

Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms und Weiterentwicklung des Lärmschutzes an der Schiene

Schlussbericht

November 2023

Inhalt

Zusammenfassung	1
1. Einleitung	2
2. Stand der Belastung durch Schienenverkehrslärm	4
2.1 Datengrundlage	4
2.1.1 Datenpakete	4
2.1.2 Eingabeparameter und getroffene Annahmen	4
2.2 Methodik	7
2.3 Ergebnisse	9
2.3.1 Betroffenzahlen für nächtlichen Auslösewert $L_{\text{Night}} \geq 57$ dB(A)	10
2.3.2 Betroffenzahlen für nächtlichen Auslösewert $L_{\text{Night}} \geq 54$ dB(A)	11
2.3.3 Betroffenzahlen für Auslösewert $L_{\text{Night}} \geq 44$ dB(A)	11
2.4 Zusammenfassung	12
3. Potenziale für weitere Lärminderung an der Quelle	13
3.1 Geräuschquellen bei Schienenfahrzeugen	13
3.1.1 Rollgeräusche	13
3.1.2 Aerodynamische Geräusche	13
3.1.3 Stoßgeräusche	14
3.1.4 Betriebs-, Antriebs- und Hilfsaggregatsgeräusche	14
3.1.5 Kurvenfahrgeräusche	14
3.1.6 Brückendröhnen	15
3.2 Status quo in Deutschland – Übersicht der gängigen Lärminderungsmaßnahmen an der Quelle	15
3.2.1 Definition des Referenzszenarios	15
3.2.2 Schienenfahrzeug	16
3.2.3 Fahrweg	17
3.2.4 Maßnahmen zur Schallminderung bei bestimmten örtlichen Gegebenheiten	18
3.3 Trends & innovative Lärminderungstechnologien an der Quelle	19
3.3.1 Lärminderungsmaßnahmen ohne Zulassung	19
3.3.2 Weitere Forschungstrends und Maßnahmenansätze	21
3.4 Bewertung der Potenziale verschiedener Lärminderungsmaßnahmen	22
3.5 Erreichbarkeit von verschärften Grenzwerten mit verfügbaren Lärminderungstechniken	26
3.5.1 Vorteile, Nachteile und Kombination von vorhandenen Maßnahmen	26
3.5.2 Kosten-/Nutzen-Ermittlung für eine mögliche netzwerkweite Umsetzung	27
3.6 Mögliche Umsetzung von schärferen Grenzwerten im Rahmen der TSI Lärm	28
3.7 Anreizsysteme für den Einsatz leiserer Fahrzeuge	29
3.8 Zusammenfassung	29
4. Rahmenbedingungen und Prozessanalyse des Lärmsanierungsprogramms und geplante Umsetzung bis 2030	31

4.1	Übersicht der geltenden Rahmenbedingungen	31
4.1.1	Rechtlicher Rahmen	31
4.1.2	Planung der Maßnahmen	38
4.1.3	Antragsprüfung	39
4.1.4	Bauliche Umsetzung	40
4.1.5	Realisierungskosten	41
4.1.6	Aufstockung von Finanzmitteln	41
4.1.7	Weitere, zu berücksichtigende Aspekte	41
4.2	Prozessanalyse	42
4.2.1	Prozessschritte und ihre Handlungsspielräume	43
4.2.2	Zeiträume und relevante Akteure	46
4.2.3	Zusammenhänge / Abhängigkeiten der Prozessschritte	48
4.3	Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms bis 2030 auf Basis der vorliegenden Planung	49
4.3.1	Aktueller Stand des Sanierungsverfahrens	49
4.3.2	Lärmschutzziel 2030 des Bundes	51
4.3.3	Lärmschutzstrategie der DB AG	51
4.3.4	Vorgesehene Sanierungskilometer pro Jahr	52
4.3.5	Vorgesehene Finanzierung	53
5.	Szenarien und Handlungsempfehlungen zur Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms	54
5.1	Eingangsdaten für Szenarien: Parameter, Potentiale & Hemmnisse	54
5.1.1	Analyse geeigneter Parameter zur Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms	54
5.1.2	Identifikation möglicher Potentiale und Hemmnisse	54
5.2	Szenarien für einen früheren Abschluss des Lärmsanierungsprogramms	56
5.3	Vergleich der Szenarien	58
5.3.1	Ergebnisse für Auslösewert $L_{\text{Night}} \geq 57$ dB(A)	58
5.3.2	Ergebnisse für Auslösewert $L_{\text{Night}} \geq 54$ dB(A)	59
5.3.3	Ergebnisse für Auslösewert $L_{\text{Night}} \geq 44$ dB(A)	60
5.4	Handlungsempfehlungen	61
A.1	Abkürzungsverzeichnis	B
A.2	Abbildungsverzeichnis	C
A.3	Tabellenverzeichnis	C
A.4	Quellen- und Literaturverzeichnis	D
A.5	Gesetze, Verordnungen und Förderrichtlinien	I
A.6	Detaillierter Workflow Arbeitspaket 1	J

Zusammenfassung

Ziel der Studie „Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms und Weiterentwicklung des Lärmschutzes an der Schiene“ war es, insbesondere die folgenden Fragen zu beantworten:

- Wie hat sich die Lärmbelastung am bestehenden Schienennetz, die durch den Güter- und Personenverkehr der Eisenbahnen des Bundes entsteht, zwischen 2016 und 2022 entwickelt (Arbeitspaket 1)?
- Welche Lärminderungsstechniken für Güter- und Personenzüge sowie Lokomotiven und Fahrwege sind verfügbar, und welche Potenziale gibt es für weitere Lärminderung an der Quelle zur möglichen Umsetzung schärferer Grenzwerte (Arbeitspaket 2)?
- Welche Rahmenbedingungen gelten derzeit für das freiwillige Lärmsanierungsprogramm, welche Maßnahmen und Handlungsspielräume enthalten die einzelnen Prozessschritte und wie ist die geplante Umsetzung der DB AG bis zum Jahr 2030 (Arbeitspaket 3)?
- Über welche Parameter könnte das Lärmsanierungsprogramm beschleunigt werden, wie sehen mögliche Szenarien aus und welche Handlungsempfehlungen lassen sich hieraus ableiten (Arbeitspaket 4)?

Zur Beantwortung der Fragen wurde eine umfangreiche Datenbibliothek in ein Datenmodell überführt, um anhand eines Modellierungsverfahrens die Anzahl der Anwohnenden, die zwischen den Jahren 2016 und 2022 oberhalb der nächtlichen Auslösewerte betroffen waren bzw. bis zum Jahr 2030 betroffen sind, zu ermitteln. Des Weiteren wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, welche die derzeit geltenden Rahmenbedingungen für das Lärmsanierungsprogramm erfasst. Dessen Abläufe wurde in einer Prozessanalyse dargestellt sowie die vorliegende Planung der Deutschen Bahn AG (DB AG) zur Umsetzung des Programms dargelegt. Hierauf aufbauend wurden Szenarien entwickelt, ausgewertet und anhand der Ergebnisse Handlungsempfehlungen zu einer möglichen Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms ausgearbeitet.

Die Entwicklung der Betroffenenzahlen zwischen den Jahren 2016 und 2022 wurde mit Hilfe eines Modellierungsverfahrens in Jahresscheiben dargestellt. Die Analyse der Betroffenenzahlen hat verdeutlicht, dass eine Minderung des Lärms an der Quelle die effektivste und nachhaltigste Strategie zur Minderung der bundesweiten Betroffenenzahlen darstellt.

Das Regelwerk für die Lärmsanierung wird im Wesentlichen in der Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes aufgeführt. Hierzu greifen ergänzend die Ausführungsbestimmungen des Eisenbahn-Bundesamtes. Darüber hinaus haben einzelne Aspekte aus weiteren, nationalen und EU-weiten Gesetzen, Richtlinien und Regularien Einfluss auf die Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms.

Die Gesamtdauer des Lärmsanierungsprozesses in einem Streckenabschnitt dauert von Planungsbeginn bis zur Ausführung der Lärmsanierungsmaßnahmen im Durchschnitt über 5 Jahre. Dabei hängt die tatsächliche Gesamtdauer der aktiven Lärmsanierungsmaßnahme wesentlich vom anzuwendenden Genehmigungsverfahren und der Herbeiführung der Einigkeit mit den betroffenen Haushalten ab. Kommen in einem Sanierungsbereich nach Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ausschließlich passive Lärmsanierungsmaßnahmen in Betracht, so reduziert sich die Gesamtdauer auf etwa 1,5 Jahre.

Die DB AG plant für die Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms bis zum Jahr 2030 eine durchschnittliche Sanierung von ca. 125 Streckenkilometer pro Jahr. Um die geplanten Lärmsanierungskilometer pünktlich zu realisieren, schätzt sie den finanziellen Bedarf zwischen 2023 und 2030 auf insgesamt ca. 1,7 Milliarden Euro ab.

Bestehend auf dem Ausgangsszenario des Status Quo wurden vier weitere Szenarien entwickelt, die eine Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms aufzeigen. Die Ergebnisse des Modellierungsverfahrens zeigen, dass das Ziel, alle betroffenen Anwohnerinnen und Anwohner zu entlasten, unter Annahme der günstigsten Parameter im Jahr 2060 erreicht werden kann.

1. Einleitung

Der Bund und die Deutsche Bahn AG (DB AG) verfolgen das Ziel, den Schienenlärm in Deutschland zu senken und bis zum Jahr 2030 die Hälfte der Anwohnenden an Bahnstrecken zu entlasten.

Für einen wirkungsvollen Schutz vor Schienenverkehrslärm verfolgt das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) eine kombinierte Strategie, bei der sowohl an einer Minderung der Schallemissionen von Schienenfahrzeugen mittels einer Verbesserung des rollenden Materials gearbeitet wird als auch Lärmsanierungsmaßnahmen an betroffenen Schienenwegen umgesetzt werden.

Mit dem freiwilligen Lärmsanierungsprogramm des Bundes an bestehenden Schienenwegen und dem jährlich neu verabschiedeten Haushaltsgesetz stellt der Bund seit dem Jahr 1999 jährlich Haushaltsmittel für Lärmsanierungsmaßnahmen an Schienenwegen zur Verfügung – insgesamt über 1,7 Milliarden Euro [1]. Basierend auf den durchgeführten Maßnahmen in den Jahren 2016 bis 2019 konnten jährlich im Durchschnitt ca. 80 km Eisenbahnstrecke lärmsaniert werden. Diese 80 km/Jahr stellen die Grundannahme für das von Bund und DB AG gemeinsam beschlossene Lärmschutzziel 2030 dar.

Der Bund ist sich über die Erwartungshaltung der Anwohnenden von Bahnstrecken im Klaren und möchte einen schnelleren Fortschritt in der Lärmreduzierung erreichen. Ziel dieser Studie ist es daher, Möglichkeiten zur Beschleunigung der Lärmsanierungsleistung an der Schiene zu identifizieren und Szenarien für einen früheren Abschluss des Lärmsanierungsprogramms zu entwickeln. Hierbei wurde berücksichtigt, dass der nächtliche Auslösewert im Bundeshaushaltsgesetz zum 01.01.2022 auf 54 dB(A) gesenkt und in die Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung in die Fassung von Mai 2022 aufgenommen wurde.

Der Leistungsumfang dieses Gutachtens gliedert sich in die folgenden vier Arbeitspakete (AP):

AP 1: Stand der Belastung durch Schienenverkehrslärm

In diesem Arbeitspaket soll die Entwicklung der Lärmbelastung, die durch den Güter- und Personenverkehr der Eisenbahnen des Bundes entsteht, für 2016 bis 2022 in Jahresscheiben dargestellt werden.

AP 2: Potenziale für weitere Lärminderung an der Quelle

Im Rahmen von Arbeitspaket 2 wird im Zuge einer internationalen Literaturrecherche untersucht, welche Lärminderungstechniken für Güter- und Personenzüge sowie Lokomotiven und Fahrwege heute bereits verfügbar sind. Es wird über Potenziale für weitere Lärminderung an der Quelle als Einzelmaßnahme sowie als kombinierte Maßnahme, technische Vor- und Nachteile und eine netzwerkweite Kostenabschätzung diskutiert. Zudem wird in diesem Arbeitspaket auch ein kurzer Überblick über die Mechanismen einer Umsetzung schärferer Grenzwerte als Teil der „Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems 'Fahrzeuge – Lärm'“ (TSI Lärm) und der zuständigen Akteure gegeben, sowie ein Denkansatz zur Entwicklung weiterer Anreize, die zum Betreiben leiserer Fahrzeuge führen.

AP 3: Rahmenbedingungen und Prozessanalyse des Lärmsanierungsprogramms und geplante Umsetzung bis 2030

In Arbeitspaket 3 werden die derzeit geltenden Rahmenbedingungen für das freiwillige Lärmsanierungsprogramm Schiene erfasst, ausgewertet und detailliert beschrieben. Diese bilden die Grundlage für die Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms. In einer Prozessanalyse der Maßnahmenplanung und -ausführung werden die erforderlichen Bearbeitungsschritte, Handlungsspielräume und weitere, zu berücksichtigende Aspekte, die Einfluss auf das freiwillige Lärmsanierungsprogramm haben, untersucht und systematisch dargestellt. Für die einzelnen Prozessschritte werden die relevanten Akteure, notwendige Vorarbeiten, Verkettungen und Voraussetzungen, erforderliche Unterlagen und die Zeiträume dargestellt. Auf Basis der aktuell vorliegenden Planungen der DB AG zur Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms bis zum Jahr 2030 wird eine Analyse als Status Quo dargelegt.

AP 4: Szenarien und Handlungsempfehlungen zur Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms

In Arbeitspaket 4 werden unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Arbeitspaket 1 und Arbeitspaket 3 diejenigen Parameter identifiziert, über die das Lärmsanierungsprogramm beschleunigt werden könnte. Basierend auf dieser Analyse werden die größten Potentiale und Hemmnisse identifiziert. Aufbauend auf Änderungen einzelner Parameter und Parameterkombinationen werden Szenarien für einen früheren Abschluss des Lärmsanierungsprogramms entwickelt und die Ergebnisse mit dem Referenz-Szenario „Status Quo“ aus AP 1 verglichen. Abschließend werden Handlungsempfehlungen zur wirksamen Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms ausgearbeitet.

2. Stand der Belastung durch Schienenverkehrslärm

Das erste Arbeitspaket dient der Analyse und Bewertung der Entwicklung der Belastung durch Schienenverkehrslärm in den letzten sechs Jahren (2016 bis 2021) sowie des Status Quo (2022).

2.1 Datengrundlage

Neben Daten aus Literatur und Lärmstudien wurden weitere Eingabedaten aus zusätzlichen Drittquellen, wie z.B. topografische Informationen und GIS-Datenbanken, städtebauliche Ressourcen und in einigen Fällen Daten aus stationären Messstationen zur Validierung der getroffenen Annahmen angefragt und in das Modell eingelesen.

Diese manuell recherchierten und digital erfassten Datenbibliotheken dienen als Grundlage für die Modellierung verschiedener Schallausbreitungsvarianten. Die Erstellung und Analyse unterschiedlicher Szenarien in einem zentralisierten Modellierungsverfahren ermöglicht anschließend eine Bewertung der Wirksamkeit lärmindernder Techniken in Bezug auf die Verringerung des Geräuschpegels an nahe gelegenen Immissionsorten.

2.1.1 Datenpakete

Für das Modellierungsverfahren wurden folgende zur Verfügung gestellten Datenpakete inklusive der aufgelisteten Dateien verwendet:

- Datenpaket der DB AG
 - Gleislage_2D (bildet das Jahr 2021 ab)
 - SSW_Daten (Anzahl bildet das Jahr 2021 ab)
 - SSD (Schienenstegdämpfer) (Anzahl bildet das Jahr 2021 ab)
- Datenpakete des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA)
 - Kartierungsergebnisse der Runde 3 (Link zum Download erhalten vom EBA am 16.03.2022)
 - Schallschutzwände (alle im schalltechnischen Modell verwendeten Schallschutzwände entlang der kartierten Schienenwege; Herkunft: DB AG sowie kommunale Schallschutzwände)
 - Datenmodell Immissionspunkte_R3 (erhalten vom EBA am 04.07.2022)

2.1.2 Eingabeparameter und getroffene Annahmen

In den nachfolgenden Abschnitten werden die von uns getroffenen Annahmen sowie Eingabeparameter für das Modellierungsverfahren dargestellt und näher erläutert.

Immissionspunkte & Anzahl der von Schienenlärm betroffenen Personen

Die erhaltenen Kartierungsergebnisse der Lärmkartierung Runde 3 durch das EBA repräsentieren die Schienenlärmemissionen des Jahres 2016. Im Rahmen der Berechnung des Lärmschutzziels 2030 des Bundes [2], hat das EBA in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Disy Informationssysteme GmbH eine Abschätzung der von Schienenlärm betroffenen Personen für 2016 getroffen. Im Ergebnis sind 2.204.000 Personen einem nächtlichen Lärmpegel von 57 dB(A) ausgesetzt. Diese Betroffenenanzahl bildet den Ausgangspunkt für alle weiteren Berechnungen in diesem Projekt.

Lärmschutzwände

Das Datenpaket der DB AG zu Lärmschutzwänden wurde vom BMDV am 08.02.2022 bereitgestellt. Zur Analyse der Betroffenen, die eine Lärminderung durch eine Lärmschutzwand erfahren, wurden räumliche Kartierungsdaten verwendet.

Das Datenpaket repräsentiert die Anzahl der Lärmschutzwände in Deutschland im Jahr 2021. Um die Anzahl der zwischen 2016 und 2021 errichteten Lärmschutzwände zu ermitteln, wurde die Differenz zwischen dem

Datenpaket LSW der DB AG (bildet das Jahr 2021 ab) und dem Datenpaket LSW des EBA (bildet das Jahr 2016 ab) gebildet.

Für diese zwischen den Jahren 2016 und 2021 errichteten Lärmschutzwände wurden anschließend Polygone (500 m seitlich der LSW) angeordnet, die sämtliche Betroffene beinhalten, die eine Lärminderung durch die entsprechende Lärmschutzwand erfahren. Eine exemplarische Darstellung ist Abbildung 1 zu entnehmen.



Abbildung 1: Exemplarische Darstellung der LSW-Polygone zur Bestimmung der Betroffenen, die eine Lärminderung durch die LSW erfahren (Quelle: eigene Darstellung).

Sämtliche Betroffene, die in diesen Polygonen lagen, erhielten eine Pegelkorrektur aufgrund des lärmindernden Einflusses durch die Lärmschutzwand. Die Pegelkorrektur ist dabei abhängig von der Höhe der Lärmschutzwand. Folgende Annahmen wurden auf Grundlage der Ausführungen der DB AG [3] getroffen:

- Höhe der Lärmschutzwand (über Schienenoberkante) $\geq 3\text{m}$ → 7 dB Pegelkorrektur
- Höhe der Lärmschutzwand (über Schienenoberkante) $< 3\text{m}$ → 3 dB Pegelkorrektur

Für Lärmschutzwände ohne Höheninformationen wurde eine Höhe von 3 m und damit eine Korrektur von 7 dB angesetzt. [3]

Aufgrund fehlender Informationen zum Baujahr der Lärmschutzwände wurden die insgesamt für die Jahre 2016 bis 2021 berechneten Pegelkorrekturen anschließend linear auf die Jahresscheiben verteilt.

Schienenstegdämpfer

Die räumlichen Koordinaten für installierte Schienenstegdämpfer waren nicht aus dem Datenpaket der DB AG abzuleiten. Um kongruent zum Vorgehen der Lärmschutzwände vorzugehen, wurde für die Modellierung die Abschätzung getroffen, dass sämtliche Schienenstegdämpfer identische räumliche Koordinaten wie die Lärmschutzwände haben, nämlich an lärmsensiblen Standorten, um Anwohnende in urbanen Gegenden vom Schienenlärm zu entlasten. Diese Abschätzung konnte durch die in den Datenpaketen enthaltene Länge der Schienenstegdämpfer validiert werden. Sämtliche Schienenstegdämpfer weisen eine ähnliche Gesamtlänge (Information start-km bis end-km) auf, wie die bereits untersuchten Lärmschutzwände mit einer Höhe größer als 3 m.

Daraus folgend wurden Polygone (500 m seitlich des Standortes der installierten Schienenstegdämpfer) über die angegebene Gesamtlänge der Schienenstegdämpfer an sämtlichen Standorten von Lärmschutzwänden mit einer Höhe $\geq 3\text{m}$ angeordnet. Die Gesamtzahl an Betroffenen, die in diesen Polygonen lag, erhielt eine Pegelkorrektur von 2 dB aufgrund des lärmindernden Einflusses durch die Installation von Schienenstegdämpfern [4].

Aufgrund fehlender Informationen zum Installationsjahr der Schienenstegdämpfer wurden sämtliche für das Jahr 2021 berechneten Pegelkorrekturen linear auf die Jahresscheiben 2016 bis 2021 verteilt.

Prozentuale Anteile des Schienenverkehrs

Der Anteil des Güterverkehrs am gesamten Schienenverkehr in Trassenkilometer basiert auf den Ausführungen der Marktuntersuchung Eisenbahnen für das Jahr 2021 [5]. Ein Auszug ist Abbildung 2 zu entnehmen.

