das Szenario „Optimistic“ ergibt sich zum Beispiel für „Innerorts 50 km/h“ eine höhere Maßnahmenwirkung, da hier auch die Senkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h enthalten ist.

Tabelle 2: Änderung der Pkw-Emissionen

Ausgedrückt in Pegeländerung in dB

Straßenkategorie	Szenario					
	Do-nothing		Business-as-usual		Optimistic	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040
Innerorts (<50 km/h)	-	-	-1,2	-1,9	-1,2	-1,9
Innerorts (50 km/h)	-	-	-1,3	-1,8	-4,5	-5,1
Bundesautobahn (<120 km/h)	-	-	-1,3	-2,0	-1,5	-2,1
Bundesautobahn (≥130 km/h)	-	-	-1,3	-2,0	-2,6	-3,2
Außerorts (60-90 km/h, 110-120 km/h)	-	-	-1,4	-2,1	-1,6	-2,3
Außerorts (100 km/h)	-	-	-1,4	-2,1	-2,1	-2,7
Außerorts (130 km/h)	-	-	-1,4	-2,1	-2,6	-3,2

Ermittelt mit TraNECaM

Tabelle 3: Änderung der Lkw-Emissionen

Ausgedrückt in Pegeländerung in dB

Straßenkategorie	Szenario					
	Do-nothing		Business-as-usual		Optimistic	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040
Innerorts (<50 km/h)	-	-	-1,7	-4,6	-3,0	-13,0
Innerorts (50 km/h)	-	-	-1,6	-4,2	-3,6	-13,5
Bundesautobahn	-	-	-1,4	-3,1	-2,1	-4,9
Außerorts (>50 km/h)	-	-	-1,5	-3,3	-2,3	-5,6

Ermittelt mit TraNECaM

2.2.2.2 Straßenoberflächen

Für die Straßenoberflächen wird je nach Szenario von einer Zunahme (vergleichsweise) lärmarmen Bauarten ausgegangen. Grundlage der Überlegungen sind die Differenzen zwischen herkömmlicher Bauweise und lärmarmen Bauweise (z.B. SMA 5/8) sowie lärmarmen Bauweise (z.B. SMA 5/8) sowie offenporigen Asphalten. Aus den in Kapitel 4.3.3 dargestellten Wirkungen wurde für die Modellierung ein pauschaler Ansatz von -2,5 dB sowohl für die Erneuerung von bisher herkömmlichen auf lärmarme als auch von bereits lärmarmen auf offenporige Oberflächen abgeleitet.

- ▶ Angesetzt wurde im Szenario „Do-nothing“, dass die Oberflächen keine Verbesserung erfahren und weiterhin wie im Bestand verbaut werden.
- ▶ Im Szenario „Business-as-usual“ wird davon ausgegangen, dass die Oberflächen ca. alle 30 Jahre erneuert werden, damit also rund ein Drittel der Oberflächen alle 10 Jahre erneuert wird. Bis 2030 werden damit rund 33 % der Oberflächen erneuert, bis 2040 rund 66 %. Energetisch gemittelt ergeben sich damit -0,7 dB bis 2030 und -1,5 dB bis 2040, die jeweils einheitlich auf das Straßennetz angewandt werden.
- ▶ Im Szenario „Optimistic“ wird davon ausgegangen, dass eine schnellere Erneuerung umgesetzt wird. Ausgehend von einer Erneuerung alle 20 Jahre ergibt sich eine Umsetzung von 50 % bis 2030 und 100 % bis 2040. Energetisch gemittelt ergeben sich damit -1,1 dB bis 2030 und -2,5 dB bis 2040, die jeweils einheitlich auf das Straßennetz angewandt werden.

2.2.2.3 Lärmsanierung

Die Abbildung der Wirkung der Lärmsanierung kann nur begrenzt über einen einheitlichen gemittelten Ansatz über das Gesamtstraßennetz angewandt werden: Die Lärmsanierung ist einerseits auf die Bundesfernstraßen begrenzt, andererseits konzentriert sich die Lärmsanierung auf jene Bereiche, die eine hohe Belastung aufweisen. Bei einer mittleren Emissionsminderung würden somit die Wirkungen auf die höchstbelasteten absehbar unterschätzt.

Die Ansätze zur Lärmsanierung wurden aus einer Veröffentlichung des BMVI abgeleitet (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2021). Gemittelt wurden jeweils die Veränderung an Autobahnen und Bundesstraßen für Wände, Wälle und offenporige Asphaltdeckschichten in den Jahren 2015-2019. Es ergeben sich hieraus die in Tabelle 4 dargestellten Mengen. Steilwälle wurden aufgrund der geringen Relevanz (< 1 km/Jahr) nicht berücksichtigt.

Tabelle 4: Mittlere jährliche Zunahme im Rahmen der Lärmsanierung Bundesfernstraßen

Typ	Bundesautobahn	Bundesstraßen
Lärmschutzwälle	28 km	5 km
Lärmschutzwände	13 km	2 km
Offenporige Asphaltdeckschichten	21 km	
	(18 km)	(3 km)
Summe	59 km	10 km

Gemittelte Werte 2015-2019 aus (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2021)

Getrennte Werte für Offenporige Asphaltdeckschichten: Abschätzung anhand des Verhältnisses bei Wänden/Wällen

Für die Szenarien wurden folgende Ansätze an Streckenlängen gewählt:

- ▶ Im Szenario „Do-nothing“ wurde von keiner weiteren Lärmsanierung ausgegangen.
- ▶ Im Szenario „Business-as-usual“ wurden die Ansätze fortgeschrieben, d.h. eine Zunahme von 59 km pro Jahr bei Bundesautobahnen und 10 km pro Jahr bei Bundesstraßen. Dies wurde über 8 bzw. 18 Jahre hochgerechnet.
- ▶ Im Szenario „Optimistic“ wurden die Ansätze der Lärmsanierung verdoppelt, d.h. eine Zunahme von 118 km pro Jahr bei Bundesautobahnen und 20 km pro Jahr bei Bundesstraßen. Dies wurde über 8 bzw. 18 Jahre hochgerechnet.

Der im Szenario „Optimistic“ gewählte Ansatz erscheint sehr hoch. Es zeigt sich in der Statistik jedoch, dass in den Jahren 2005-2019 mehrfach der gewählte „doppelte Ansatz“ überschritten werden konnte.

Die Wirkung der Maßnahmen wurde einheitlich mit -5 dB bewertet. Dies bildet zum einen den offenporigen Asphalt ab (siehe z.B. Kapitel 4.3.3), zum anderen eine mittlere pauschale Wirkung einer Lärmschutzwand (siehe Kapitel 4.5).

Anders als die emissionswirksamen Maßnahmen wurde zur Berücksichtigung der Lärmsanierung eine Auswertung der am höchsten belasteten Straßenabschnitte gewählt (siehe Kapitel 2.3.3). Die von diesen Abschnitten betroffenen Personen wurden von der Gesamtstatistik abgezogen und mit geändertem Pegel erneut addiert (siehe Kapitel 2.4).

2.2.2.4 Straßenneubau und Erweiterung

Für den Straßenneubau und die Erweiterung bestehender Straßen wurden keine Zunahmen der Belastungen angesetzt. Dies ist zum einen damit zu begründen, dass der Anteil des Straßenneu- und -ausbaus im Vergleich zum Bestandsnetz marginal ist, zum anderen sind bei Neubauten und wesentlichen Änderungen die Anforderungen der 16. BImSchV einzuhalten, was weitgehend zu Beurteilungspegeln von unter 59 dB(A) tags und 49 dB(A) nachts führen wird (Immissionsgrenzwerte für Allgemeine Wohngebiete). Die in der Umgebungslärmkartierung betrachteten Pegelklassen ab 55 dB(A) (L_{DEN}) bzw. 50 dB(A) (L_{Night}) werden daher nur teilweise berührt. Zuletzt ist durch verbesserten Lärmschutz bei Straßenausbauten teilweise auch eine Minderung der Lärmbelastung zu erwarten, wenn im Bestand kein Lärmschutz existierte oder der vorhandene Lärmschutz unterdimensioniert war (vgl. z.B. „Hamburger Deckel“ an der BAB A7 in Hamburg).

2.2.2.5 Verkehrsentwicklung

Für die Verkehrsentwicklung wird auf eine Veröffentlichung „Gleitende Langfrist-Verkehrsprognose im Auftrag des BMDV – „Prognose 2022““ (Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, 2023) zurückgegriffen. Aus der Entwicklung von 2019 bis 2051 wurde eine mittlere Zunahme der Fahrleistung pro Jahr abgeleitet (Fahrzeugkilometer pro Jahr). Diese unterscheidet sich nach Verkehrsart wie folgt:

- ▶ Der Pkw-Verkehr nimmt pro Jahr im Mittel um 0,12 % zu.
- ▶ Der Verkehr leichter Nutzfahrzeuge (LNF) nimmt pro Jahr im Mittel um 1,82 % zu.
- ▶ Der Verkehr schwerer Nutzfahrzeuge (SNF) nimmt pro Jahr im Mittel um 1,32 % zu.

Ausgehend auf der Annahme, dass die der Lärmkartierung zugrundeliegenden Verkehrsmengen aus dem Jahre 2019 stammen, wird die Zunahmen auf die Prognosezeiträume 2019-2030 sowie

2019-2040 hochgerechnet. Die Zunahme wird dann in dB in die Modellierung aufgenommen. Die leichten Nutzfahrzeuge (LNF) werden mit den Pkw den Fahrzeugen $\leq 3,5$ t zugeordnet, die schweren Nutzfahrzeuge (SNF) den Fahrzeugen $> 3,5$ t. Die Fahrleistungen der Pkw und LNF wurden jeweils summiert, die Fahrleistung der Pkw ist dabei deutlich höher als die der LNF. Im Mittel ergibt sich für die Pkw und LNF eine Zunahme von 0,28 % pro Jahr.

In den Szenarien „Do-nothing“ und „Business-as-usual“ werden angesetzt:

- ▶ für den Pkw-Verkehr eine Zunahme von 0,13 dB für 2030 und 0,25 dB für 2040,
- ▶ für den Lkw-Verkehr eine Zunahme von 0,6 dB für 2030 und 1,2 dB für 2040.

Im Szenario „Optimistic“ wird angesetzt:

- ▶ Innerorts für den Kfz-Verkehr eine Stagnation (0 dB),
- ▶ außerorts für den Pkw-Verkehr eine Zunahme von 0,13 dB für 2030 und 0,25 dB für 2040,
- ▶ außerorts für den Lkw-Verkehr eine Zunahme von 0,6 dB für 2030 und 1,2 dB für 2040.

Tabelle 5: Änderung der Verkehrsmengen – Straßenverkehr

Ausgedrückt in Pegeländerung in dB

Verkehrskategorie		Szenario					
		Do-nothing		Business-as-usual		Optimistic	
		2030	2040	2030	2040	2030	2040
Pkw	Innerorts (≤ 50 km/h)	+0,13	+0,25	+0,13	+0,25	0,0	0,0
	Außerorts (> 50 km/h)	+0,13	+0,25	+0,13	+0,25	+0,13	+0,25
Lkw	Innerorts (≤ 50 km/h)	+0,6	+1,2	+0,6	+1,2	0,0	0,0
	Außerorts (> 50 km/h)	+0,6	+1,2	+0,6	+1,2	+0,6	+1,2

2.2.3 Schienenverkehr

Maßgeblich für die Szenarien ist die Verkehrsentwicklung sowie die Bevölkerungsentwicklung (siehe Kapitel 2.2.1). Diese werden absehbar zu einer Zunahme der Belastung führen. Diesem entgegen steht dann die Lärminderung durch die Lärmsanierung. Wie beim Straßenverkehr kann die Abbildung der Wirkung der Lärmsanierung nur begrenzt über einen einheitlichen gemittelten Ansatz angewandt werden.

2.2.3.1 Lärmsanierung

Die Ansätze zur Lärmsanierung wurden aus Daten zur Lärmsanierung an der Schiene abgeleitet, die vom BMDV zur Verfügung gestellt wurden. Es ergeben sich hieraus die in Tabelle 6 dargestellten Mengen.

Tabelle 6: Zunahme im Rahmen der Lärmsanierung Schiene

Typ	Mittelwert	Maximum
Schallschutzwand	45 km	75 km

Gemittelte Werte 2016-2022 aus Daten des BMDV

Für die Szenarien wurden folgende Ansätze an Streckenlängen gewählt:

- ▶ Im Szenario „Do-nothing“ wurde von keiner weiteren Lärmsanierung ausgegangen.
- ▶ Im Szenario „Business-as-usual“ wurden die Ansätze fortgeschrieben, d.h. eine Zunahme von 45 km pro Jahr. Dies wurde über 8 bzw. 18 Jahre hochgerechnet.
- ▶ Im Szenario „Optimistic“ wurden der maximale Ansatz im betrachteten Zeitraum gewählt, d.h. eine Zunahme von 75 km pro Jahr. Dies wurde über 8 bzw. 18 Jahre hochgerechnet.

Die Wirkung der Maßnahmen wurde einheitlich mit -5 dB bewertet. Dies bildet eine mittlere pauschale Wirkung einer Lärmschutzwand ab (siehe Kapitel 4.5).

Anders als die emissionswirksamen Maßnahmen wurde zur Berücksichtigung der Lärmsanierung eine Auswertung der am höchsten belasteten Schienenabschnitte gewählt (siehe auch Kapitel 2.3.3). Die von diesen Abschnitten betroffenen Personen wurden von der Gesamtstatistik abgezogen und mit geändertem Pegel erneut addiert (siehe Kapitel 2.4).

2.2.3.2 Verkehrsentwicklung

Für die Verkehrsentwicklung wird ebenfalls auf die Veröffentlichung „Gleitende Langfrist-Verkehrsprognose im Auftrag des BMDV – „Prognose 2022““ (Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, 2023) zurückgegriffen. Aus der Entwicklung von 2019 bis 2051 wurde eine mittlere Zunahme pro Jahr abgeleitet. Der Eisenbahnverkehr nimmt pro Jahr im Mittel um rund 1,2 % zu. Es gibt in der Prognose bis ungefähr Mitte der 2040er-Jahre Unterschiede in der Entwicklung des Güterverkehrs sowie des Personenverkehrs, die hier jedoch nicht weiter berücksichtigt werden.

Ausgehend auf der Annahme, dass die der Lärmkartierung zugrundeliegenden Verkehrsmengen aus dem Jahre 2019 stammen, wird die Zunahmen auf die Prognosezeiträume 2019-2030 sowie 2019-2040 hochgerechnet. Die Zunahme wird dann in dB in die Modellierung aufgenommen:

- ▶ Zunahme von 0,6 dB für 2030
- ▶ Zunahme von 1,1 dB für 2040

Die Effekte werden in allen drei Szenarien identisch angesetzt.

Tabelle 7: Änderung der Verkehrsmengen – Schienenverkehr

Ausgedrückt in Pegeländerung in dB

Verkehrskategorie	Szenario					
	Do-nothing		Business-as-usual		Optimistic	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040
Schienenverkehr	+0,6	+1,1	+0,6	+1,1	+0,6	+1,1

2.2.3.3 Weitere Entwicklungen

Aufgrund der weitgehend abgeschlossenen Umstellung der Güterzüge auf geräuschärmere Bremssysteme wird für diese emissionsseitig keine weitere Minderung angesetzt.

2.2.4 Flugverkehr

Für den Flugverkehr ist zum einen die Verkehrsentwicklung, zum anderen eine Flottenerneuerung angesetzt worden.

2.2.4.1 Flottenerneuerung

Für die Flottenerneuerung wird von den im „European Aviation Environmental Report 2016“ (European Environmental Agency, 2016) genannten Ansätzen ausgegangen. Als wahrscheinlichste Entwicklung wird ein Emissionsrückgang von 0,1 dB pro Jahr bis 2035 genannt, ein Rückgang von 0,3 dB pro Jahr bei einer erhöhten Austauschrate. Nach 2035 wird keine weitere Veränderung angesetzt. Daraus ergeben sich folgende Ansätze:

- ▶ Szenario „Do-nothing“: keine Änderung durch Flottenerneuerung
- ▶ Szenario „Business-as-usual“: -0,1 dB pro Jahr für rund 10 (2030) bzw. 15 Jahre (2040).
- ▶ Szenario „Optimistic“: -0,3 dB pro Jahr für rund 10 (2030) bzw. 15 Jahre (2040).

2.2.4.2 Verkehrsentwicklung

Für die Verkehrsentwicklung wird auf die aktuelle Fassung des „European Aviation Environmental Report 2022“ (European Environmental Agency, 2022) zurückgegriffen. Aus den online verfügbaren Daten zur in Abbildung 2 dargestellten Entwicklung des Flugverkehrs wurde ein Ansatz für die zu betrachtenden Szenarien ermittelt. Als Referenz wurde das Jahr 2019 gewählt. Dieses ist als letztes Jahr vor der Corona-Pandemie relevant, da ab 2020 ein relevanter Einbruch der Flugverkehrsbewegungen erfolgte, und wurde in der Regel auch für die Umgebungslärmrechnungen herangezogen.

Für das Szenario „Do-nothing“ wurde das (aus Lärmsicht) pessimistische „high traffic scenario“, für das Szenario „Optimistic“ das „low traffic scenario“ gewählt. Es ergeben sich in letzterem geringe Abnahmen gegenüber 2019 (-4 % für 2030 und -1 % für 2040). Das Basisszenario prognostiziert Zunahmen von 7 % (2030) bzw. 16 % (2040), das höhere Szenario Zunahmen von 23 % (2030) bzw. 41 % (2040),

Daraus ergeben sich folgende Ansätze:

- ▶ Szenario „Do-nothing“: +0,9 dB für 2030 und +1,5 dB für 2040
- ▶ Szenario „Business-as-usual“: +0,3 dB für 2030 und +0,6 dB für 2040
- ▶ Szenario „Optimistic“: -0,2 dB für 2030 und ±0 dB für 2040

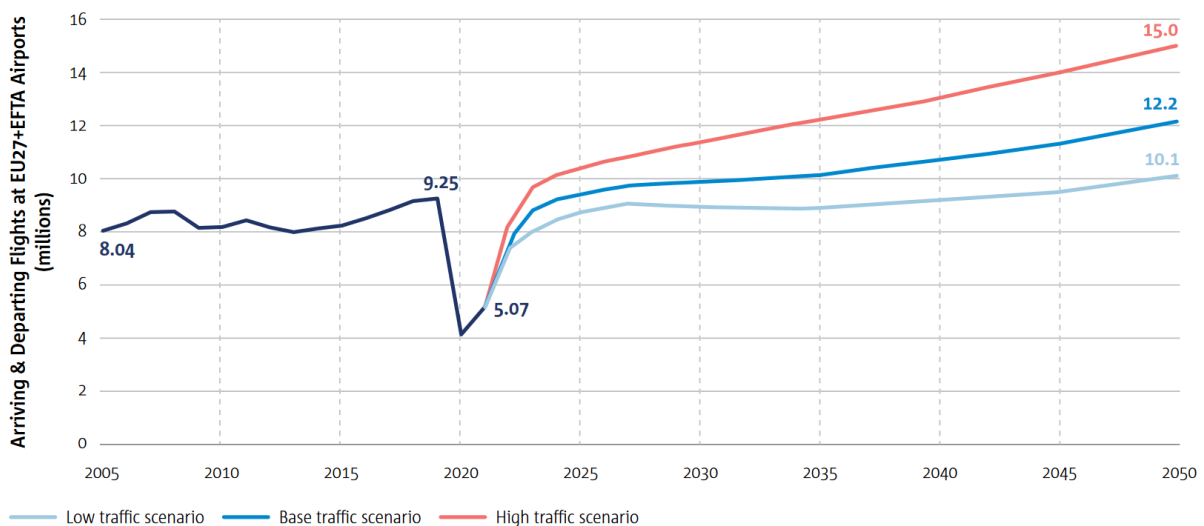
Tabelle 8: Änderung der Verkehrsmengen – Flugverkehr

Ausgedrückt in Pegeländerung in dB

Verkehrskategorie	Szenario					
	Do-nothing		Business-as-usual		Optimistic	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040
Flugverkehr	+0,9	+1,5	+0,3	+0,6	-0,2	±0,0

Die Verkehrszunahme im „high traffic scenario“ (+62 % bis 2050 im Vergleich zu 2019) entspricht in etwa der Prognose der Zunahme des Personenflugverkehr (+67 % bis 2050 im Vergleich zu 2019) in der „Gleitenden Langfrist-Verkehrsprognose im Auftrag des BMDV – „Prognose 2022““ (Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, 2023). In letzterer Studie ist der Güterflugverkehr nicht enthalten, zudem sind keine Szenarien aufgeführt. Daher wurde für den Flugverkehr auf die detailliertere Studie zurückgegriffen.

Abbildung 2: Entwicklung des Flugverkehrs in Europa



Quelle: (European Environmental Agency, 2022)

2.3 Modellierung

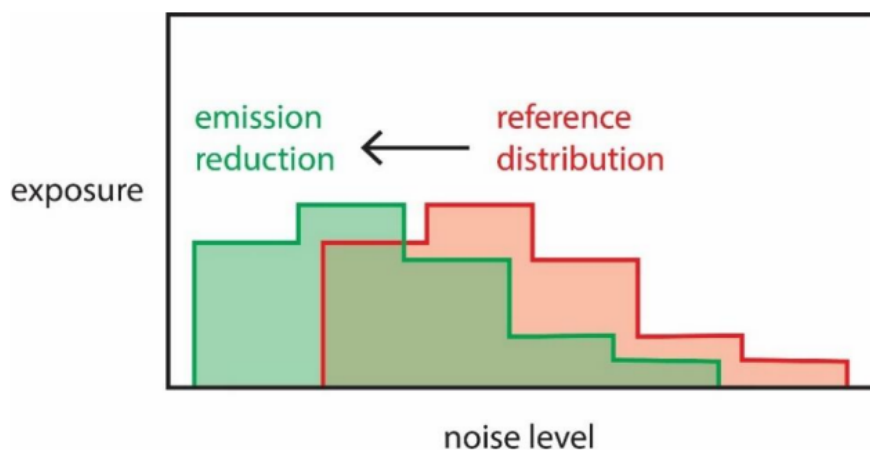
Für die Abschätzung der Betroffenheit wurde ein Modell entwickelt, in dem aufbauend auf den Lärmpegeln der Lärmkartierung für die Verkehrsarten Straßen-, Schienen- und Flugverkehr die Veränderung in den Pegelklassen ermittelt werden kann. Für Schienen- und Flugverkehr wird direkt auf den Zahlen der Lärmkartierung aufbauend eine Verteilung der Betroffenen auf feinere Pegelklassen vorgenommen (siehe Kapitel 2.3.1). Für den Straßenverkehr erfolgte zunächst eine Abschätzung der Betroffenheiten in Bezug auf verschiedene Straßentypen (Autobahn, Außerorts, Innerorts) sowie zulässiger Höchstgeschwindigkeiten (siehe Kapitel 2.2.2). Für Straßen- und Schienenverkehr wurde zudem die Lärmsanierung anhand einer überschlägigen Priorisierung der höchstbelasteten Streckenabschnitte gewählt (siehe Kapitel 2.3.3).

2.3.1 Verteilung der Betroffenen auf feinere Pegelklassen und Verschiebung durch Maßnahmenwirkung

In den Auswertungen zur Lärmkartierung nach Umgebungslärmrichtlinie wird die Anzahl der Betroffenen jeweils nur in Pegelklassen mit Schrittweite von 5 dB ausgewertet. Diese Pegelklassen werden sowohl bei der Berechnung der Betroffenen anhand von Fassadenpunkten als auch bei der Rasterdarstellung verwendet. Für den Zeitraum L_{DEN} werden dabei Pegel ab 55 dB(A) bis zur Klasse >75 dB(A) dargestellt.

Abbildung 3 aus der Phenomena-Studie (Europäische Kommission, 2021) zeigt das gewählte Vorgehen, das auf einer Verschiebung der Betroffenheit in den Pegelklassen beruht. Da die anzusetzenden Maßnahmenwirkungen eine feinere Auflösung als 5 dB(A) aufweisen, ist es notwendig, die Betroffenen auf eine feinere Klassifizierung zu verteilen. Es wurde als Auflösung eine Schrittweite von 0,1 dB gewählt. Dies ist ausreichend, um die unterschiedlichen Maßnahmenwirkungen abzubilden. Datenauswertungen im Rahmen des Projektes, die auf den tatsächlichen, nicht klassifizierten Fassadenpegeln beruhen (siehe Kapitel 3.2.1), zeigen, dass bei detaillierterer Betrachtung nicht sicher von einem einfachen Polynom oder einer linearen Regression ausgegangen werden kann.