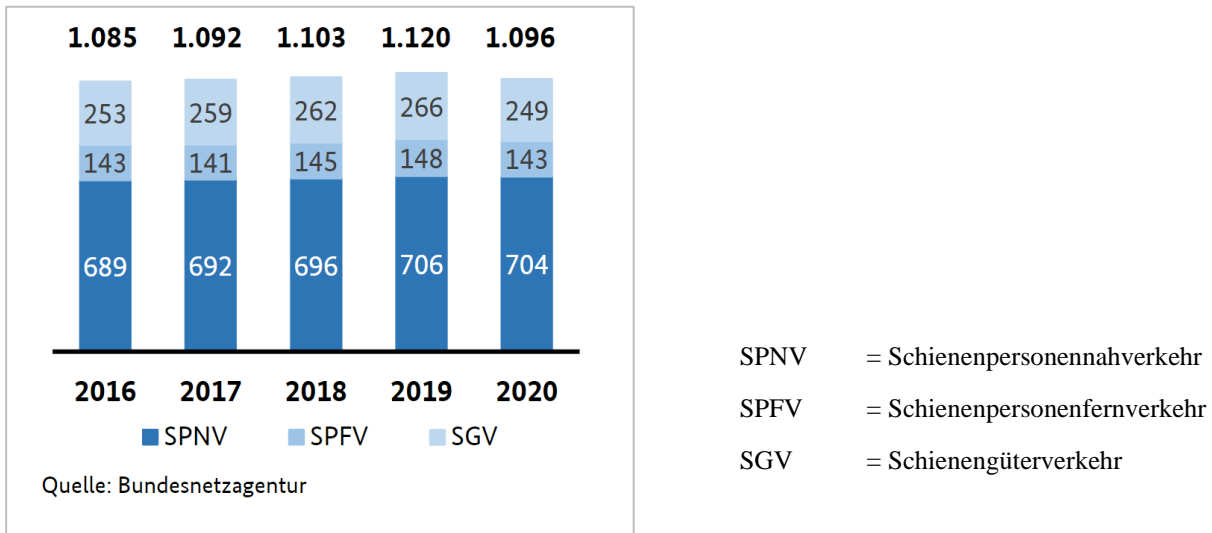


Abbildung 2: Entwicklung der Betriebsleistung 2016 bis 2020 (in Mio. Trassenkilometer) [5].

Setzt man diese Zahlen ins Verhältnis, so ergibt sich für 2019 ein Anteil von 80 % Schienenpersonenverkehr und 20 % Schienengüterverkehr auf dem deutschen Schienennetz. Zu beachten bleibt jedoch, dass ein mittlerer Güterzug einen deutlich höheren Anteil des Schienenverkehrslärms in Deutschland hat als vergleichsweise ein mittlerer Personenzug. Dies liegt u. a. an dem besseren Rollmaterial bei Personenzügen und dass in der Regel bei Güterzügen mehr Achsen pro Länge vorhanden sind. An der Geräuschemission beträgt daher der Anteil von 40 % beim Güterverkehr und 60 % beim Personenverkehr auf dem Schienennetz in Deutschland.

Umrüstung der Bestandsgüterwagen

Im Schienengüterverkehr wird durch den Einsatz von Verbundstoff-Bremsklotzsohlen (V-BKS) eine Schallemissionsminderung von bis zu 10 dB gegenüber den herkömmlichen Grauguss-Sohlen (GG-Sohlen) erzielt. [6]

Der prozentuale Umrüstgrad der Güterwagen wurde mit zwei unterschiedlichen Ansätzen abgebildet.

Im ersten Ansatz wurde ein linear zunehmender prozentualer Umrüstgrad angenommen. Das Erreichen des Ziels von 100 % Umrüstung wurde für das Jahr 2030 angesetzt. Für das Startjahr 2016 wurden 0 dB Pegelkorrektur angerechnet.

Der zweite Ansatz basiert auf historischen Prozentsätzen umgerüsteter Güterwagen auf Grundlage des zur Verfügung gestellten Graphen aus Abbildung 3 zum Bestand der Bremssohlen laut Nationalem Fahrzeugregister vom 06.01.2022 [7]. Für das Startjahr 2016 wurden ebenfalls 0 dB Pegelkorrektur angerechnet.

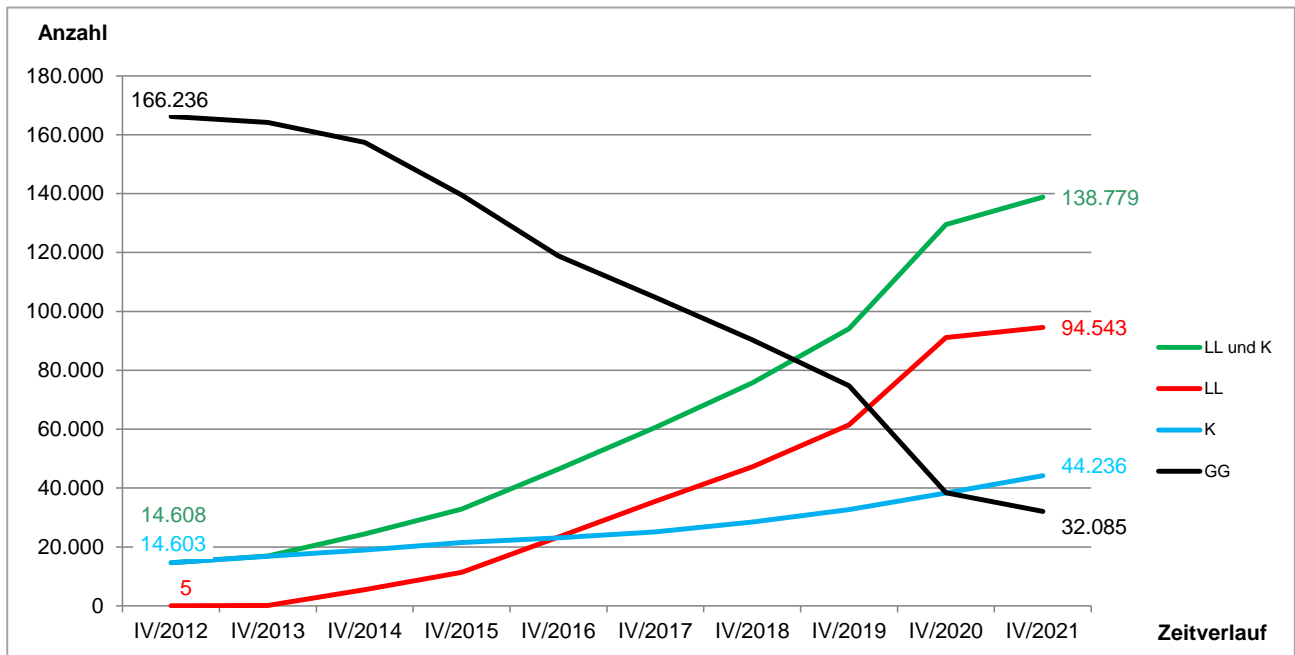


Abbildung 3: „Lärmschutz an der Quelle – Bestand Bremssohlen lt. Nationalen Fahrzeugregister“, Darstellung auf Datenbasis Nationales Fahrzeugregister, Eisenbahn-Bundesamt, letzte Auswertung 06.01.2022 [7].

Hochrechnung nicht-lärmkartierter Eisenbahnstrecken

Identisch zu den internen Berechnungen des EBA wird ein Hochrechnungsfaktor von +93 % für betroffene Anwohnende bei Berücksichtigung eines Auslösewertes von 57 dB(A) außerhalb des Lärmkartierungsumfang in Deutschland angesetzt. [8]

Steigerung der Betroffenzahlen durch Verkehrssteigerung

Im Rahmen des Projektes „Harmonisierung des Lärmsanierungsprogramms mit der Lärmaktionsplanung“ wurde die Verkehrssteigerung von 2016 bis 2030 prognostiziert. Für ca. 50 % der für die Prognose berücksichtigten Strecken wird bis 2030 tagsüber eine Verkehrssteigerung von 50 bis 75 % vorhergesagt. Es zeigt sich eine flächendeckende Steigerung der Schienenverkehrszahlen. Bezüglich des Nachtzeitraums divergiert die Prognose zwischen einer Halbierung bis hin zu einer Verdopplung der Schienenverkehrszahlen. Die Prognose ist hier stark abhängig von der jeweiligen Strecke.

Die Zunahme der Betroffenzahlen durch die Steigerung der Zugzahlen auf dem Schienennetz bis zum Jahr 2030 wird mit einem Faktor von durchschnittlich +79 % für alle Verkehrsarten (keine Unterscheidung zwischen Personenverkehr und Güterverkehr) basierend auf Hochrechnungen des EBA angesetzt. [9] [10]

Passive Lärminderungsmaßnahmen

Der Einfluss passiver Lärminderungsmaßnahmen wurde auf Grundlage der Datensätze des Eisenbahn-Bundesamtes berücksichtigt. [8] Da seit Beginn des Lärmsanierungsprogramms bis 2016 insgesamt 212.000 Menschen Anspruch auf passive Lärmsanierungsmaßnahmen hatten, wurde für das hier zu Grunde liegende Startjahr 2016 eine Entlastung von 212.000 Anwohnenden berücksichtigt. Für die Folgejahre 2017 bis 2022 konnten jährlich 24.000 Anwohnende mit diesem Anspruch angesetzt werden.

2.2 Methodik

In nachfolgender Abbildung 4 wird die Methodik des entwickelten Modellierungsverfahrens zusammenfassend dargestellt. Eine detaillierte Übersicht der entwickelten Methodik ist Anhang A.6 zu entnehmen.

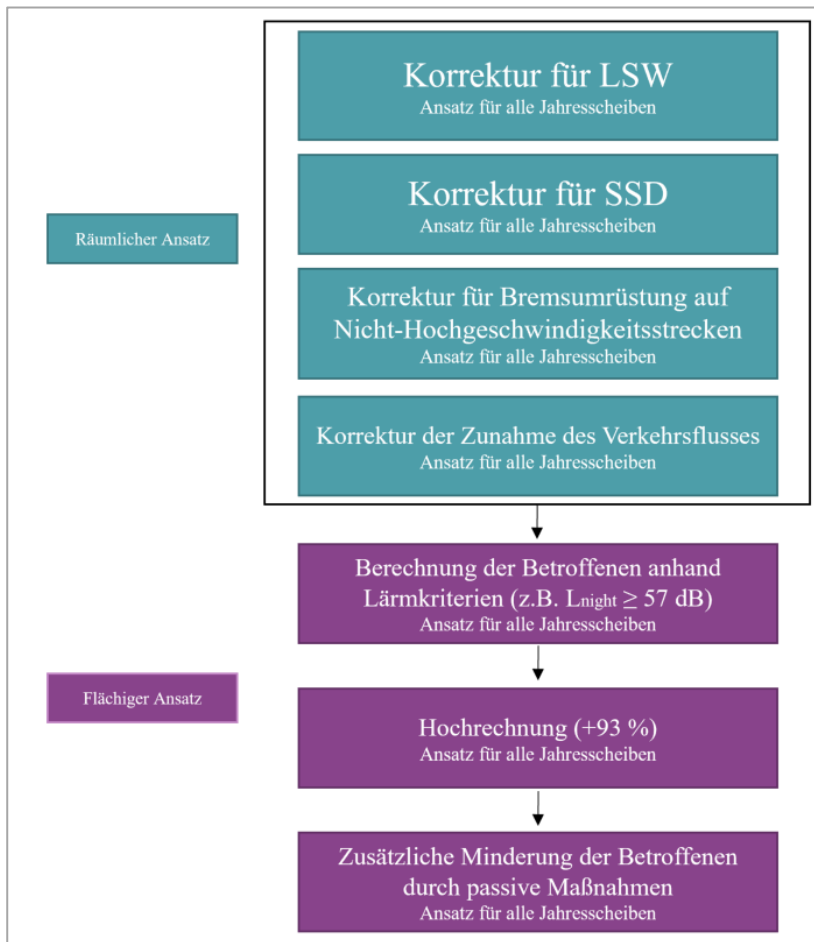


Abbildung 4: Darstellung der Methodik des Modellierungsverfahrens (Quelle: eigene Darstellung).

Das entwickelte Modellierungsverfahren basiert auf räumlichen und flächigen Ansätzen. Während beim flächigen Ansatz die vorgenommenen Hochrechnungen und Pegelkorrekturen flächendeckend für sämtliche vom Schienenlärm betroffene Anwohnende in Deutschland berücksichtigt wurden, erfolgte der Ansatz räumlicher Pegelkorrekturen lediglich für Betroffene an bestimmten Streckenabschnitten, an denen Lärminderungsmaßnahmen wie beispielsweise Lärmschutzwände oder Schienenstegdämpfer einen Einfluss auf die Betroffenenanzahlen haben.

Räumlicher Ansatz

Die Berechnungen der Pegelkorrektur für Lärmschutzwände und Schienenstegdämpfer erfolgte mit Hilfe eines räumlichen Ansatzes für den gesamten zu untersuchenden Zeitraum von 2016 bis 2022 (vgl. Abbildung 4). Die resultierenden Pegelkorrekturen wurden anschließend gleichmäßig auf die jeweiligen Jahre verteilt.

Die Umrüstung der Bremsen von Güterwagen wurde als lärmindernder Korrekturfaktor für alle Eisenbahnstrecken mit Ausnahme der Hochgeschwindigkeitsstrecken berechnet. In beiden Ansätzen wurde für das Jahr 2016 angenommen, dass sämtliche Züge des Personenverkehrs über Scheibenbremsen verfügen. Die hinzukommenden Anteile umgerüsteter Güterwagen wurden mit dem Verhältnis von 60 % Personenverkehr und 40 % Güterverkehr (vgl. Abschnitt 2.1.2) berücksichtigt. Die berechneten Lärminderungen in dB sind nachfolgender Tabelle 1 für den jeweiligen Ansatz zu entnehmen.

Jahr	Linearer Ansatz Bremsumrüstung (vgl. Abschnitt 2.1.2)		Ansatz historischer Prozentsätze für Bremsumrüstung (vgl. Abschnitt 2.1.2, Abbildung 3)	
	Umrüstung Bremsen in %	Lärmminderung in dB	Umrüstung Bremsen in %	Lärmminderung in dB
2016	71 %	0 dB	71 %	0 dB
2017	73 %	-0.2 dB	75 %	-0.4 dB
2018	75 %	-0.5 dB	78 %	-0.8 dB
2019	77 %	-0.7 dB	82 %	-1.4 dB
2020	79 %	-1.0 dB	91 %	-3.0 dB
2021	82 %	-1.3 dB	92 %	-3.3 dB
2022	84 %	-1.6 dB	93 %	-3.5 dB

Tabelle 1: Berechnete Lärmminderungspotentiale für die Umrüstung der Bremsen von Güterwagen.

Für den linearen Ansatz wurde zwischen dem Startjahr 2016 und dem Zieljahr 2030 (Ziel: 100 % Umrüstung) linear interpoliert. Die Umrüstgrade des zweiten Ansatzes basieren auf den historischen Umrüstzahlen der zu analysierenden Jahresscheiben (vgl. Abbildung 3) [7].

Flächiger Ansatz

Die in Abbildung 4 in lila dargestellten Berechnungsschritte wurden flächendeckend für sämtliche betroffene Anwohnende an Schienenwegen des Bundes durchgeführt. Die Pegelkorrekturen resultierend aus dem Einbau von Schallschutzfenstern (passive Lärmminderungsmaßnahmen) wurden auf die Gesamt-Betroffenzahl angerechnet.

Die Berechnung der Betroffenen erfolgte unter Berücksichtigung der folgenden Auslösewerte:

- $L_{\text{Night}} \geq 57 \text{ dB(A)}$ → Wert gemäß Haushalt 2020
- $L_{\text{Night}} \geq 54 \text{ dB(A)}$ → Seit dem 01.01.2022 gültiger Wert
- $L_{\text{Night}} \geq 44 \text{ dB(A)}$ → Wert nach den WHO-Leitlinien.

2.3 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse unter Berücksichtigung der beschriebenen nächtlichen Auslösewerte in tabellarischer (vgl. Tabelle 2: Berechnete Anzahl von Schienenlärm Betroffener von 2016 bis 2022 unter Berücksichtigung sämtlicher angesetzter Lärmminderungsmaßnahmen (s. Kapitel 2.2). sowie graphischer Form dargestellt und erläutert.

Jahr	Betroffene $L_{\text{Night}} \geq 57 \text{ dB(A)}$		Betroffene $L_{\text{Night}} \geq 54 \text{ dB(A)}$		Betroffene $L_{\text{Night}} \geq 44 \text{ dB(A)}$	
	Linearer Ansatz	Historischer Ansatz	Linearer Ansatz	Historischer Ansatz	Linearer Ansatz	Historischer Ansatz
2016	1.961.693	1.961.693	3.831.213	3.831.213	21.587.489	21.587.489
2017	1.939.963	1.858.695	3.814.630	3.664.453	21.558.170	21.103.250
2018	1.922.263	1.801.413	3.805.455	3.582.054	21.528.852	20.834.285

Jahr	Betroffene $L_{Night} \geq 57 \text{ dB(A)}$		Betroffene $L_{Night} \geq 54 \text{ dB(A)}$		Betroffene $L_{Night} \geq 44 \text{ dB(A)}$	
	Linearer Ansatz	Historischer Ansatz	Linearer Ansatz	Historischer Ansatz	Linearer Ansatz	Historischer Ansatz
2019	1.900.960	1.630.577	3.790.368	3.289.813	21.499.533	19.828.742
2020	1.838.752	1.173.275	3.698.988	2.463.559	21.251.599	16.498.604
2021	1.778.405	1.134.090	3.591.910	2.393.550	20.954.997	16.209.544
2022	1.715.236	1.113.859	3.498.081	2.379.291	20.662.243	16.181.064

Tabelle 2: Berechnete Anzahl von Schienenlärm Betroffenen von 2016 bis 2022 unter Berücksichtigung sämtlicher angesetzter Lärminderungsmaßnahmen (s. Kapitel 2.2).

In nachfolgender Abbildung 5 ist die in Abschnitt 2.1.2 (Umrüstung der Bestandgüterwagen) bereits tabellarisch beschriebene Bremsumrüstung der Güterwagen dargestellt. Um die Kurven bis zum Ziel eines Umrüstgrades von 100 % besser zu verdeutlichen, werden die Jahre 2022 bis 2030 ebenfalls in Abbildung 5 visualisiert.

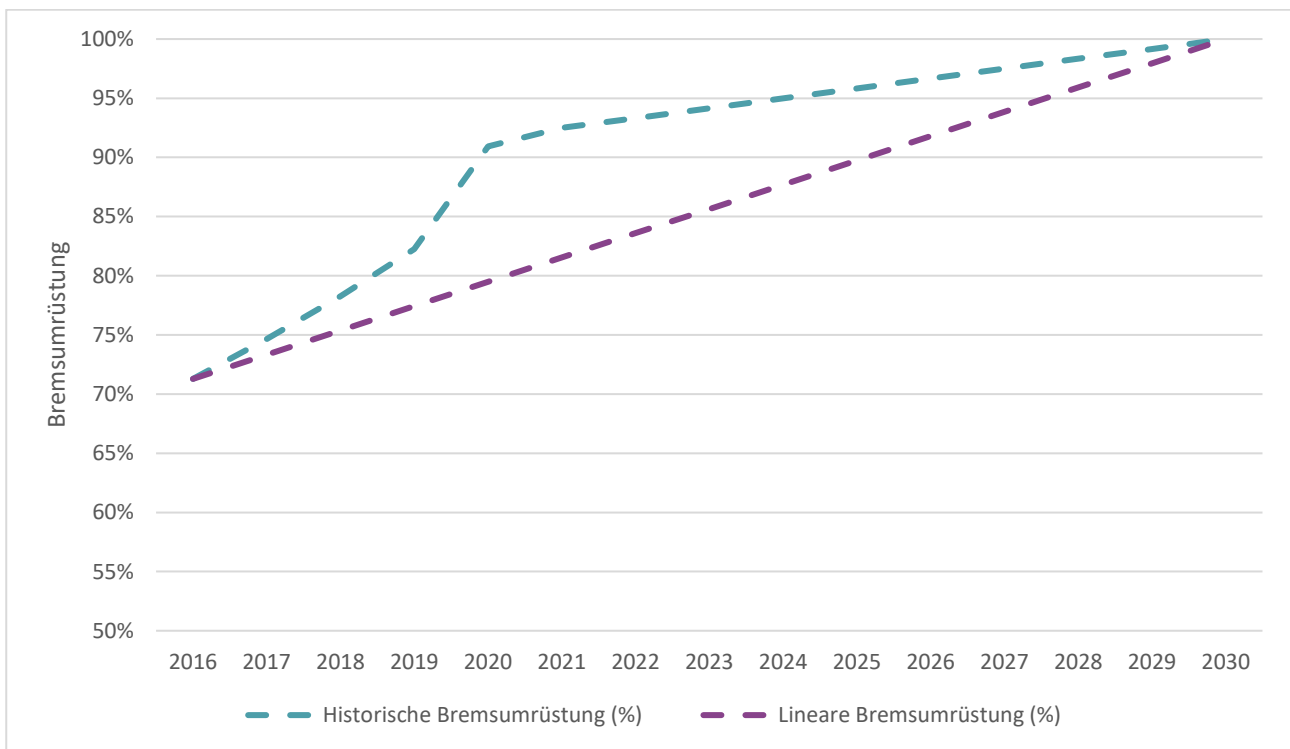


Abbildung 5: Für die Berechnung angesetzte Bremsumrüstung der Güterwagen bis 2030.

2.3.1 Betroffenzahlen für nächtlichen Auslösewert $L_{Night} \geq 57 \text{ dB(A)}$

Wie Tabelle 2 und Abbildung 6 zu entnehmen, liefert der lineare Ansatz das Ergebnis einer Reduzierung der Betroffenzahl zwischen den Jahren 2016 und 2022 von 246.457 Menschen in Deutschland (vgl. Abbildung 6 rote Kurve). Dies entspricht einem Prozentsatz von ca. 13 %.

Bei Analyse des historischen Ansatzes umgerüsteter Güterwagen (vgl. Abbildung 3) findet eine Reduzierung der Betroffenzahl von 847.834 Menschen zwischen den Jahren 2016 und 2022 statt (vgl. Abbildung 6 blaue Kurve). Dies entspricht einem Prozentsatz von ca. 43 %.

Der steile Abfall der blauen Kurve in Abbildung 6 zwischen den Jahren 2018 und 2020 ist mit dem Auslaufen des Förderprogramms zur Umrüstung von Bestandgüterwagen und dem zum Fahrplanwechsel 2020/21 drohenden Verbot von Grauguss-Bremssohlen durch das Schienenlärmschutzgesetz zu begründen.