Abbildung 3: Illustration des Effekts einer Reduktion der Lärmbelastung auf die Betroffenen in den Pegelklassen



Quelle: (Europäische Kommission, 2021)

Für die Verteilung der Betroffenen auf 0,1 dB-Klassen wurde daher der einfache Ansatz einer gleichmäßigen Verteilung innerhalb der jeweiligen Pegelklasse gewählt. Das bedeutet, dass z.B. bei 1.000.000 Betroffenen in einer 5-dB-Klasse jeweils 1/50 auf jede 0,1-dB-Klasse entfällt, die damit 20.000 Betroffene umfasst. Eine Minderung der Betroffenheit wird damit in dieser Klasse pro 0,1 dB zu einem Rückgang von 20.000 Betroffenen führen. Es kommt innerhalb dieser Klasse jedoch gleichzeitig zu einer Zunahme aus der Pegelklasse oberhalb: die Betroffenen der jeweils höheren Klasse erfahren ebenfalls eine Minderung und erreichen dann die Werte der darunterliegenden Pegelklasse. Am Ende werden die in 0,1-dB-Schritten vorliegenden Ergebnisse für die Auswertung wieder auf 5-dB-Klassen aggregiert.

Da einzelne Maßnahmen Szenarien auch eine Zunahme der Lärmpegel umfassen, ist es notwendig, auch die Betroffenen der Pegelklasse unterhalb 55 dB(A) abzuschätzen. Das Vorgehen wurde entsprechend der Phenomena-Studie (Europäische Kommission, 2021) und den dort genannten Quellen gewählt: jeweils für Straßenverkehr innerorts und außerorts, für

Schieneverkehr und Flugverkehr stehend entsprechende parametrisierte Formeln zur Verfügung. Da keine Pegelzunahme >5 dB angesetzt wird, ist einzig die Pegelklasse 50-55 dB(A) relevant.

2.3.2 Straßenverkehr

Um die Lärmbelastung für den Straßenverkehr schätzen zu können, sollte eine Trennung der Belastungen in verschiedene Straßenklassifizierungen erfolgen. Diese ergeben sich u.a. aus den zuvor beschriebenen Maßnahmen (siehe Kapitel 2.2.2), die u.a. eine Trennung in die Kategorien Autobahn, Innerortsstraße sowie Außerortsstraße erfordern. Zudem sind einige Maßnahmen, wie z.B. ein Tempolimit von 120 km/h auf Autobahnen sowie von 30 km/h innerorts, nur quantitativ abzuschätzen, wenn der jeweilige Betroffenenanteil ermittelt werden kann.

Für das Projekt stehen keine vollständigen Daten der Lärmkartierungen zur Verfügung. Es liegt im Netz der kartierten Straßen des Umweltbundesamtes nur die jährliche Verkehrsmenge vor. Für eine tatsächliche Lärmberechnung sind weitere Parameter erforderlich (u.a. zulässige Höchstgeschwindigkeit, Anteil schwerer Nutzfahrzeuge, Straßendeckschicht), die nicht zur Verfügung stehen. Daher musste eine Abschätzung gewählt werden, die auf verschiedene Datenquellen zugreift. Für das Modell zum Straßenverkehr wurden Daten der Lärmpegelklassen aus der Lärmkartierung, des täglichen Verkehrsaufkommens, Eigenschaften der Straßen (Gattung und maximale Fahrgeschwindigkeit) und Einwohnerzahlen zusammengetragen und miteinander verschnitten. Im folgenden Abschnitt wird grob das Vorgehen der Datenaufbereitung beschrieben und die darauf aufbauende Ermittlung der Belastetenzahlen pro Straßenabschnitt und Lärmpegelklasse.

2.3.2.1 Straßengeometrie und Verkehrsdaten

Die geometrische Datenbasis für Straßen und deren Verkehrsaufkommen wird gebildet aus zwei Datensets:

- ▶ Netz der kartierten Straßen vom Umweltbundesamt 2017
- ▶ Netz der kartierten Straßen vom Umweltbundesamt 2022

Da das Straßennetz aus dem Jahr 2017 umfangreicher ist als das aus dem Jahr 2022, wurden beide Netze zusammengefügt (siehe Abbildung 1). Die jährlichen Verkehrsmengen standen in den Verkehrsnetzen zur Verfügung, es fehlen jedoch weitere notwendige Angaben (Straßengattung, Höchstgeschwindigkeit, Anteil schwere Nutzfahrzeuge, Straßendeckschicht).

2.3.2.2 Straßenattribute

Weitere notwendige Eigenschaften der Straßen (Straßengattung und maximale erlaubte Fahrgeschwindigkeit) wurden von OpenStreetMap (OSM) übernommen. Dazu wurden aktuelle OSM-Daten heruntergeladen. Die OSM-Attribute ‚maxspeed‘ und ‚highway‘ aus dem hieraus erstellten OSM-Straßennetz wurden anschließend mit einer räumlichen Verknüpfung auf die Straßengeometrie mit den Verkehrsdaten übertragen.

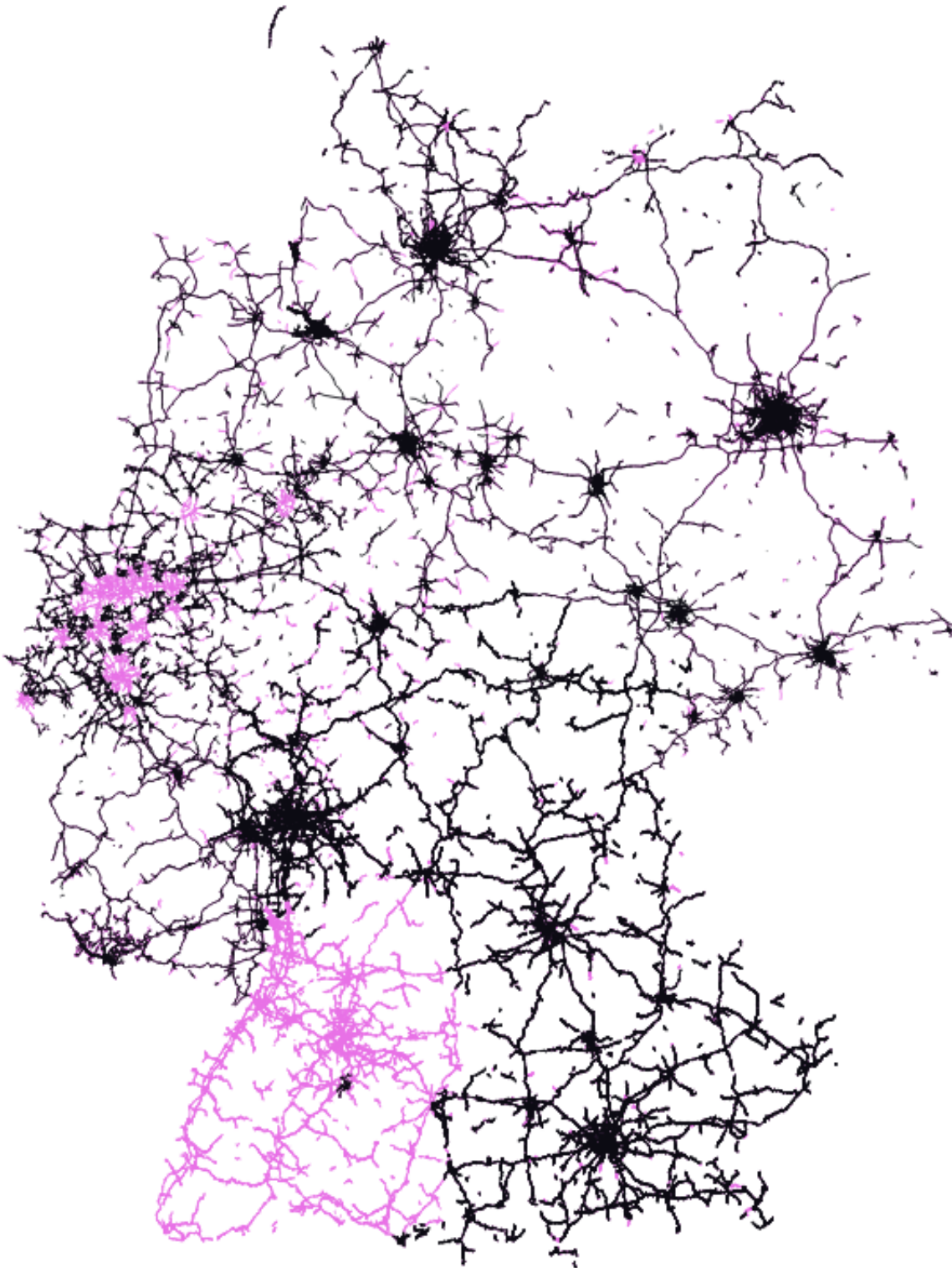
Einige OSM-Straßenabschnitte enthalten keine Werte bei den relevanten Attributen. In diesen Fällen konnten keine Attribute in das Verkehrsstraßennetz übernommen werden. An entsprechenden Stellen wurden die Gattung anhand der StraßenID aus den Verkehrsdatennetzen abgeleitet (z.B. „A30“ erhält die Gattung ‚Autobahn‘) und die Höchstgeschwindigkeit wurde

entsprechend der jeweiligen Straßengattung pauschalisiert angenommen. Autobahnen wurde in diesen Fällen die Maximalgeschwindigkeit von 130 km/h zugewiesen.

2.3.2.3 Einwohnerzahlen und Immissionen

Aus der Kartierung stehen beim Umweltbundesamt keine Fassadenpegel zur Verfügung, die für eine weitere Auswertung herangezogen werden können. Eine Auswertung der Lärmraster führt jedoch nicht zur gewünschten Abschätzung der Betroffenheit. Es war daher notwendig, anhand der Raster einen Datensatz von Fassadenpegeln abzuleiten.

Abbildung 4: Straßennetz der Kartierung 2022 (schwarz) erweitert mit Geometrien aus der Kartierung 2017 (pink)

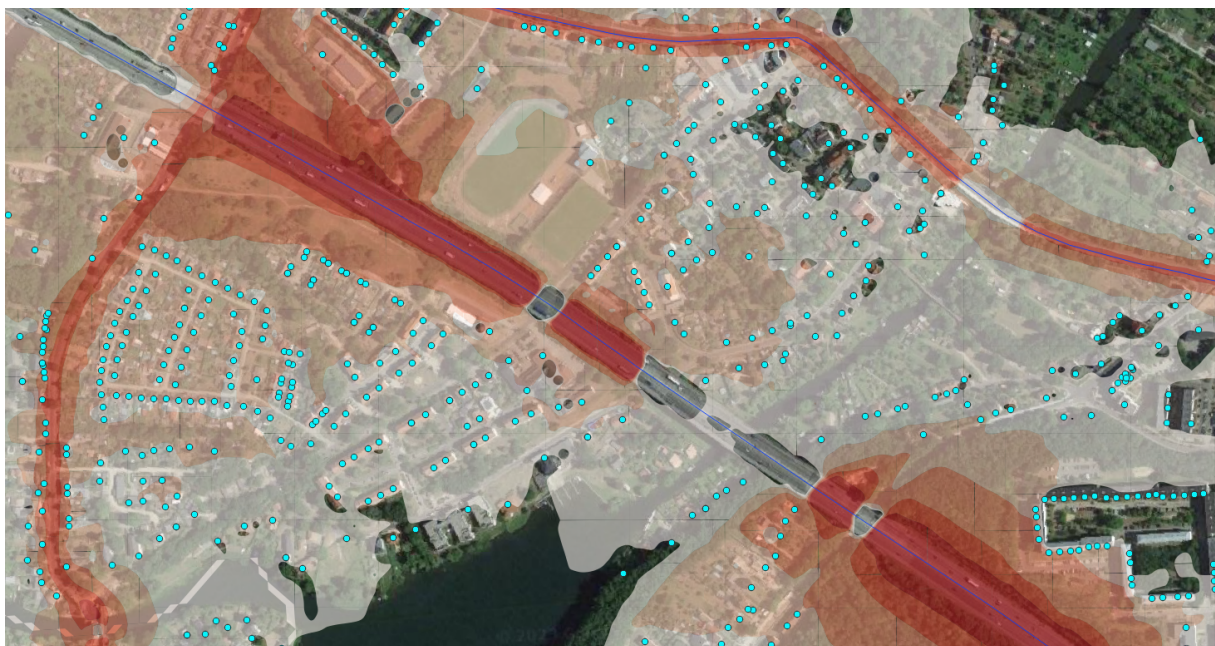


Quelle: eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Es wurde vom Umweltbundesamt der Datensatz „Haushalte Einwohner Bund“¹ zur Verfügung gestellt, der bundesweit pro Hausmittelpunkt eine Abschätzung der Einwohnenden beinhaltet. Die Punkte werden mit den Lärmpegelklassen der Lärmkarten räumlich zugeordnet. Diese Daten wurden vom Umweltbundesamtes zur Verfügung gestellt. Das Lärmraster weist eine Auflösung von 10 m auf, der Lärmpegel liegt in den bekannten Pegelklassen mit Schrittweite von 5 dB vor.

Einzelne Punkte „innerhalb von Gebäuden“ sind im Lärmraster als „nicht berechnet“ entsprechend mit keinem relevanten Lärmpegel ($L_{DEN} \geq 55$ dB(A)) belegt. Um Probleme bei der Zuordnung zu umgehen, wurden Punkten außerhalb einer relevanten Rasterfläche der nächstgelegene Wert in einem maximalen Einzugsbereich von 20 m zugeordnet. In Abbildung 5 ist beispielhaft ein Auszug aus einer GIS-Visualisierung zu sehen, dass die Häuser (Punkte) und das Lärmraster darstellt. Visualisiert ist der auf relevante Lärmpegel reduzierte Datensatz. Punkte außerhalb $L_{DEN} \geq 55$ dB(A) werden entfernt. Erkennbar im unteren Bereich sind auch einzelne Punkte, denen nur aufgrund des Einzugsbereichs von 20 m ein Lärmpegel zugewiesen wurde.

Abbildung 5: Fassadenpegel von Häusern (blaue Punkte) hinterlegt mit Lärmpegelraster



Quelle: eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH, Lärmraster: Umweltbundesamt, Punktfeatures: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Jahr), Datenquellen: https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_HH-EW-Bund.pdf

2.3.2.4 Ermittlung der Belastetenzahlen pro Straßenabschnitt und Lärmpegelklasse

Anhand des Punktdatensatzes mit Lärmpegelklasse sollen die Belastetenzahlen pro Straßengattung und pro Lärmpegelklasse ermittelt werden. Hierzu wurde wie folgt vorgegangen:

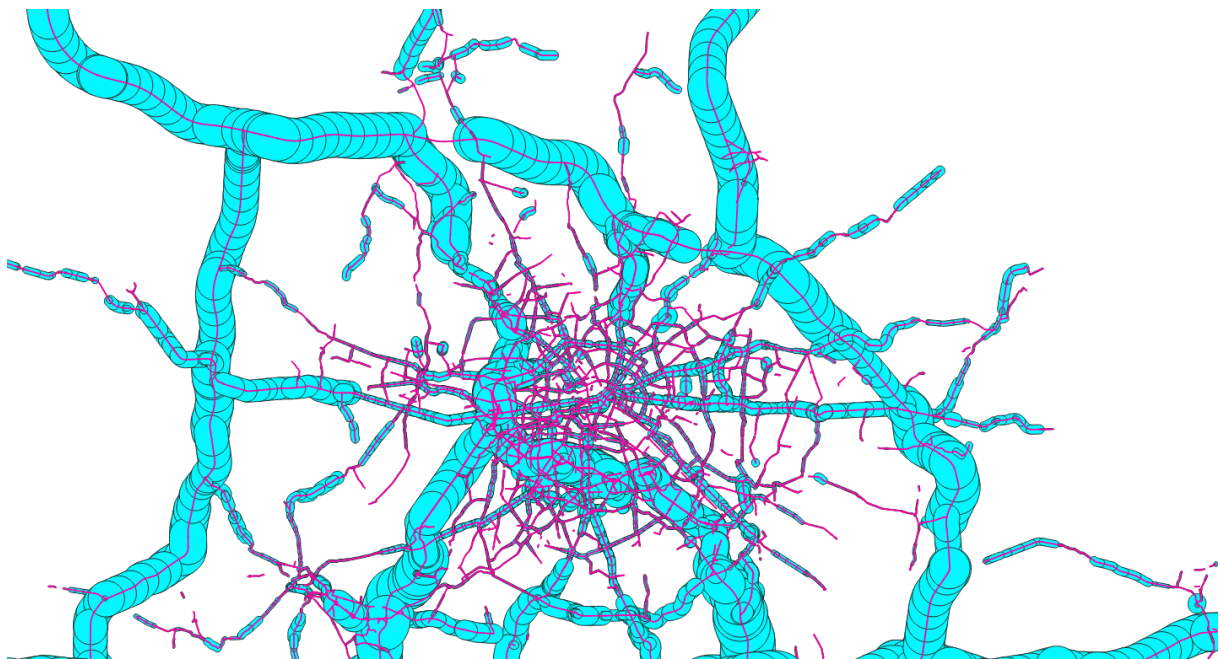
- ▶ Anhand des durchschnittlichen Emissionspegels eines Straßenabschnitts werden Puffer um die Straßenabschnitte gelegt. Dieser umfasst in etwa den Bereich, der bei „freier Ausbreitung“ einen Pegel $L_{DEN} \geq 55$ dB(A) bewirkt. Abbildung 6 zeigt einen Ausschnitt aus einer Visualisierung.

¹ © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Jahr), Datenquellen: https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_HH-EW-Bund.pdf

- ▶ Wenn ein Punkt nur in einem Puffer liegt, wird dieser dem entsprechenden Straßenabschnitt zugewiesen.
- ▶ Sofern ein Punkt in mehreren Puffern liegt, wird für jede Quelle (Straße) der Immissionspegel auf Basis des Abstandes zum Straßenabschnitt sowie der des Emissionspegels näherungsweise abgeschätzt.
- ▶ Jeder Punkt wird dann dem Puffer (und damit dem zugehörigen Straßenabschnitt) zugewiesen, der den höchsten Immissionspegel erzeugt.
- ▶ Für jeden Straßenabschnitt werden die Betroffenenanzahlen je Lärmpegelklasse aufsummiert.

Abbildung 6: Bufferpolygone aus Tag-Abend-Nacht-Pegel

Verschneiden der Gebäudepunkfeatures mit Puffer und Ermittlung der Belastetenzahlen



Quelle: eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Tabelle 9: Schema des finalen Datensets nach dem Summieren der Einwohnerzahlen pro Straßenabschnitt und Lärmpegelklasse

StraßenID	Straßenvariante	Abschnittslänge /m	Betroffene >55 dB(A)	Betroffene >60 dB(A)	Betroffene >65 dB(A)	Betroffene >70 dB(A)	Betroffene >75 dB(A)
287362	B80	770	54	7	1	-	-
287494	L50	496	17	11	57	7	-
287974	B50	57	8	2	-	-	-
287975	B50	284	120	10	35	10	-
288584	L30	120	-	-	-	-	-

Quelle: eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Das Resultat ist ein Datensatz, in dem alle Straßenabschnitte mit dem Attribut ‚Straßenvariante‘ (eine Kombination aus Straßengattung und Geschwindigkeitsbegrenzung) und den summierten Einwohnerzahlen je Lärmpegelklasse zusammengefasst sind. In Tabelle 9 ist exemplarisch ein kleiner Ausschnitt des finalen Datensets dargestellt.

2.3.3 Modellierung der zu berücksichtigenden Lärmsanierungsabschnitte

Für die Ermittlung der mit der Maßnahme „Lärmsanierung“ zu berücksichtigenden Abschnitte erfolgte sowohl für den Straßenverkehr als auch den Schienenverkehr eine Auswertung der am höchsten belasteten Abschnitte. Die Streckenabschnitte wurden in früheren Schritten bereits auf maximal 1.000 m lange Segmente geteilt. Beim Straßenverkehr ergab sich die Zuordnung zu den Straßenkategorien anhand der zuvor genannten Modellierung. Beim Schienenverkehr wurden den aus dem Raster ermittelten Hauspunkten die jeweils nächstgelegene Schienenstrecke zugewiesen. In der Abfrage ergeben sich dann die Belastungen pro Abschnitt in den Pegelklassen.

Für die Priorisierung wurde eine Summation der Belastungen $L_{DEN} \geq 65$ dB(A) gewählt. Dieses bildet in etwa die Tag-Grenze der Lärmsanierung für allgemeine und reine Wohngebiete (64 dB(A)) bzw. Kern-, Dorf- und Mischgebiete (66 dB(A)) ab. Sofern aufgrund des Umfangs der anzusetzenden Abschnitte in der Priorisierung auch Abschnitte enthalten sind, die keine Belasteten über 65 dB(A) mehr aufweisen, wurde die Priorisierung mit Betroffenen in den niedrigeren Pegelklassen fortgesetzt.

Für den Straßenverkehr wurde die Anzahl der Betroffenen in den ermittelten Abschnitten von den mit sonstigen Maßnahmen ermittelten Betroffenen abgezogen. Hiermit ergibt sich eine geringe Diskrepanz, da die Priorisierung anhand der nicht reduzierten Belastungen gewählt wird und für die betroffenen Abschnitte beide Wirkungen belegt werden. Aufgrund der gewählten Wirkung für die Lärmsanierung von 5 dB (siehe Kapitel 2.2.2.3) ist eine direkte Änderung in den Pegelklassen möglich. Es ist zu beachten, dass bei einer Minderung von 5 dB die jeweils ermittelten Betroffenen aus der jeweiligen Pegelklasse abzuziehen sind, in der darunter befindlichen Pegelklasse jedoch zu addieren sind. Die Minderungswirkung ist daher mit Ausnahme der Pegelklasse >75 dB(A) geringer als die identifizierte Betroffenenanzahl. Die kombinierte Maßnahmenwirkung ist exemplarisch in Abbildung 10 dargestellt.

Beim Schienenverkehr wurde, abweichend vom Vorgehen zum Straßenverkehr, eine Normierung vorgenommen. Hierzu wurden die Effekte relativ zur gesamten ermittelten Belastetenzahl im Modell ausgewertet. Dieser Anteil wurde auf die Belasteten in den Pegelklassen in den vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellten Daten angewendet.

2.4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der zu betrachtenden Szenarien „Do-nothing“, „Business-as-usual“ und „Optimistic“ werden jeweils für das Bezugsjahr 2030 sowie 2040 berechnet. Ausgewertet wird der Lärmindex L_{DEN} . Maßnahmenwirkungen liegen nicht getrennt für die einzelnen Zeiträume – Tag, Abend, Nacht – vor. Emissionsminderungen an den Fahrzeugen wirken in allen Zeiträumen gleichmäßig. Es wird nicht von Geschwindigkeitsänderungen ausschließlich im Nachtzeitraum ausgegangen, die Verkehrsmenge liegt nur als Jahresstatistik vor. Daher ist eine Auswertung für den Nachtzeitraum aus fachlicher Sicht entbehrlich.

Die Berechnung der Maßnahmenwirkung bei den Emissionen des Straßenverkehrs unterscheidet jedoch nach Pkw und Lkw. Für die einzelnen Zeiträume wurde der pauschale Anteil schwerer Nutzfahrzeuge auch bei der Ermittlung der Gesamtemissionsminderung angesetzt, ebenso die anteilige Verteilung der Verkehre auf die Zeiträume. Für den Straßenverkehr ergibt sich somit im Lärmindex L_{DEN} eine entsprechende Gewichtung.

2.4.1 Straßenverkehr

Auf dem zuvor beschriebenen Berechnungsmodell (siehe Kapitel 2.3.1) wurden die Auswirkungen der zu betrachtenden Szenarien untersucht. Das Modell berücksichtigt die Straßen klassifiziert mit ihrem Beitrag zur Gesamtbelastung. Die ebenfalls zuvor beschriebenen Maßnahmen liegen mit ihrer Emissionswirkung für die einzelnen Straßen, getrennt nach Lage (Autobahn, außerorts, innerorts) sowie zulässiger Höchstgeschwindigkeit, vor.

2.4.1.1 Validierung

In Abbildung 7 dargestellt sind die Modellierungsergebnisse für den Straßenverkehr im Vergleich zur Datenauswertung des Umweltbundesamtes aus den Ergebnissen der Lärmkartierung 2022. Die Daten des Umweltbundesamtes umfassen dabei alle von den Kommunen an die Bundesländer gemeldeten Belasteten.