Die Umrüstung der Güterwagen auf V-BKS erreichte erst dann ihre volle akustische Wirkung, als ein großer Anteil (ca. 76 %) der Güterwagenflotte umgerüstet war. Dieser Umrüstegrad wurde zwischen den Jahren 2018 und 2020 erreicht, wodurch eine erhebliche Reduzierung Betroffener erzielt werden konnte. [11]

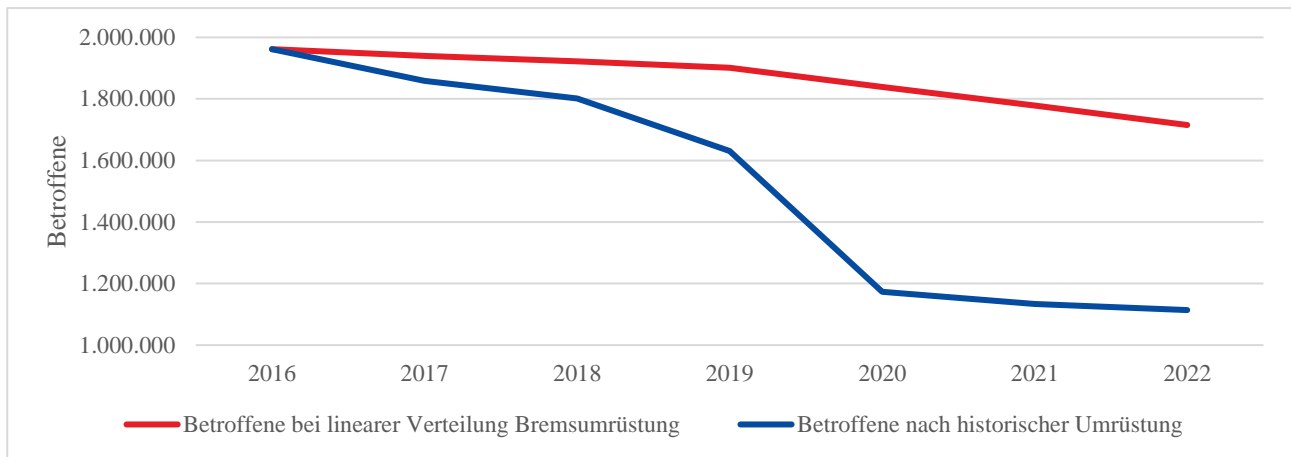


Abbildung 6: Berechnung der Anzahl von Schienenlärm betroffener Personen von 2016 bis 2022 bei einem nächtlichen Auslösewert von $L_{Night} \geq 57$ dB(A) (Quelle: eigene Darstellung).

2.3.2 Betroffenzahlen für nächtlichen Auslösewert $L_{Night} \geq 54$ dB(A)

Bei Betrachtung des nächtlichen Auslösewertes $L_{Night} \geq 54$ dB(A) sind als Ausgangswert für das Jahr 2016 im Vergleich zum vorherigen Lärmkriterium mehr Menschen vom Schienenverkehrslärm in Deutschland betroffen (vgl. Tabelle 2). Das Ergebnis des linearen Ansatzes liefert eine Reduzierung der Betroffenzahl zwischen den Jahren 2016 und 2022 von 333.132 Menschen in Deutschland (vgl. Abbildung 7 rote Kurve). Dies entspricht einem Prozentsatz von ca. 9 %.

Bei Analyse des historischen Ansatzes (vgl. Abbildung 3) findet eine Reduzierung der Betroffenzahl von 1.451.922 Menschen zwischen den Jahren 2016 und 2022 statt (vgl. Abbildung 7 blaue Kurve). Dies entspricht einem Prozentsatz von ca. 38 %.

Auch die Ergebnisse dieses Auslösewertes zeigen einen steilen Abfall der blauen Kurve zwischen den Jahren 2018 und 2020. [11]

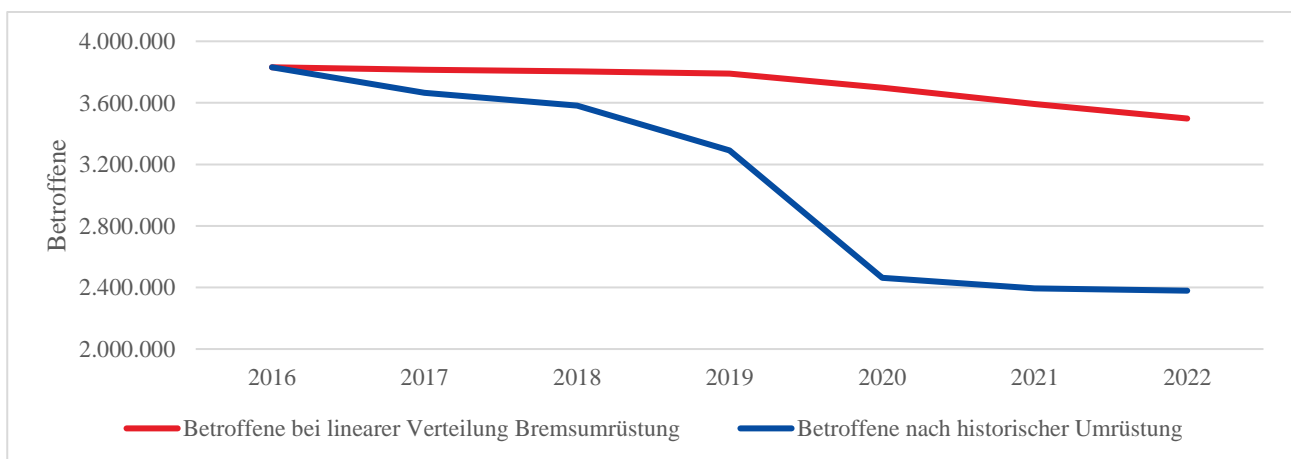


Abbildung 7: Berechnung der Anzahl von Schienenlärm betroffener Personen von 2016 bis 2022 bei einem nächtlichen Auslösewert von $L_{Night} \geq 54$ dB(A) (Quelle: eigene Darstellung).

2.3.3 Betroffenzahlen für Auslösewert $L_{Night} \geq 44$ dB(A)

Der nächtliche Auslösewert $L_{Night} \geq 44$ dB(A) führt erneut zu einer Zunahme an Gesamtbetroffenen für das Startjahr 2016 der Analyse in Deutschland (vgl. Tabelle 2). Das Ergebnis des linearen Ansatzes liefert eine

Reduzierung der Betroffenzahl zwischen den Jahren 2016 und 2022 von 925.246 Menschen in Deutschland (vgl. Abbildung 8 rote Kurve). Dies entspricht einem Prozentsatz von ca. 4 %.

Bei Analyse des Ansatzes der tatsächlichen Anzahl umgerüsteter Güterwagen (vgl. Abbildung 3) findet eine Reduzierung der Betroffenzahl von 5.406.425 Menschen zwischen den Jahren 2016 und 2022 statt (vgl. Abbildung 8 blaue Kurve). Dies entspricht einem Prozentsatz von ca. 25 %. [11]

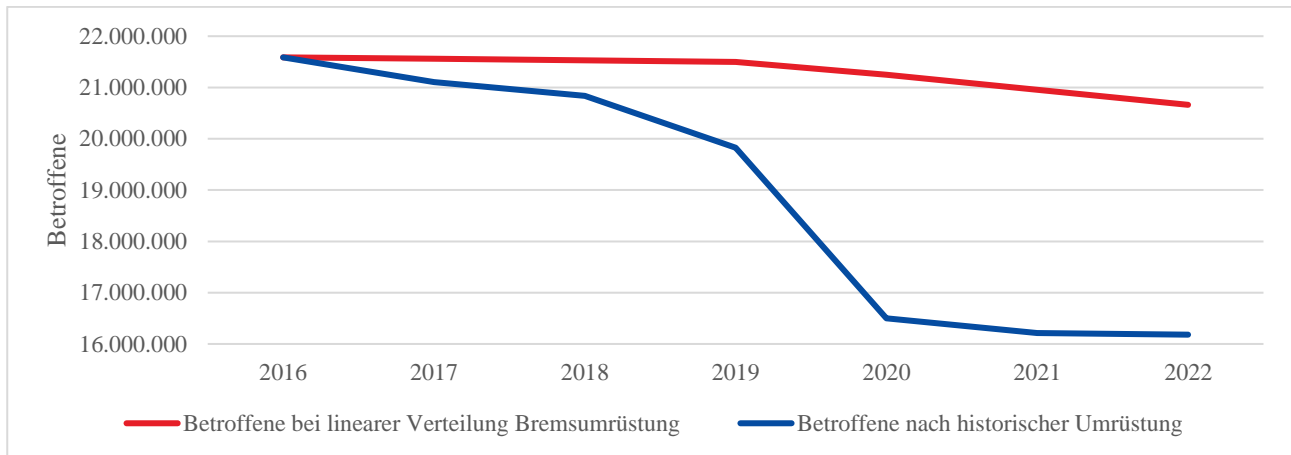


Abbildung 8: Berechnung der Anzahl von Schienenlärm betroffener Personen von 2016 bis 2022 bei einem nächtlichen Auslösewert von $L_{Night} \geq 44$ dB(A) (Quelle: eigene Darstellung).

2.4 Zusammenfassung

Bei der Analyse der Betroffenzahlen mit Hilfe eines Modellierungsverfahrens wurde die Entwicklung der Lärmbelastung in Jahresscheiben dargestellt. Deutlich wurde, dass die Umrüstung der Güterwagen von GG-Sohlen auf V-BKS bei glatter Schienenoberfläche den größten Einfluss der in diesem Arbeitspaket untersuchten Maßnahmen auf die Schallemissionsminderung hat. Den Lärm an der Quelle zu mindern gilt daher effektivste und nachhaltigste Strategie zur Minderung der bundesweiten Betroffenzahlen [12]. Dies konnte durch die Untersuchungsergebnisse der analysierten Jahre 2016 bis 2022 belegt werden. Grund dafür ist die flächendeckende Wirkung der leiseren Bremsen.

Die ermittelten Ergebnisse für die Jahresscheiben 2016 bis 2022 dienen als Grundlage für die Bearbeitung von Arbeitspaket 4 (Abschnitt 5 im vorliegenden Bericht). Dort werden basierend auf dem in Abschnitt 2 entwickelten Modellierungsverfahren und der Erstellung des Referenz-Szenarios, welches die tatsächlich umgesetzten Maßnahmen in den letzten Jahren abbildet, diejenigen Parameter identifiziert, die zu einer Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms führen könnten.

3. Potenziale für weitere Lärminderung an der Quelle

3.1 Geräuschquellen bei Schienenfahrzeugen

In diesem Abschnitt werden die relevanten Schallquellenarten von Schienenfahrzeugen erläutert. Dabei hängt die dominierende Schallquellenart vor allem von der Geschwindigkeit des Zuges ab [13], wie in Abbildung 9 dargestellt.

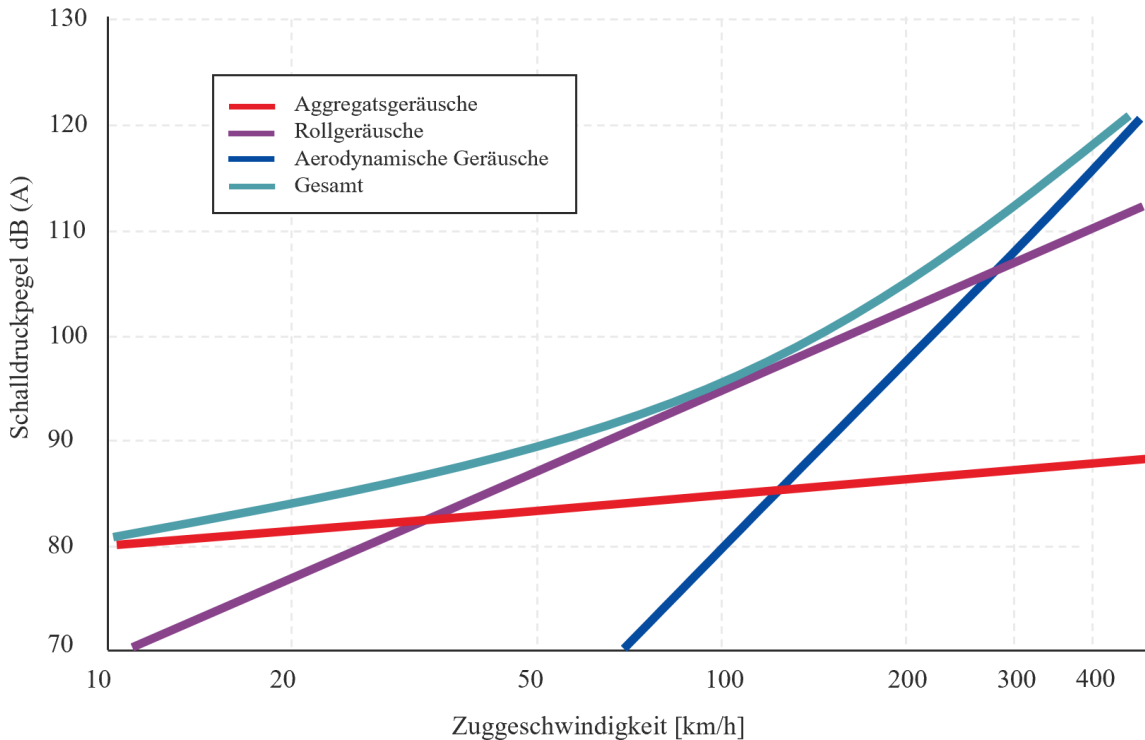


Abbildung 9. Qualitativer Verlauf des Schalldruckpegels von Schallquellenarten bei Schienenfahrzeugen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (Quelle: Eigene Darstellung)

3.1.1 Rollgeräusche

Das Rad-Schiene-Geräusch oder Rollgeräusch entsteht durch die Schwingungserregung der Räder und Schiene, wenn das Rad auf der Schiene rollt. Die Erregung wird durch die kombinierte Oberflächenrauheit an der Kontaktfläche zwischen dem Rad und der Schiene erzeugt. Der Gesamtpegel des Rollgeräusches entsteht durch die energetische Addition der Rauheitspegel von Rad und Schiene. [14]

Das Rollgeräusch wird von den folgenden Parametern beeinflusst [15]:

- Akustische Schienen- und Radrauheit,
- Eigenschaften von Schienenbefestigung und Zwischenlagen,
- Radgröße und Radform,
- Bremsarten,
- Schienenform und
- Schwellenform.

3.1.2 Aerodynamische Geräusche

Der Luftstrom, der das Fahrzeug umgibt, kann besonders bei höheren Geschwindigkeiten ab 200 km/h einen Einfluss auf die Schallemission haben, bei Geschwindigkeiten über 300 km/h sogar maßgeblich sein [13]. Dabei spielt die äußere Form des Zuges eine wichtige Rolle. Je nach Konzipierung des Fahrzeugs wird die Schallerzeugung unter anderem von Drehgestellen, Stromabnehmern, Dachaufbauten, Abstand der Wagenübergänge, Lüftungsöffnungen und Türen beeinflusst. Die DB AG hat eine Studie durchgeführt, bei

der die Hauptschallquellen an Hochgeschwindigkeitszügen (hauptsächlich ICE3) untersucht worden sind. Dabei ist festgestellt worden, dass ein hoher Anteil des entstehenden Schalls sowohl oberhalb des Zuges (Stromabnehmer und Antenne) als auch an der Zugspitze entsteht [16].

3.1.3 Stoßgeräusche

Schnelle vertikale Bewegungsänderungen zwischen Rad und Schiene führen zu kurzfristigen Kräften in deren Kontaktbereich. Dies hat zur Folge, dass Rad und Schiene zu Körperschall angeregt werden und dadurch Luftschall emittiert wird. Da die vertikale Bewegung zwischen Rad und Schiene der eines Stoßes entspricht, wird diese Art der Schallemission Stoßgeräusch genannt. Sie werden hauptsächlich durch die folgenden Störstellen ausgelöst [17]:

- Weichen (Herzstücklücken);
- Isolierstöße;
- Imperfekte Schweißverbindungen;
- Auffahrungen und Flachstellen;
- Ausbröckelungen an Schienen- und Radlaufflächen;
- Schienenriffeln.

3.1.4 Betriebs-, Antriebs- und Hilfsaggregatsgeräusche

Bei bestimmten Betriebsereignissen können diverse Aggregatsgeräusche die Schallemission maßgeblich beeinflussen, wie zum Beispiel beim Bremsen vor und Anfahren nach Haltestellen bzw. auf offener Strecke, oder auch im Leerlaufbetrieb. Faktoren für Schallemissionen sind hierbei insbesondere [18]:

- Antriebskomponenten;
- Klimaaggregate;
- Kühlung der Traktionsaggregate;
- Druckluftkompressoren zur Erzeugung der Druckluft für die mechanischen Bremsen und
- Hilfsaggregate und deren Versorgung.

Dabei spielen auch weitere Betriebsgeräusche, wie zum Beispiel das Türschließsignal, um das Öffnen und Schließen der Türen akustisch zu vermitteln, eine wichtige Rolle. Für die Messung dieser akustischen Türsignale gibt es internationale Standards, die in der EN 17285:2020 eingesehen werden können.

Abbildung 10 zeigt eine Zusammenfassung potenzieller Schallquellen an Dieseltriebfahrzeugen.

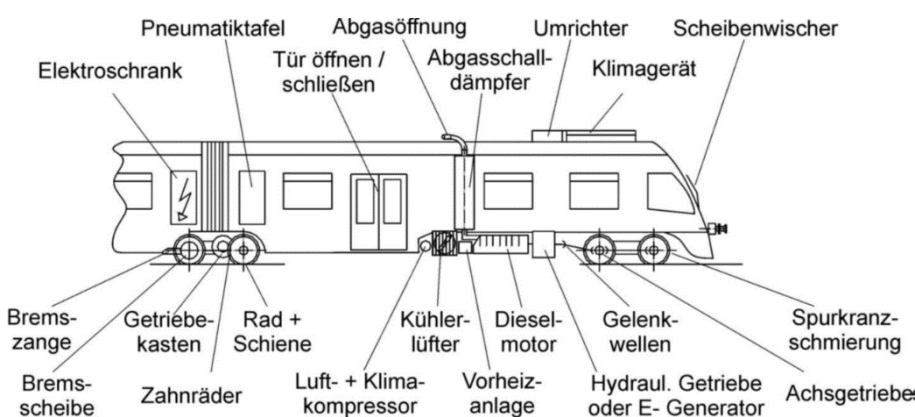


Abbildung 10. Schallquellen an Dieseltriebfahrzeugen [19]

3.1.5 Kurvenfahrgeräusche

Bei Kurvenfahrgeräuschen wird zwischen Quietschgeräuschen und Spurkranzgeräuschen unterschieden.

Quietschgeräusche werden durch den Rad-Schiene-Kontakt beim Durchfahren enger Kurven mit einem Radius kleiner 500m erzeugt. Da das Rad in seiner Resonanz schwingt, ist dieses Geräusch stark tonal und kann dabei im Abstand von 10 Metern einen Schallemissionspegel von bis zu 110 dB(A) verursachen. Dies ist besonders der Fall an (Rangier-)bahnhöfen, und auch an Orten mit komplexer Topografie. Dabei hat der Gierwinkel des Vorderradsatzes gegenüber der Schiene einen großen Einfluss auf die Lautstärke des Kurvenquietschens. Der Gierwinkel kann verringert werden, indem der Abstand zwischen den Achsen minimiert wird. Eine einfache Faustregel besagt, dass das Quietschen wahrscheinlich auftritt, wenn der Kurvenradius weniger als das 100-fache des Radstandes beträgt. [13], [18]

Das sogenannte Spurkränzzischen entsteht durch den seitlichen Kontakt des Spurkranzes mit der Schienenoberfläche. Dabei handelt es sich um ein intermittierendes, breitbandigeres Hochfrequenzgeräusch ohne spezifische tonale Komponente. [13], [18]

3.1.6 Brückendröhnen

Insbesondere bei älteren Stahlbrückenkonstruktionen ist die Schallemission häufig sehr hoch, da die Gleise direkt auf der Stahlbrückenkonstruktion aufgelegt sind. Dabei werden die Kräfte direkt auf die Brücke übertragen. Das Schienenbefestigungssystem kann zu einer Verringerung der Abklingraten des Gleises und zu einem starken Anstieg des von der Schiene ausgehenden Lärms führen. [13]

Für die Schallabstrahlung einer Brücke spielt die Anwesenheit eines Schotterbettes eine wesentliche Rolle. Die heute kaum mehr gebauten Stahlbrücken ohne Schotterbett, sog. direkt befahrene Brücken, sind mit einem abgestrahlten Schallpegel von bis zu 18 dB über dem der freien Strecke der lauteste Brückentyp. Brücken mit Schotterbett sind weniger auffällig, können aber im tieffrequenten Bereich immer noch beträchtliche Pegelanhebungen aufweisen. [6]

3.2 Status quo in Deutschland – Übersicht der gängigen Lärminderungsmaßnahmen an der Quelle

Dieser Abschnitt beschreibt die derzeit gängigen Lärminderungsmaßnahmen an der Quelle in Deutschland, die sowohl vom EBA zugelassen, als auch von der DB Netz AG freigegeben sind. Um die Maßnahmen einheitlich bewerten zu können, wird hierfür zu Beginn ein Referenzszenario definiert. Eine wesentliche Möglichkeit, die Schallemission zu mindern, besteht darin, verschiedene Komponenten der Schienenfahrzeuge im Hinblick auf Schallerzeugung zu optimieren. Für Schienenfahrzeuge, die seit 2005 neu zugelassen sind, gelten hierfür maximale Grenzwerte, die in den europäischen Richtlinien TSI Lärm festgehalten sind. [20]. Die Schallemission am Fahrzeug beruht vor allem auf Rollgeräuschen, aerodynamischen Geräuschen sowie Antriebs- und Hilfsaggregatgeräusche der Schienenfahrzeuge [21].