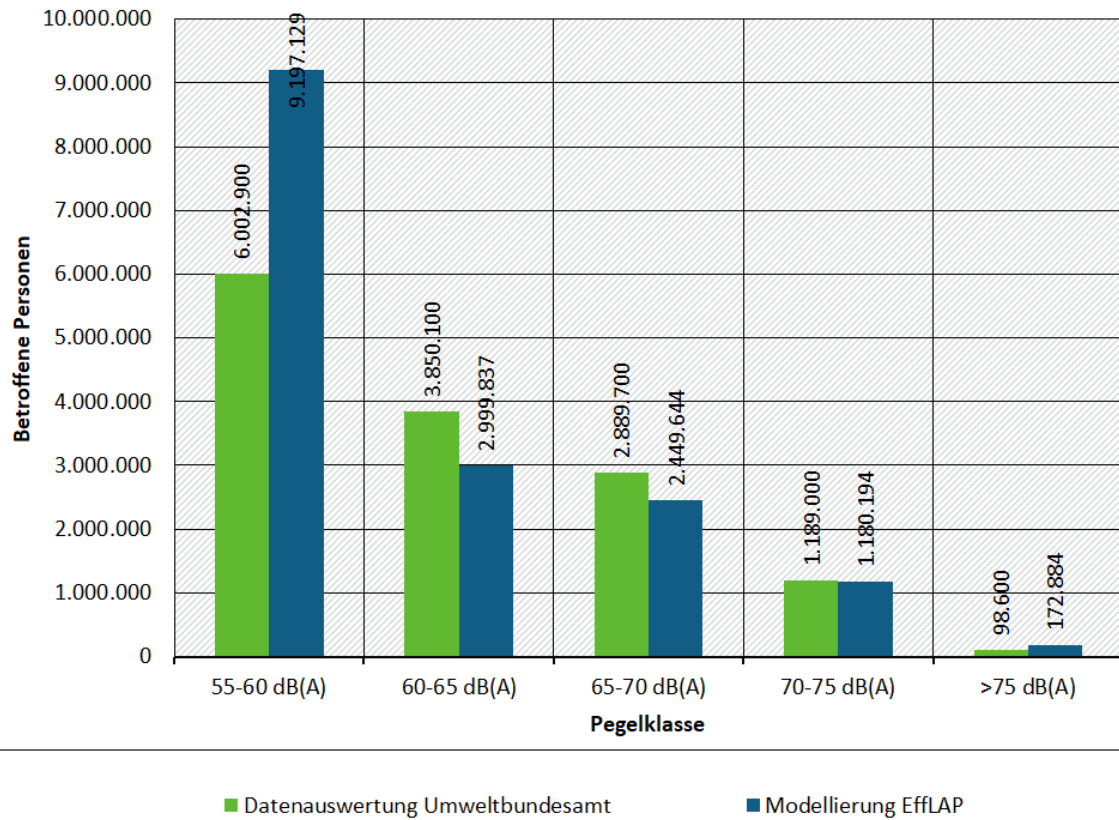
Es zeigt sich im Vergleich, dass die Betroffenheit für die Pegelklassen ab 70 dB(A) in absoluten Zahlen keine hohe Abweichung aufweist. Bei den Betroffenen über 75 dB(A) ist durch die geringe Anzahl jedoch die prozentuale Abweichung relativ hoch. In den Pegelklassen 60-65 dB(A) sowie 65-70 dB(A) wird die Belastung unterschätzt, die Abweichung ist mit rund -15 bis -20 % noch vergleichsweise gering. Bei den Belasteten 55-60 dB(A) tritt eine deutliche Überschätzung um rund 50 % auf.

Grundsätzlich liegen aufgrund der unterschiedlichen Datenquellen – Lärmkartierung: u.a. Daten der Einwohnermeldeämter, EffLAP: bundesweiter Datensatz – Abweichungen in den Betroffenenzahlen pro Gebäude vor. Die starke Überschätzung der Betroffenen in der Pegelklasse 55-60 dB(A) kann vor allem aber auch damit begründet werden, dass bei der Zuweisung der Gebäudepunkte zu den Pegelbereichen der Lärmraster auch Bereiche außerhalb der tatsächlichen Raster zugewiesen wurden. Es wurde eine Verknüpfung auch bis zu einer Distanz von 20 m gewählt, um auch für Gebäudepunkte in nicht berechneten Flächen innerhalb von Gebäuden einen validen Wert zu erhalten (siehe Kapitel 2.3.2.3). Abbildung 9 zeigt exemplarisch Gebäude, denen nur durch die gewählte Toleranz ein Wert zugewiesen werden konnte. Bei den Auswertungen wird aufgrund der systematischen Unterschiede die prozentuale Änderung in den Pegelklassen dargestellt und bewertet. Darüber hinaus ist in der untersten Pegelklasse zu erwarten, dass bei vielen Gebäuden weniger als der halbe Gebäudemantel relevanten Lärmpegeln ausgesetzt ist und daher in der Lärmkartierung nach den BEB nicht alle Einwohnenden als belastet bewertet werden.

Eine Unterschätzung der Belastung im Berechnungsmodell ist zudem dadurch zu erwarten, dass das vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellte Netz nicht vollständig die kartierten Bereiche erfasst. Dargestellt sind in Abbildung 8 das Netz 2022 sowie das Lärmraster L_{DEN} . Erkennbar ist, dass im dargestellten Bereich Netzergänzungen nicht im Straßennetz erfasst sind. Durch die Kombination des Straßennetzes aus der Lärmkartierung 2022 um die bereits 2017 erfassten Abschnitte (siehe Kapitel 2.3.1) wurde bereits eine Verbesserung erreicht, eine Analyse zeigte jedoch, dass weiterhin Diskrepanzen zwischen Netz und in der Kartierung berechneten Rasterflächen besteht.

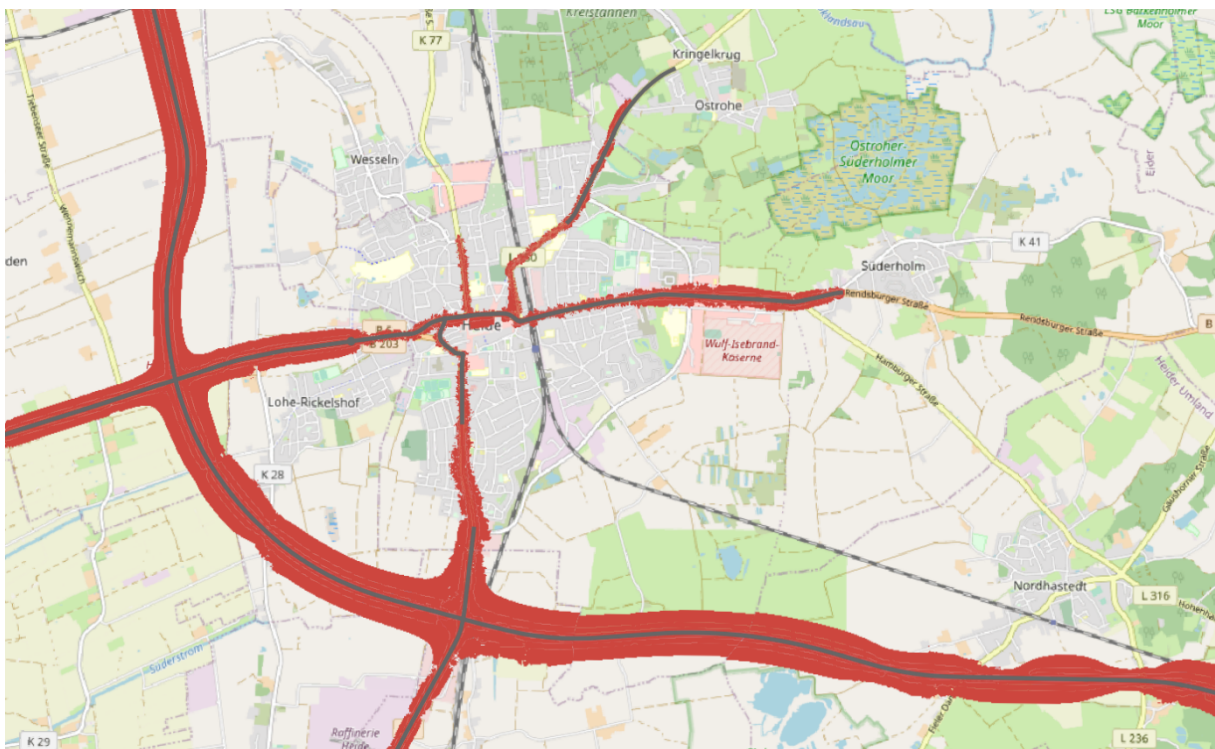
Abbildung 7: Vergleich der Modellierung Straßenverkehr mit Auswertung zur Lärmkartierung

Vergleich Datenauswertung des Umweltbundesamtes zur Lärmkartierung 2022 mit Modellierungsergebnissen Straßenverkehr EffLAP



Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 8: Darstellung der Lärmkarte L_{DEN} sowie des Straßennetzes



Quelle: eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH
Lärmraster und Straßenachse: Umweltbundesamt
Hintergrundkarte: © OpenStreetMap-Mitwirkende

Abbildung 9: Beispiel für Gebäudepunkte und Lärmraster



Quelle: eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

2.4.1.2 Kombinierte Maßnahmenwirkung

In den Ergebnissen überlagern sich emissionswirksame Maßnahmen, Veränderungen der Verkehrsmengen und Änderungen der Bevölkerungsentwicklung. Beim Straßen- und Schienenverkehr kommt hierzu noch der Effekt durch die modellierte Lärmsanierung.

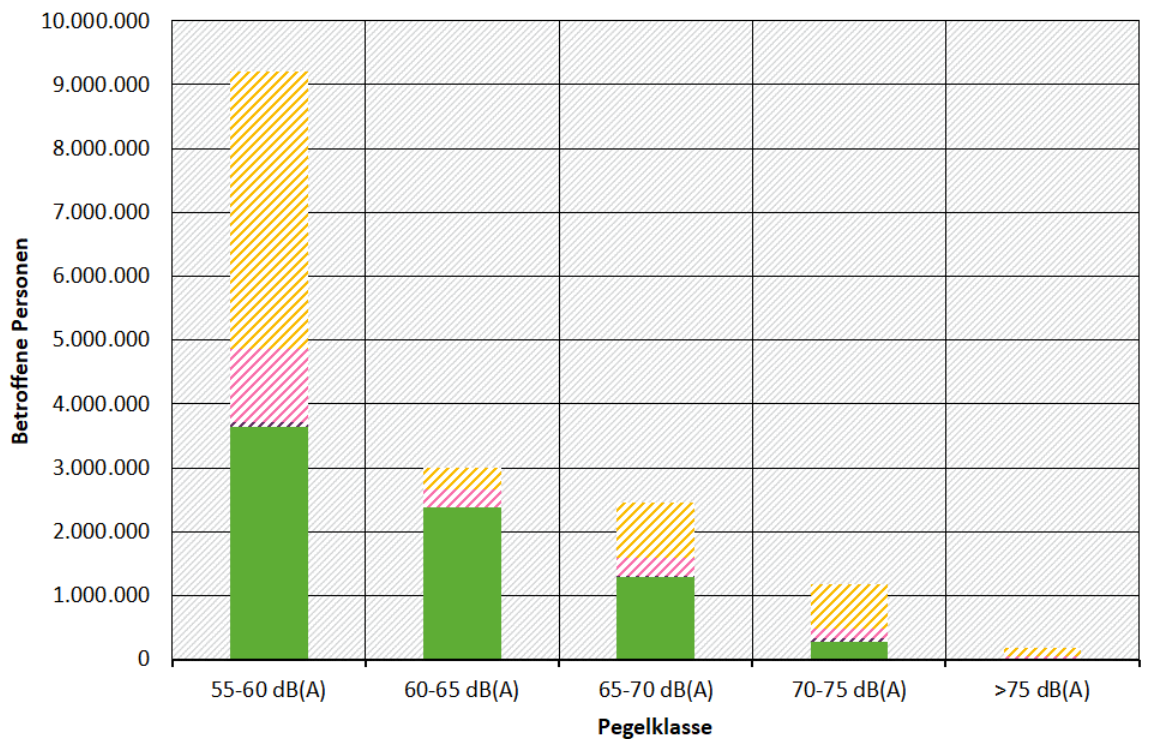
Abbildung 10 zeigt an einem Beispiel die kombinierte Maßnahmenwirkung:

- ▶ Orange schraffiert dargestellt ist die Abnahme der Betroffenen durch die Maßnahmen „Business-as-usual 2040“. Dies umfasst sowohl die Fahrzeugentwicklung als auch Änderungen an den Straßenoberflächen.
- ▶ Pink und violett schraffiert dargestellt sind die Betroffenen, die durch Maßnahmen der Lärmsanierung an Bundesautobahnen und Bundesstraßen entfallen.
- ▶ Grün dargestellt ist die verbleibende Betroffenheit nach kombinierter Maßnahmenwirkung.

Abbildung 10: Exemplarische Darstellung der kombinierten Maßnahmenwirkung

Exemplarische Darstellung der kombinierten Maßnahmenwirkung

Beispiel Straßenverkehr, Szenario "Business-as-usual 2040"



Orange schraffiert: Rückgang durch Maßnahmen Business-as-usual 2040

Pink schraffiert: Rückgang Lärmsanierung Bundesautobahn

Violett schraffiert: Rückgang Lärmsanierung Bundesstraße

Grün: Verbleibende Belastete nach komb. Maßnahmenwirkung

Rückgang durch Lärmsanierung umfasst auch Pegelzunahmen aus höheren Pegelklassen

Quelle: Eigene Berechnungen

2.4.1.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnungen für den Straßenverkehr sind in Abbildung 11 und Abbildung 12 dargestellt. Die Auswertung erfolgt dabei getrennt ohne und mit Berücksichtigung der

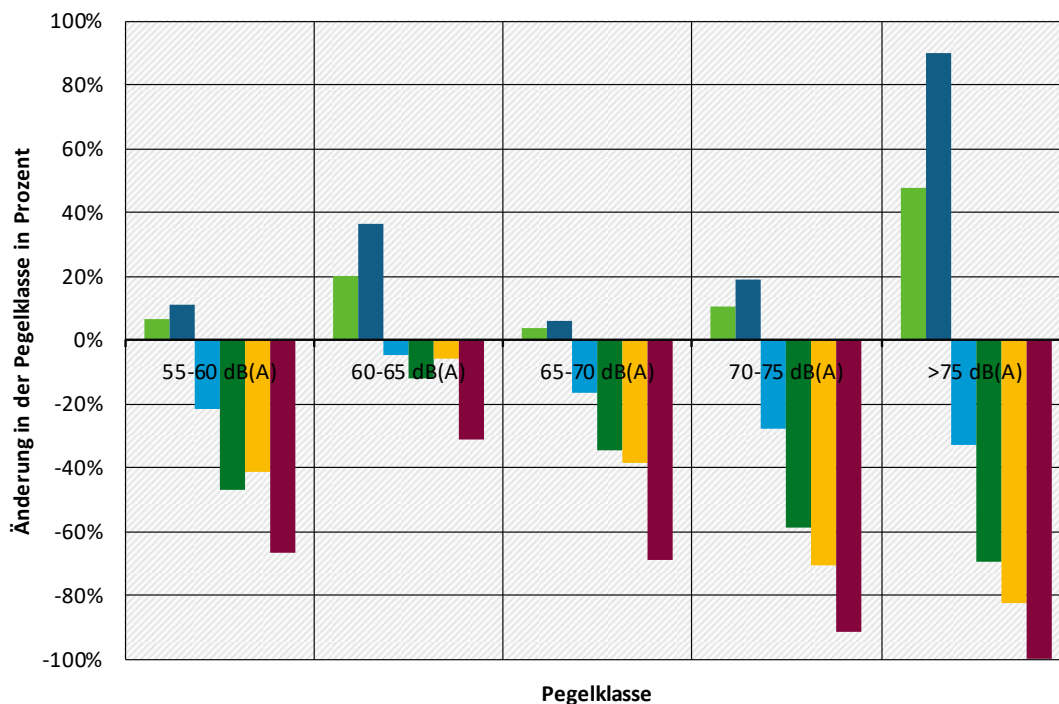
Lärmsanierung, da von dieser insbesondere bei hohen Pegelklassen eine deutliche Minderungswirkung ausgeht.

In Abbildung 11 ersichtlich ist, dass im Szenario „Do-nothing“ wie zu erwarten eine Zunahme der Belastungen auftreten wird. Dies ist der überlagerte Effekt der Verkehrsentwicklung (Zunahme) sowie der Bevölkerungsentwicklung. Bereits im Szenario „Business-as-usual“ kommt es in den höheren Pegelklassen – $L_{DEN} \geq 70$ dB(A) – zu einer deutlichen Abnahme der Betroffenheit ab 2040. Für das Jahr 2030 werden noch vergleichsweise geringe Abnahmen prognostiziert, da insbesondere hinsichtlich der Lkw-Emissionen der geringe Umsetzungsgrad noch zu keiner hohen Emissionsminderung führt. Für das Szenario „Optimistic“ ergeben sich bereits 2030 weitgehend höhere Minderungen als im Szenario „Business-as-usual 2040“. Dies ist mit dem vergleichbaren Umsetzungsstand der Flottenelektrifizierung zu begründen. Für die Prognose 2040 werden für hohe Pegelklassen – $L_{DEN} \geq 70$ dB(A) – sehr hohe Rückgänge prognostiziert. Erkennbar ist in der Auswertung ebenfalls, dass die Pegelklasse 60-65 dB(A) keine hohen Minderungen verzeichnet. Dies ist damit zu begründen, dass die Betroffenen aus höheren Pegelklassen zwar eine Minderung verzeichnen, sich diese jedoch in den kleineren Pegelklassen wieder summieren. Es ist somit keine vollständige Verschiebung der Betroffenheit zu erwarten, sondern eine „Platteaubildung“ im Pegelbereich 60-65 dB(A) und ein steilerer Abstieg zu höheren Pegelklassen >65 dB(A).

Abbildung 11: Veränderung der Belasteten durch Straßenverkehr – ohne Lärmsanierung

Veränderungen der Belasteten durch Straßenverkehr

Relative Veränderungen in den Pegelklassen - ohne Lärmsanierung



- Do-nothing 2030
- Do-nothing 2040
- Business-as-usual 2030
- Business-as-usual 2040
- Optimistic 2030
- Optimistic 2040

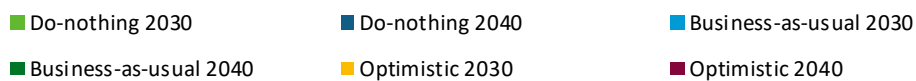
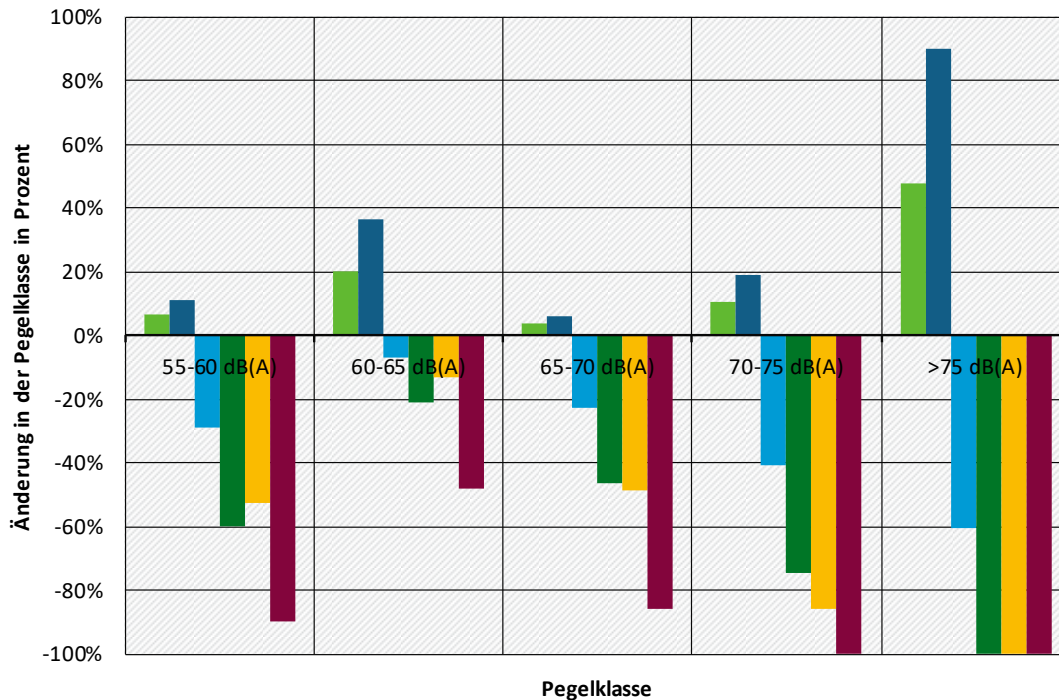
Quelle: Eigene Berechnungen

In Abbildung 12 zeigt sich der durch den Ansatz zur Lärmsanierung gesteigerte Rückgang der Belastungen – mit Ausnahme der Variante „Do-nothing“. Insbesondere in der Variante „Optimistic“ wird ein fast vollständiger Rückgang der Betroffenheit > 70 dB(A) bereits 2030 ermittelt.

Abbildung 12: Veränderung der Belasteten durch Straßenverkehr – mit Lärmsanierung

Veränderungen der Belasteten durch Straßenverkehr

Relative Veränderungen in den Pegelklassen - mit Lärmsanierung



Quelle: Eigene Berechnungen

2.4.2 Schienenverkehr

Die Ergebnisse der Berechnungen für den Schienenverkehr sind in Abbildung 13 und Abbildung 14 dargestellt. Die Auswertung erfolgt dabei getrennt ohne und mit Berücksichtigung der Lärmsanierung, da von dieser insbesondere bei hohen Pegelklassen eine deutliche Minderungswirkung ausgeht.

In Abbildung 13 ersichtlich ist die in den Szenarien einheitliche Zunahme der Belastungen durch Verkehrs- und Bevölkerungsentwicklung.

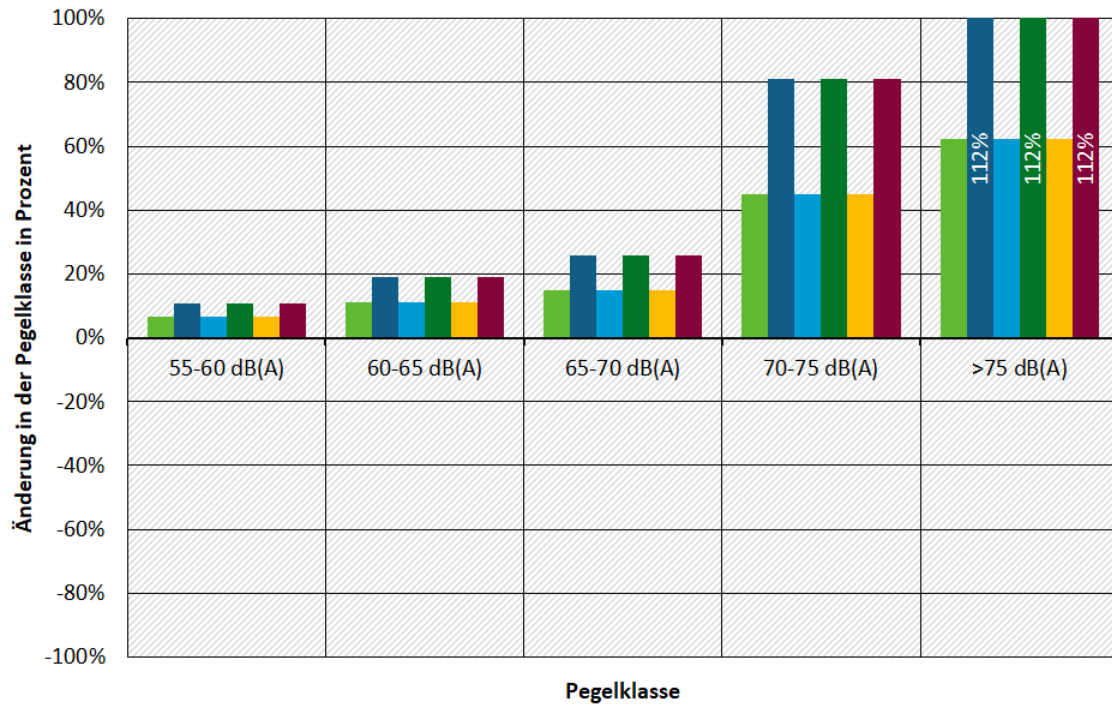
In Abbildung 14 zeigt sich der durch den Ansatz zur Lärmsanierung gesteigerte Rückgang der Belastungen – mit Ausnahme der Variante „Do-nothing“. Es ist erkennbar, dass in den höheren Pegelklassen – $L_{DEN} \geq 70$ dB(A) – die Lärmsanierung den Zuwachs an Belastungen kaum auffangen kann. Selbst im Szenario „Optimistic 2040“ nimmt die Belastung $L_{DEN} \geq 75$ dB(A) leicht zu. Aufgrund der hohen Betroffenheit im Pegelbereich 65-70 dB(A) (rund dreifach so viele

Betroffene wie in den Pegelklassen ≥ 70 dB(A)) ist hier auch ein merklicher Rückgang zu verzeichnen: Die Gewichtung erfolgte einheitlich für Betroffenheiten ≥ 65 dB(A).

Abbildung 13: Veränderung der Belasteten durch Schienenverkehr – ohne Lärmsanierung

Veränderungen der Belasteten durch Schienenverkehr

Relative Veränderungen in den Pegelklassen - ohne Lärmsanierung



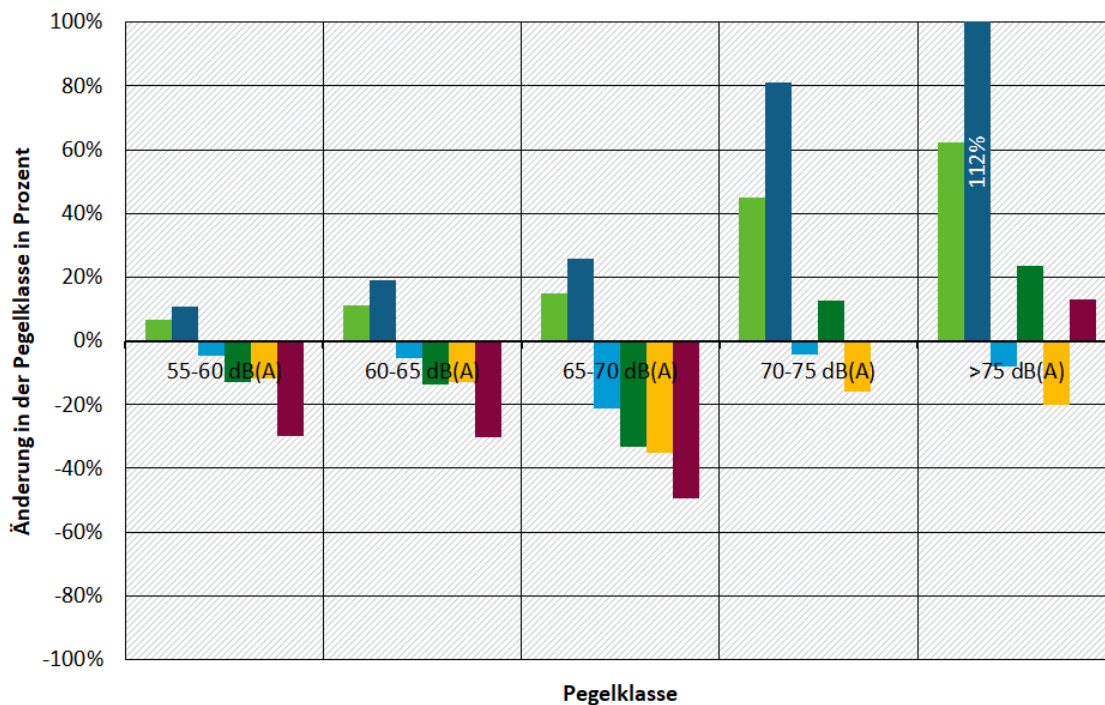
■ Do-nothing 2030 ■ Do-nothing 2040 ■ Business-as-usual 2030
■ Business-as-usual 2040 ■ Optimistic 2030 ■ Optimistic 2040

Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 14: Veränderung der Belasteten durch Schienenverkehr – mit Lärmsanierung

Veränderungen der Belasteten durch Schienenverkehr

Relative Veränderungen in den Pegelklassen - mit Lärmsanierung



- Do-nothing 2030
- Do-nothing 2040
- Business-as-usual 2030
- Business-as-usual 2040
- Optimistic 2030
- Optimistic 2040

Quelle: Eigene Berechnungen

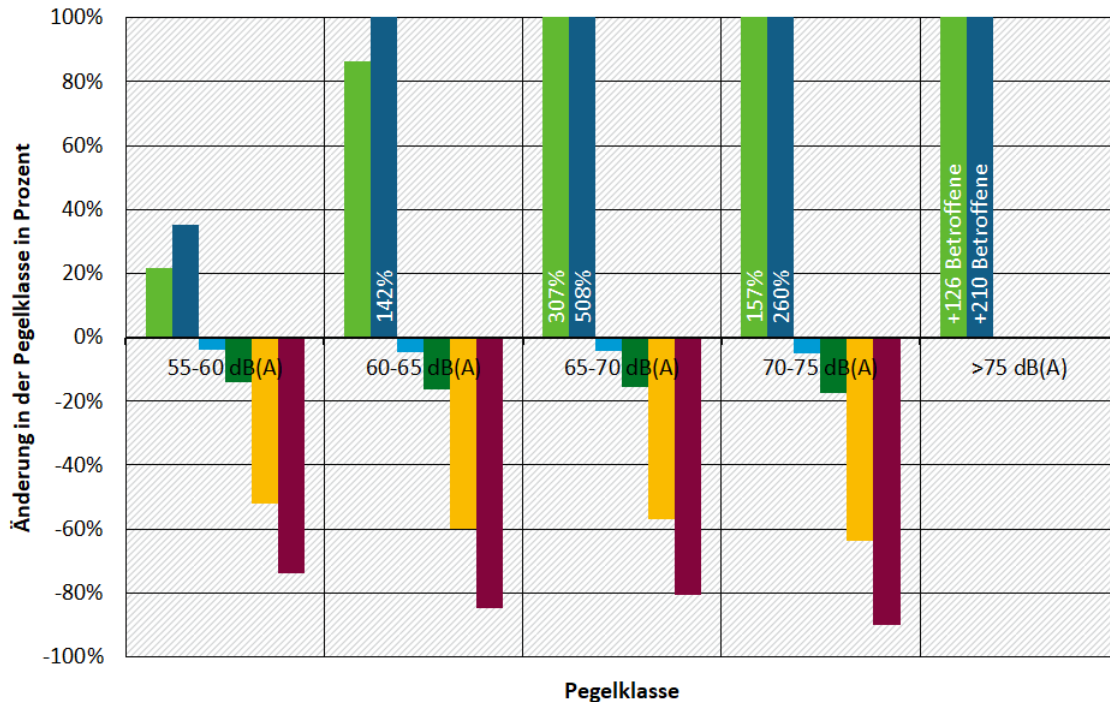
2.4.3 Flugverkehr

Die Ergebnisse der Berechnung für den Flugverkehr sind in Abbildung 15 dargestellt. Deutlich erkennbar ist die hohe Verkehrs- und damit Belastungszunahme im Szenario „Do-nothing“, die erstmals auch Belasteten ≥ 75 dB(A) führt. Im Szenario „Business-as-usual“ wiegen sich Emissionsabnahme und mittlere Entwicklung des Flugverkehrs auf. Im Szenario „Optimistic“ führen sowohl Verkehrsrückgang (2030) bzw. Stagnation (2040) zusammen mit einer hohen Emissionsabnahme durch Flottenerneuerung so stark aus, dass bis 2040 ein sehr hoher Rückgang der Betroffenen prognostiziert wird. Der Effekt für 2040 beträgt emissionswirksam rund 4,5 dB(A). Es ist somit eine Verschiebung um fast eine ganze Pegelklasse anzusetzen.

Abbildung 15: Veränderung der Belasteten durch Flugverkehr

Veränderungen der Betroffenen durch Flugverkehr

Relative Veränderungen in den Pegelklassen



■ Do-nothing 2030 ■ Do-nothing 2040 ■ Business-as-usual 2030
■ Business-as-usual 2040 ■ Optimistic 2030 ■ Optimistic 2040

Betroffene in Pegelklasse >75 dB(A) bisher nicht vorhanden

Quelle: Eigene Berechnungen

2.4.4 Auswertung der Gesundheitseffekte

Da Lärm negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben kann, muss es ein Ziel sein, diese zukünftig zu reduzieren. Ziel des „Zero pollution action plan“ der Europäischen Union ist es, dass die Anzahl chronisch verkehrslärmbelasteter Menschen bis 2030 um 30 Prozent reduziert wird. Zur Prüfung einer Zielerfüllung ist es notwendig, die Gesundheitseffekte aus der Verkehrslärmberechnung der betroffenen Personen abzuleiten. Hierzu wurden die ischämischen Herzkrankheiten sowie der Indikator hochbelasteter Personen („highly annoyed“, HA) gemäß § 4 Abs. 4 Satz 1 Nr. 9 der 34. BImSchV berechnet. In die Berechnungen gehen die Betroffenen in den ermittelten 5-dB-Pegelklassen ab $L_{DEN} \geq 55$ dB(A) ein. Aufgrund der sehr hohen Unsicherheit (Eingangsdaten aus den Belasteten der Lärmkartierung liegen erst ab $L_{DEN} \geq 55$ dB(A) vor) wurde auf eine Ausweitung des Pegelbereichs und damit eine Berücksichtigung auch der von unter 55 dB(A) ausgehenden Gesundheitseffekte bzw. Belästigung verzichtet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 zusammenfassend dargestellt und in Abbildung 16 sowie Abbildung 17 visualisiert.

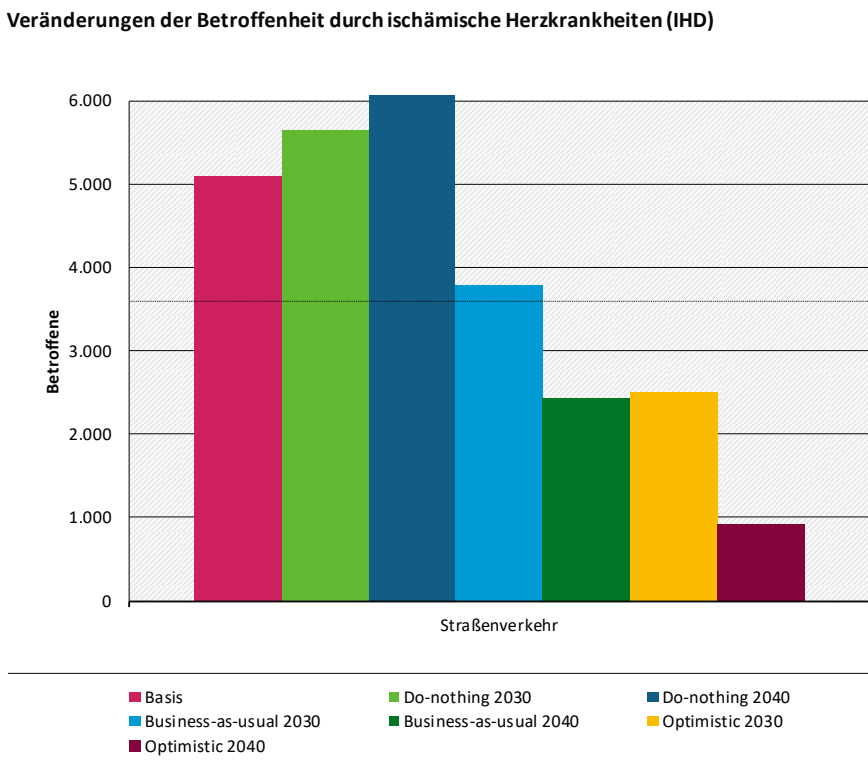
Tabelle 10: Ermittelte Gesundheitseffekte

Indikator	Verkehrsart	Szenario						
		Basis	Do-nothing		Business-as-usual		Optimistic	
			2020	2030	2040	2030	2040	2030
Ischämische Herzkrankheiten	Straße	5.100	5.600	6.100	3.800	<u>2.400</u>	<u>2.500</u>	<u>900</u>
Hochbelastete („highly annoyed“, HA)	Straße	2.686.000	2.962.000	3.170.000	1.992.000	<u>1.268.000</u>	<u>1.339.000</u>	<u>464.000</u>
	Schiene	661.000	745.000	807.000	605.000	558.000	545.000	<u>451.000</u>
	Flug	257.000	354.000	415.000	247.000	220.000	<u>119.000</u>	<u>61.000</u>

Zahlen für Ischämische Herzkrankheiten gerundet auf volle Hunderter, Hochbelastete gerundet auf volle Tausender
Unterstrichen: Zielerreichung einer Reduktion von 30 % bezogen auf das Basisszenario

In Abbildung 16 ist der Indikator der ischämischen Herzkrankheiten (IHD) dargestellt. Das Basisszenario baut für den Straßenverkehr dabei auf der Anzahl der im Projekt ermittelten Anzahl an Belasteten auf (vgl. blaue Säulen in Abbildung 7).

Abbildung 16: Veränderung der Betroffenheit durch ischämische Herzkrankheiten (IHD)



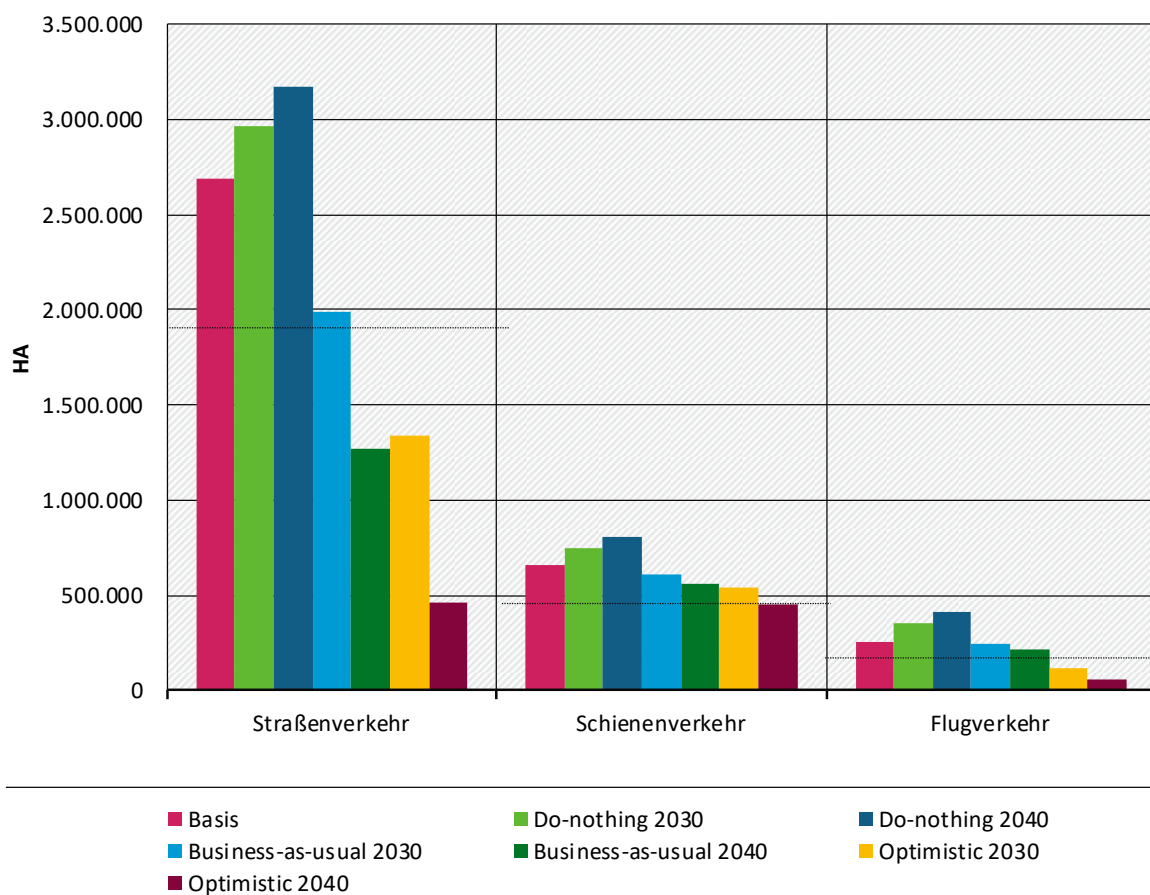
Im Basisszenario wird bundesweit von rund 5.100 Fällen pro Jahr ausgegangen. Eine Reduktion um 30 % würde einen Zielwert von etwa 3.600 Fällen bedeuten (siehe gestrichelte Linie). Eine Zielerreichung ist somit in dem Szenario „Do-nothing“ nicht gegeben. Im Fall „Business-as-usual“

wird das Ziel 2030 ebenfalls verfehlt, aber vor 2040 erreicht. Im Fall „Optimistic“ kann das Ziel 2030 eingehalten werden.

Der Indikator der hochbelästigten Personen („highly annoyed“, HA) ist in Abbildung 17 dargestellt. Das Basisszenario ist für den Straßenverkehr ebenfalls aufbauend auf der Anzahl der im Projekt ermittelten Anzahl an Belasteten (vgl. blaue Säulen in Abbildung 7) ermittelt. Bei Schienen- und Flugverkehr sind diese Zahlen ausgehend von den vom Umweltbundesamt gemeldeten Belasteten in den Pegelklassen ermittelt.

Abbildung 17: Veränderung der Belästigung („highly annoyed“, HA)

Veränderungen der Belästigung ("highly annoyed" (HA))



Quelle: Eigene Berechnungen

Im Basisszenario wird im Straßenverkehr bundesweit von rund 2.700.000 Betroffenen ausgegangen. Eine Reduktion um 30 % würde einen Zielwert von etwa 1.900.000 Fällen bedeuten (siehe gestrichelte Linie). Eine Zielerreichung ist somit in den Szenarien „Do-nothing“ nicht gegeben. Im Fall „Business-as-usual“ wird das Ziel 2030 ebenfalls verfehlt, aber vor 2040 eingehalten. Im Fall „Optimistic“ kann es bereits 2030 eingehalten werden.

Für den Schienenverkehr wird im Basisszenario bundesweit von rund 660.000 Betroffenen ausgegangen. Eine Reduktion um 30 % würde einen Zielwert von etwa 460.000 Fällen bedeuten

(siehe gestrichelte Linie). Eine Zielerreichung 2030 ist nicht möglich. Sie wird erst im Szenario „Optimistic 2040“ prognostiziert.

Der Flugverkehr erreicht im Basisszenario bundesweit rund 260.000 Betroffene. Eine Reduktion um 30 % würde einen Zielwert von etwa 180.000 Fällen bedeuten (siehe gestrichelte Linie). Eine Zielerreichung ist nur in den Szenarien „Optimistic“, bereits ab 2030, gegeben.

Insgesamt zeigt sich, dass mit den bisher geplanten Maßnahmen und anstehenden Entwicklungen („Business-as-usual“) bis 2030 das Ziel nicht erreicht wird. Im Straßenverkehr ist ohne zusätzliche Maßnahmen vor 2040 ein Erreichen des Ziels möglich. Für den Schienen und Flugverkehr sind die Maßnahmen des Szenarios „Optimistic“ erforderlich, um das Ziel überhaupt erreichen zu können. Beim Schienenverkehr ist dies, anders als im Flugverkehr, aber auch mit diesen Maßnahmen nicht bis 2030 zu erreichen und erst bis 2040 möglich. Mit Ansatz einer gleichbleibend fortschreitenden freiwilligen Lärmsanierung an der Schiene werden die Ziele 2040 verfehlt. Im Flugverkehr hängt eine Zielerreichung neben der technischen Entwicklung sehr deutlich auch von der Verkehrsentwicklung ab. Zwischen minimaler und maximaler Verkehrsentwicklungsprognose liegt ein Pegelunterschied von rund 1,5 dB bis 2040. In einem Szenario 2040, in dem die ungünstigste Verkehrszunahme eintritt (+1,5 dB bis 2040), wären somit auch die absehbare technische Verbesserung mit resultierender Emissionsabnahme (- 0,1 dB je Jahr über 15 Jahre bis 2035 = -1,5 dB) aufgewogen, die Lärmbelastung würde nahezu identisch bleiben.

Zur Zielerreichung ist also absehbar, dass weitere Maßnahmen zur Lärminderung gegenüber dem bereits laufenden Stand notwendig sein werden. Beim Schienenverkehr kann eine deutliche Ausweitung der Lärmsanierung zur Zielerreichung beitragen (siehe Szenario „Optimistic“). Beim Flugverkehr nicht berücksichtigt ist in diesem Modell, dass im Umfeld der Flughäfen Detaillösungen, wie optimierte An- und Abflugverfahren sowie eine optimierte Wahl der Flugrouten, bereits umgesetzt und in Zukunft weiter fortgesetzt werden. Dies kann ebenfalls zu einer lokalen Konfliktbehebung und damit einer bundesweiten Zielerreichung beitragen.

3 Vergleich der Belastetenzahlen zwischen VBEB und BEB

3.1 Einleitung

Die 4. Runde zur Lärmkartierung nach EU-Umgebungslärmrichtlinie 2002 ist weitestgehend abgeschlossen. Die Ergebnisse zeigen dabei deutlich höhere Lärmbetroffenheiten für die Bevölkerung als dies noch in der 3. Lärmkartierungsrunde (2017) der Fall war. Dies liegt vor allem daran, dass von der „Vorläufigen Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB)“ (VBEB, 2007) auf die „Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (BEB)“ umgestellt wurde. Die wesentliche sich daraus ergebende Änderung im Verfahren besteht darin, dass die Bewohner nicht mehr gleichmäßig auf den Gebäudemantel verteilt werden, sondern diese der lauterer Hälfte des Gebäudemantels zuzuweisen sind.

In den höchsten Pegelklassen bedeutet dies mehr oder weniger eine Verdoppelung der Belastetenzahlen. Für die geringeren Pegelklassen ist das jedoch nicht der Fall, da sowohl neue Belastete in eine Pegelklasse kommen als auch welche in höhere Pegelklassen verschoben werden. Daher wurde untersucht, eine Funktion zu finden, mit der eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse erzielt werden kann.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass die 3. Lärmkartierungsrunde nach den vorläufigen Berechnungsmethoden erfolgte, während die 4. Lärmkartierungsrunde nach der „Berechnungsmethode für den Umgebungslärm von bodennahen Quellen (Straßen, Schienenwege, Industrie und Gewerbe) (BUB)“ durchgeführt wurde. Auch dies führt zu unterschieden in den Ergebnissen.