Neben Maßnahmen zur Minderung der Schallemission am Fahrzeug kann Lärminderung an der Quelle auch durch Maßnahmen am Fahrweg erfolgen. Derzeit gängige Maßnahmen im Einsatz in Deutschland umfassen Schienenstegdämpfer und das "Besonders überwachte Gleis" (BüG) [21].

Während die Maßnahmen am Fahrzeug vorrangig Potenziale für netzwerkweite Lärminderungseffekte aufweisen, liegen die Potenziale von Maßnahmen am Fahrweg vor allem lokal am Einsatzort. Manche Maßnahmen entfalten ihr volles Potenzial oft nur unter den gegebenen örtlichen Umständen, wie zum Beispiel in Personen-, Rangier- und Umschlagbahnhöfen, in Tunneln und an Brücken.

3.2.1 Definition des Referenzszenarios

Um eine Vergleichsbasis für das Schallminderungspotenzial der möglichen Lärminderungsmaßnahmen an der Quelle zu schaffen, wird in diesem Abschnitt ein Referenzszenario beschrieben. Im Schienengüterverkehr wurde durch den seit Ende 2020 zunehmenden Einsatz von Verbundstoff-Bremsklotzsohlen (V-BKS) sowie den seit 2013 zugelassenen Low Noise, Low Friction (LL-Sohlen) oder Kompositsohlen (K-Sohlen) gegenüber den herkömmlich genutzten Grauguss-Sohlen (GG-Sohlen) bei glatten Schienenoberflächen eine Schallemissionsminderung von bis zu 10 dB erzielt. [22]

In der folgenden Bewertung wird daher vorausgesetzt, dass die dargestellten Lärminderungspotenziale auf Basis des zunehmenden Einsatzes der leiseren Bremstechnologie erfolgen. Es wird außerdem davon ausgegangen, dass sich die Referenzzüge auf lückenlos verschweißten Gleisen bewegen. Diese sind nach Angaben der DB Netz AG Standardausrüstung auf allen Hauptstrecken der DB Netz AG [23].

3.2.2 Schienenfahrzeug

Dieser Abschnitt listet gängige Maßnahmen auf, die zur Minderung der Schallemission am Schienenverkehrsfahrzeug beitragen.

Scheibenbremsen

Scheibenbremsen werden in Deutschland hauptsächlich an Schienenfahrzeugen des Personenverkehrs eingesetzt [22].

Der Einbau von Scheibenbremsen gegenüber dem von V-BKS in Güterwagen kann einige Nebenvorteile für das Raddesign bieten: Während laufflächengebremste Räder einen gekrümmten Steg haben müssen, um die Wärmeausdehnung beim Bremsen zu ermöglichen, ist dies bei scheidengebremsten Rädern nicht erforderlich. Räder mit Scheibenbremsen können mit geraden (und dicken) Stegen konstruiert werden und einen geringeren Durchmesser haben, was beides zur Schallemissionsminderung beiträgt. Im Vergleich zu Fahrzeugen mit V-BKS kann so eine weitere Lärmreduktion von ca. 2 dB erreicht werden. Angesichts der unterschiedlichen Unterbaustruktur von Fahrzeugen mit Scheibenbremsen im Vergleich zu Fahrzeugen mit V-BKS und der Tatsache, dass Scheibenbremsen nur bei hoher Laufleistung ökonomisch für die Betreiber sind, ist eine Umrüstung von V-BKS auf Scheibenbremse nicht üblich. [19], [24]

Maßnahmen an Lokomotiven

Aggregatsgeräusche an Lokomotiven spielen vor allem beim Halten, Anfahren und Abstellen eine dominante Rolle und sind daher hauptsächlich in (Rangier-)bahnhöfen, Eisenbahnbetriebswerken aber auch beim Halten auf freier Strecke relevant. Dabei überlagert sich die Schallemission verschiedener Aggregate meist. Die folgenden Maßnahmen können besonders in Kombination mit einem Lärmmanagementsystem wirksam sein:

- bedarfsgerechte Steuerung der Lüfterdrehzahlen;
- akustisch optimierte Lüfterblätter;
- Optimierung des Kühlkonzeptes;
- Schalldämpfer;
- Wasserkühlung;
- Kapselung der Aggregate;
- Optimierung der Pulsmuster elektrischer Umrichter (Wahl von Frequenzen, die keine Resonanzen anregen, bzw. höhere Stufenfrequenzen, welche die Stufungssprünge und damit die Kräfteschwankungen reduzieren und auch die Dämmung prinzipiell einfacher gestalten);
- Verringerung der Schallabstrahlung der Gehäuse von Getriebe und Motor.

Auch strategische Betriebskonzepte können die Schallemission von Lokomotiven mindern. Dazu gehören

- die Geschwindigkeitsbegrenzung;
- das Vermeiden von unnötigen Zugbewegungen;
- die strategische Platzierung von lauterer Fahrzeugen an abgelegeneren Abstellanlagen und
- eine lärmindernde Optimierung der Rangierzeiten.

Aggregatsgeräusche werden hauptsächlich in der Entwicklungsphase des Fahrzeugs berücksichtigt, da eine Umrüstung von Bestandsfahrzeugen oft nicht möglich oder wirtschaftlich ist. Die Forschung rund um die Schallemission der Lokomotive beschränkt sich oft auf die Auswirkungen auf den Triebfahrzeugführer und die Passagiere, nicht die Zugumgebung. Im Projekt „Transit“ [25], einem Teilprojekt der europäischen Forschungsinitiative Shift2Rail, liegt der Fokus auf der Verbesserung des akustischen Komforts im Innenraum von Schienenfahrzeugen. Die Unfallversicherung Bund und Bahn hat einen Katalog an Lärmschutzmaßnahmen für Triebfahrzeugführer und Lokrangierführer veröffentlicht [26]. Diese Maßnahmen haben auch Auswirkungen auf die Umgebung der Eisenbahn, welche allerdings noch weiter erforscht werden müssen. [18], [27]

Im BMDV-Forschungsprojekt „Innovatives Triebfahrzeug“ wurde festgestellt, dass der Einsatz von innovativen Triebfahrzeugen auf nicht elektrifizierten Strecken, neben CO₂-Emissionseinsparungen, auch einen positiven Beitrag zur Reduktion von Schallemissionen leistet. Unter innovativen Triebfahrzeugen

versteht die Studie Triebfahrzeuge, welche über rein batterie-elektrische oder wasserstoffbasierte Antriebe verfügen, aber auch solche Antriebe, bei denen ein Dieselmotor mit diesen Technologien zu einem Hybridantrieb kombiniert wird. Da der Fokus der Studie auf den Reduktionspotenzialen von CO₂-Emissionen auf nicht-elektrifizierten Strecken liegt, wurden mögliche Minderungen von Schallemissionen nicht weiter quantifiziert. [28]

3.2.3 Fahrweg

Schienenstegdämpfer

Die Schwingungsanregung an der Schiene kann durch einen Schienenstegdämpfer gedämpft werden. Der Schienenstegdämpfer (vgl. Abbildung 11) ist ein Masse-Feder-basiertes Dämpfungssystem, das die Schwingung der Schiene vermindert und dadurch eine geringere Luftschallabstrahlung erzielt. So kann z. B. bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h und durchschnittlichem Schienenzustand eine Lärmreduktion von 2 bis 3 dB erreicht werden. [22], [21]

Der Einbau von Schienenstegdämpfern ist gemäß der Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes förderungsfähig [29]. Freigabe durch die DB Netz AG erfolgt nach DBS 918 290. Eine EBA-Zulassung ist notwendig [30].



Abbildung 11. Schienenstegdämpfer [31]

3.2.3.1 Besonders überwachtetes Gleis (BüG)

Die Beschaffenheit der Gleisoberfläche – Schienenrauheit, sowie schadhafte Stellen wie zum Beispiel Ausbröckelungen am Schienenkopf oder schadhafte Schienenstöße – beeinflussen die Schallemission eines vorbeifahrenden Zuges. Idealerweise sollte die Zunahme der Schienenrauheit verhindert werden. Sobald die Schiene ein gewisses Maß an Rauheit erreicht hat, muss die Oberfläche geschliffen werden. Dies kann als vorbeugendes oder korrigierendes Schleifen durchgeführt werden. [22]

Um die Schienenrauheit zu kontrollieren, wurde die Maßnahme „Besonders überwachtetes Gleis“ (BüG) ins Leben gerufen. Diese besteht darin, die Schienenfahrfläche an vielen Orten regelmäßig mittels Messwagen, ausgerüstet mit moderner Sensorik und Computerausstattung, zu kontrollieren. Dadurch können lärmverursachende Unebenheiten identifiziert und anschließend mit einem Schienenschleifzug entfernt werden, sobald der geltende Geräuschgrenzwert um 3 dB übertreten wird. [22]

Diese periodische Überwachungsprozedur gemäß BüG wird schematisch in Abbildung 12 illustriert.

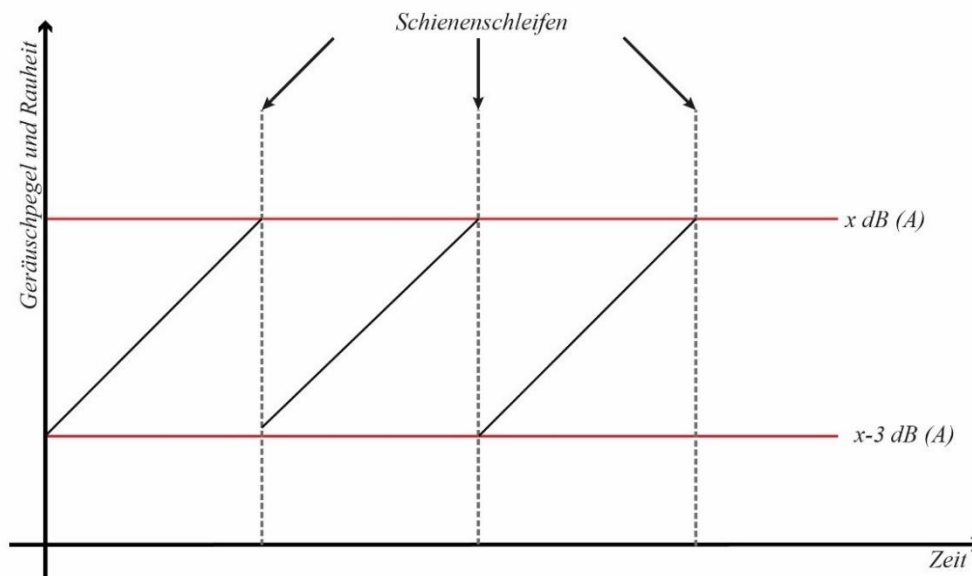


Abbildung 12. Schema der Schienenschleifprozedur als Teil des BüG (Quelle: Eigene Abbildung nach [32])

Eine Besonderheit des Schienenschleifens ist das sogenannte „Hochgeschwindigkeitsschleifen“. Hierbei werden die Gleise bei einer Geschwindigkeit bis zu 80 km/h geschliffen, wodurch eine Pegelminderung von bis zu 3 dB erreicht werden kann. Der Vorteil gegenüber dem konventionellen Schleifen ist eine höhere Wirtschaftlichkeit des Hochgeschwindigkeitsschleifens, da mehr Gleiskilometer in einem kürzeren Zeitraum geschliffen werden können, wodurch die Unterbrechungen des Gleisbetriebs kürzer sind. [22], [19]

Das BüG ist nicht förderungsfähig gemäß der Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes [29].

3.2.4 Maßnahmen zur Schallminderung bei bestimmten örtlichen Gegebenheiten

Im Folgenden werden Maßnahmen dargestellt, die die Schallemission an bestimmten örtlichen Gegebenheiten und unter gewissen Bedingungen reduzieren können.

Lärmminderung an Stahlbrücken

Um Brückendröhnen zu vermeiden, werden moderne Brückenkonstruktionen in den meisten Fällen mit einem durchgehenden Schotterbett ausgestattet. Somit wird eine wirkungsvolle Trennung von Schienenweg und Brückendeck sichergestellt. Hierdurch kann eine Lärmreduktion gegenüber älteren Stahlkonstruktionen um bis zu 9 dB erreicht werden. [22]

Eine alternative Maßnahme ist die Anbringung von hochelastischen Schienenlagerungen, die ebenfalls schwingungsdämmend wirken und somit eine Übertragung auf das Brückendeck verhindern. Diese Technologie erzielt in der Praxis eine Lärmminderung von bis zu 6 dB zu älteren Stahlkonstruktionen [33]. Alternativ kann der Stahl – wo möglich – durch alternative Baumaterialien mit höherer innerer Dämpfung ersetzt werden, wie z.B. Beton [21].

Der Einbau von hochelastischer Schienenlagerung ist gemäß der Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes förderfähig [29]. Freigabe durch die DB Netz AG erfolgt nach Ril 820.2040. Eine EBA-Zulassung ist notwendig [30].

Gleis- und Radschmieranlage

Schienenschmiereinrichtungen (Vgl. Abbildung 13) schmieren die Gleise automatisch und mindern dadurch das „Quietschen“ der Räder vor allem in engen Kurven um bis zu 3 dB [22]. Zusätzlich können auch am Fahrzeug Schmiereinrichtungen angebracht werden, die die Räder schmieren. Versuche auf der Berliner Ringbahn haben gezeigt, dass das Anbringen von Schmiereinrichtungen die lokale Lärmbelastigung verringert hat [9].

Schmiereinrichtungen sind vor allem an Streckenteilen mit engen Kurven oder hoher benachbarter Bebauungsrate effektiv. Durch den Einsatz von Schmiereinrichtungen sowohl am Rad als auch an der Schiene wird die Reibung zwischen Rad und Schiene gemindert, wodurch das Ruckgleiten des Rades auf der Schiene und somit die damit verbundene Schallemission reduziert wird. Ein Nachteil der Schmieranlagen ist die regelmäßige Notwendigkeit, die Schmiereinrichtung mit Schmierstoff aufzufüllen. Ist der Schmierstoffbehälter leer, verliert die Schienenschmiereinrichtung ihre Funktion.

Vor allem während der Zugbildung in Rangierbahnhöfen ist ein „Reibmittel“ von Bedeutung, das auf die Radkränze aufgetragen wird, um das Geräusch, das beim Rangieren entsteht, zu mindern. Dies führt zu einer Lärmreduktion um bis zu 8 dB [9].

Schienenschmiereinrichtungen sind gemäß der Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes förderfähig [29]. Freigabe durch die DB Netz AG erfolgt nach Ril 950.1035. Eine EBA-Zulassung ist notwendig [30].



Abbildung 13. Spurkranzschmieranlage [19]

3.3 Trends & innovative Lärminderungstechnologien an der Quelle

In diesem Abschnitt werden einsetzbare Maßnahmen und deren Minderungspotenzial in Bezug auf das Referenzszenario, das im vorangegangenen Abschnitt definiert worden ist, vorgestellt. Diese wurden zum Teil bereits ausgiebig getestet, haben allerdings in Deutschland (noch) keine Zulassung seitens des EBA und/oder der DB Netz AG ausgestellt bekommen. Des Weiteren wird auf ausgewählte Forschungstrends und Maßnahmenansätze hingewiesen, die womöglich Potenzial zur Anwendung im deutschen Schienennetz haben.

3.3.1 Lärminderungsmaßnahmen ohne Zulassung

In den letzten Jahren waren bei der Erforschung und Erprobung von Lärminderungsmaßnahmen an der Quelle vor allem die Projekte „Innovativer Güterwagen“ und die „Initiative Lärmschutz-Erprobung neu und anwendungsorientiert“ (I-LENA) maßgebend.

Das Forschungsprojekt „Innovativer Güterwagen“ wurde zwischen 2016 und 2019 im Auftrag des BMDV durchgeführt. Dabei ist eine Auswahl an in Europa gängigen Güterwagen mit innovativen Technologien ausgestattet und auf Wirtschaftlichkeit, Lärminderungspotenzial und Reduzierung des Energieverbrauchs getestet worden. In den Ergebnissen ist der TSI Lärm-Grenzwert von 83 dB(A) zwischen 4 und 6 dB unterschritten worden. [22] [34] Anfang 2022 hat der „Güterwagen der Zukunft“, der auf Basis der Forschungsergebnisse dieses Projekts gebaut worden ist, eine Testfahrt durch Europa gestartet [35].

Die „Initiative Lärmschutz-Erprobung neu und anwendungsorientiert“ (I-LENA) wurde im Jahr 2016 ins Leben gerufen und lief bis Ende 2020. Diese Initiative ermöglichte es Produktentwickelnden, Lärmschutzkonzepte kostenfrei auf einer Teststrecke der DB Netz AG zu testen. [22]

Radschallabsorber und Ringelemente

Als Teil des Projektes „Innovativer Güterwagen“ wurde das Potenzial von Radschallabsorbern und Ringelementen überprüft. Durch das Anbringen von Radschallabsorbern können die Amplituden der Schwingungen des Rades je nach Anbringung sowohl radial als auch axial vermindert werden. Die Ringelemente wandeln die Schwingungsenergie des Radsatzes in Wärmeenergie um und verringern dadurch

die Schallemission. Durch das Anbringen verschiedener Radschallabsorber oder Ringelemente konnte somit je nach Referenzwagen eine Lärmunterschreitung zwischen 4 und 7 dB gegenüber dem derzeitigen TSI Lärm Referenzwert von 83 dB(A) beobachtet werden. Jedoch sei zu bemerken, dass Radschallabsorber auf Grund der erhöhten Beschaffungs- und Instandhaltungskosten als nicht wirtschaftlich bewertet worden sind, nicht zuletzt, weil sie den Blick auf die Radscheibe erschweren. Trotz des positiven Lärminderungseffekts sind auch die Radsätze mit Ringelementen mit höheren Instandhaltungs- und Beschaffungskosten verbunden und müssen ausgiebiger getestet werden, um die Nachhaltigkeit der Lärmreduzierung zu belegen. [34]

Ein Artikel des „International Railway Journal[s]“ in Großbritannien (wo der Einsatz von V-BKS gängig ist), belegt, dass durch Radschallabsorber eine Verringerung des Radgeräuschs um 3 dB erreicht werden kann [24]. Dabei sollte beachtet werden, dass die Ausführungen verschiedener Dämpfertestmodelle sehr verschieden sind und somit zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Sie umfassen Masse-Feder-Dämpfer, ineinandergreifende Platten und in das Rad eingesetzte Reibringe. Dies belegt auch ein Ringversuch mit Radschallabsorbern, der im Rahmen des europäischen Stardamp-Projekts durchgeführt wurde. Ergebnisse belegen, dass die Wirksamkeit ebenfalls sehr unterschiedlich ist, jedoch eine Reduzierung des Gesamtanteils vom Rad um bis zu 9 dB und des Gesamtgeräuschs um bis zu 2,5 dB möglich ist [36].

Raddesign

Schienenfahrzeug-Räder sind wenig gedämpft, so dass die Schallemission stark vom Resonanzverhalten der Räder beeinflusst wird. Wegen der Achsensymmetrie und des singulären Verbindungspunkts an den Achsen bedeutet dies, dass kleine Schwingungen in der Radmitte entstehen. Infolgedessen wird das Schwingungsverhalten des Rades vom Rest des Zuges wenig beeinflusst und die Maßnahmen zur Lärmbekämpfung konzentrieren sich in erster Linie auf die Verringerung der Erregung (d.h. der Rauheit) oder der Schwingung und Abstrahlung des Rades. Die vom Drehgestell oder Wagenkasten ausgehende Schallemission ist im Vergleich dazu in der Regel vernachlässigbar, es sei denn, die Federung ist in schlechtem Zustand. [24]

Schallschürzen

Das Projekt „Innovativer Güterwagen“ hat ergeben, dass sowohl die Schallschürzen am Rad als auch am Drehgestell keine bis geringe Lärminderungseffekte erzielen können [34]. Wegen des resultierenden geringen Nutzens und des vergleichsweise hohen Konstruktionsaufwands wird auf diese Maßnahme nicht weiter eingegangen. [34]

Umhüllung des Stromabnehmers

In Japan wurde durch eine vollständige Umhüllung des Stromabnehmers eine Lärminderung um ca. 5 dB erreicht [37]. In Asien entwickelte Technologien wie lärmarme aber nicht vollständig umhüllte Stromabnehmer können in vielen Fällen in Europa aufgrund von Beschränkungen des Lichtraumprofils und der Systemanforderungen für die Interoperabilität erst nach mehreren Jahren der Entwicklung verwendet werden. Es wäre nicht wirtschaftlich, diese zu ersetzen. Es werden jedoch Fortschritte erzielt, dass die nächste Generation von Hochgeschwindigkeitszügen in Europa mit lärmarmen Stromabnehmern ausstatten werden kann. [38], [39]

Schienenstegabschirmung

Bei der Schienenstegabschirmung (vgl. Abbildung 14) werden luftschallabstrahlende Komponenten an der Schiene abgeschirmt, wodurch bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h und durchschnittlichem Schienenzustand zwischen 1 und 3 dB Schallreduktion erreicht werden können. [33], [40]



Abbildung 14. Schienenstegabschirmung (Quelle: Sekisui Chemical GmbH)

Derzeit gibt es bereits einsetzbare Produkte, die vom EBA zugelassen sind. Allerdings gibt es noch keine Produkte, die von der DB Netz AG (nach DBS 918 291) zugelassen sind [30].

Zwischenlagen

Zwischenlagen sind elastische Materialien, die zwischen Schiene und Schwelle angebracht werden. Je steifer der Werkstoff, umso größer das Lärminderungspotenzial. Mit erhöhter Steifigkeit erhöht sich allerdings auch der Wartungsaufwand [13], während sich die dämmende Wirkung gegenüber Erschütterungen verschlechtert [41]. Sowohl in der Schweiz [41] als auch in der EU [42] wurde deshalb in den letzten Jahren viel an optimierten Schienenzwischenlagen geforscht, mit dem Ziel, den Wartungsaufwand so gering wie möglich zu halten und das Lärmreduktionspotenzial sowie die dämmende Wirkung so gut wie möglich auszunutzen.