3.2 Ableitung einer Umrechnungsfunktion

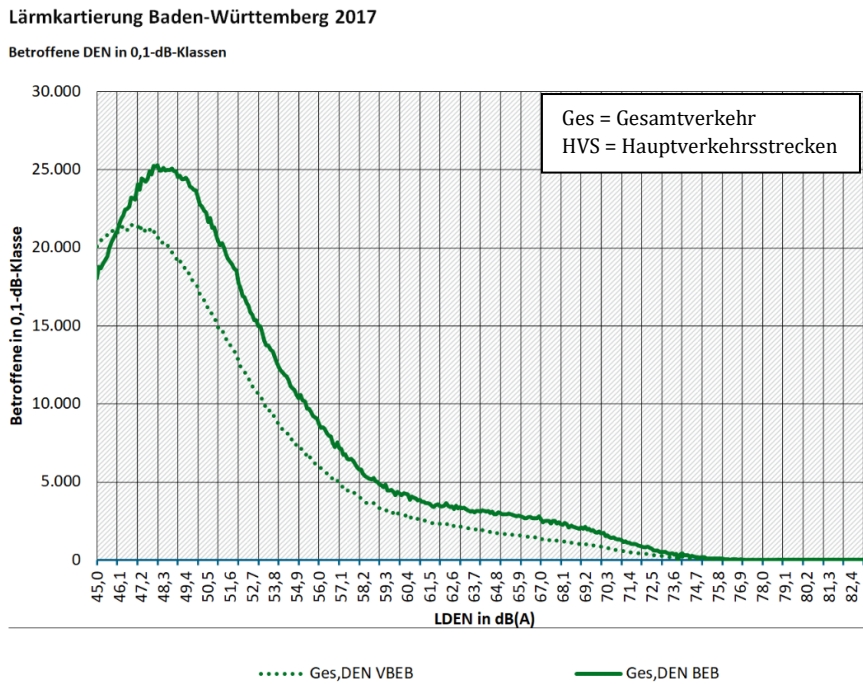
Es ist zu vermuten, dass in Agglomerationen ein anderes Verhältnis zwischen den Ergebnissen nach VBEB gegenüber BEB vorhanden ist, als außerhalb. Daher wurden sowohl Agglomerationen als auch Gebiete außerhalb von Agglomerationen ausgewertet. Betrachtet wurden die folgenden acht Lärmkartierungen:

- ▶ Baden-Württemberg 2017 (berechnet gemäß VBEB)
- ▶ Schleswig-Holstein 2017 (berechnet gemäß VBEB)
- ▶ Schleswig-Holstein 2022 (berechnet gemäß BEB)
- ▶ Lübeck 2022 (berechnet gemäß BEB)
- ▶ Hannover 2017 (berechnet gemäß VBEB)
- ▶ Hannover 2022 (berechnet gemäß BEB)
- ▶ Leverkusen 2017 (berechnet gemäß VBEB)
- ▶ Berlin 2022 (berechnet gemäß BEB)

3.2.1 Betroffene in 0,1 dB-Pegelklassen

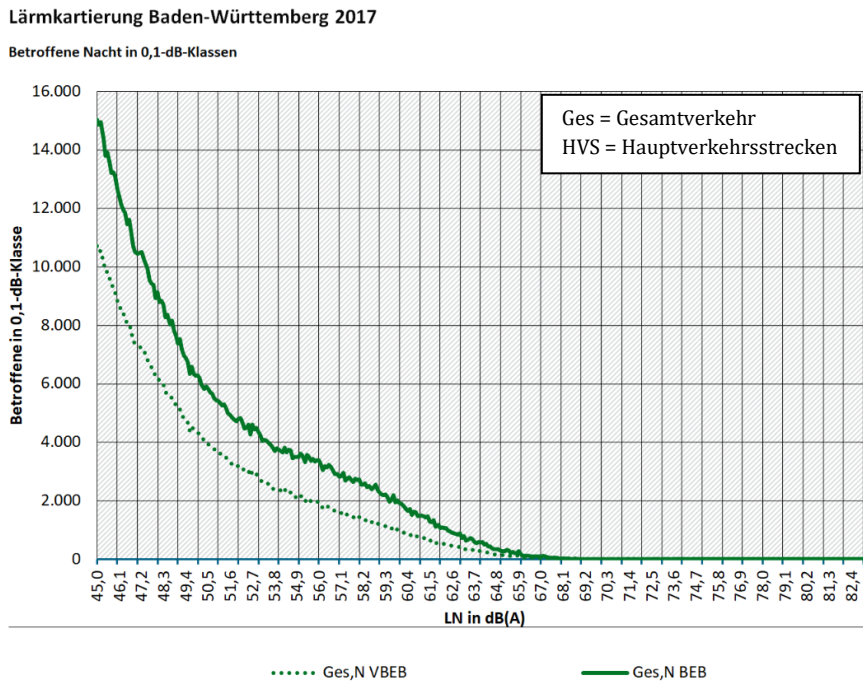
Für diese acht Lärmkartierungen wurden jeweils alle berechneten Fassadenpunkte (2017 nach VBEB, 2022 nach BUB berechnet) sowohl gemäß der VBEB als auch gemäß der BEB ausgewertet und in 0,1-dB-Klassen ab 45 dB(A) zusammengefasst. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen zusammengefasst. In einigen Auswertungen erfolgte eine Betrachtung getrennt für die Kartierten Hauptverkehrsstraßen („HVS“ in den Diagrammen) sowie das Gesamtstraßennetz („Ges“ in den Diagrammen).

Abbildung 18: Lärmkartierung Baden-Württemberg 2017, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen



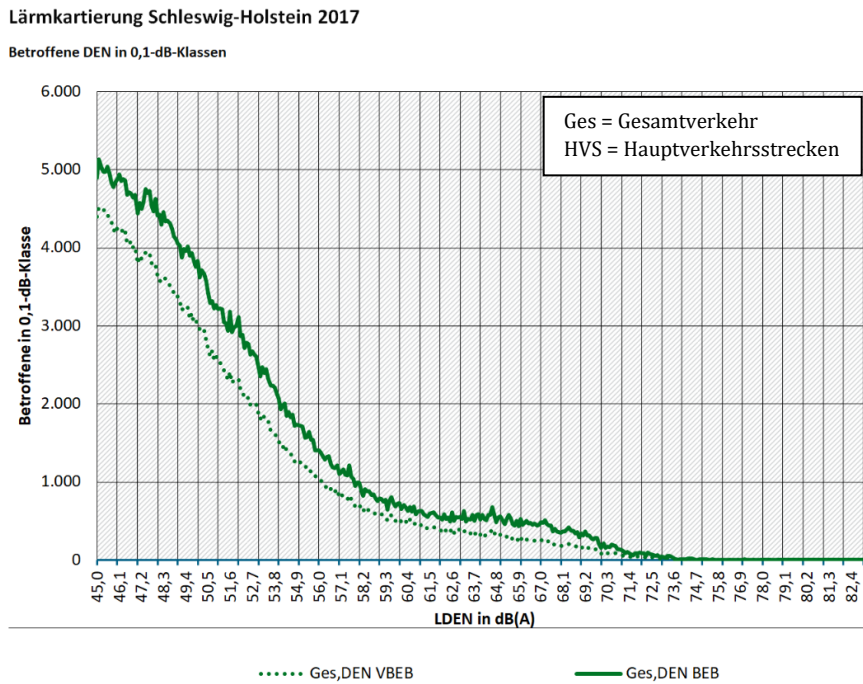
Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 19: Lärmkartierung Baden-Württemberg 2017, Betroffene Nacht in 0,1-dB-Klassen



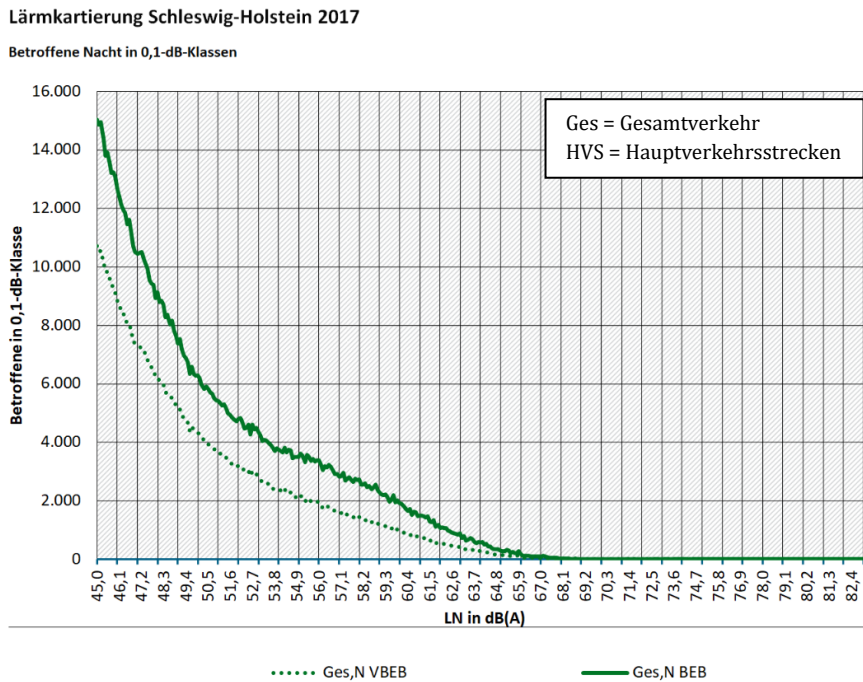
Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 20: Lärmkartierung Schleswig-Holstein 2017, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen



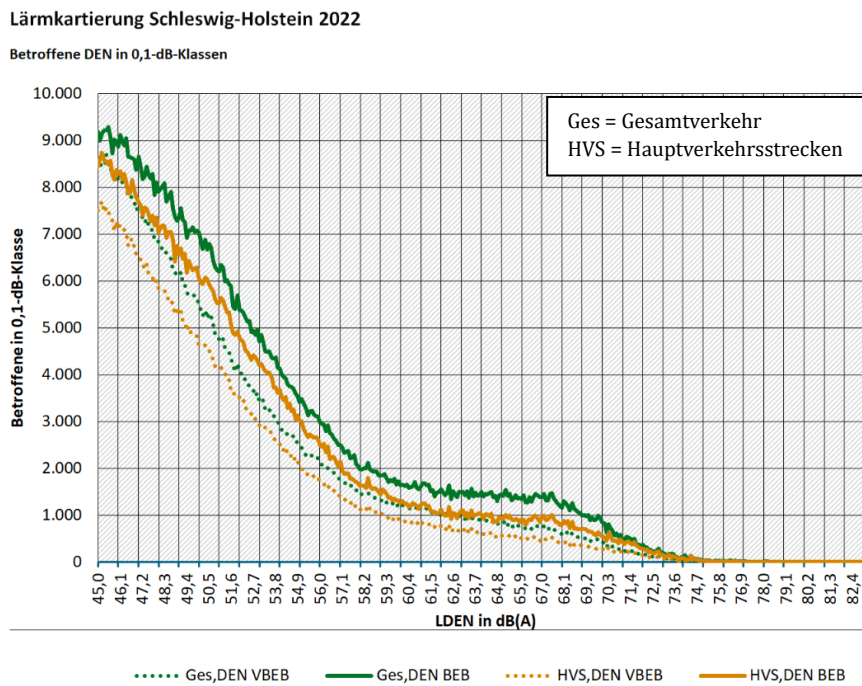
Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 21: Lärmkartierung Schleswig-Holstein 2017, Betroffene Nacht in 0,1-dB-Klassen



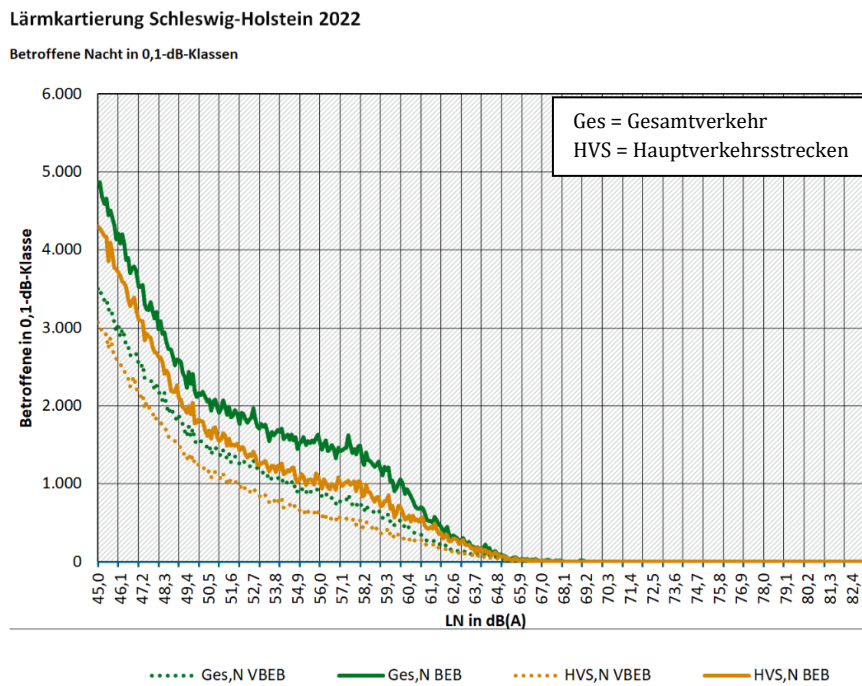
Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 22: Lärmkartierung Schleswig-Holstein 2022, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen



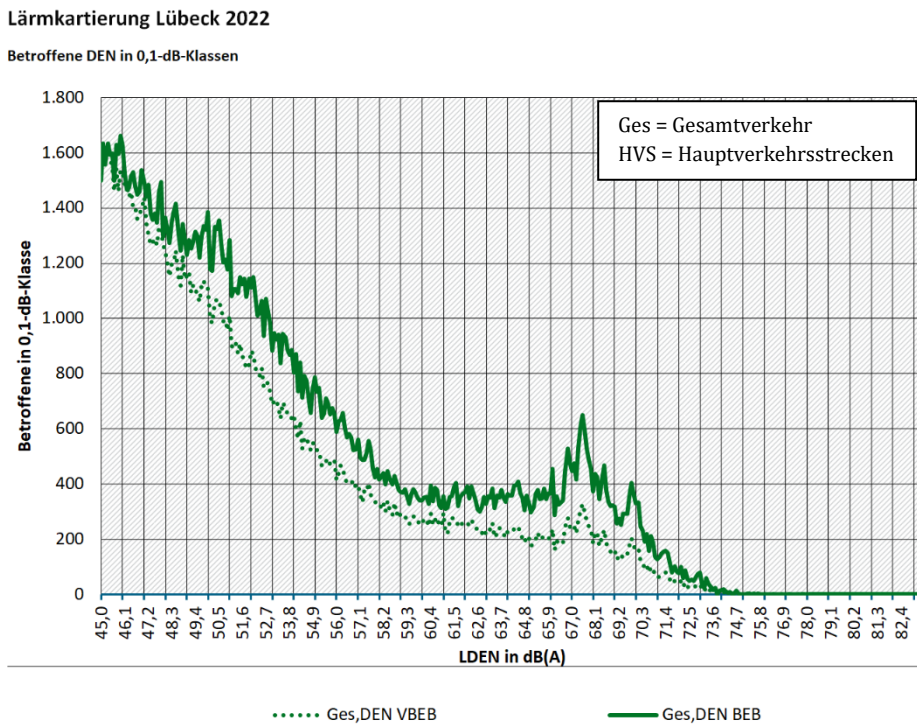
Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 23: Lärmkartierung Schleswig-Holstein 2022, Betroffene Nacht in 0,1-dB-Klassen



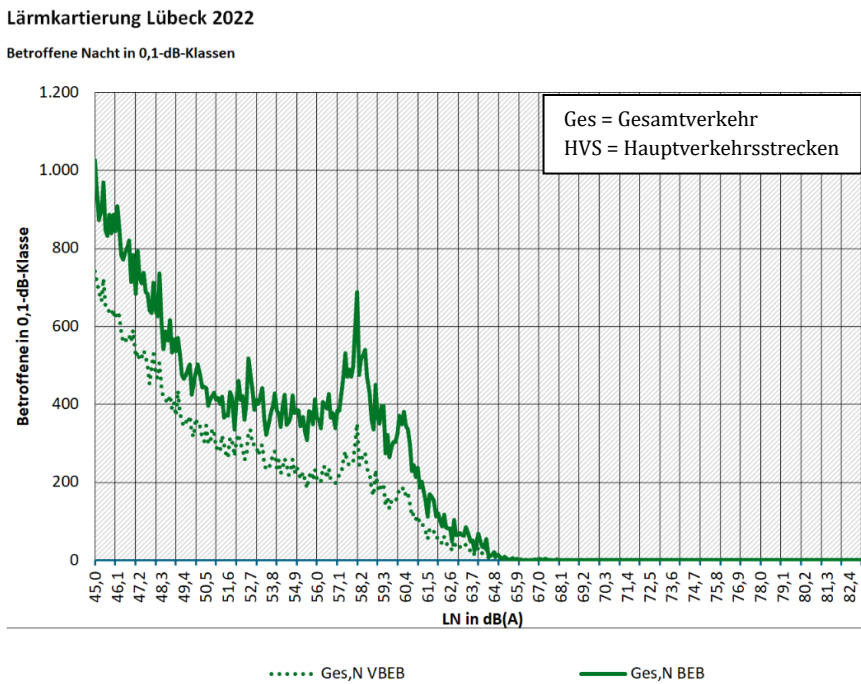
Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 24: Lärmkartierung Lübeck 2022, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen



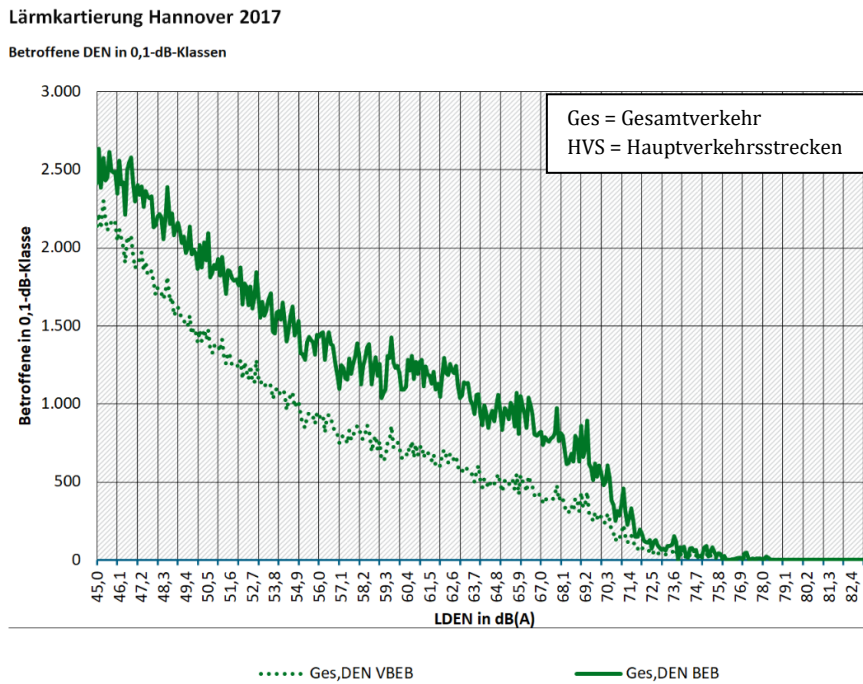
Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 25: Lärmkartierung Lübeck 2022, Betroffene Nacht in 0,1-dB-Klassen



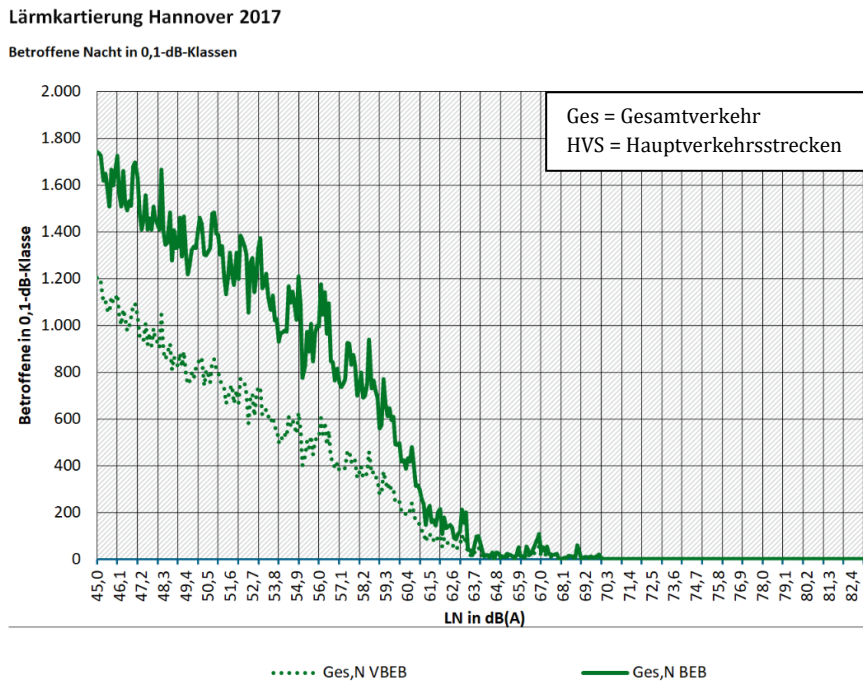
Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 26: Lärmkartierung Hannover 2017, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen



Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 27: Lärmkartierung Hannover 2017, Betroffene Nacht in 0,1-dB-Klassen



Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 28: Lärmkartierung Hannover 2022, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen

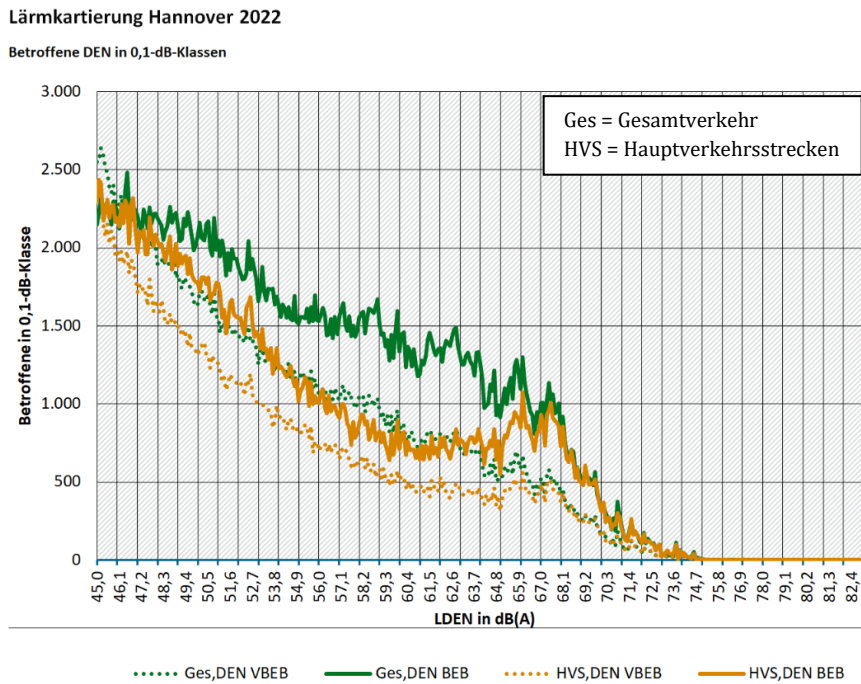


Abbildung 29: Lärmkartierung Hannover 2022, Betroffene Nacht in 0,1-dB-Klassen

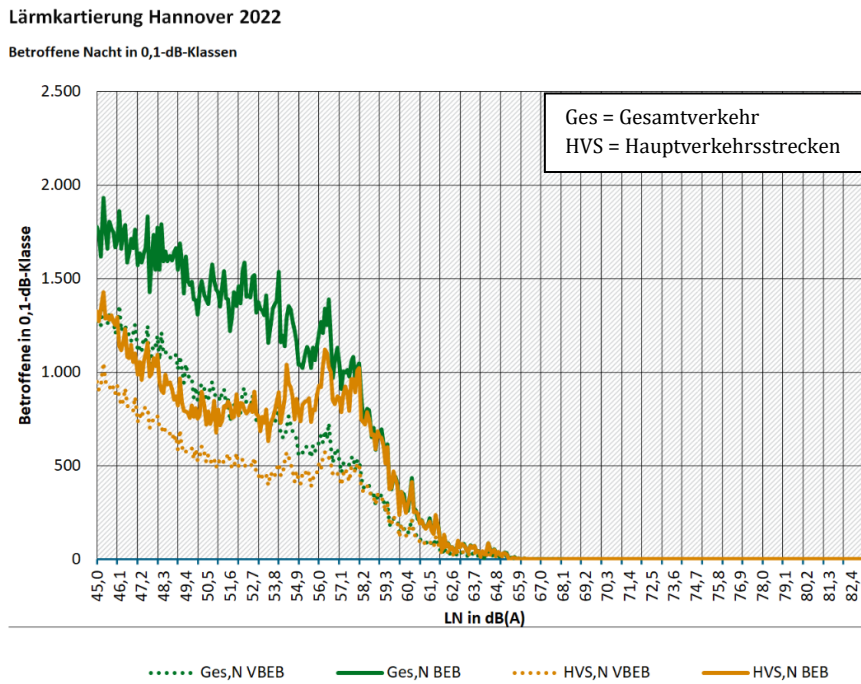
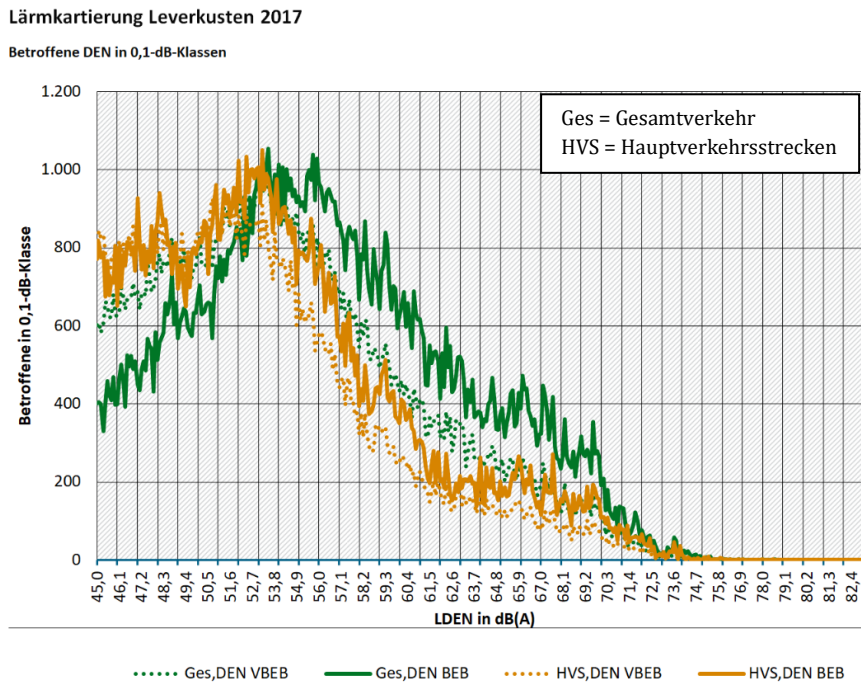
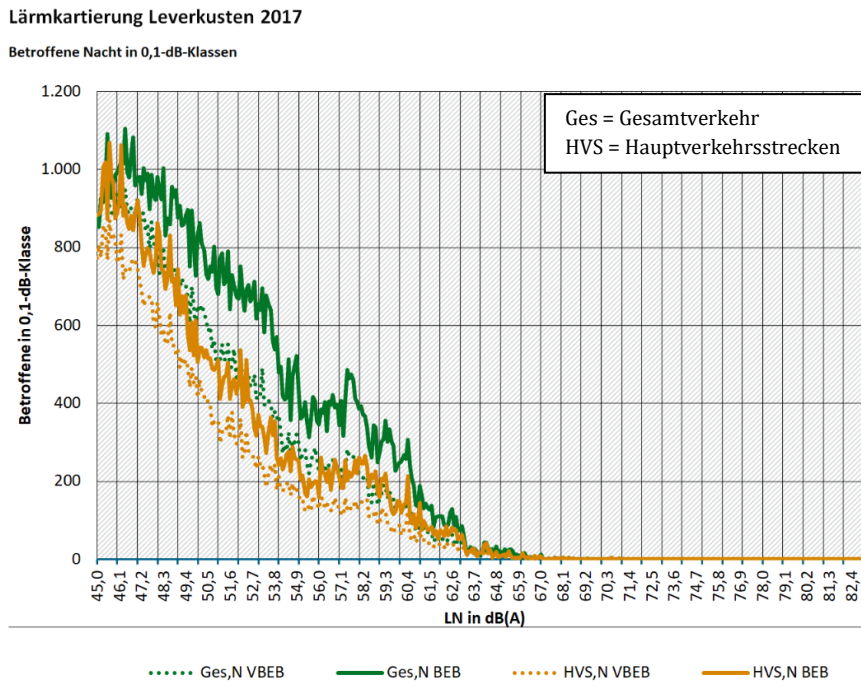