3.3.2 Weitere Forschungstrends und Maßnahmenansätze

Die folgenden Ansatzpunkte zeigen weiteres Potenzial, die Schallemission zu mindern oder gar zu vermeiden.

Schienenüberwachung

Ein weiterer Ansatz, der dazu beiträgt, die Schallbildung oberhalb eines bestimmten Grenzwertes zu vermeiden, ist die Überwachung und Aufrechterhaltung der Rad- und Schienenrauheit durch ein streng kontrolliertes, automatisches Monitoring. Das Schleifen von Schienen und Rädern soll "akustische Schleiftechniken" und eine vollständige Lebenszyklusanalyse unter Anwendung der neuesten Forschungsergebnisse zur Wachstumsrate der Schienenrauheit umfassen. Diese Methodik wurde zum Beispiel in dem EU-Forschungsprojekt IN2TRACK (siehe [43]) erforscht. Während diese Methodik immer noch erforscht wird, kann davon ausgegangen werden, dass die Anwendung eines geeigneten Instandhaltungsprogramms zu einer verringerten Rad- und Schienenrauheit und nach eigener Einschätzung somit zu einer Verringerung des Rollgeräuschs um 3-5 dB führen kann.

Zusammen mit *Transport for London*, dem Verkehrsverbund der britischen Hauptstadt London, hat Arup im Jahr 2014 eine Methode entwickelt, bei der bestimmte Gleisabschnitte des *London Overground* (oberirdische Bahntrassen) periodisch auf die Schallemission beim Kurvenquietschen untersucht werden. Wird dabei ein Schwellenwert bei mehr als 25 % aller beobachteten Züge überschritten, müssen weitere Lärmreduzierungsmaßnahmen eingeführt werden. Diese sind je nach örtlicher Begebenheit verschieden und beinhalten unter anderem den Einsatz von Gleisschmiermitteln, lückenlos geschweißte Gleise und Lärmschutzwände¹.

Fahrzeugüberwachung

Ähnlich zum BÜG könnten Standards entwickelt werden, die bestimmte Komponenten eines Schienenfahrzeugs in regelmäßigen Intervallen auf deren Beschaffenheit in Bezug auf Schallemission automatisch überprüfen. Dabei können diese Intervalle auch kleiner gewählt werden als gesetzlich vorgeschrieben. Eine regelmäßige Überholung gewährleistet im Normalfall eine Lärmreduzierung im Vergleich zu Fahrzeugen, die nur nach der gesetzlichen Regulierung gewartet werden [44]. Dies hätte durch

¹ Interne Forschung – Arup, Transport for London, 2014

das frühzeitige Erkennen von Fahrzeugfehlern bei häufiger Inspektion auch Vorteile für die allgemeine Fahrzeugsicherheit - verglichen zu den gesetzlich geforderten Inspektionsintervallen - und eine längere Lebensdauer der individuellen Fahrzeugkomponenten.

Netzwerkweite Elektrifizierung

Züge mit elektrischem Antrieb sind generell leiser als Dieselmotoren. So könnte durch eine Elektrifizierung lärmempfindlicher Streckenteile und somit durch den Einsatz von mit Elektrizität statt Diesel angetriebenen Fahrzeugen die Schallemission an vielen Orten gemindert werden. In Lettland gehört diese Maßnahme sogar netzwerkweit zur nationalen Lärminderungsstrategie [45]. Diese setzt den Einsatz von bimodalen oder elektrischen Schienenfahrzeugen voraus, allerdings wurden keine genaueren Angaben zur zu erwartenden oder erzielten Lärmreduktion gemacht. Diese hängt von den tatsächlich eingesetzten Schienenfahrzeugen ab. In Deutschland werden bereits (Stand: 2021) 74 % der gefahrenen Zugkilometer elektrisch zurückgelegt, mit einem elektrifizierten Streckenanteil von 61 % [23].

Strategische, lärmindernde Betriebskonzepte

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Reduzierung der Schallemission, die durch strategische Optimierung des Bahnbetriebs erzeugt wird. So kann die Schallemission über die folgenden strategischen Betriebskonzepte reduziert werden [46]:

- Routenplanung; laute Züge – wo möglich – nicht durch bewohnte Gegenden fahren lassen;
- tageszeitspezifische Geschwindigkeitsbegrenzungen; Lärmreduzierung durch Geschwindigkeitsminderungen bei Nachtfahrten;
- Einsatznotwendigkeit des Zughorns [47]; Umlegung des Horngeräuschs auf andere Warnsysteme.

Hierbei sollte bedacht werden, dass jegliche betriebliche Einschränkung auch eine Reduzierung der Streckenkapazität bedeutet. Deshalb sollte in jedem Fall ein Gleichgewicht zwischen den ökonomischen und umweltbezogenen Faktoren angestrebt werden, um eine mögliche Verlagerung des Verkehrs weg von der Schiene zu vermeiden.

Kommentar zu Aggregatsgeräuschen

Obwohl viele dieser Geräusche gemäß der TSI Lärm mit einem oberen Grenzwert versehen sind, sei zu bemerken, dass es der derzeitige Stand der Technik zum Beispiel durch den Einsatz von Radiallüftern, optimierten Axiallüftern und variablen Regelsystemen erlaubt, diese unterhalb der TSI zu halten. Diese Maßnahmen stellen sicher, dass die Geräte auf den minimal erforderlichen Luftdurchsatz eingestellt werden. Daher könnte durch eine Verschärfung der TSI Lärm-Grenzwerte gemäß dem aktuellen Stand der Technik weitere Lärminderungen erzielt werden. Desweiteren könnten, sofern nicht bereits vorhanden, lokale Richtlinien entwickelt werden, die dazu beitragen, die Schallemission bestmöglich zu mindern. So hat zum Beispiel der UIC [48] ausführliche Untersuchungen dokumentiert, mit Hilfe derer Lärm an Abstellanlagen gemindert werden kann.

Kommentar zu zukünftigen innovativen Triebfahrzeugen

Die Studie innovatives Triebfahrzeug resümiert, dass kein Betriebsszenario bedient werden kann, welches den Einsatz von batterie-elektrischen oder wasserstoffbetriebenen Triebfahrzeugen für den Zeitraum bis 2030 im Güterverkehr vorsieht. Im Personenverkehr hingegen können innovative Betriebskonzepte, wie der Einsatz von wasserstoffbasierten oder batterie-elektrischen Triebzügen, bereits genutzt werden. Mittelfristig werden somit ausschließlich Schallemissionen durch die Umstellung auf innovativer Triebfahrzeuge im Personenverkehr reduziert. In welchem Umfang Schallemissionen durch eine solche Umstellung reduziert werden, wird von der Studie nicht quantifiziert. Ebenso wird kein Ausblick für potenzielle langfristige Schallemissionsminderungen im Bereich Güterverkehr durch die Studie geliefert.

3.4 Bewertung der Potenziale verschiedener Lärminderungsmaßnahmen

In diesem Abschnitt werden die im vorangegangenen Abschnitt vorgestellten, in Deutschland noch nicht zugelassenen, lärmreduzierenden Maßnahmen und deren Potenziale zusammenfassend dargestellt und bewertet. In Bezug auf die resultierende Lärmreduzierung ist Folgendes zu beachten:

- Es sollte bedacht werden, dass sich der aus der Schallemission resultierende Lärm nicht kumulativ bildet. Wird die Hauptemissionsquelle gemindert, kann situationsabhängig die zweitdominante Schallquelle zur Hauptemissionsquelle werden, es sei denn, der Schall, der durch diese entsteht, wird durch dieselbe Maßnahme ebenfalls gemindert. Dies hat zur Folge, dass sich die Schallemission in manchen Fällen nicht vollständig zum angegebenen Potenzial abmindern lässt.
- Auch das Kosten-Nutzen-Verhältnis einer Maßnahme ist zu beachten. So wird zum Beispiel durch das Anbringen einer Radbeschichtung oder von Schallabschirmungen die Instandhaltung und vor allem Sicherheitsüberprüfung der Räder und des Wagenunterbaus erheblich kompliziert [19]. Aus wirtschaftlicher Sicht werden diese Kosten oft mit den Vorteilen, die durch die Lärmreduktion entstehen, verglichen. Auch ist zwischen Nachrüstung von Bestandsfahrzeugen und der Ausrüstung von Neufahrzeugen zu unterscheiden. Die Kosten bei der Anbringung von fahrzeugseitigen Maßnahmen können allein dadurch stark auseinander gehen.
- Ein weiterer Punkt ist zum einen die Qualität der Forschung in diesem Bereich, zum anderen die Marktreife der entwickelten Maßnahmen. Die Forschungsansätze können sich je nach Land unterscheiden, sowie auch die Vergleichbarkeit des Geräuschpegels. Das Projekt „Phenomena“, welches die EU-Kommission [45] zur Untersuchung von verschiedenen Lärmreduktionsmaßnahmen im Verkehr veröffentlicht hat, zeigt, dass verschiedene Mitgliedsstaaten unterschiedliche individuelle Prioritäten haben. Viele Produkte sind auch theoretisch fertig für die Markteinführung entwickelt, werden allerdings oft nicht in Betrieb genommen wegen unzureichender technischer Prüfung. Die wichtige Bedeutung einer umfangreichen Erprobung von neuen und innovativen Technologien zeigte das verheerende ICE-Unglück bei Eschede im Jahre 1998 auf, bei dem ein nicht ausreichend getesteter innovativer Radsatz als Ursache festgestellt wurde [49].

Im Folgenden werden die beschriebenen Lärmreduktionsmaßnahmen an der Quelle, aufgelistet. Dabei werden die folgenden Kriterien aufgeführt.

- Maßnahme;
- Minderungspotenzial;
- Vor- und Nachteile der Maßnahme;
- Nutzungsdauer;
- Entwicklungsstadium;
- Kosten und
- Zusätzliche Bemerkungen.

Neben den Lärmreduktionswerten in dB erweitern Vor- und Nachteile einer jeden Maßnahme das Bewertungsspektrum qualitativ, und unterstützen die Bewertung verschiedener Aspekte in den Folgeabschnitten. Die Darstellung der Lebensdauer bietet einen weiteren Vergleichsparameter. Das Entwicklungsstadium indiziert, inwiefern die gegebene Maßnahme entwickelt bzw. in Deutschland zugelassen ist. Anschließend werden die Kosten pro Einheit – im Normalfall entweder pro Laufmeter [l/m] oder pro Fahrzeug bzw. Wagen – aufgelistet. Dabei wird zwischen Einbau in Neufahrzeuge und Umrüstung von Bestandsfahrzeugen unterschieden. Instandhaltungskosten und Kosten einer wiederholt angewandten Maßnahme, wie zum Beispiel das Schienenschleifen, werden pro Jahr [a] angegeben.

Die Übersicht zeigt, dass es eine Vielzahl an möglichen Maßnahmen gibt. Diese müssen sich vor der Einführung in den Markt einer strengen Prüfung sowohl des EBA als auch der DB Netz AG unterziehen. Viele dieser Maßnahmen sind jedoch (noch) nicht in Deutschland zugelassen.

Es ist auch bemerkenswert, dass es im Bereich der Kombination von Maßnahmen - mit Ausnahme einiger Ansätze im Projekt „Innovativer Güterwagen“ - wenig Forschungsergebnisse gibt.

Es sollte bei der Betrachtung der Tabelle beachtet werden, dass die Parameter der verglichenen Maßnahmen aus unterschiedlichen Quellen mit unterschiedlichen Forschungsinteressen, unterschiedlichen Forschungsansätzen und Stand der Technik entnommen wurden. Die Tabelle dient hierdurch ausschließlich zum qualitativen Vergleich.

Maßnahme an der Quelle	Minderungspotenzial [dB]	Vorteile	Nachteile	Nutzungsdauer	Entwicklungsstadium	Kosten pro Einheit	Zusätzliche Bemerkungen
Radschallabsorber	4 – 7 [34]	Leicht einzubauen, reduziert das Kurvenquietschen	Versperrt die Sicht auf den Radsteg, zusätzliche Kosten [34]	Spanne von 10 Jahren für Absorptionselemente bis zur Nutzungsdauer des Rades [50]	Die in der EU eingesetzte Technologie kann als Nachrüstungsmaßnahme für bestehende Räder als nicht wirtschaftlich angesehen werden [34]	Neuwagen: Anschaffungskosten: 10,000€ / Wagen Instandhaltungskosten: 200€ p.a. Umrüstung: Anschaffungskosten: 10,000€ / Wagen Instandhaltungskosten: 200€ p.a. [19]	Der Radschallabsorber gilt als zusätzliches Bauteil, hat ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis für die gesamte Lebensdauer. [50]
Optimierte Radform	3 – 5	Ermöglicht eine Geräuschreduzierung ohne Radschalldämpfer bei scheibengebremsten Rädern	Ein dicker gerader Steg lässt keine Wärmeausdehnung für laufflächengebremsten Räder zu	Die Nutzungsdauer des Rades	Verschiedene Radformen werden regelmäßig getestet (vgl. z.B. [19])	keine Kostendifferenz zu herkömmlichen Rädern	Der Mehraufwand der Produktion einer innovativen Radform ist gering, da die gleiche Menge an Material bei der Konstruktion benötigt wird. Während die Ausrüstung von Neuwagen nicht mehr kostet als bei konventionellen Rädern, könnte eine Nachrüstung teuer werden
Beschichtete Radsätze	2 [19]	Ähnliche Raddämpfungswirkung wie ein leicht dämpfender Radschalldämpfer, reduziert das Kurvenquietschen, die Beschichtung kann eine höhere mechanische und chemische Belastbarkeit aufweisen	Versperrt die Sicht auf den Radsteg, zusätzliche Kosten, die Beschichtung muss alle 4 bis 6 Jahre entfernt werden, um eine Sicherheitsprüfung des Rades durchführen zu können [19]	5 Jahre - an sich kann die Beschichtung der Lebensdauer des Rades Stand halten, muss allerdings zur Inspektion des Rades entfernt werden [19]	Getestet, aber nicht angewandt [19]	Neuwagen: Anschaffungskosten: 600€ / Wagen [19] Instandhaltungskosten: 150 € / Wagen / Jahr [Eigene Einschätzung] Umrüstung: Anschaffungskosten: 600€ / Wagen [19] Instandhaltungskosten: 150 € / Wagen / Jahr [Eigene Einschätzung]	Potenziell weniger wünschenswert im Vergleich zu anderen Radschalldämpfern
Umhüllter Stromabnehmer	5 [37]	Erhöhter Minderungseffekt in Kombination mit Lärmschutzwand	Keine vollständige Lärmreduzierung ohne Lärmschutzwand. Erfordert Prüfung, Inbetriebnahme, Zertifizierung für den Einsatz in der EU, bietet nur in Kombination mit Lärmschutzwänden einen vollständigen Lärmschutz	Identische Nutzungsdauer wie der Stromabnehmer	Technologie wird in Japan eingesetzt [37] und im Vereinigten Königreich für den Einsatz für HS2-Züge getestet, die den Standards der TSI Lärm entsprechen	Neuwagen: Keine Kostendifferenz im Vergleich zu herkömmlichen Stromabnehmern Umrüstung: keine Angabe	Völlig neue Stromabnehmer, herstellerabhängig, nur für Hochgeschwindigkeitszüge erforderlich. Daher sind nicht alle Züge betroffen. Mittel in Bezug auf die Kosten.
Optimierte Zwischenlage	3 – 5 [41]	Ermöglicht Lärmreduzierung ohne Schienenstegdämpfer	Größeres Risiko, dass die Gleiskräfte die Schwellen und Gleiskomponenten beschädigen können. Streckensperrungen benötigt beim Einbau.	Ähnliche Nutzungsdauer wie weichere Zwischenlagen	Mit der Zeit kann der Nutzen, den sie für die Abklingrate der Schiene bieten, abnehmen. Optimierte Zwischenlagen in der Entwicklung [41], [42]	Neubau: Kein Kostenunterschied im Vergleich zum Einsatz gängiger Zwischenlagen Umrüstung: keine Angabe	Steife Zwischenlagen sind derzeit nicht in Deutschland zugelassen.
Schienenstegabschirmung	1 – 3 [33], [40]	Einfacher Einbau im Vergleich zu anderen Maßnahmen	Verhindert die Sicht auf den Schienensteg und erschwert dadurch Überprüfung und Instandhaltung [19]	Ca 13 Jahre [19]	Einsatzbereit, aber nicht zugelassen. [30]	Herstellung: 163,7 € / lfm [51] Unterhalt und Instandhaltung: k.A. [51]; Jährliche Instandhaltungserschwerisse 11,7 € / lfm [51]	Die Schienenstegabschirmung ist bereits durch das EBA zugelassen, hat allerdings keine Zulassung durch die DB Netz AG erhalten. [30]

Maßnahme an der Quelle	Minderungspotenzial [dB]	Vorteile	Nachteile	Nutzungsdauer	Entwicklungsstadium	Kosten pro Einheit	Zusätzliche Bemerkungen
Gleisüberwachung	1 – 3 (vgl. BüG [22]), präventiv, kann je nach Programm unterschiedliche Reduktionen erreichen	Identifizierung von Stellen mit zunehmender Gleisrauhigkeit zur Vermeidung von Lärm	Betrieb von Überwachungseinrichtungen und Verarbeitung von Daten	Zwischen einem Monat und einem Jahr	Bereits im Einsatz (BüG)	Kosten für die Überwachungsausrüstung: Keine Angabe Kosten für das Schleifen gemäß BüG: Erstellungskosten: 10 € / lfm [19] Kosten pro Jahr hängen von der Häufigkeit des Schleifens ab: Einmaliges jährliches Schleifen: 10 € / lfm / a Zwölfmaliges jährliches Schleifen: 120 € / lfm / a	Zusätzliche Überwachung im Vergleich zu bestehenden Verfahren
Fahrzeugüberwachung	1 – 3 (vgl. BüG [22]), präventiv, kann je nach Programm unterschiedliche Reduktionen erreichen	Untersuchung der Rauheit der Räder zur Vermeidung von Lärm (Vorschlag)	Betrieb von Überwachungsanlagen, Zeit für Züge in Depots und Verarbeitung von Daten	Zwischen einem Monat und einem Jahr	Bereits im Einsatz	Keine Angabe; Kosten sind stark von der Maßnahme abhängig	Zusätzliche Überwachung im Vergleich zu bestehenden Verfahren
Streckenelektrifizierung oder Einsatz von Hybrid-/Wasserstoffzügen	1-5 (vgl. TSI Lärm [52]) Vermeidung von Lärm durch Dieselfahrzeuge	Geringere Kohlenstoffemissionen, geringere Lebenszykluskosten, Interoperabilität, Lärmreduzierung	Hohe Kosten für die Installation, Sicherheit der Arbeiter auf der Baustelle, Stilllegung der Eisenbahn, Sicherheit und Verfügbarkeit von Wasserstoff	Austausch von Bauteilen und Fahrzeugen 30-60 Jahre, OLE-Masten alle 60-100 Jahre	Etablierte Methoden der Elektrifizierung. Wasserstofffahrzeuge im Einsatz.	Keine Angabe; Kosten sind stark von der Maßnahme abhängig	Schienenwege mit Nachtverkehr sollten Priorität haben
Strategische Betriebskonzepte	1-5 (vgl. TSI Lärm [52]) Vermeidung von Lärmentwicklung	Vermeidung von Lärmbelastigung, Erhöhung der verfügbaren Zeit für die Installation, Überwachung und Wartung der Bahn	Längere Zugfahrzeiten, geringere Bahnkapazität, höhere Betriebskosten und Zugmanagement	Vorteilhaft bis zur schrittweisen Abschaffung lauter Fahrzeuge	Aus wirtschaftlichen Gründen nicht weit verbreitet. Langsamere Züge in der Nacht unter besonderen Umständen	Kosten hängen von den Änderungen ab	Ähnlich wie bei den Vorschlägen zur Änderung des lärmarmen Luftraums für Flughäfen, Konflikte mit der Verkehrsverlagerung auf die Schiene

Tabelle 3. Übersicht der Potenziale weiterer Lärminderungsmaßnahmen an der Quelle

3.5 Erreichbarkeit von verschärften Grenzwerten mit verfügbaren Lärminderungstechniken

3.5.1 Vorteile, Nachteile und Kombination von vorhandenen Maßnahmen

Zur Verringerung des Vorbeifahrgeräuschs tragen folgende bestehende Maßnahmen bei:

- gerade und dicke Räder mit Scheibenbremsen oder V-BKS mit Raddämpfern,
- steife Zwischenlagen oder weiche Zwischenlagen mit dämpfenden Eigenschaften oder in Kombination mit Schienenstegdämpfern,
- Hochgeschwindigkeitszüge mit lärmarmen Stromabnehmern und stromlinienförmigem Körper ohne Ausweitungen, die den Luftwiderstand erhöhen, sowie
- Rad-/Schienenrauhigkeitsmanagement.

Durch den Einsatz dieser Maßnahmen können beim Vorbeifahren Geräuschpegel erreicht werden, die die Grenzwerte der TSI Lärm um 3 bis 4 dB unterschreiten. Der größte Nachteil dieser Maßnahmen sind die zusätzlichen Kosten für die Umsetzung der Lärminderungsmaßnahmen, insbesondere bei der Nachrüstung bestehender Fahrzeuge.

Bei der Prüfung des Einhaltens von Grenzwerten der TSI Lärm werden sowohl die Wartung der Fahrzeuge als auch die Schallemission der Schiene nicht berücksichtigt. Folglich ist das Potenzial der Lärminderung an einem Streckenabschnitt ohne Kenntnis der örtlichen Infrastruktur und dem Fahrzeugzustand nicht bekannt.