Abbildung 30: Lärmkartierung Leverkusen 2017, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen



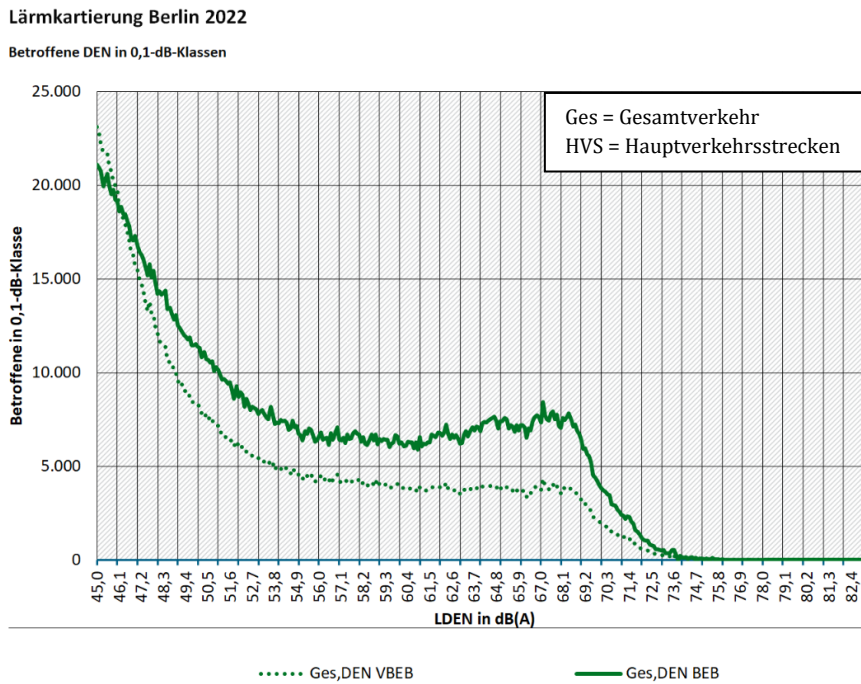
Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 31: Lärmkartierung Leverkusen 2017, Betroffene Nacht in 0,1-dB-Klassen



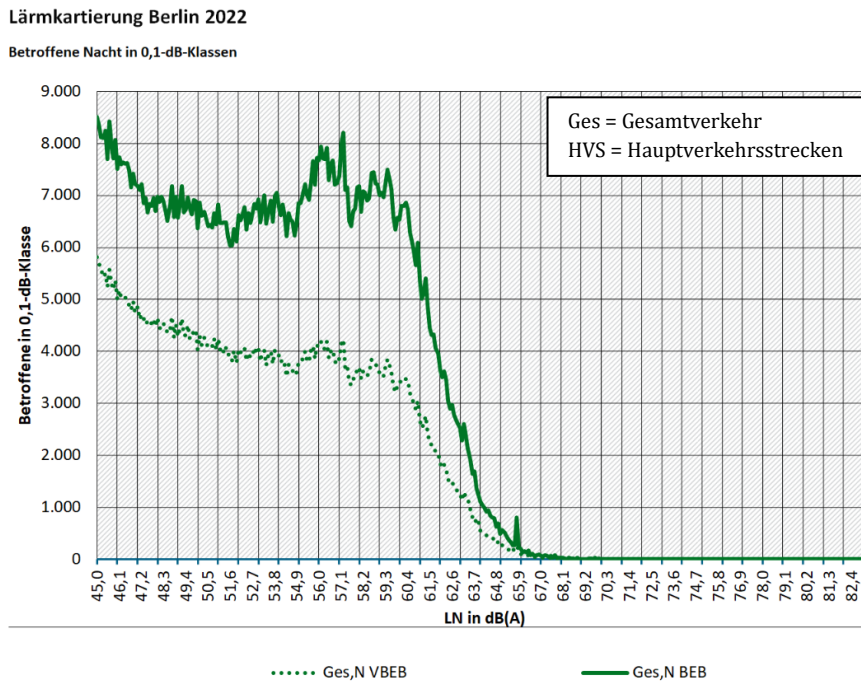
Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 32: Lärmkartierung Berlin 2022, Betroffene DEN in 0,1-dB-Klassen



Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 33: Lärmkartierung Berlin 2022, Betroffene Nacht in 0,1-dB-Klassen



Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Bei der Bewertung der oben dargestellten Grafiken (Abbildung 18 bis Abbildung 33) ist zu beachten, dass in der Lärmkartierung die Betroffenen über $L_{DEN} = 55 \text{ dB(A)}$ und $L_N = 50 \text{ dB(A)}$

ermittelt werden. Betroffenenzahlen, die unter diesen Pegelgrenzen liegen, sind bei abnehmendem Pegel mit deutlich zunehmenden Fehlern behaftet. Dies begründet sich in Optimierungen im Rechenprozess und in den aufbereiteten Eingangsdaten.

Aus den Kurvenverläufen ist erkennbar, dass die Unterschiede zwischen aufeinanderfolgenden Kartierungen derselben Gebiete (Schleswig-Holstein und Hannover) trotz neuer Daten und einer anderen Berechnungsmethode deutlich geringer sind, als die Unterschiede zu anderen Gebieten derselben Kartierungsrunde. Die nächtlichen Verteilungskurven der Bundesländer Baden-Württemberg (Abbildung 19) und Schleswig-Holstein (Abbildung 21, Abbildung 23) erscheinen im Wesentlichen parabelförmig mit einem leichten Plateau, wogegen die Agglomerationen Hannover (Abbildung 27, Abbildung 29) und Leverkusen (Abbildung 31) eher linear abfallen. Berlin dagegen (Abbildung 33) zeigt eine mehr oder minder gleiche Verteilung der Betroffenen bis etwa 60 dB(A) und darüber einen steilen Abfall. Lübeck wiederum zeigt einen Verlauf (Abbildung 25), der wie eine Überlagerung von Berlin und Schleswig-Holstein erscheint.

Damit hat sich gezeigt, dass eine Zusammenfassung der Gebiete jeweils innerhalb und außerhalb von Agglomerationen nicht zielführend ist. Darüber hinaus ist erkennbar, dass die Kurvenverläufe in den einzelnen Gebieten sich nicht ausreichend linear, exponentiell oder polynomisch annähern lassen, um eine Verschiebung oder eine andere ableitende Funktion zu bestimmen, mit der sich eine Abschätzung zur Umrechnung der Betroffenenzahlen zwischen BEB und VBEB durchführen ließe.

3.2.2 Betroffenenverhältnis BEB/VBEB in 0,1 dB-Klassen

Ein weiterer Ansatz zur Umrechnung könnte sich ergeben, wenn man die Änderung der Betroffenenanzahl ansetzt, die sich ausschließlich aus den unterschiedlichen Auswertungen gemäß BEB/VBEB ergibt und diese ins Verhältnis setzt. Abbildung 34 bis Abbildung 41 zeigen für dieselben Gebiete jeweils das Verhältnis zwischen der Betroffenenanzahl gemäß BEB zur Betroffenenanzahl gemäß VBEB. Auch bei diesen Abbildungen ist zu beachten, dass Schallpegeln unter $L_{DEN} = 55$ dB(A) und $L_N = 50$ dB(A) die angestrebte Genauigkeit stark abnimmt.

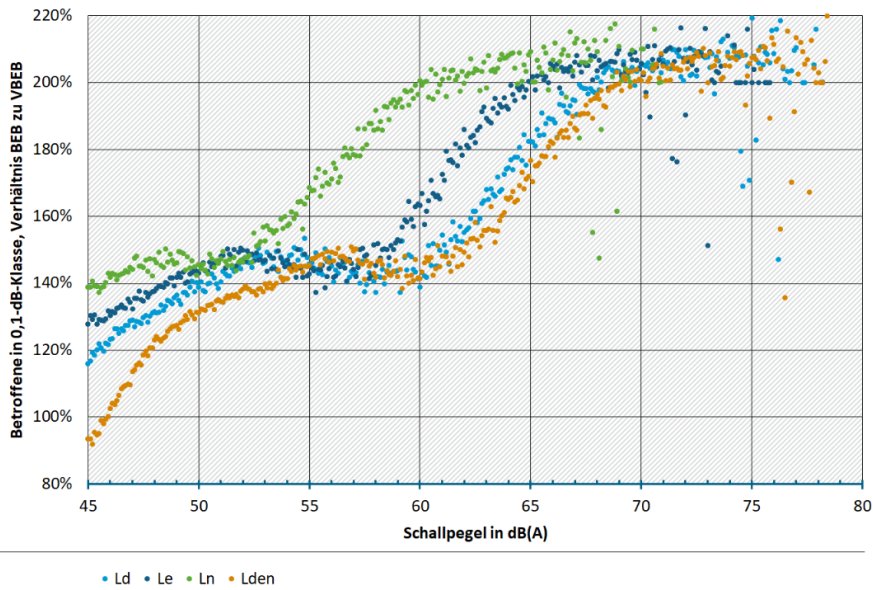
Bei hohen Pegelklassen treten aufgrund der relativ geringen Anzahl Betroffener erwartungsgemäß höhere Streuungen auf. Dennoch ist erkennbar, dass in den hohen Pegelklassen die Anzahl Betroffener gemäß BEB auf rund 210% gegenüber den VBEB anwachsen. Dies ergibt sich aus der Verteilung auf die lautere Gebäudehälfte, was auf der straßenzugewandten (lauten) Fassade die Einwohnerzahlen verdoppelt (200%). Dazu kommt, dass bei einer ungraden Anzahl Fassadenpunkte die Anzahl der Punkte, auf die Einwohner verteilt werden, abgerundet wird. Daraus ergibt sich eine Steigerung auf etwas mehr als diese 200%.

Gebiete mit einer geringeren Einwohnerzahl (Lübeck, Hannover, Leverkusen) weisen erwartungsgemäß eine höhere Streuung auf als die übrigen Gebiete. Aus den Darstellungen sind dennoch auch in diesen Gebieten dieselben Tendenzen ersichtlich.

Abbildung 34: Lärmkartierung Baden-Württemberg 2017, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB

Lärmkartierung Baden-Württemberg 2017

Betroffene in 0,1-dB-Klassen, Verhältnis von Betroffenen nach der BEB zu Betroffenen nach der VBEB

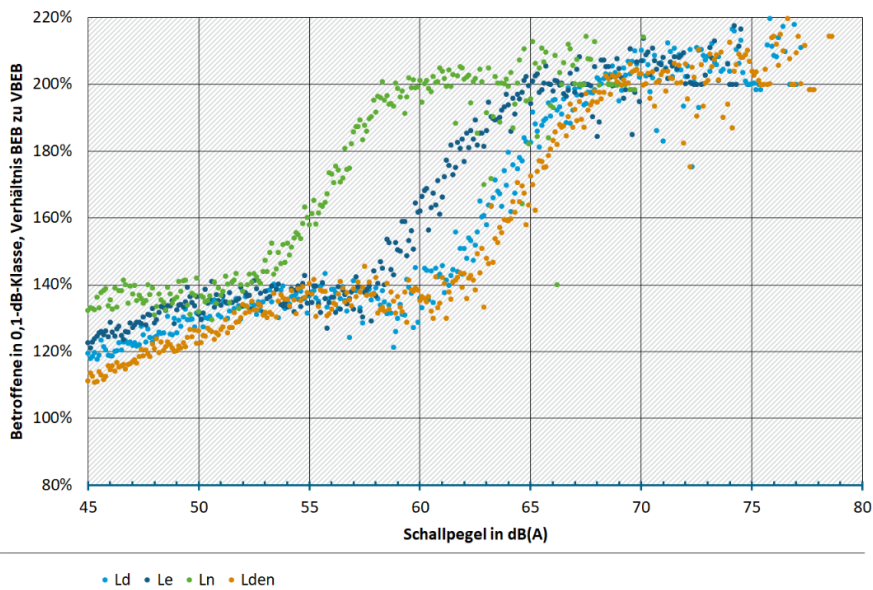


Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 35: Lärmkartierung Schleswig Holstein 2017, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB

Lärmkartierung Schleswig-Holstein 2017

Betroffene in 0,1-dB-Klassen, Verhältnis von Betroffenen nach der BEB zu Betroffenen nach der VBEB

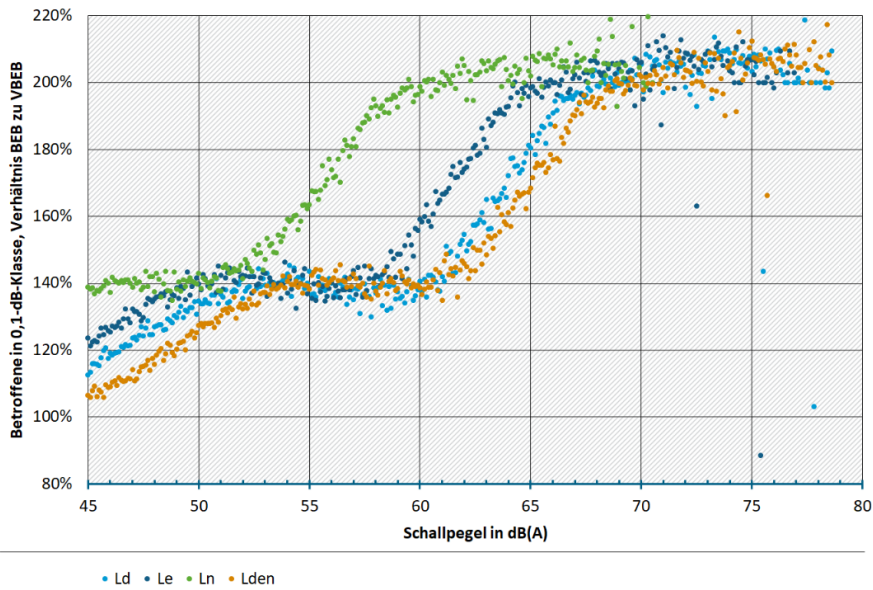


Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 36: Lärmkartierung Schleswig Holstein 2022, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB

Lärmkartierung Schleswig-Holstein 2022

Betroffene in 0,1-dB-Klassen, Verhältnis von Betroffenen nach der BEB zu Betroffenen nach der VBEB

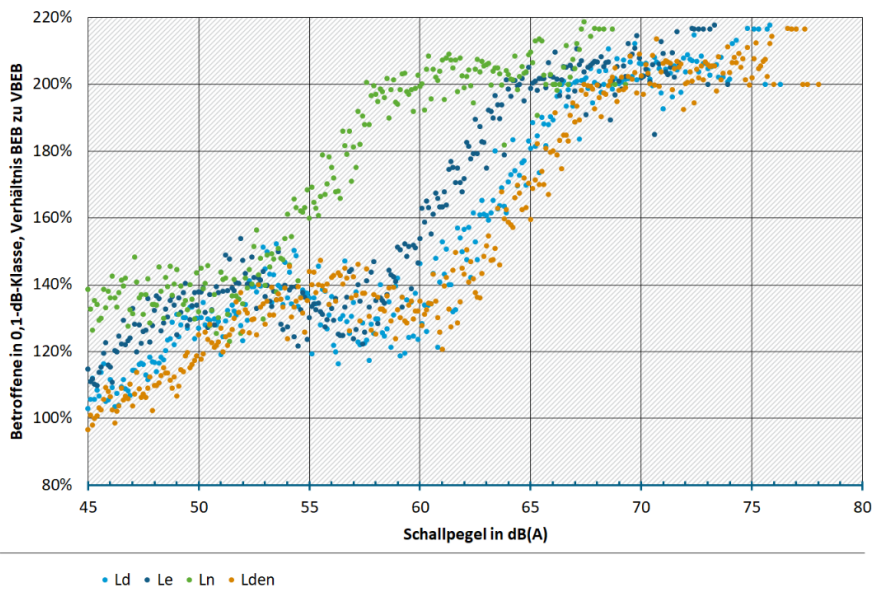


Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 37: Lärmkartierung Lübeck 2022, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB

Lärmkartierung Lübeck 2022

Betroffene in 0,1-dB-Klassen, Verhältnis von Betroffenen nach der BEB zu Betroffenen nach der VBEB



Quelle: Eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Abbildung 38: Lärmkartierung Hannover 2017, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB

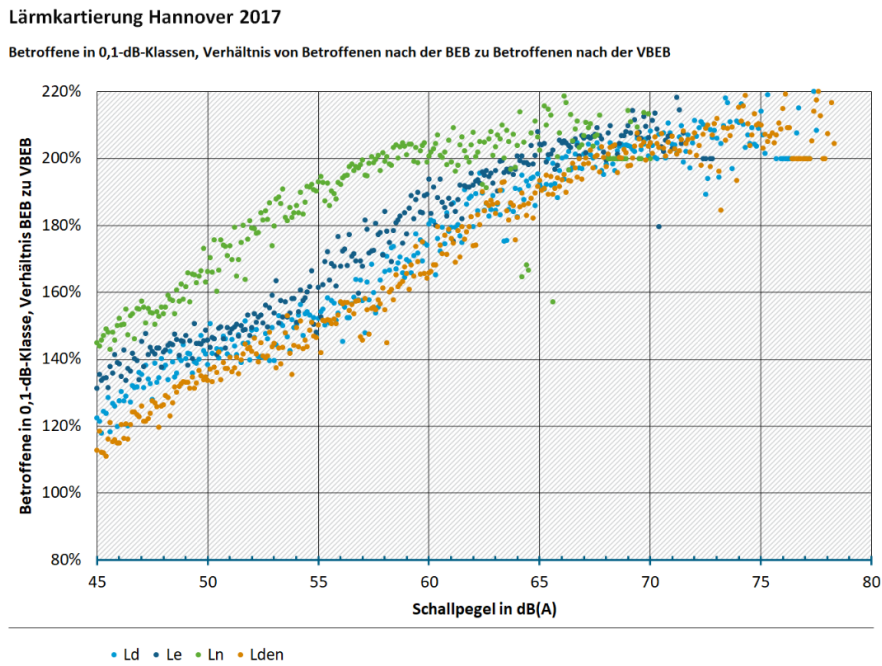


Abbildung 39: Lärmkartierung Hannover 2022, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB

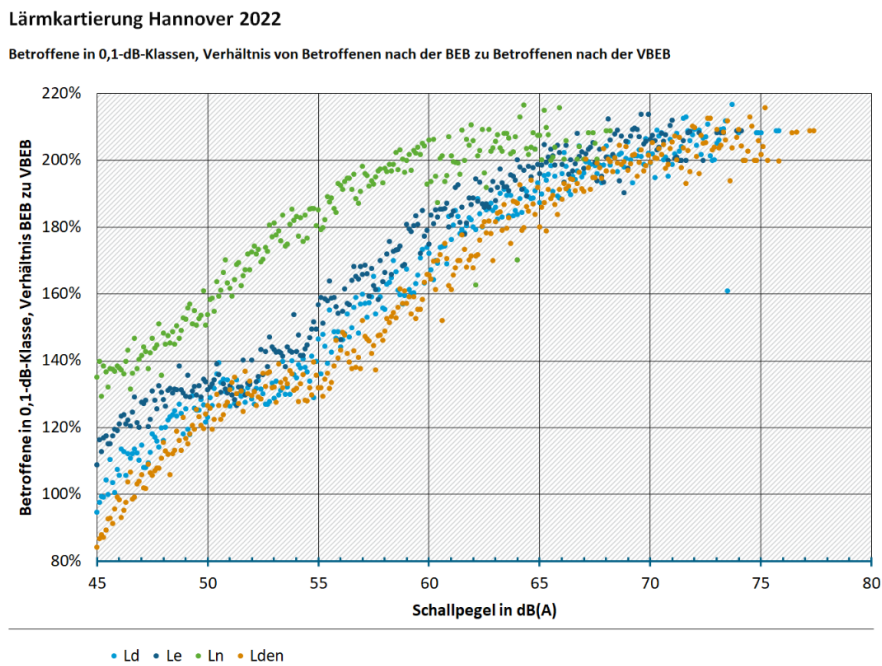


Abbildung 40: Lärmkartierung Leverkusen 2017, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB

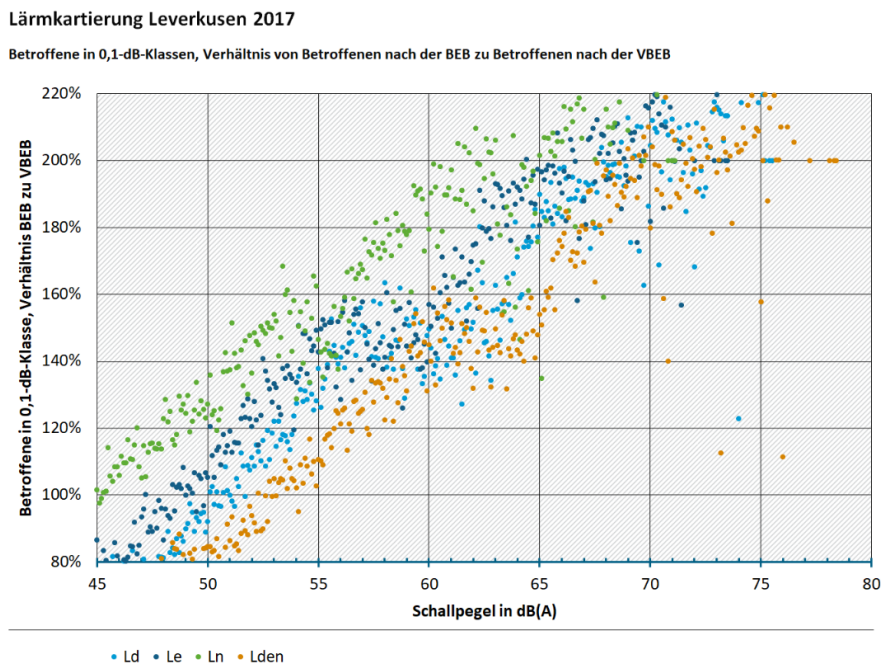
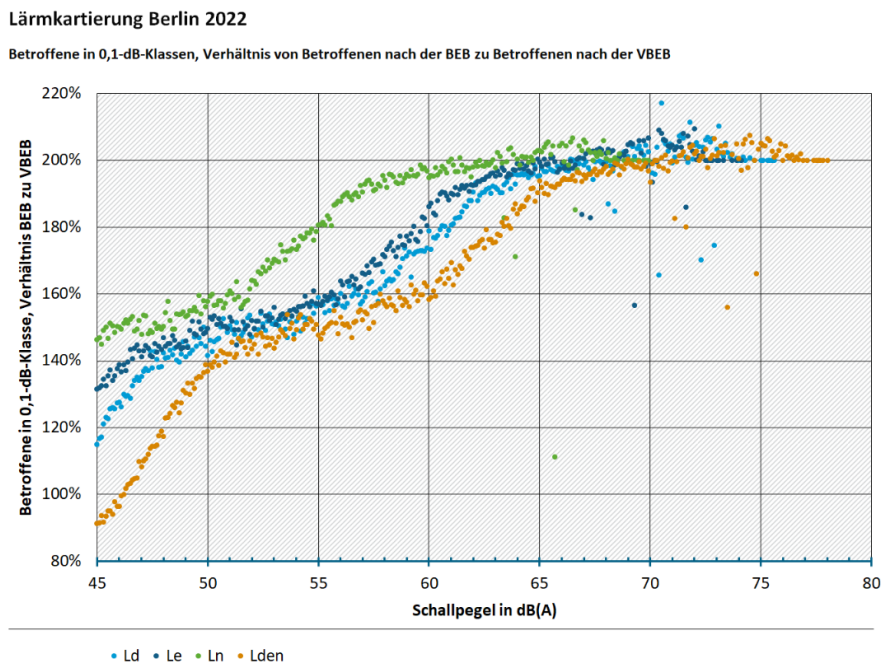


Abbildung 41: Lärmkartierung Berlin 2022, Verhältnis Betroffene BEB/VBEB



Auch bei dieser Darstellung zeigt sich, dass Baden-Württemberg (Abbildung 34), Schleswig-Holstein (Abbildung 35, Abbildung 36) und Lübeck (Abbildung 37) eine ähnliche Struktur

aufweisen, die sich deutlich von Hannover (Abbildung 38, Abbildung 39) und Leverkusen (Abbildung 40) unterscheidet. Berlin (Abbildung 41) liegt auch in dieser Darstellung zwischen den übrigen Gebieten.