Um eine signifikante Verringerung der Schallemissionen zu erreichen, werden Maßnahmen zur Lärminderung an der Quelle oft mit anderen Maßnahmen kombiniert. Insbesondere sollte eine Kombination von Lärminderungsmaßnahmen am Fahrzeug und an der Strecke angestrebt werden, um das maximale Lärminderungspotenzial auszuschöpfen. Einige Maßnahmen können hingegen nicht kombiniert werden, da sie an der identischen Fahrzeugkomponente oder an derselben Infrastrukturposition angewendet werden. Beispiele hierfür sind z.B. Schienenstegdämpfer und Schienenstegabschirmung (an der Schiene). [19]

Schienenstegdämpfer können bei bestehenden oder neuen Gleisanlagen eingesetzt werden, um den Schienenanteil am Rollgeräusch zu reduzieren. Die Wirkung von Schienenstegdämpfern hängt stark von der Steifigkeit der Zwischenlagen ab. Die Schallemission von bestehenden Gleisen mit weichen Zwischenlagen kann durch den Einsatz von Schienenstegdämpfern gemindert werden. Bei neuen oder bestehenden Gleisen mit steifen Zwischenlagen kann diese Lärminderung jedoch auch ohne Schienenstegdämpfer erreicht werden.

Darüber hinaus sind einige Lärminderungsmaßnahmen nicht für eine Nachrüstung geeignet. So ist beispielsweise die Umrüstung von Drehgestellen mit V-BKS auf Scheibenbremsen nicht sinnvoll [19], da sich der Drehgestellaufbau für beide Bremstechnologien grundlegend unterscheidet. In diesem Fall sollten Raddämpfungstechnologien in Betracht gezogen werden, um eine weitere Lärminderung zu erreichen.

Basierend auf der Literaturrecherche können folgende Ansätze zur Kombination von Maßnahmen vorgeschlagen werden:

- Räder mit geraden und dicken Stegen mit Scheibenbremsen sollten für alle Neuwagen (ggf. mit kleinerem Durchmesser) in Betracht gezogen werden, da sie ein zusätzliches Lärminderungspotenzial haben [19].
- Bei Drehgestellen mit V-BKS sollten zusätzliche Schallemissionsvorteile durch Raddämpfer oder Beschichtungen von Radsätzen berücksichtigt werden. [24].
- Die Schallemission bei Kurvenfahrten kann durch den Einsatz von Radschallabsorbern oder Ringelementen gemindert werden [34].

- Der Einsatz optimierter Zwischenlagen, die sich durch hohe Dämmungseigenschaften und begünstigende Wartungseigenschaften auszeichnen, kann die Abklingrate der Schienen erhöhen. Dadurch wird eine möglichst geringe Gesamtschallemission der Schienen und Schwellen erreicht [41].

3.5.2 Kosten-/Nutzen-Ermittlung für eine mögliche netzwerkweite Umsetzung

Bei der Kosten-Nutzen-Ermittlung für eine mögliche, netzwerkweite Umsetzung muss zwischen einigen Faktoren unterschieden werden:

- Kosten, die für die Einführung und Instandhaltung der Lärminderungsmaßnahme am Schienenweg bzw. am Schienenfahrzeug entstehen. Dies umfasst sowohl die Umrüstkosten an Bestandsfahrzeugen und -infrastruktur sowie die Anbringung der Maßnahmen an Neufahrzeugen und -infrastruktur. Es umfasst auch ein Kostendifferenzial, in dem die Instandhaltung und Wartung von existierenden Komponenten durch die Einführung einer Lärminderungsmaßnahme erhöht werden, z.B. durch den erschwerten Zugang zu den Rädern nach dem Anbringen von Radsatzbeschichtungen.
- Nutzen der Lärminderung auf Grund einer Reduzierung der externen Lärmkosten [53], die von der Bevölkerung getragen werden. Diese beinhalten vor allem den monetären Wert der Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit von lärmbelasteten Anwohnenden. Diese Kosten werden durch die Minderung der Schallemission verkleinert.

Für die Lärminderungsmaßnahmen an der Quelle muss des Weiteren unterschieden werden zwischen Maßnahmen, die am Fahrzeugkörper angebracht werden (und somit normalerweise vom Wagenhalter erbracht werden müssen, es sei denn, sie werden finanziell gefördert), und Maßnahmen an der Infrastruktur, die im Regelfall vom Eisenbahninfrastrukturunternehmen finanziert werden müssen. Während Maßnahmen am Fahrzeug Auswirkung im gesamten Schienennetz zeigen, werden Infrastrukturmaßnahmen lokal im Netzwerk umgesetzt. Kosten für Maßnahmen am Fahrzeug werden meistens pro Wageneinheit angegeben, während Kosten für Infrastrukturmaßnahmen meistens pro Laufmeter (l/m) oder pro Kilometer (km) angegeben werden. Um die Kosten für die Lärminderungsmaßnahme direkt mit den externen Kosten zu vergleichen, werden sie auch oft in Kosten pro dB und Jahr angegeben. [22], [19], [30]

Eine genauere netzwerkweite Einschätzung war in dieser Studie aus den folgenden Gründen nicht möglich:

- Der Mehrwert einer Maßnahme ist stark von den gegebenen lokalen Umständen als auch der Marktreife der zu empfehlenden Maßnahme abhängig.
- Eine Umsetzung von Maßnahmen im gesamten deutschen Schienennetz bzw. der zur Lärmsanierung qualifizierenden Streckenabschnitte würde sich über einen weiten Zeitraum spannen. In dieser Zeit würden sich die Berechnungsvariablen wie Fahrzeuganzahl und betroffenes Streckennetz ändern. Fahrzeugflotten würden zum Teil erweitert oder durch neue Fahrzeuge ersetzt werden, während sich die Gesamtlänge des sich qualifizierenden Netzes sowohl durch Anpassungen der Lärmsanierungsauslösewerts als auch Änderungen am Streckennetz ändern könnte.
- Instandhaltungskosten setzen erst ab dem Einbau der Maßnahme ein.

Basierend auf den vorhandenen Kosteninformationen wurde eine grobe Kosteneinschätzung für die netzwerkweite Umsetzung ausgewählter Maßnahmen errechnet. Diese werden in Tabelle 4 dargestellt. Es werden lediglich Anschaffungs- und Erstellungskosten berücksichtigt. Einbau- und Instandhaltungskosten, sowie Kostendifferenziale durch einen geänderten Wartungsaufwand werden nicht berücksichtigt.

Maßnahme an der Quelle	Minderungspotenzial [dB]	Kosten pro Einheit	Geschätzte Kosten für eine netzwerkweite Umsetzung	Geschätzte Kosten pro 1 dB(A) Emissionsminderung
Radschallabsorber	4 – 7 [34]	Neuwagen: Anschaffungskosten: 10,000 € / Wagen Umrüstung: Anschaffungskosten: 10,000 € / Wagen [19]	Ca 820,8 Mio. €	Ca 150 Mio. €
Beschichtete Radsätze	2 [19]	Neuwagen: Anschaffungskosten: 600 € / Wagen Umrüstung: Anschaffungskosten: 600 € / Wagen [19]	Ca 49,2 Mio. €	Ca 24,6 Mio. €
Schienenstegabschirmung	1 – 3 [33], [40]	Herstellung: 163,7 € / lfm [51]	Ca 2,8 Mrd. €	Ca 1,4 Mrd. €
Gleisüberwachung	1 – 3 (vgl. BüG [22]), präventiv, kann je nach Programm unterschiedliche Reduktionen erreichen	Kosten für das Schleifen gemäß BüG: Monatliches Schleifen: 120 € / lfm / a [19]	Ca 2,04 Mrd. € pro Jahr	Ca 1,02 Mrd. €

Tabelle 4. Grobe Kostenschätzung für eine netzwerkweite Durchführung von ausgewählten lärmindernden Maßnahmen

3.6 Mögliche Umsetzung von schärferen Grenzwerten im Rahmen der TSI Lärm

Dieser Abschnitt beschreibt die Rolle der wichtigsten Organisationen bei der Festlegung neuer Grenzwerte für die TSI Lärm, die ursprünglich als standardisiertes Regelwerk für die Einführung neuer Schienenfahrzeuge entworfen wurde, und geht auf die Herausforderungen ein, die für eine erfolgreiche Umsetzung bewältigt werden müssen.

Das Schienenlärmschutzgesetz verbietet seit dem 13. Dezember 2020 laute Güterwagen, für die keine Ausnahmeregelung gilt, aus dem deutschen Netz [54]. In der 2019 überarbeiteten TSI Lärm wurde das Konzept der „Quieter Routes“ eingeführt. Ab Dezember 2024 dürfen auf diesen Strecken nur noch „leise“ Wagen verkehren, dies gilt auch für die Bestandsfahrzeuge. [52].

Die TSI Lärm, die die Grenzwerte für das Eisenbahnsystem in der EU festlegt, ist an den Grundsatz der Verhältnismäßigkeit gemäß Artikel 5 des Vertrags über die Europäische Union gebunden. Dies bedeutet, dass Inhalt und Form der Maßnahme nicht über das zur Erreichung der Ziele der Verträge erforderliche Maß hinausgehen dürfen. Ein Ziel der Union ist es, das Wohlergehen ihrer Bürger zu fördern. Der von der Union geschaffene Binnenmarkt setzt sich für ein hohes Niveau und die Verbesserung der Umweltqualität ein [55]. Aus diesen Gründen sind die technischen Spezifikationen in der TSI Lärm wesentliche Anforderungen für den Umweltschutz, die erfüllt werden müssen, um die Interoperabilität des Eisenbahnsystems der Europäischen Union zu gewährleisten.

In Anbetracht der Tatsache, dass die Grenzwerte der TSI Lärm derzeit für bestehende Güterwagen und alle zukünftigen Schienenfahrzeuge EU-weit gelten, müsste zur Umsetzung strengerer Grenzwerte von Schallemissionen im Rahmen der TSI Lärm eine Überarbeitung der EU-Kommissionsverordnung veröffentlicht werden. In Deutschland empfiehlt das EBA, dass das Vorbeifahrgeräusch eines umgerüsteten Schienenfahrzeugs den in der TSI Lärm festgelegten Grenzwert von derzeit 83 dB(A) um mindestens 3 dB unterschreiten muss, im Falle einer Neuwagenbeschaffung um mindestens 5 dB [56].

Um strengere Grenzwerte für Schallemissionen im Rahmen der TSI Lärm umzusetzen, muss die Europäische Kommission die TSI Lärm in einer Verordnung verabschieden und veröffentlichen, nachdem sie eine befürwortende Stellungnahme der Vertretenden der Mitgliedsstaaten des Ausschusses für Eisenbahninteroperabilität und -sicherheit (RISC) erhalten hat. Bei der Ausarbeitung der TSI setzt die Europäische Eisenbahnagentur (ERA) ein Projektteam ein, das die Meinung einer Arbeitsgruppe einholt, die den Entwurf überprüft und gegebenenfalls Änderungen vorschlägt. Die Arbeitsgruppe setzt sich aus Vertretenden der nationalen Sicherheitsbehörden (NSA) sowie aus Vertretenden der Industrie zusammen, wie z.B. dem Verband der Europäischen Eisenbahnindustrie (UNIFE), der Gemeinschaft der Europäischen Bahnen (GEB) und dem Verband der Europäischen Eisenbahninfrastrukturbetreibenden (EIM). Darüber hinaus verfügen die Mitgliedstaaten über Spiegelgruppen, die ihre Vertretenden im RISC über den Fortschritt unterrichten, einen gemeinsamen nationalen Standpunkt zu Fragen erarbeiten und nationale Sonderfälle entwickeln.

3.7 Anreizsysteme für den Einsatz leiserer Fahrzeuge

Finanzielle Zuschüsse oder reduzierte Trassenkosten, ähnlich dem lärmabhängigen Trassenpreissystem [22], können die wirtschaftliche Belastung der Wagenhalter und EVU bei der Durchführung lärmmindernder Maßnahmen verringern und eine mögliche Verlagerung des Verkehrs von der Schiene weg verhindern. Der Einsatz von Fördermitteln kann in der Beschaffungsphase oder in der Betriebsphase durch Nachrüstung erfolgen.

Anreize für Beschaffung

Die finanzielle Unterstützung für das Erreichen niedrigerer Schallemissionswerte von Fahrzeugen, schon während der Beschaffungsphase, stellt einen wirksamen Anreiz für den Einsatz leiserer Fahrzeuge dar. Um sicherzustellen, dass die Kosten für den Lärmschutz des rollenden Materials in einem angemessenen Verhältnis zum Nutzen stehen, können bei der Angebotsbewertung neuer Züge, Anreize für niedrigere Vorbeifahrgeräusche geschaffen werden. Der Nutzen-Kosten-Faktor kann durch einen monetarisierten Wert für den Nutzen, der durch den Einsatz leiserer Fahrzeuge entsteht, erhöht werden. Dieser monetarisierte Wert kann als Zuschlagskriterium in die Ausschreibungsbewertung eingehen. Auf diese Weise wird ein Anreiz für Fahrzeughersteller geschaffen, bei der Konstruktion neuer Züge modernste Lärmschutzmaßnahmen einzubinden. Dieser Ansatz hat sich im Vereinigten Königreich bei der Beschaffung von Hochgeschwindigkeitszügen im Rahmen der EU-Vergabevorschriften bewährt, wobei das Vorbeifahrtgeräusch in den Umweltverträglichkeitsprüfungen eingebunden wurde. Der Lärmvorteil von Zügen, die etwa 4 dB leiser sind als die TSI Lärm, wurde auf die nationale Spezifikation für die Interoperabilität geschätzt und wird von etwa 320.000 Menschen wahrgenommen, die in der Nähe der Eisenbahnstrecke wohnen. [57] [58]

Für eine Einführung eines ähnlichen Systems in Deutschland könnten sowohl bei der Ausschreibung von Fahrzeugbeschaffungen im Personen- und Güterverkehr als auch bei der Ausschreibung zum Betrieb von Bahnstrecken monetäre Vergünstigungen bei der Zuschlagsvergabe durch den Einsatz von leiseren Schienenfahrzeugen geschaffen werden. Sollte die ausschreibende Organisation keinen direkten Benefit davonziehen, müssten die Parameter gesetzlich geregelt werden.

Anreize für Nachrüstungen

Die Festlegung von Schallemissionsgrenzwerten für Neufahrzeuge in der TSI Lärm führt nicht automatisch dazu, dass alle Bestandsfahrzeuge freiwillig mit leiserer Technik nachgerüstet werden. Um einen Anreiz zur Nutzung leiser Güterwagen unterhalb der Grenzwerte der TSI Lärm zu schaffen, hat das BMDV 2017 die Förderrichtlinie TSI Lärm + initiiert, welche jedoch nicht in Anspruch genommen wurde.

Als Anreiz für die Umrüstung zu leiseren Bremsen hat in der Vergangenheit das lärmabhängige Trassenpreissystem als Förderprogramm des Bundes beigetragen. Mit Inkrafttreten des Schienenlärmschutzgesetzes zum Fahrplanwechsel im Dezember 2020 wurde dieses Instrument der Anreizsetzung durch ordnungsrechtliche Maßnahmen ersetzt. [22].

3.8 Zusammenfassung

Im Rahmen des vorliegenden Arbeitspaketes wurde im Zuge einer internationalen Literaturrecherche untersucht, welche Lärminderungstechniken im Schienenpersonen- und Schienengüterverkehr bereits heute

verfügbar sind. Anschließend wurde über Trends und innovative Lärminderungstechnologien an der Quelle diskutiert.

Die folgenden Schlüsse können aus dieser Literaturrecherche gezogen werden:

- Einige der vorgestellten Maßnahmen werden derzeit auf nationaler und europäischer Ebene erforscht, sind allerdings noch nicht zum Einsatz in Deutschland zugelassen. Weitere Potenziale zeigen vor allem die optimierten Zwischenlagen (Projekt „LOWNOISEPAD“) und erhöhte Schienenüberwachung (IN2TRACK).
- Vor allem die Kombination von Maßnahmen, also auch die Auswirkungen von Maßnahmen zur Verringerung von Aggregatsgeräuschen in Bezug auf das Eisenbahnumfeld, müssen detaillierter erforscht werden.
- Eine netzwerkweite Kostenberechnung ist schwer einzuschätzen, vor allem wegen der sich ständig ändernden Größe der in Deutschland verkehrenden Fahrzeugflotte ändert, aber auch durch Differenzialkosten, die durch die Anbringung, Wartung und Instandhaltung von zusätzlichen Maßnahmen an verschiedener Fahrzeug- und Infrastrukturkomponenten entstehen. Ein grober Ansatz zur netzwerkweiten Kostenberechnung wurde für ausgewählte Maßnahmen präsentiert.
- Die Einführung niedrigerer Grenzwerte für die Schallemission als Teil der TSI Lärm würde eine Überarbeitung der TSI Lärm-Grenzwerte und ein starkes gesundheitspolitisches Signal, Schallemissionsminderungswerte auch für Bestandsfahrzeuge in dem überarbeiteten Regelwerk zu verankern, erfordern. Um eine unmittelbare Wirkung zu erzielen, müsste die Umsetzung beschlossener Änderungen anschließend beschleunigt werden.
- Anreize für die Beschaffung oder Nachrüstung leiserer Fahrzeuge können sowohl legislativ als auch durch finanzielle Unterstützung geschaffen werden. Eine legislative Minderung der Schallwerte, wie sie sich in Japan bewährt hat, müsste in der EU klar geregelt werden, ohne dadurch Umweltziele wie einen erhöhten Modalsplit der Eisenbahn zu gefährden. Bei der Neuanschaffung von Fahrzeugen oder der Zuschlagsvergabe bei Vertriebsgebieten an EVUs könnten leise Fahrzeuge begünstigt werden und somit einen finanziellen Anreiz bieten.

4. Rahmenbedingungen und Prozessanalyse des Lärmsanierungsprogramms und geplante Umsetzung bis 2030

Im ersten Schritt des Arbeitspakets 3 „Rahmenbedingungen und Prozessanalyse des Lärmsanierungsprogramms und geplante Umsetzung bis 2030“ als Teil dieser Studie werden eingangs die derzeit geltenden Rahmenbedingungen für das freiwillige Lärmsanierungsprogramm Schiene erfasst, ausgewertet und detailliert beschrieben. Diese bilden die Grundlage für die Umsetzbarkeit des Lärmsanierungsprogramms.

In einer umfangreichen Prozessanalyse der Maßnahmenplanung und -ausführung werden die erforderlichen Bearbeitungsschritte, Handlungsspielräume und weitere, zu berücksichtigende Aspekte untersucht und systematisch dargestellt, die Einfluss auf das freiwillige Lärmsanierungsprogramm haben. Für die einzelnen Prozessschritte werden die relevanten Akteure, notwendige Vorarbeiten, Verkettungen und Voraussetzungen, erforderliche Unterlagen und die Zeiträume dargestellt.

Als dritter Arbeitsschritt wird auf Basis der aktuell vorliegenden Planungen der DB AG zur Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms bis zum Jahr 2030 eine Analyse als Status Quo dargelegt, der anschließend zur Bewertung der Szenarien für das folgende Arbeitspaket 4 „Szenarien und Handlungsempfehlungen zur Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms“ herangezogen werden soll.

4.1 Übersicht der geltenden Rahmenbedingungen

In diesem Abschnitt werden die derzeit geltenden Rahmenbedingungen für das freiwillige Lärmsanierungsprogramm an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes erfasst, ausgewertet und beschrieben.

4.1.1 Rechtlicher Rahmen

Das Regelwerk für die Lärmsanierung wird im Wesentlichen in der *Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes* aufgeführt. Hierzu greifen ergänzend die *Ausführungsbestimmungen des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA)*, zudem ist die *Richtlinie für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes (VLärmSchR)* entsprechend anzuwenden.

Die geltenden gesetzlichen Regelungen für die Lärmvorsorge beim Neubau oder einer wesentlichen Änderung von Straßen oder Schienenwegen sind bei der Lärmsanierung hilfsweise anzuwenden, diese sind das *Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)* in Verbindung mit der *16. und 24. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV)*.

Darüber hinaus haben Aspekte aus weiteren, nationalen und EU-weiten Gesetzen, Richtlinien und Regularien Einfluss auf die Umsetzbarkeit des Lärmsanierungsprogramms, wie zum Beispiel das *Investitionsbeschleunigungsgesetz* und die *Allgemeinen Verwaltungsvorschriften zur Bundeshaushaltsordnung*.