Auffällig ist, dass die Bundesländer (inkl. Lübeck und in geringerem Maße Berlin) ein Plateau bei etwa 140% aufweisen. Der Beginn (d.h. Schallpegel) und das Ende des jeweiligen Plateaus ist jedoch unterschiedlich. Dies führt dazu, dass sich keine allgemeine Regel ableiten lässt, auf deren Basis eine Umrechnung der Betroffenzahlen gemäß VBEB auf die BEB möglich wäre.

Bei den Städten Lübeck, Hannover und Leverkusen deutet sich dieses Plateau ebenfalls an, ist jedoch kaum ausgeprägt. In Berlin ist es, unter anderem aufgrund der größeren Einwohnerzahl, deutlicher erkennbar. Da jedoch die Steigungen der Kurven unterschiedlich sind und darüber hinaus bei unterschiedlichen Schallpegeln sich dem Maximum nähern ist auch für Agglomerationen keine allgemeingültige Regel ableitbar.

3.3 Ergebnis des Vergleichs

Die untersuchten Gebiete lassen erkennen, dass für jedes Bundesland und jede Agglomeration eine eigene Funktion erforderlich wäre. Würde man diese Funktionen alle erstellen, wären sie aber nicht mehr erforderlich, da jedes Gebiet ja bereits umgerechnet worden wäre. Damit ist nur für die oberste Pegelklasse ($L_{DEN} > 75 \text{ dB(A)}$, $L_N > 70 \text{ dB(A)}$) die generelle Aussage einer um 205% höheren Betroffenzahl gemäß BEB gegenüber VBEB möglich. Für darunter liegende Pegelklassen ist keine allgemeine Aussage zur Umrechnung ableitbar.

4 Schätzverfahren zur Maßnahmenwirksamkeit

Im Rahmen der Lärmaktionsplanung werden Maßnahmen zur Verminderung der Lärmbelastungen geplant und umgesetzt. Grundlage für die Entwicklung und Wirksamkeitsbetrachtung von Lärminderungsmaßnahmen können die Ergebnisse der Lärmkartierung sein, aus denen jedoch nur die Gesamtanzahl der Lärmbelasteten nach Pegelklassen in den Kommunen hervorgeht.

Sofern Maßnahmen für eine ganze Kommune oder größere Bereiche durchgeführt werden, kann eine Abschätzung direkt auf der Anzahl der Lärmbelasteten getroffen werden. Für die Planung von vielen Maßnahmen ist es jedoch erforderlich, die Anzahl Lärmbelasteter in bestimmten lokalen Bereichen oder an bestimmten Straßenabschnitten zu kennen.

Im Sinne der Aufgabenstellung ist dabei die Frage zu beantworten, ob eine Maßnahme oder eine Maßnahmenkombination eine Minderungswirkung von mindestens 1 dB bewirkt.

In vielen Fällen, insbesondere in Städten und größeren Gemeinden, liegen aus der Lärmkartierung attributierte Fassadenpunkte oder Gebäude als Datensatz in einem Geoinformationssystem (GIS) vor und können entweder von der Gemeinde selbst oder mit externer Hilfe von Fachbüros ausgewertet werden. Insbesondere in kleineren Gemeinden liegen aber oft keine geeigneten GIS-Daten vor. Somit ergibt sich die Notwendigkeit, ein vereinfachtes Verfahren für die Abschätzung der Maßnahmenwirksamkeit einsetzen zu können.

Im Rahmen des Arbeitspakets 2 wird daher ein Schätzverfahren zur Wirksamkeit von typische Minderungsmaßnahmen aus den Lärmaktionsplänen für den Straßenverkehr und für Straßenbahnen entwickelt. Ziel ist dabei ein einfacher Verfahren, dass von Sachbearbeitern vor Ort ohne oder mit nur geringer Kenntnis von GIS-Systemen sowie auf Basis von Ergebnissen aus der Lärmkartierung verwendet werden kann.

4.1 Grenzen der Anwendung des Verfahrens

Liegt eine Lärmbelastung auf Basis einer einzigen dominierenden Schallquelle, z.B. einer Autobahn vor, dann ist die Anwendung dieses Verfahrens nicht notwendig, da die gesamte Anzahl der Betroffenen einer Gemeinde auf diese Schallquellen zurückzuführen ist.

Grundsätzlich ist bei der Vorlage von GIS-Datensätzen deren Auswertung durch die Kommune oder ein Fachbüro vorzuziehen, da dies zu genaueren Ergebnissen führt. Die Anwendung des Schätzverfahrens führt in komplexen Situationen, in denen sich mehrere Straßen kreuzen, zu einer zunehmenden Ungenauigkeit. Bei größeren Untersuchungsgebieten kann der händische Aufwand bei der Auswertung der Lärmkarten den Aufwand übersteigen, der bei Nutzung von GIS-Daten entstanden wäre.

Insbesondere bei komplexeren Maßnahmen, wie Verkehrslenkungen oder Verkehrsbeschränkungen, sowie Maßnahmenkombinationen wird eine fachliche Begleitung empfohlen.

Dieses Verfahren geht davon aus, dass keine genaueren Daten vorliegen und eine grobe Abschätzung erforderlich ist. Damit sind Abweichungen von $\pm 50\%$ durchaus zu erwarten. Handelt es sich bei den zu untersuchenden Gebäuden nur um sehr wenige, ist eine größere Abweichung möglich. Im statistischen Mittel über mehr Gebäude gleicht sich dies jedoch aus.

4.2 Bebauungssituationen

Zur Bewertung der Einwohnerdichten wurden zunächst diverse typische Bebauungssituationen entlang von unterschiedlichen Straßen (größeren Nebenstraßen, Hauptstraßen, Ringstraßen, Ausfallstraßen, Autobahnen) in kleinen und größeren Ortschaften sowie in Städten betrachtet und nach Unterschieden und Gemeinsamkeiten gesucht. Dabei wurden hauptsächlich diverse Gemeinden in Schleswig-Holstein und Niedersachsen für Dörfer und Kleinstädte sowie Berlin, Hamburg und Hannover für Großstädte analysiert. Diese Analysen basierten auf Gebäudestrukturen inkl. Gebäudehöhen und bundesweiten Einwohnerzahlen, zum Teil ergänzt um Einwohnerzahlen aus der Lärmkartierung.

Aus diesen Städten und Gemeinden wurden 30 Teilgebiete ausgewählt, die jeweils in größeren Umfang Gebäude abbilden, die einer der vier identifizierten, aus Lärmkarten ablesbaren Gebäudestrukturen

- ▶ Ein-/Zweifamilienhäuser; Dorfkern im ländlichen Bereich,
- ▶ Reihenhäuser,
- ▶ enger Straßenraum mit geschlossener Randbebauung oder
- ▶ städtische Mehrfamilienhäuser und Hochhäuser

entsprechen. Insgesamt wurden mehr als 6.800 Gebäude mit mehr als 73.000 Einwohnern ausgewertet. Dabei zeigte sich, dass auf Basis der Lärmkarten nur zwischen zwei grundlegenden Gebäudetypen sinnvoll unterschieden werden muss: Einzelgebäude und größere Gebäudestrukturen. Für die Abschätzung der Einwohnerzahlen sind aber darüber hinaus die Geschossigkeit und der Anteil an gewerblichen Nutzungen relevant.

4.2.1 Verfahren Einzelgebäude

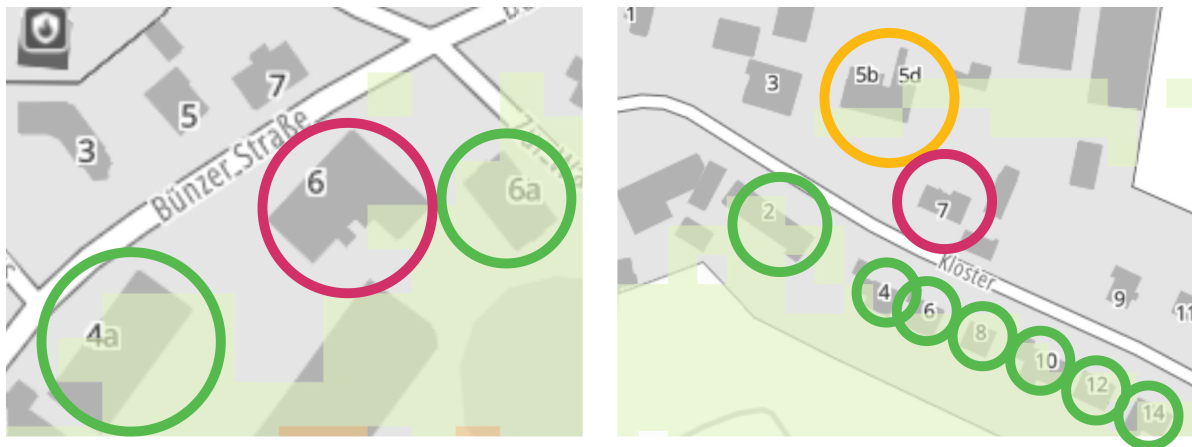
Bei Ein- und Zweifamilienhäusern, unabhängig davon, ob diese in Wohngebieten liegen oder im Kern kleinerer Dörfer, zeigte sich als sinnvollste, auf Basis den Lärmkarten anwendbare Vorgehensweise das Zählen der Gebäude. Dabei sind offensichtliche Nebengebäude und andere nicht dem Wohnen zuzuordnende Gebäude wie Lagerhallen und Garagen auszuschließen.

Die BEB verteilt die Einwohner auf die lautere Hälfte des Gebäudemantels. Aufgrund des statistischen Vorgehens sollten nur Gebäude gezählt werden, bei denen mehr die Hälfte der Bewohnenden belastet sind. Daher werden ausschließlich die Gebäude gezählt, die in den Lärmkarten erkennbar an mindestens einer vollen Fassade und damit in relevanten Umgang von den für die Bewertung benötigten Lärmpegeln belastet sind.

In den Beispielen in Abbildung 42 sind die grün umrandeten Gebäude ausreichend von Lärm betroffen, um in die Betroffenenenermittlung mit einbezogen zu werden. Bei dem linken rot umrandeten Gebäude ist weniger als ein Viertel der Fassade verlärmte. Das rote Gebäude im rechten Teil liegt außerhalb des Lärmbelasteten Bereichs. Diese Gebäude werden bei der Betroffenenenermittlung nicht berücksichtigt. Das orangene Gebäude dagegen ist ebenfalls zu mitzuzählen.

Ist aus Ortskenntnis oder anderen Datengrundlagen bekannt, welche Gebäude Wohngebäude sind, so werden ausschließlich diese gezählt. Andernfalls ist der nach der Ermittlung der Anzahl der Anteil der Gebäude abzuschätzen, welche nicht dem Wohnen dienen. Vorschläge dazu werden in 4.2.3 vorgestellt.

Abbildung 42: Beispiele Einzelgebäude



Quelle: eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH; Lärmkarte Umweltbundesamt

In Siedlungsgebieten mit reinen Einfamilienhäusern kann von 4 Einwohnern je Gebäude ausgegangen werden. In allen anderen Fällen sollten 5 Einwohner je Gebäude angenommen werden. Dies erscheint eine hohe mittlere Anzahl Einwohner zu sein. Die Anzahl wird jedoch auf Basis der Gebietsnutzung für nicht rein zum Wohnen ausgewiesene Gebiete gemäß Kapitel 4.2.3 noch reduziert.

Damit ergibt sich die Anzahl Einwohner in Einzelgebäuden nach der Formel:

$$\text{Einwohner} = \text{Anzahl Gebäude} * \text{Personen pro Gebäude} * \text{Anteil Wohnen}$$

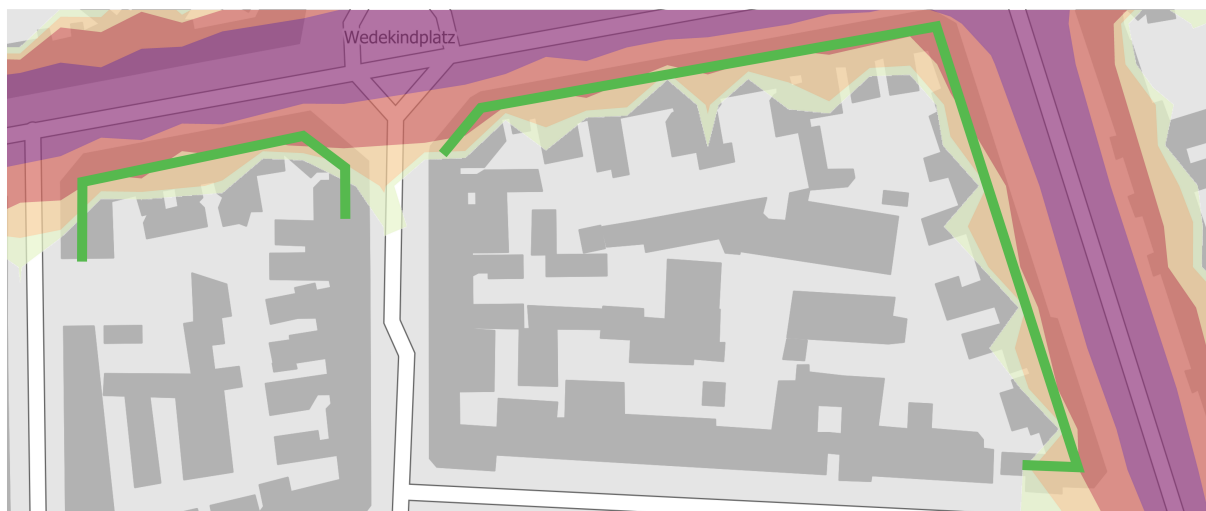
4.2.2 Verfahren Wohnblöcke

Neben dem Verfahren zu Einzelgebäuden ist ein abweichendes Verfahren für größere Wohnbauten notwendig. Dazu wurden Wohnblöcke, Reihenhäuser, Blockrandbebauung und geschlossene Randbebauungen in Städten getrennt untersucht. Insgesamt ergaben sich aber keine wesentlichen Vorteile solche Strukturen getrennt zu erheben. Vielmehr ist aus Lärmkarten zumeist nicht zuverlässig zu erkennen, welche Struktur genau vorliegt. Darüber hinaus sind diese auch nicht immer eindeutig zuzuordnen, wenn man die Gebäude genau kennt. Lediglich Hochhäuser, die nicht in Zeilenbauweise errichtet sind, erfordern ein anderes vorgehen.

Gegenüber dem Verfahren für Einzelgebäude sind für diese Gebäude mehr Informationen notwendig, um die Anzahl der Einwohnenden zu bestimmen. Es wird zunächst in der Gebäudemitte die Länge der verlärmten Gebäude ausgemessen. Dabei ist unwesentlich, ob nur eine Seite oder beide Seiten des Gebäudes verlärmte sind. In Abbildung 43 sind diese Längen grün markiert. Da die Einwohnerzahl abgeschätzt werden soll und nicht die verlärmte Außenfläche erfolgt die Messung der Länge in der Mitte des Gebäudes. Die Breite der Gebäude variiert üblicherweise nur etwa zwischen 10 und 15 Metern, so dass diese nicht erfasst werden muss.

Für die Bestimmung der Anzahl der Betroffenen sind noch zwei weitere Angaben erforderlich, die entweder gute Ortskenntnis erfordern, bei einer Ortsbesichtigung erhoben werden können oder sich aus schrägen Luftbildern ablesen lassen. Zum einen ist eine Unterscheidung in Reihenhäuser und sonstige Zeilenbebauungen notwendig, da in Reihenhäusern mehr Bruttogeschossfläche je Bewohnenden zur Verfügung steht. Zum anderen wird die Anzahl Geschosse benötigt, die zum Wohnen zur Verfügung stehen. Ausgebaute Dachgeschosse sollten hierbei als halbe Geschosse gezählt werden, wenn sie deutlich weniger Wohnfläche bieten als die Vollgeschosse.

Abbildung 43: Beispiele Wohnblöcke



Quelle: eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH; Lärmkarte Umweltbundesamt

Insbesondere bei geschlossener Blockrandbebauung in Innenstädten ist oft zumindest das Erdgeschoss für Gewerbebetriebe verwendet, während darüber Wohnungen sind. In diesem Fall ist das Erdgeschoss nicht mitzuzählen. Sind weitere Geschosse gewerblich genutzt, z.B. durch Praxen, so sind diese ebenfalls nicht mitzuzählen. Sinngemäß gelten hier die Anmerkungen aus Kapitel 4.2.3.

Die Gebäudelänge wird im Anschluss mit der Anzahl der Geschosse multipliziert. Dazu müssen Gebäudeabschnitte mit unterschiedlichen Geschosshöhen entweder getrennt erfasst werden, oder es wird eine mittlere Geschosshöhe über die ermittelte Gebäudelänge angesetzt.

Ausgehend von den mehr als 1.300 ausgewerteten Reihenhäusern sowie mehr als 2.200 Geschosswohnblöcken und geschlossenen Straßenrandbebauungen ergibt sich im Mittel eine bewohnende Person je 3 Meter Geschosswohnblock und Geschoss sowie je 5 Meter Reihenhäuser und Geschoss. Daraus leiten sich die Zahlen der Bewohnenden für diese Strukturen ab.

Für Reihenhäuser gilt:

$$\text{Einwohnende} = (\text{Länge} / 5 \text{ m}) * \text{Geschosse}$$

Für Geschosswohnungsbau in Zeilenbauweise, Blockrandbebauung und ähnliche Bauweisen gilt:

$$\text{Einwohnende} = (\text{Länge} / 3 \text{ m}) * \text{Geschosse}$$

Hochhäuser, die nicht in Zeilenbauweise errichtet sind, weisen Strukturen auf, die nicht mit einer Länge zu beschreiben sind und weichen auch in der Breite teilweise deutlich von den im Mittel angenommenen 12 Metern ab. Daher muss hier etwas mehr Aufwand getrieben und die Grundfläche in Quadratmetern bestimmt werden. Daraus ergibt sich dann die Berechnung für wie folgt für Hochhäuser:

$$\text{Einwohnende} = \text{Bruttogrundfläche} * \text{Geschosse} / 45 \text{ m}^2$$

4.2.3 Anteil Wohnen

Während bei reinen und allgemeinen Wohngebieten, Reihenhäusern, Geschosswohnungsbau und den meisten Hochhäusern von reiner Wohnnutzung ausgegangen werden kann sind

insbesondere bei geschlossener Randbebauung in Städten sowie bei Misch-, Dorf- und Kerngebieten erhebliche Gebäudeanteile gewerblich genutzt.

Liegen lokale Statistiken zur Anzahl Einwohner je Gebäude für ein Gebiet vor, so sollte diese herangezogen werden. Sind solche Statistiken nicht verfügbar, so ist die Anzahl Einwohnende zu korrigieren.

Da ein einfaches statistisches Verfahren verwendet wird, ist es dabei ausreichend bei geschlossener Randbebauung die gewerblich genutzten Etagen abzuziehen. Im Falle von Misch-, Dorf- und Kerngebieten ist der Anteil gewerblich genutzter Gebäude abzuschätzen und abzuziehen. Dazu genügt es für überwiegend Wohnnutzung mit kleineren gewerblichen Anteilen von 75 % Wohnnutzung auszugehen. Sind sowohl Wohnen, als auch Gewerbe in erheblichen Anteilen vorhanden kann pauschal 50 % Wohnnutzung angesetzt werden. Werden die Gebäude überwiegend, aber nicht ausschließlich gewerblich genutzt sollten nur 25 % Wohnnutzung angenommen werden. Liegen genauere Anteile vor können diese verwendet werden.

Sind erhebliche Leerstände in einem Wohnquartier bekannt so ist dies als weiterer Korrekturfaktor einzubringen.

4.3 Maßnahmen Straßenverkehr

Die Berechnung der Auswirkung einzelner Parameter nach BUB ist immer von diversen Randparametern abhängig, da schon bei der Emissionsermittlung nach BUB sehr viele Parameter zusammenspielen (Geschwindigkeit, Lkw-Anteile, Straßenoberfläche usw.). Daher erfolgte die Bewertung auf Basis mehrerer mittlerer Verkehrsverteilungen für die jeweiligen Straßentypen. Diese Verteilungen basieren auf Tabelle 2 der RLS-19. Ergänzend wurden die Auswirkungen der Lkw-Anteile der Tabelle 8 der LAI-Hinweise zur Lärmkartierung (LAI-Hinweise, 21.01.2022) verglichen. Dazu wurden die Straßen gemäß BUB mit ihren jeweiligen Parametern in IMMI 2023 eingegeben und die Emissionspegel verglichen, die sich aus den unterschiedlichen Parametern ergeben.

4.3.1 Geschwindigkeitsreduktion

Eine der häufigsten Lärminderungsmaßnahmen in Lärmaktionsplänen ist die Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Neben der Lärmreduzierung ergeben sich insbesondere für die Verkehrssicherheit und die Verstetigung des Verkehrs positive Effekte.

Untersucht wurden hier die mittleren Auswirkungen getrennt für Bundesautobahnen zum einen und Bundes- und Landesstraßen sowie Gemeindestraßen andererseits, da auf Autobahnen von einer anderen Verkehrszusammensetzung mit höheren Lkw-Anteilen ausgegangen wird. Für die Anwendbarkeit des Verfahrens wurde auf umfangreiche Tabelle mit nahezu identischen Werten auf Basis von unterschiedlichen Lkw-Anteilen verglichen und ein mittlerer Wert für die Wirksamkeit herangezogen. Verwendet wurden darüber hinaus nicht alle denkbaren Kombinationen, sondern ausschließlich Geschwindigkeitssenkungen, die üblicherweise in Deutschland verwendet werden.

Die Berechnungen erfolgten auf Basis eines Splittmastixasphalts SMA 8 nach ZTV Asphalt-StB 07/13 und Abstumpfung mit Abstreumaterial der Lieferkörnung 1/3, da dies in den meisten Fällen der verwendeten Straßendeckschicht entspricht oder diese akustisch nahekommt.

Für Bundesautobahnen ergeben sich unter diesen Bedingungen die folgenden Minderungen:

- ▶ Bundesautobahn von 130 km/h auf 120 km/h: Tag -0,4 dB; Nacht -0,2 dB
- ▶ Bundesautobahn von 130 km/h auf 100 km/h: Tag -1,3 dB; Nacht -0,6 dB
- ▶ Bundesautobahn von 100 km/h auf 80 km/h: Tag -1,9 dB; Nacht -1,9 dB

Die Unterscheidung nach Tag und Nacht für Bundesautobahnen wurde vorgenommen, da auf Bundesautobahnen nachts mit erheblich höheren Lkw-Anteilen gerechnet werden muss. Für die übrigen Straßen sind wesentlich geringere Unterschiede im Lkw-Anteil zu erwarten. Daher wird hier die mittlere Wirksamkeit für übliche Lkw-Anteile sowie für ausschließlich Pkw angegeben. Dabei ist zu bedenken, dass Straßen, für die dieses Verfahren angewendet wird, eine erhebliche Verkehrsmenge aufweisen und damit üblicherweise nur aufgrund von Verkehrsbeschränkungen geringe Lkw-Anteile zu erwarten sind.

Für Bundes- und Landesstraßen sowie Innerortsstraßen ergeben sich unter den genannten Bedingungen die folgenden mittleren Wirkungen:

- ▶ Von 100 km/h auf 70 km/h: Gesamtverkehr -3,4 dB; nur Pkw -3,1 dB
- ▶ Von 70 km/h auf 60 km/h: Gesamtverkehr -1,8 dB; nur Pkw -2,1 dB
- ▶ Von 70 km/h auf 50 km/h: Gesamtverkehr -3,5 dB; nur Pkw -3,7 dB
- ▶ Von 60 km/h auf 50 km/h: Gesamtverkehr -1,7 dB; nur Pkw -1,7 dB
- ▶ Von 50 km/h auf 40 km/h: Gesamtverkehr -1,3 dB; nur Pkw -1,9 dB
- ▶ Von 50 km/h auf 30 km/h: Gesamtverkehr -2,0 dB; nur Pkw -3,9 dB

4.3.2 Straßenraumgestaltung

Je nach örtlicher Gegebenheit lässt sich durch eine entsprechende Straßenraumgestaltung der Lärm an den angrenzenden Wohngebäuden reduzieren. Dazu gehören z.B. Reduzierung der Fahrstreifen, Reduzierung der Fahrstreifenbreite und das Anlegen von Fahrradstreifen. Die lärmreduzierende Wirkung ergibt sich aus der Abstandvergrößerung zwischen Lärmquelle (Kfz) und Immissionsort (Wohngebäude). Neben der lärmindernden Wirkung treten in der Regel auch weitere Effekte, z.B. eine Verlangsamung des Verkehrs ein. Dies kann eine weitere Lärmreduzierung bewirken. Für die Bewertung der Wirkung der Straßenraumgestaltung können solche weiterführenden Effekte aber nur schwer allgemein bewertet werden. Eine Verringerung der Fahrstreifenbreite von 3,5 m auf 3,0 m bewirkt an einer am Straßenrand gelegenen Bebauung eine Minderung von etwa 0,1 dB durch den höheren Abstand des nahen Fahrstreifens. Selbst eine Verringerung von 4 auf 2 Fahrstreifen erreicht mit dem erhöhten Abstand weniger als 1 dB Wirkung. Weitere Wirkungen von Maßnahmen zur Straßenraumgestaltung sind stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängig und werden daher nicht pauschal angenommen.

4.3.3 Fahrbahnoberfläche

Der Einsatz von lärmarmen Fahrbahnbelägen ist eine häufig angewandte Maßnahme in Lärmaktionsplänen. Bei vielen Fahrbahnoberflächen besteht ein Potenzial, wenn diese gegen lärmärmere Bauweisen ausgetauscht werden. Dabei sind Minderungswirkungen von mehr als 2 dB möglich, wenn es sich um ältere Gussasphaltdeckschichten handelt.

Untersucht wurden alle Deckschichten, die in den RLS-19 sowie der BUB enthalten sind. Diese wurden für Pkw und Lkw getrennt sowie für übliche Verkehrszusammensetzungen bewertet. Da die Aufgabenstellung ein einfaches, übersichtliches Verfahren erfordert, das im Wesentlichen die Frage beantwortet, welche Maßnahmen/Maßnahmenkombination eine Minderungswirkung von mindestens 1 dB bewirkt wurden die unterschiedlichen Deckschichten bei verschiedenen Verkehrszusammensetzungen bewertet und mittlere Wirkungen abgeleitet. Dabei wird davon ausgegangen, dass im Falle einer Umsetzung eine Planung erforderlich wird, die die genaue Wirksamkeit untersucht und dabei bezogen auf die örtliche Situation verschiedene Deckschichten in Betracht zieht. Diese Methode soll daher vorwiegend aufzeigen, dass hier je nach Situation erhebliche Wirkungen möglich sind.

Ausgehend von Gussasphalt bewirkt

- ▶ Split-Mastix-Asphalt 0/8 bei 50 km/h -2,4 dB und bei 70 km/h -2,1 dB,
- ▶ Asphaltbeton 0/11 bei 50 km/h -2,4 dB und bei 70 km/h -2,1 dB,
- ▶ Lärmtechnisch optimierter Asphalt bei 50 km/h -2,4 dB (bei 70 km wird er nicht verwendet) und
- ▶ Dünne Asphaltdeckschichten in Heißeinbauweise auf Versiegelung aus DSH-V 5 nach ZTV BEA-StB 07/13 bei 50 km/h -2,4 dB und bei 70 km/h -2,1 dB.

Ausgehend von Split-Mastix-Asphalt 0/8 oder einer vergleichbaren Bauweise sind durch andere Deckschichten insbesondere in Innerortsbereich bis 50 km/h mit den in den Vorschriften angegebenen Deckschichten keine nennenswerten Verbesserungen zu erwarten. Bei höheren Geschwindigkeiten kann mit mehreren Deckschichten noch eine Verbesserung erzielt werden.

Ausgehend von Split-Mastix-Asphalt 0/8 bewirkt

- ▶ Asphaltbeton 0/11 bei 50 km/h -0,1 dB und bei 70 km/h -0,2 dB,
- ▶ Lärmtechnisch optimierter Asphalt bei 50 km/h +0,1 dB (bei 70 km wird er nicht verwendet) und
- ▶ Dünne Asphaltdeckschichten in Heißeinbauweise auf Versiegelung aus DSH-V 5 nach ZTV BEA-StB 07/13 bei 50 km/h +0,1 dB und bei 70 km/h -0,7 dB.

Der Austausch von Kopfsteinpflaster kann eine deutlich höhere Minderung bewirken. Ebenso können offenporige Asphalte eine höhere Lärminderung erzielen. Aufgrund ihrer Bauweise sind diese in der Regel innerorts nicht umsetzbar.

Da der Austausch der Straßenoberfläche ausschließlich aus Lärmschutzgründen üblicherweise nicht erfolgt, sondern bei aus anderen Gründen notwendigen Asphaltierungsarbeiten aus akustischen Gründen eine andere Deckschicht gewählt wird, sind auch Minderungen von weniger als 0,5 dB sinnvoll umsetzbar. Dies alleine führt im Sinne der Aufgabenstellung jedoch nicht zu einer Minderung der Betroffenenanzahl.

4.3.4 Verkehrslenkung und -beschränkungen

Maßnahmen zur Verkehrslenkung und -beschränkung zielen darauf ab, die Verkehrsmenge in lärmsensiblen Bereichen zu reduzieren und somit eine Lärminderung herbeizuführen. Zu den Maßnahmen gehören z.B. Verkehrsleitsysteme, Lkw-Durchfahrverbote, verkehrsmengenabhängige Lichtsignalanlagen oder Parkraumbewirtschaftungen.

Wie hoch die lokale Lärmreduzierung bei Umsetzung der Maßnahmen vor Ort tatsächlich ausfällt, ist sehr unterschiedlich. Sinnvoll ist es, mehrere Maßnahmen zu kombinieren. Grundsätzlich führt eine Halbierung der Verkehrsmenge zu einer Pegelreduzierung von 3 dB. Aber auch durch eine Verstetigung des Verkehrs (z.B. Grüne Welle, Abbiegespuren, Kreisverkehre) können durch weniger Abbrems- und Beschleunigungsgeräusche die Pegel um 1 bis 4 dB gesenkt werden.

Aufgrund der nicht pauschal voraussehbaren Wirkung solcher Maßnahmen auf die Verkehrsmenge können hierbei nur Hinweise gegeben werden, dass diese im Zusammenspiel mit anderen Maßnahmen zu einer wirksamen Lärminderung führen können. Daher werden hier die möglichen Wirkungen auf Basis einer Literaturrecherche sowie einer Expertenbefragung zusammengestellt. Dabei ergaben sich überwiegend Maßnahmen, die eine Wirkung von 1 dB oder weniger erwarten lassen, wenn sie nicht mit anderen Maßnahmen kombiniert werden:

- ▶ Verstetigung Verkehrsfluss
- ▶ ÖPNV-Stärkung
- ▶ Parkraumbewirtschaftung
- ▶ Grüne Welle bei 70 km/h

Eine höhere Wirksamkeit ist nur bei

- ▶ Lkw-Leitkonzepten mit bis -2 dB und
- ▶ Grüne Welle bei 70 km/h mit bis zu 4 dB möglich.

4.4 Maßnahmen Straßenbahnen

Für Straßenbahnen sind, abgesehen von der Wahl leiserer Fahrzeugtypen, nur wenige Maßnahmen möglich, die den Verkehrslärm reduzieren. Dafür sind diese jedoch wirksamer als beim Straßenverkehr. Die Straßenbahnen wurden, wie auch die Straßen, gemäß BUB mit ihren jeweiligen Parametern in die Fachsoftware IMMI 2023 eingegeben und die Emissionspegel verglichen, die sich aus den unterschiedlichen Parametern ergeben.

Die Senkung der Geschwindigkeit hat auch bei Straßenbahnen eine hohe Wirksamkeit im Hinblick auf eine mögliche Lärminderung. Dies gilt sowohl für eigene straßenunabhängige Bahnkörper, auf denen Geschwindigkeiten von über 50 km/h erreicht werden, als auch für Strecken innerhalb eines Straßenkörpers. Die Reduzierung der Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h auf 30 km/h bei Lage der Schiene innerhalb einer festen Fahrbahn bewirkt mit mehr als 4 bis 5 dB eine noch deutlichere Reduktion der Schallpegel als beim Straßenverkehr:

- ▶ Von 70 km/h auf 50 km/h: -3,1 dB
- ▶ Von 50 km/h auf 30 km/h: -4,6 dB

Bei Lage der Straßenbahnschiene in einem Schotterbett ist die Minderungswirkung zwar geringer, jedoch immer noch sehr deutlich:

- ▶ Von 70 km/h auf 50 km/h: -2,6 dB
- ▶ Von 50 km/h auf 30 km/h: -3,8 dB

Der Oberbau, also die Fläche unter der Straßenbahnschiene bzw. der Bereich, der die Straßenbahnschiene einfasst, verändert wesentlich die Schallausbreitung von Straßenbahngeräuschen.

Liegt die Straßenbahn innerhalb eines Straßenkörpers und ist dieser Straßenkörper breit genug, ist die Umgestaltung mit der Anlage eines eigenen Bahnkörpers anzustreben. Schon die Verlegung einer Straßenbahn von einer festen (z.B. asphaltierten) Fläche auf einen eigenen Bahnkörper mit Schotterbett kann gewöhnlich eine Lärmreduktion von 6 dB und mehr erreichen. Wird dieser Bahnkörper mit einer hochliegenden Grasebene ausgestattet, sind gegenüber der festen Fahrbahn sogar mehr als 10 dB Lärmreduktion möglich. Wo eine Straßenbahn bereits im eigenen Bahnkörper mit einem Schotterbett geführt ist, kann die Umgestaltung mit einer hochliegenden Grasebene noch Verbesserungen von mehr als 4 dB bewirken. Insgesamt sind je nach örtlicher Situation die folgenden Maßnahmen denkbar:

- ▶ Schotterbett statt Feste Fahrbahn bei 70 km/h: -6,6 dB
- ▶ Schotterbett statt Feste Fahrbahn bei 50 km/h: -6,0 dB
- ▶ Schotterbett statt Feste Fahrbahn bei 30 km/h: -5,2 dB
- ▶ tiefliegende Grasebene statt Schotterbett: -1,1 dB
- ▶ hochliegende Grasebene statt Schotterbett: -4,2 dB
- ▶ hochliegende statt tiefliegende Grasebene: -3,1 dB

4.5 Schallschutzwände/-wälle

Lärmschutzwände und Lärmschutzwälle können eine effektive Maßnahme zur deutlichen Senkung der Lärmbelastung sein. Insbesondere Lärmschutzwälle sind aufgrund ihres Platzbedarfs meist nur außerorts einsetzbar, aber auch Lärmschutzwände können innerorts nur begrenzt eingesetzt werden.

Tabelle 11: Wirkung von Lärmschutzwänden

Minderungswirkung mittig hinter einer 300 m langen Lärmschutzwand

Höhe	Entfernung								
	Wandhöhe 2 m			Wandhöhe 3 m			Wandhöhe 4 m		
	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m	9 m
10 m	-8 dB	-3 dB	-2 dB	-12 dB	-7 dB	-3 dB	-14 dB	-11 dB	-6 dB
20 m	-9 dB	-6 dB	-3 dB	-11 dB	-10 dB	-7 dB	-13 dB	-12 dB	-10 dB
50 m	-8 dB	-7 dB	-6 dB	-9 dB	-9 dB	-9 dB	-9 dB	-10 dB	-9 dB
100 m	-4 dB	-6 dB	-6 dB	-5 dB	-6 dB	-6 dB	-5 dB	-7 dB	-7 dB
200 m	-2 dB	-3 dB	-3 dB	-2 dB	-3 dB	-4 dB	-2 dB	-3 dB	-4 dB
500 m	-1 dB	-1 dB	-1 dB	-1 dB	-1 dB	-1 dB	-1 dB	-1 dB	-1 dB

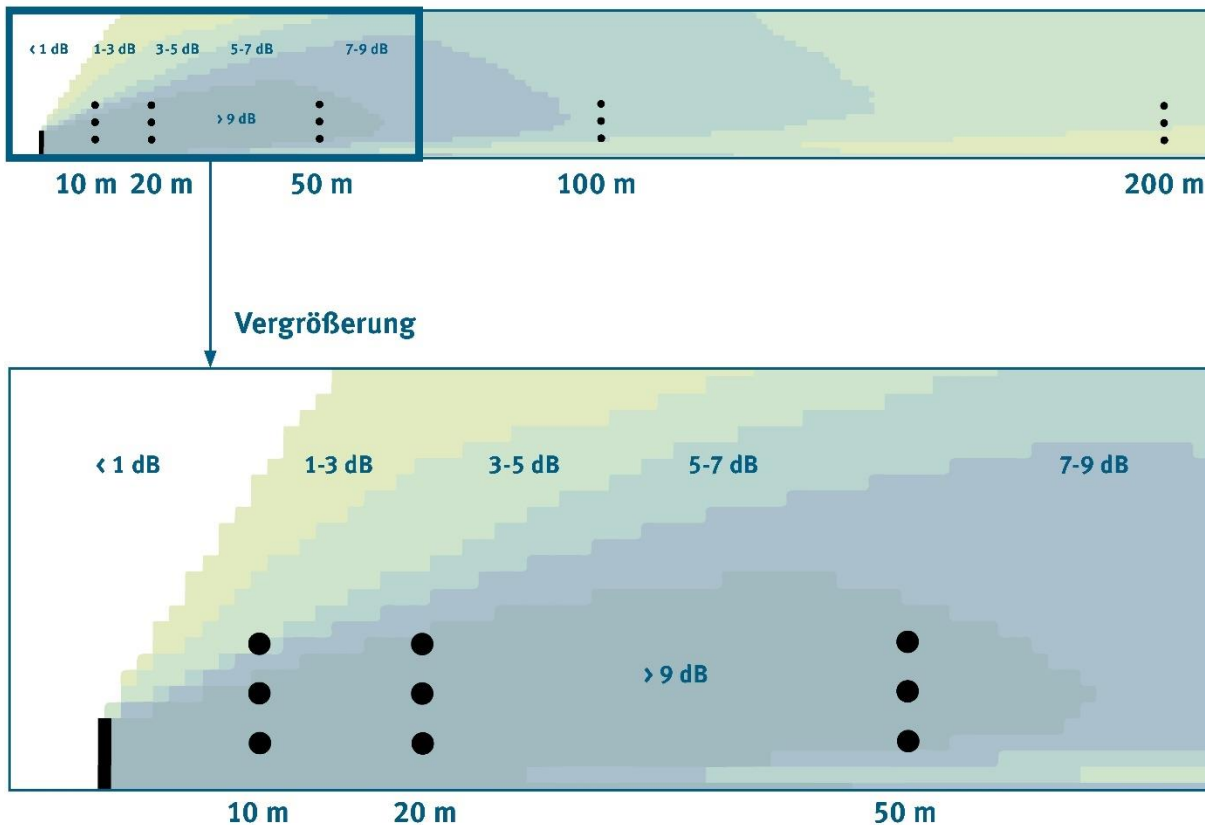
Quelle: eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

Die Lärmreduktionswirkung von Wänden und Wällen hängt sowohl von ihrer Höhe wie auch von ihrem Abstand zur Quelle bzw. zu den zu schützenden Gebäuden ab. Vorteilhaft ist ein möglichst geringer Abstand zur Lärmquelle. Ist die Sichtlinie zwischen Quelle und Zielort nicht unterbrochen, sinkt die Wirkung deutlich ab. Insbesondere am Anfang und Ende einer Wand kann die Lärmreduktionswirkung deutlich geringer ausfallen.

Diese Zusammenhänge sind pauschal kaum so darzustellen, dass es möglich ist, abzuschätzen, welche Wirkung eine Lärmschutzwand oder ein Lärmschutzwall in einer gegebenen Situation genau hat. Daher wurden für Wandhöhen von 2 Metern, 3 Metern und 4 Metern hinter einer 300 Meter langen Lärmschutzwand in Abständen von 10 Metern, 20 Metern und 50 Metern und in Höhen von 3 Metern, 6 Metern und 9 Metern Punkte berechnet und die Pegelminderungen in Tabelle 11 zusammengefasst und in Abbildung 44 dargestellt. Diese Informationen dienen dabei einer grundsätzlichen Abschätzung einer solchen Maßnahmen, konkrete Minderungsaussagen sind nur mit detaillierten Berechnungen zu erlangen.

Abbildung 44: Wirkung einer Lärmschutzwand

Schnittdarstellung der Pegelminderung, Lärmquelle und Wand links im Bild



Quelle: eigene Darstellung, LÄRMKONTOR GmbH

4.6 Workshop

In einem Online-Workshop am 01.03.2023 wurde das hier erläuterte Schätzverfahren vorgestellt und mit mehr als 45 Experten unterschiedlicher Fachrichtungen diskutiert. Daraus ergaben sich Hinweise, die für die Erstellung einer Fachbroschüre förderlich waren und in dieser größtenteils umgesetzt wurden. Insbesondere wurden diverse Hinweise zur praktischen Umsetzung der Vorgehensweise in die Fachbroschüre übernommen und weitere Beispiele ergänzt. Auch wurde aufgrund dieses Workshops die Wirksamkeit von Lärmschutzwällen/-wänden zusätzlich dargelegt (siehe Kapitel 4.5).

4.7 Fachbroschüre

Das im Rahmen dieses Vorhabens entwickelte Schätzverfahren zur Maßnahmenwirksamkeit wurde in einer 30-seitigen Fachbroschüre ausführlich beschrieben und mit Beispielen

ausgeführt. Die Fachbroschüre mit dem Titel „Lärmaktionsplanung - Lärminderungseffekte von Maßnahmen, Methode zur Abschätzung von Lärminderungspotenzialen“ ist beim Umweltbundesamt unter der Nummer ISSN 2363-832X veröffentlicht worden und kann unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/laermaktionsplanung-laermminderungseffekte-von> kostenfrei heruntergeladen werden.

5 Literaturverzeichnis

- EU-Verordnung 540/2014. 2014.** 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. 2014.
- Berge, Truls Svenn und Haukland, Frode. 2019.** *Adaptive acoustic vehicle alerting sound, AVAS, for Electric vehicles Results from field testing.* s.l. : SINTEF, 2019.
- Bock, F., et al. 2018.** Auswirkungen der AVAS-Gesetzgebung auf elektrifizierte Fahrzeuge. *Präsentiert bei DAGA 2018 – 44. Deutsche Jahrestagung für Akustik.* München : s.n., 2018.
- Braun, A., et al. 2018.** *Leis-E: Elektrische Antriebe im Busverkehr: Potenziale für die Minderung von Lärmimmissionen.* Stuttgart : s.n., 2018.
- BUB. 2021.** Berechnungsmethode für den Umgebungslärm von bodennahen Quellen, Bekanntmachung im Bundesanzeiger vom 28.12.2018. 2021.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. 2021.** *Statistik des Lärmschutzes an Bundesfernstraßen 2017 - 2018 - 2019.* 2021.
- Bundesministeriums für Digitales und Verkehr. 2023.** *Gleitende Langfrist-Verkehrsprognose 2021-2022 im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr - „Prognose 2022“.*
https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/prognose-berichtgleitende-langfrist-verkehrsprognose.pdf?__blob=publicationFile : s.n., 2023.
- Ericsson, Eva, et al. 2019.** *Work programme 2016 -2018 for HBEFA Version 4.1 - Report of the work carried out for work package 2.* 2019.
- Europäische Kommission. 2021.** *Assessment of potential health benefits of noise abatement measures in the EU - Phenomena project.* 2021.
- European Environmental Agency. 2022.** *European Aviation Environmental Report 2022.* 2022.
- European Environmental Agency. 2016.** *European Aviation Environmental Report 2016.* 2016.
- IMMI. 2023.** *IMMI - Programm zur Schallimmissionsanalyse.* s.l. : Wölfel Engineering GmbH + Co. KG, 2023.
- Laib, F. und Schmid, J.A. 2019.** *Acoustic Vehicle Alerting Systems (AVAS) of electric cars and its possible influence on urban soundscape.* ICA Aachen : s.n., 2019.
- LAI-Hinweise. 21.01.2022.** *LAI-Hinweise zur Lärmkartierung -Dritte Aktualisierung.* s.l. : Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), 21.01.2022.
- Mustermann, Max. 2017.** *Musterbuch – Nebentitel.* 1. Berlin : Musterverlag, 2017. S. 20-30.
- Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. vom 25. Juni 2002.** vom 25. Juni 2002.
- RLS-19.** Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS-19, FGSV Ausgabe 2019.
- RoTraNoMo. 2005.** *ROTRANOMO, Development of a Microscopic Road Traffic Noise Model for the Assessment of Noise Reduction Measures, Projektnr. GRD2-2001-50091.* s.l. : im Auftrag der Europäischen Kommission im Programm "Wettbewerbsorientiertes und nachhaltiges Wachstum", 2005.
- Umweltbundesamt. 2019.** *Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA), Version 4.1.* s.l. : Umweltbundesamt Deutschland UBA / Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Schweiz BUWAL, 2019.
- . 2000.** *TraNECaM, Emissionsmodul im Geräuschbelastungsmodell, ARGE TÜV Automotive / LÄRMKONTOR, Vorhaben Nr. 105 02 221, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dezember 2000.* 2000.

— **2023.** *Umweltwirkungen einer innerörtlichen Regelgeschwindigkeit von 30 km/h.* Dessau-Rosslau : Umweltbundesamt, 2023. Texte | 50/2023.

UNECE Nr. 138. Regelung Nr. 138 der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) — Einheitliche Bestimmungen für die Genehmigung geräuscharmer Straßenfahrzeuge hinsichtlich ihrer verringerten Hörbarkeit [2017/71].

UNECE Nr. 51. Regelung Nr. 51 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) — Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Kraftfahrzeuge mit mindestens vier Rädern hinsichtlich ihrer Geräuschemissionen [2018/798].

VBEB. 2007. *Vorläufigen Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB).* 2007.