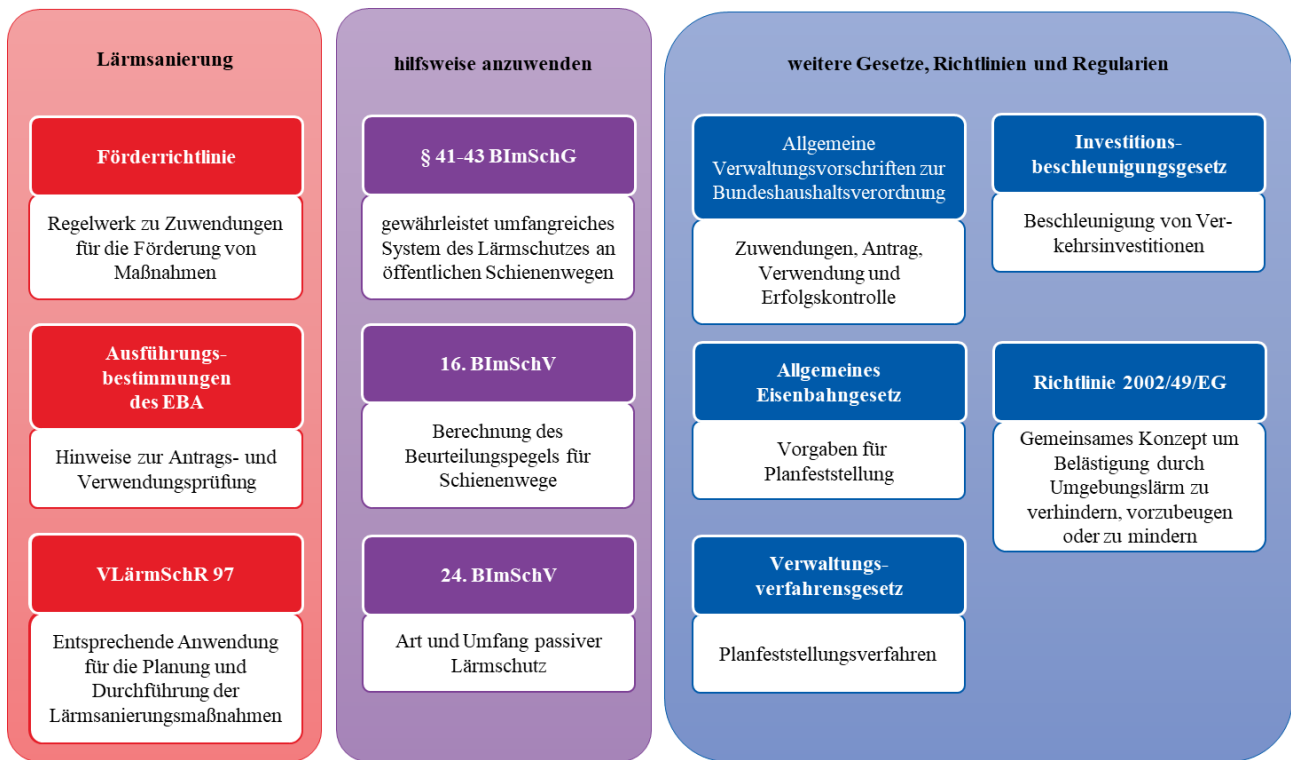


Abbildung 15 Lärmschutz im Schienenverkehr: Rechtlicher Rahmen

Im Folgenden werden die rechtlich geltenden Rahmenbedingungen für die Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes in Deutschland dargestellt. Nachfolgend werden ergänzend weitere Aspekte aus nationalen und EU-weiten Gesetzen, Richtlinien und Regularien des Lärmschutzes zusammengefasst.

4.1.1.1 Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes (Förderrichtlinie)

Förderziel und Zuwendungszweck

Gemäß Nr. 1.1 der *Förderrichtlinie* gewährt der Bund nach Maßgabe dieser Richtlinie Zuwendungen für die Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes.

Förderziel ist es gemäß Nr. 1.2, die Lärmbelastung der Anlieger bestehender Schienenwege der Eisenbahnen des Bundes durch Umsetzung des Gesamtkonzepts der Lärmsanierung und die von den Schienenwegen ausgehenden Lärmemissionen zu mindern. Hierbei muss für die lärmbelastete bauliche Anlage vor dem 01.01.2015 eine Baugenehmigung erteilt worden oder die bauliche Anlage im Geltungsplan eines vor dem 01.01.2015 bestandskräftig gewordenen Bebauungsplanes errichtet worden sein.

Die Bewilligungsbehörde entscheidet auf Gewährung der Zuwendung aufgrund ihres pflichtgemäßen Ermessens im Rahmen der verfügbaren Haushaltsmittel – ein Anspruch auf Gewährung der Zuwendung besteht nicht.

Gegenstand der Förderung

Im Sinne der Richtlinie und gemäß Nr. 2.1 ist Lärmsanierung die Verminderung der Lärmbelastung an Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes, die vor Inkrafttreten des *Bundes-Immissionsschutzgesetzes* am 1. April 1974 bzw. am 3. Oktober 1990 in dem in Artikel 3 des Einigungsvertrages genannten Gebiet in Betrieb waren, ohne dass die Voraussetzungen zur Lärmvorsorge nach §§ 41-43 *BImSchG*² vorliegen.

² Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.1.1.4.1 Bundes-Immissionsschutzgesetz

Basis für eine mögliche Förderung ist eine Überschreitung der Auslösewerte des Lärmpegels. Die im Gesamtkonzept der Lärmsanierung genannten Auslösewerte wurden mit Wirkung zum 01.01.2022 im Bundeshaushaltsgesetz wie folgt festgesetzt.

Gebietskategorie	Auslösewerte	Auslösewerte
	Tag 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr	Nacht 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr
Krankenhäuser, Schulen, reine/allgemeine Wohngebiete	64 dB(A)	54 dB(A)
Kern-, Dorf- und Mischgebiete	66 dB(A)	56 dB(A)
Gewerbegebiete	72 dB(A)	62 dB(A)

Tabelle 5 Auslösewerte zur Lärmsanierung ab 01.01.2022 [59]

Die Berechnung aller Immissionspegel, die bei der Anwendung dieser Richtlinie herangezogen werden, erfolgt gemäß Nr. 2.1 als Beurteilungspegel nach dem in der *Anlage 2 zur 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes*³ festgelegten Verfahren mit den Parametern, die für die Berechnung des Beurteilungspegels beim Bau oder wesentlichen Änderungen von Schienenwegen der Eisenbahnen und Straßenbahnen zur Anwendung kommen.

Gemäß Nr. 2.2 erstellt das BMDV zur Umsetzung des Förderzwecks unter Beteiligung der Eisenbahninfrastrukturunternehmen des Bundes (EIU) ein Gesamtkonzept der Lärmsanierung, welches spätestens alle fünf Jahre fortzuschreiben ist.

In diesem Gesamtkonzept der Lärmsanierung werden u.a. die lärmsanierungsbedürftigen Streckenabschnitte gereiht nach dem Grad der Sanierungsbedürftigkeit aufgelistet. Zur Dokumentation des Bearbeitungsstandes und im Sinne einer abschließenden Erfolgskontrolle werden in gesonderten Listen die Streckenabschnitte gelistet, in denen Sanierungsmaßnahmen in Planung oder im Bau sind bzw. an denen die Sanierungsmaßnahmen abgeschlossen sind.

Die EIU des Bundes beantragen unter Berücksichtigung der betrieblichen, planerischen und bauwirtschaftlichen Kapazitäten in der Reihenfolge der Dringlichkeit entsprechend Priorisierungskennziffer Zuwendungen zur Lärmsanierung.⁴

Gemäß Nr. 2.4 können Maßnahmen des aktiven und passiven Lärmschutzes gefördert werden. Alle Maßnahmen an der Strecke, die zu einer Verminderung des Lärms an der Quelle (Emission) und auf seinen Ausbreitungsweg führen, zählen zum aktiven Lärmschutz an Bahnanlagen. Alle baulichen Maßnahmen an baulichen Anlagen, die der Senkung der Schalleinwirkung (Immission) dienen, zählen zum passiven Lärmschutz. Maßnahmen des aktiven und passiven Lärmschutzes können zum Zwecke des wirtschaftlichen Mitteleinsatzes kombiniert werden.

³ Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.1.1.4.2 Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

⁴ Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.2.1 Prozessschritte und ihre Handlungsspielräume

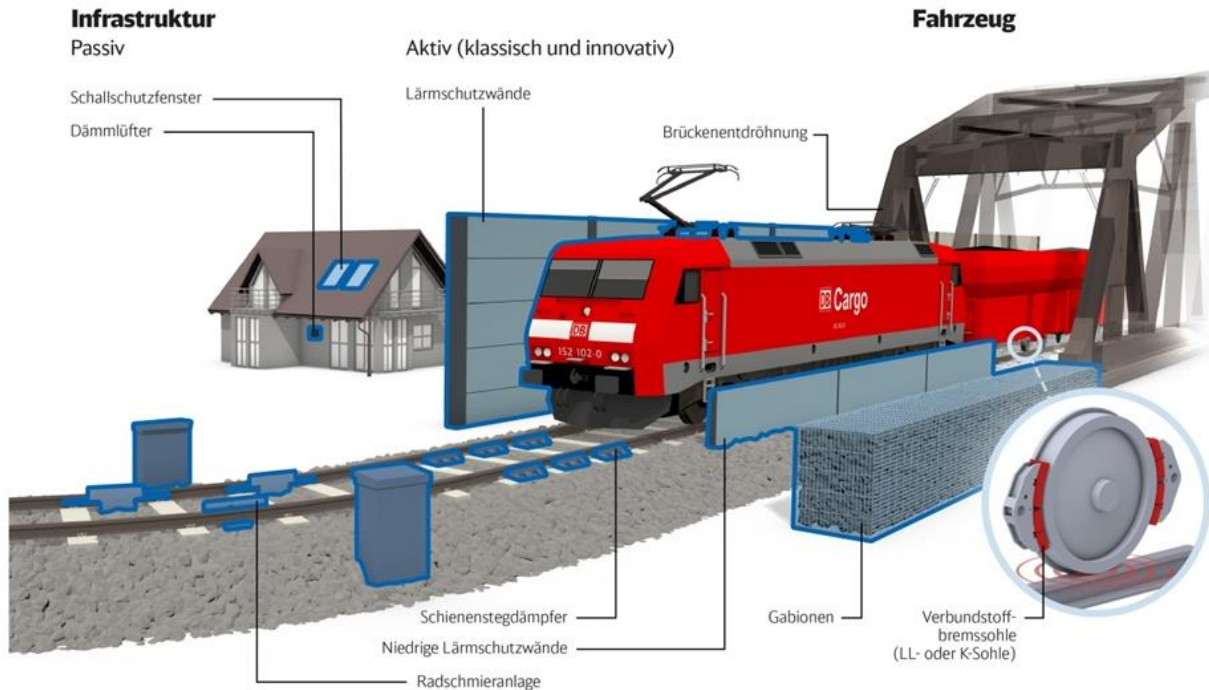


Abbildung 16 Maßnahmen zur Lärmreduzierung | aktiver & passiver Lärmschutz [60]

Zuwendungsempfänger

Gemäß Nr. 3 sind die EIU des Bundes Zuwendungsempfänger. Bei der Realisierung von passiven Lärmschutzmaßnahmen an baulichen Anlagen, die nicht Eigentum der EIU sind, leiten die EIU als Erstempfänger die Zuwendung an die Letztempfänger weiter.

Der Zuwendungsempfänger ist gemäß Nr. 2.5 dazu verpflichtet, innerhalb dort definierter Zeiträume einen (Zwischen-)Nachweis über die zweckgerechte Verwendung der Zuwendung zu führen.

Gemäß Nr. 3 gelten die zuwendungsrechtlichen Bewilligungsvoraussetzungen der *Allgemeinen Verwaltungsvorschriften zur Bundeshaushaltsordnung*⁵.

Planung und Durchführung

Gemäß Nr. 2.3 sind für die Planung und Durchführung der Lärmsanierungsmaßnahmen im Einzelnen die Regelungen für die Lärmsanierung nach den *Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes* entsprechend anzuwenden, soweit diese Richtlinie nichts Abweichendes regelt.⁶

Die geltenden gesetzlichen Regelungen für die Lärmvorsorge beim Neubau oder einer wesentlichen Änderung von Straßen oder Schienenwegen (§§ 41 - 43 *BImSchG*, 16. *BImSchV* und 24. *BImSchV*) sind hilfsweise anzuwenden.⁷

Art und Umfang, Höhe der Zuwendungen

Zuwendungen werden als Projektförderung gemäß Nr. 5 gewährt, sofern die Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der Maßnahme mit der Beantragung dargelegt werden.⁸ Generell zuwendungsfähig sind Bauausgaben für die Errichtung aktiver und passiver Lärmschutzbauwerke und -bauteile (Lärmsanierungsmaßnahme) sowie eine Pauschale für die Planungs- und Verwaltungskosten der EIU. Die spätere Instandhaltung von Anlagen kann nicht gefördert werden.⁹

Verfahren

Bestimmungen zum Antragsverfahren für Zuwendungen sind in Nr. 7 aufgeführt.¹⁰

⁵ Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.1.1.5 Weitere Gesetze, Richtlinien und Regularien

⁶ Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.1.1.3 Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes

⁷ Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.1.1.4 Hilfsweise anzuwendende Regelungen der Lärmvorsorge

⁸ Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.1.5 Realisierungskosten

⁹ Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.1.2 Planung der Maßnahmen

¹⁰ Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.2.1 Prozessschritte und ihre Handlungsspielräume

4.1.1.2 Ausführungsbestimmungen des EBA zur Förderrichtlinie

Als zuständige Behörde für den Vollzug der Förderrichtlinie hat das EBA gemäß Nr. 7.1 der Förderrichtlinie die folgenden Ausführungsbestimmungen erlassen.

A. Grundlagen

Schwerpunkt der Aufgabenwahrnehmung des EBA ist der Erlass von Zuwendungsbescheiden an das zum Antrag berechnigte EIU des Bundes. Lärmsanierungsmaßnahmen werden durch diese EIU ausgeführt. Bewilligte Fördermittel für passive Lärmschutzmaßnahmen werden von den EIU als Erstempfänger anteilig an förderberechnigte Eigentümer, Wohneigentümer oder Erbbauberechnigten als Letztempfänger weitergeleitet.

Als freiwillige Leistung des Bundes besteht kein Rechtsanspruch auf Gewährung der Mittel für Lärmsanierungsmaßnahmen an den Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes. Die Bewilligung erfolgt daher unter dem Vorbehalt der dafür jeweils im Bundeshaushalt zur Verfügung gestellten Mittel, sowie nach Maßgabe der hierzu bekanntgegebenen Förderrichtlinie, sowie der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 44 der Bundeshaushaltsordnung.

Im Haushaltsplan werden seit dem Haushaltsgesetz des Bundes von 1999 jährlich Mittel für „Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes“ angesetzt. Die Art und Weise der Verwendung der durch das Haushaltsgesetz zur Verfügung gestellten Mittel wird mit der Förderrichtlinie durch das BMDV festgelegt.

B. Hinweise zur Antrags- und Verwendungsprüfung

Die Ausführungen des EBA zur Förderrichtlinie stellt die maßgebliche Entscheidungsgrundlage für die Bewilligung der vom Zuwendungsempfänger zu beantragenden Mittel für Lärmsanierungsmaßnahmen dar. Auf Antrag des berechnigten EIU erfolgt nach Prüfung durch das EBA die Bewilligung durch Zuwendungsbescheid.

Maßgebliche Bewilligungsvoraussetzung ist, ob die zur Sanierung beantragte Strecke im Gesamtkonzept der Lärmsanierung enthalten ist. Die erforderlichen Unterlagen, die der Antrag auf Erteilung eines Zuwendungsbescheids üblicherweise umfasst, werden im vorliegenden Bericht in Abschnitt 3.1 genannt. (Teil-)Ablehnungen eines Antrags sind besonders begründungsbedürftig.

Falls sich Einzelfragen ergeben, die in den Ausführungsbestimmungen zur Förderrichtlinie nicht eindeutig geregelt sind, so ist neben der Förderrichtlinie und das dabei genannte haushaltsrechtliche Regelwerk ergänzend das Handbuch des EBA zur Antrags- und Verwendungsprüfung (Handbuch AVP 2018) und die darin getroffenen Festlegungen zur Entscheidungsfindung heranzuziehen.

Nach Inanspruchnahme der Bundesmittel kontrolliert das EBA im Rahmen der Verwendungsprüfung, ob die vom Empfänger in Anspruch genommenen Bundesmittel tatsächlich entsprechend der Bewilligung eingesetzt wurden. Wenn Bundesmittel nicht zweckentsprechend, wirtschaftlich oder sparsam verwendet wurden, werden sie vom Zuwendungsempfänger mit Zinsen zurückgefordert und im Bundeshaushalt vereinnahmt.

4.1.1.3 Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes

Gemäß Nr. 2.3 der Förderrichtlinie ist für die Planung und Durchführung der Lärmsanierungsmaßnahmen im Einzelnen die Regelungen für die Lärmsanierung nach den Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes (VLärmSchR) entsprechend anzuwenden, soweit die Förderrichtlinie nichts Abweichendes regelt. Maßgeblich der VLärmSchR ist Abschnitt D zur Lärmsanierung.

Im Wesentlichen enthalten beide Richtlinien dieselben Regelungen in Bezug auf die Lärmsanierung an der Schiene. In Nr. 37.2 regelt die VLärmSchR 97 zudem die Schutzbedürftigkeit von Räumen. Schutzbedürftig sind demnach Räume, die ganz oder überwiegend zum Wohnen, Unterrichten, zur Kranken- oder Altenpflege bestimmt sind, oder entsprechende Räume in Kur- oder Kinderheimen und Krankenhäusern. Nicht schutzbedürftig sind Räume der gewerblichen Nutzung, sowie Bäder, Toiletten, Treppenhäuser, Flure und Lagerräume.

Gemäß Nr. 37.3 der VLärmSchR ist bei der Ermittlung der Voraussetzungen für eine Lärmsanierung die vorhandene Verkehrsmenge, bei der Bemessung des Umfangs der Lärmschutzmaßnahmen die künftige Verkehrsmenge (Prognose) zu Grunde zu legen.

4.1.1.4 *Hilfsweise anzuwendende Regelungen der Lärmvorsorge*

Gemäß Nr. 2.3 der *Förderrichtlinie* sind die geltenden gesetzlichen Regelungen für die Lärmvorsorge beim Neubau oder einer wesentlichen Änderung von Straßen oder Schienenwegen bei der Bemessung der Lärmschutzmaßnahmen hilfsweise anzuwenden:

- §§ 41 – 43 BImSchG,
- Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) und
- Verkehrswege-Schallschutz-Maßnahmenverordnung (24. BImSchV).

Im Folgenden sind deren wesentlichen Regelungen in Bezug auf das Lärmsanierungsprogramm aufgeführt.

4.1.1.4.1 **Bundes-Immissionsschutzgesetz**

Der vierte Teil des *Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge* ist für die Fragen des Lärmschutzes an der Schiene von Bedeutung.

Vierter Teil: Beschaffenheit und Betrieb von Fahrzeugen, Bau und Änderung von Straßen und Schienenwegen

Gemäß § 41 ist beim Neubau oder wesentlichen Änderungen von Eisen-, Straßen- und Magnetschwebebahnen sicherzustellen, dass durch diese keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche hervorgerufen werden können, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Dies gilt nicht, wenn der (aktive) Lärmschutz nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand erreichbar wäre.

§ 42 regelt die Entschädigung für Schallschutzmaßnahmen an baulichen Anlagen (passiver Lärmschutz) in Höhe der erbrachten notwendigen Aufwendungen, falls die festgelegten Immissionsgrenzwerte überschritten werden.

§ 43 ermächtigt die Bundesregierung, die zur Durchführung der §§ 41 und 42 erforderlichen Vorschriften zu erlassen, neben der Festlegung bestimmter Immissionsgrenzwerte fällt hierunter auch das Verfahren zur Ermittlung der Emissionen oder Immissionen¹¹. Darüber hinaus wird die Bundesregierung ermächtigt, Vorschriften über bestimmte technische Anforderungen an den Bau von Schieneninfrastruktur zur Vermeidung von schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche sowie über Art und Umfang notwendiger Schallschutzmaßnahmen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Geräusche zu erlassen.

4.1.1.4.2 **Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes**

Gemäß § 4 der *Verkehrslärmschutzverordnung* (16. BImSchV) hat die Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege getrennt für den Beurteilungszeitraum Tag (6 Uhr bis 22 Uhr) und Nacht (22 Uhr bis 06 Uhr) zu erfolgen, die Berechnung ist nach *Anlage 2* (Schall 03) durchzuführen. In die Berechnung einfließende Rahmenbedingungen sind

- Schallpegelkennwerte von Fahrzeugen und Fahrwegen,
- Einflüsse auf dem Ausbreitungsweg,
- Auf- und Abschläge für die Lästigkeit von Geräuschen infolge ihres zeitlichen Verlaufs, ihrer Dauer, ihrer Häufigkeit und ihrer Frequenz sowie für die Lästigkeit ton- oder impulshaltiger Geräusche.

Anlage 2 (zu § 4): Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege (Schall 03)

Grundlage für die Berechnung des Beurteilungspegels sind die Anzahl der prognostizierten Züge der jeweiligen Zugart sowie die den betrieblichen Planungen zugrunde liegenden Geschwindigkeiten auf dem zu betrachtenden Planungsabschnitt einer Bahnstrecke.

¹¹ Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.1.1.4.2 Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

4.1.1.4.3 Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
Die *Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung* (24. BImSchV) legt Art und Umfang der zum Schutz vor Verkehrslärm notwendigen Schallschutzmaßnahmen für schutzbedürftige Räume in baulichen Anlagen fest (passiver Lärmschutz), soweit durch den Bau oder die wesentliche Änderung festgelegte Immissionsgrenzwerte überschritten werden.

§ 2 regelt die Lärmschutzmaßnahmen an baulichen Anlagen, insbesondere die bauliche Verbesserung an Umfassungsbauteilen (z.B. Fenster, Türen) schutzbedürftiger Räume¹², die die Einwirkungen durch Verkehrslärm mindern. Ist eine bauliche Anlage zum Abbruch bestimmt oder dieser bauordnungsrechtlich gefordert, so sind Schallschutzmaßnahmen nicht erforderlich.

§ 3 regelt qualitative Details und deren rechnerische Ermittlung zum Umfang passiver Schutzmaßnahmen.

4.1.1.5 Weitere Gesetze, Richtlinien und Regularien

Einzelne Aspekte aus weiteren, nationalen und EU-weiten Gesetzen, Richtlinien und Regularien haben ebenfalls Einfluss auf die Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms.

Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm

Die Ergebnisdaten der Lärmkartierung und Lärmaktionsplanung, die durch die EU-Richtlinie 2002/49/EG beschrieben wird, können zukünftig als Grundlage für die Priorisierung der Lärmsanierungsabschnitte verwendet werden. Dies ist Ergebnis eines vom BMDV initiierten und vom EBA administrierten Harmonisierungsprojektes. [61]

Allgemeine Verwaltungsvorschriften zur Bundeshaushaltsordnung (VV-BHO)

Der Bund gewährt nach Maßgabe der *Allgemeinen Verwaltungsvorschriften* zu den §§ 23, 44 der *Bundshaushaltsordnung* sowie gemäß der *Förderrichtlinie*¹³ Zuwendungen für die Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes.

§ 23 legt fest, in welchen Fällen Zuwendungen veranschlagt werden dürfen.

§ 44 schreibt vor, dass die zweckentsprechende Verwendung der Zuwendungen nachzuweisen ist. Außerdem ist ein Prüfungsrecht der zuständigen Dienststelle oder ihrer Beauftragten festzulegen.

Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG)

Gemäß § 18 Absatz 1 AEG wird bei Neubauten oder Änderungen von Betriebsanlagen einer Eisenbahn eine Planfeststellung vorausgesetzt. Zu berücksichtigen sind hierbei die von dem Vorhaben berührten öffentlichen und privaten Belange einschließlich der Umweltverträglichkeit im Rahmen der Abwägung. Notwendige Lärmschutzmaßnahmen sind als Teil der Planfeststellung im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsprüfung zu berücksichtigen.

§ 18 Absatz 1a legt fest, dass es z.B. für die Errichtung von Schallschutzwänden zur Lärmsanierung keiner vorherigen Planfeststellung oder Plangenehmigung bedarf, sofern keine Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung besteht. Für diese Einzelmaßnahme ist keine weitere baurechtliche Zulassung erforderlich; landesrechtliche Regelungen bleiben unberührt. Werden durch das Vorhaben private oder öffentliche Belange einschließlich der Belange der Umwelt berührt, kann der Träger des Vorhabens die Feststellung des Planes nach Absatz 1 Satz 1 beantragen.

Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG)

Teil V, Abschnitt 2 regelt das Planfeststellungsverfahren und dabei zu berücksichtigende Aspekte. Ist durch Rechtsvorschrift ein Planfeststellungsverfahren angeordnet, gelten hierfür die §§ 73 bis 78, die die folgenden Punkte regeln

- Anhörungsverfahren,
- Planfeststellungsbeschluss, Plangenehmigung,

¹² Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.1.1.3 Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes

¹³ Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.1.1.1 Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes

- Rechtswirkungen der Planfeststellung,
- Planänderungen vor Fertigstellung des Vorhabens,
- Aufhebung des Planfeststellungsbeschlusses und
- Zusammentreffen mehrerer Vorhaben.

Gesetz zur Beschleunigung von Investitionen

Mit den neuen Regelungen im Investitionsbeschleunigungsgesetz erwartet die Bundesregierung ein schnelleres Planen und Bauen für bestimmte Baumaßnahmen der Schiene. Dazu gehört die Errichtung von Schallschutzwänden zur Lärmsanierung, die gemäß Artikel 2 von der Erfordernis einer planungsrechtlichen Genehmigung ausgenommen werden, sofern keine Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung besteht.

Ob eine Pflicht zur Durchführung besteht, wird seitens des EBA zu Beginn eines Verfahrens zur Zulassung des Baus oder der Änderung von Betriebsanlagen des Bundes geprüft (UVP Vorprüfung; standortbezogene Vorprüfung bei der Errichtung einer Schallschutzwand zur Lärmsanierung gemäß § 14a Abs. 2 Nr. 2 UVPG¹⁴).

4.1.2 Planung der Maßnahmen

4.1.2.1 Förderfähigkeit der Maßnahme

In der Förderrichtlinie ist die Aufnahme zum Lärmsanierungsprogramm und Planung der Maßnahme geregelt. Folgende Kriterien werden hierbei zugrunde gelegt:

- a. die Höhe des prognostizierten Beurteilungspegels, wenn dieser die im Bundeshaushalt aufgeführten maßgeblichen Auslösewerte für die Lärmsanierung überschreitet;
- b. die Zahl der betroffenen Anwohnenden im jeweiligen Streckenabschnitt, die mit Hilfe von stadtplanerisch üblichen Verfahren ermittelt werden darf;
- c. eine Gewichtung nach Lärmbelastung und Zahl der betroffenen Anwohnenden;
- d. Verhältnismäßigkeit der Lärmsanierungsmaßnahme;
- e. der örtliche, zeitliche oder sachliche Zusammenhang einer weniger dringlichen Maßnahme mit zeitlich vorrangigen Maßnahmen, wenn die Einbeziehung der weniger dringlichen Maßnahmen in die dringlichere Maßnahme aus Gründen der Verwaltungsvereinfachung zweckmäßig und sinnvoll erscheint.

Generell werden die Fördermittel des Bundes zur Lärmsanierung als freiwillige Leistung gewährt. Das bedeutet, die Bewilligung erfolgt unter dem Vorbehalt der jeweils im Bundeshaushalt zur Verfügung gestellten Mittel. Eine Auflistung nach der Priorisierung von lärmsanierungsbedürftigen Streckenabschnitten wird durch das BMDV und die EIU erstellt. Die Festlegung der Reihenfolge erfolgt nach den Gesichtspunkten der:

- Lärmbelastung
- Zahl der Betroffenen
- Nutzen-Kosten-Verhältnis

Ausnahmen können angewendet werden, wenn das Vorziehen einer weniger dringlichen Maßnahme aus Gründen der Verwaltungsvereinfachung aus dem örtlichen, zeitlichen oder sachlichen Zusammenhang zweckmäßig und sinnvoll erscheint.

Das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) wird bei aktiven Maßnahmen zur Lärmsanierung angewendet und muss für die Förderfähigkeit der Maßnahme gleich oder größer als 1 sein. Es berechnet sich aus

$$NKV = \frac{(NU_z) \times NU \times dL \times E \times t}{K}$$

¹⁴ Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)

Erläuterungen	
NU _z	optional, Zuschlagsfaktor für Zusatznutzen je nach Schutzzweck
NU	77 €, der Nutzen je dB(A) Pegelminderung, je Einwohner und pro Jahr
dL	die mittlere Pegelminderung in dB(A) aus der schalltechnischen Untersuchung
E	durchschnittliche Anzahl der betroffenen Einwohner im gesamten Sanierungsabschnitt, anteilig verteilt auf den gestalteten Bereich
t	Nutzungsdauer 25 Jahre für Schallschutzwände, andere Maßnahmen haben unterschiedliche Ansatzwerte
K	Kosten des gestalteten Bereichs einer Lärmschutzmaßnahme

Tabelle 6 Erläuterung der Komponenten zur Berechnung des NKV

Wird ein Teilbereich eines Sanierungsabschnittes eine besondere Bedeutung für Tourismus oder Gesundheitswirtschaft zuerkannt, so wird ein entsprechender Zuschlagsfaktor berücksichtigt. Durch eine gestaltete Wand oder eine Kombination unterschiedlicher aktiver Lärmschutztechniken entsteht in diesem Bereich aufgrund der besseren Einpassung in das städtebauliche Umfeld ein zusätzlicher, über die reine Pegelminderung hinausgehender Nutzen. In diesem Teilbereich können zur Erfüllung der besonderen Anforderungen auch Lärmschutzmaßnahmen eingesetzt werden, die teurer sind als die sparsamste Ausführungsvariante. Abhängig von der Art des zu schützenden Bereichs kann ein maximaler Zuschlagsfaktor von 3 auf den monetär bewerteten Nutzen der Pegelminderung angewendet werden.

Bei der Berechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses werden die Planungskosten nicht berücksichtigt. Sollte sich im Bauverlauf der Quotient durch Kostensteigerungen unter 1 bewegen, bleibt die Maßnahme weiterhin förderfähig.

Zur Vermeidung negativer akustischer Effekte sind Lücken bis zu 100 m zwischen zwei aktiven Lärmschutzmaßnahmen zu schließen, auch wenn diese in einem Bereich nicht förderungsfähiger Abschnitte liegen.

4.1.2.2 *Genehmigungsverfahren der Maßnahme*

Bei Aufnahme eines Sanierungsabschnittes in das Lärmsanierungsprogramm beginnt das berechnete EIU mit der Umsetzung für die Sanierungsmaßnahmen. Wesentlicher Bestandteil der Planung ist das Erlangen des Baurechts, demnach das entsprechende Genehmigungsverfahren.

Seit dem 10.12.2020 ist das Investitionsbeschleunigungsgesetz in Kraft. Ziel ist es, Genehmigungszeiten zu verkürzen und Projekte schneller zu realisieren. Planfeststellungs- oder Plangenehmigungsverfahren sind demnach nur in den Fällen anzuwenden, bei denen zur Umsetzung eine Umweltverträglichkeitsprüfung oder Grunderwerb notwendig ist. Im Gegenzug obliegt die Einholung der Zustimmung Dritter bei dem berechtigten EIU. Dies kann je nach Maßnahme bis zu 10 Monate in Anspruch nehmen. [62]

Erste Einschätzungen des EBA zeigen, dass durch die Einführung des Investitionsbeschleunigungsgesetzes Ende des Jahres 2020 ein erweitertes Plangenehmigungs- oder Planfeststellungsverfahren nur noch bei etwa 5 % der Maßnahmen notwendig ist. Die gesamte Bearbeitungszeit kann potenziell um bis zu 6 Monaten gegenüber der Plangenehmigung oder 1 Jahr gegenüber der Planfeststellung verkürzt werden. Bisher fehlen jedoch die Erfahrungen einen verlässlichen Wert zur Anwendung des Gesetzes zu ermitteln. [63]

4.1.3 *Antragsprüfung*

Das EBA legt den Rahmen zur Antragstellung einer Sanierungsmaßnahme fest. Hierzu gehört der Umfang der Antragsunterlagen, die Antragswege, die Beteiligung Dritter und deren Aufwandserstattung. Die Antragstellung und Antragsprüfung ist ein eingespielter Prozess weniger Akteure zwischen dem EBA und dem berechtigten EIU. Der Antrag muss vor Beginn der Sanierungsmaßnahme durch das berechnete EIU beim EBA gestellt werden. Über eine Zuwendungsprüfung muss spätestens nach 6 Monaten entschieden werden. Der Bundesrechnungshof ist zu jeder Zeit berechtigt, die Ausgaben zu prüfen. [63]

4.1.4 Bauliche Umsetzung

Auf Basis einer schalltechnischen Untersuchung und der Bewertung aus dem Nutzen-Kosten-Verhältnis wird im Rahmen der Planung zwischen aktiven und passiven Lärmsanierungsmaßnahmen entschieden. Aktive und passive Baumaßnahmen können auch zeitgleich als Kombinationslösung ausgeführt werden.

Aktive Lärmsanierungsmaßnahmen werden vorrangig zu passiven baulichen Maßnahmen durchgeführt. Gründe für die Priorisierung anderer Maßnahmen als Schallschutzwände sind unter anderem [1]:

- Beibehaltung des Landschafts- oder Ortsbildes,
- Topographische Gegebenheiten,
- ein unzureichendes Kosten-Nutzen-Verhältnis sowie
- Bedenken der Anwohnerschaft.

Aktive Maßnahmen

Alle Maßnahmen an der Strecke, die zu einer Minderung des Lärms an der Quelle und auf seinem Ausbreitungsweg führen, zählen zum aktiven Lärmschutz an Bahnanlagen. Gemäß Nr. 2.4 der Förderrichtlinie umfasst dieser die folgenden Lärmsanierungsmaßnahmen:

- Schallschutzwände/-wälle, niedrige Schallschutzwände,
- Schienenstegdämpfer oder -abschirmungen,
- Schienenschmiereinrichtungen,
- Lärminderung an Brückenbauwerken und
- andere bahntechnische und schalltechnische Innovationen nach Anerkennung gem. § 5 der *BImSchV*.

Die Ausführung und Höhe einer Schallschutzwand ist abhängig von den zu mindernden Schallpegeln. Nach dem Regelwerk *Lärmschutzanlagen an Eisenbahnstrecken* sollten Schallschutzwände ursprünglich so ausgeführt werden, dass der Blick für die Reisenden in die Landschaft erhalten bleibt [64]. In der Lärmsanierung ist die Höhe einer Schallschutzwand auf 3,0 m begrenzt. Zur Ausführung einer Schallschutzwand muss die dem Fahrweg zugewandte Seite schallabsorbierend ausgeführt werden, da sonst der Schall zwischen Fahrweg und Wand mehrfach reflektiert wird und dadurch die Abschirmwirkung sinkt. Im ebenen Gelände hat eine 3 m hohe Schallschutzwand eine Lärmschutzwirkung von 15 dB, eine 2 m hohe hat eine Schutzwirkung von 12 dB.

Untersuchungen und Forschungsprojekte zu niedrigeren Schallschutzwänden mit einer Bauhöhe von 55 bzw. 74 cm und einem Gleisabstand von 1,75 m zur Gleisachse haben gezeigt, dass eine Pegelminderung von 6 dB erreicht wurde. Jedoch sind die resultierenden Probleme aus dem verminderten Abstand zur Gleisachse in der Regel zu groß, so dass von dieser Lösung in der Regel Abstand genommen wird. [64]

Die Errichtung eines 4 m hohen Schallschutzwalls mit einer benötigten Grundfläche von 15 m Breite hat einen vergleichbaren Wirkungsgrad einer Schallschutzwand von 2-3 m. [64]

Zur Umsetzung aller aktiven Maßnahmen ist durch die Nähe zum Gleis eine rechtzeitige Beantragung von Sperrpausen zur Ausführung der Arbeiten notwendig. Für die Erstanmeldung zum mittelfristigen Kapazitätsmanagement sollte die Leistungsphase 2 der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) abgeschlossen sein. Die DB AG erstellt entsprechend eine Bauablaufplanung mit den angesetzten Sperrpausen mit einem benötigten Vorlauf von 3-4 Jahren. Die tatsächliche Ankündigung muss spätestens mit 2 Jahren Vorlauf beantragt werden, eine Erstanmeldung ist hierfür zwingend vorausgesetzt. [62]

Passive Maßnahmen

Alle schalldämmenden Veränderungen an vom Lärm betroffenen Gebäuden, wie der Einbau von Schallschutzfenstern und -türen sowie schallgedämpfte Leitungen, ebenso wie Verstärkungen an Außenwänden und Dächern, zählen zum passiven Lärmschutz [1].

Zur Planung und Umsetzung einer passiven Maßnahme der Lärmsanierung beauftragt das berechnete EIU einen Gutachter. Dieser informiert schriftlich die Haus- oder Wohnungseigentümer förderfähiger Wohneinheiten über die Fördermöglichkeit der passiven Maßnahmen. Die Eigentümer schicken das ausgefüllte Kostenübernahmeformular mit der Einverständniserklärung zurück. Daraufhin werden vom

Gutachter u.a. die Fenster geprüft, um das Schalldämmmaß für die Wohneinheit zu berechnen und den Eigentümern daraus resultierende Maßnahmenvorschläge unterbreitet. Im Falle einer gewünschten Umsetzung der Maßnahme werden drei Angebote eingeholt [65]. Die Höhe der förderfähigen Kosten wird auf Basis des wirtschaftlichsten Angebots berechnet. Gemäß der *Förderrichtlinie* tragen die Eigentümer einen Eigenanteil von 25 % der Kosten.

4.1.5 Realisierungskosten

Für 1 m konventionelle Schallschutzwand sind Baukosten zwischen 463 Euro und 4.071 Euro je nach Höhe und Baumaterial (Beton, Holz, Aluminium etc.) ohne Grunderwerb zu veranschlagen [64]. Die DB Systemtechnik geht von Durchschnittskosten von 2.000 bis 2.200 Euro pro Meter aus. Die derzeitigen Preissteigerungsraten für die benötigten Baumaterialien sind hierbei noch nicht berücksichtigt.

Als Pauschale für die Planungs- und Verwaltungskosten werden derzeit 18 % der anzusetzenden Baukosten erstattet. Die realen Planungskosten beziffert die DB AG auf 28-29 %. Die Differenz zu den Erstattungen trägt derzeit die DB AG mit Eigenmitteln. [62]

Für den Unterhalt einer Schallschutzwand werden pro Jahr ca. 2 % der Erstellungskosten angesetzt [64]. Diese Kosten werden durch den Bund nicht gefördert.

4.1.6 Aufstockung von Finanzmitteln

Auf Veranlassung Dritter können unter Beachtung bestimmter Randbedingungen bei entsprechender finanzieller Beteiligung Lärmsanierungsmaßnahmen über den förderfähigen Umfang hinaus realisiert werden. Die Aufwertung einer Maßnahme zum einen durch die Erhöhung einer Schallschutzwand oder den Einsatz transparenter Elemente kann über die Förderung privater Haushalte, der Kommune oder Stadt durch eine Budgetaufstockung realisiert werden.

4.1.7 Weitere, zu berücksichtigende Aspekte

Öffentlichkeitsbeteiligung / Belange und Interessen der Anwohnerschaft

Durch die Einführung des Investitionsbeschleunigungsgesetz und der hiermit geschaffenen Möglichkeit des Verzichts auf ein Plangenehmigungs- bzw. Planfeststellungsverfahren kann die Offenlegung und Einbindung der Betroffenen entfallen. In der Praxis wird von dem Verzicht auf das Planfeststellungsverfahren durch die Vorhabenträgerin nicht Gebrauch gemacht, wenn unter den Betroffenen unterschiedliche Auffassungen zu der Lärmsanierungsmaßnahme bestehen, die im Planrechtsverfahren rechtssicher von der Behörde abgewogen werden können. Der Prozess der Öffentlichkeitsbeteiligung wird frühzeitig – in der Regel bei Vorliegen eines ersten Entwurfs über ein schalltechnisches Gutachten – eingeleitet. [62]

Die DB Netz AG setzt auf Informationsveranstaltungen für die Anwohnerschaft, Kommunen und Städte. Zumeist werden diese Veranstaltungen digital oder hybrid durchgeführt. Somit können die Betroffenen ihre Interessen und Belange in den weiteren Planungsprozess einbringen. Ein früher Dialog führt zu einer größeren Akzeptanz für die geplante Baumaßnahme.

Ausführende Unternehmen

Für die nächsten Jahre bis 2026 ist bereits die Voranmeldung zu den Sperrpausen eingereicht und ein Anstieg der zu sanierenden Strecke geplant. Ausgehend von 65 km Strecke im Jahr 2022 plant die DB Netz AG für die Jahre 2025 und 2026 einen Anstieg auf je 100 km [62]. Planende, ausführende und steuernde Unternehmen benötigen für die Erbringung der erforderlichen Arbeiten eine Präqualifizierung¹⁵. Da es sich um einen stark Rohstoffpreis-getriebenen Markt handelt und die Arbeitsleistung im Vergleich dazu als eher gering zu bewerten ist, ist eine aufwendige Präqualifizierung und die damit verbundenen Investitionen und eine Vergrößerung des Mitarbeiterstamms für die Firmen wenig attraktiv. Im derzeitigen Marktumfeld mit stark steigenden Rohstoffpreisen sinkt die Attraktivität weiter.

¹⁵ Präqualifizierung: Im Bereich Beschaffung Infrastruktur erfolgt in bestimmten Warengruppen die Eignungsprüfung der Lieferanten/Bieter bereits vor der Vergabe. Ein solches „Präqualifikationsverfahrens PQ-Bahn“ ist somit Zugangsvoraussetzung für die Teilnahme an vielen Vergaben. [74]

Absenkung des Auslösewertes

Die Auslösewerte für die Lärmsanierung wurden in den vergangenen Jahren stetig abgesenkt [59].

- 2015: Entfall des Schienenbonus von 5 dB
- 2016: 1. Absenkung um 3 dB
- 2022: 2. Absenkung um 3 dB

Damit sind die Auslösewerte insgesamt um 11 dB im Vergleich zum Jahr 2014 abgesenkt worden – dies nutzt insbesondere Anwohnenden in Gebieten mit ausgeprägter schutzwürdiger Wohnbebauung. Durch die wiederholte Absenkung des Auslösewertes wurde für das gesamte Schienennetz – auch für die bereits sanierten Bereiche – eine Neuberechnung des Lärmsanierungsbedarfs und eine vollständige Überarbeitung der Priorisierungsliste nötig [66].

4.2 Prozessanalyse

Die aufeinanderfolgenden Prozessschritte des freiwilligen Lärmsanierungsprogramms wurden unter Berücksichtigung der geltenden Rahmenbedingungen identifiziert und unter Einbindung des EBA und der DB Netz AG aufgenommen und detailliert beschrieben. Grundsätzlich wird die Höhe der Mittel für dieses Programm durch den Haushaltsgesetzgeber mit dem jährlichen Haushaltsgesetz verabschiedet.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über den Gesamtzusammenhang und wesentliche Meilensteine im Prozess der Lärmsanierung.

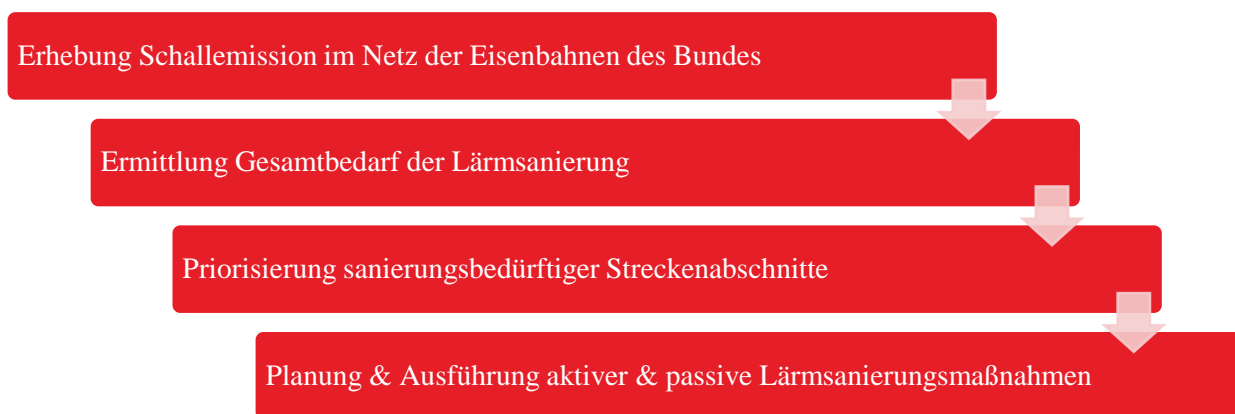


Abbildung 17 Prozesskarte Lärmsanierung

Das *Gesamtkonzept der Lärmsanierung 2022*, inklusive aller Anlagen, basiert auf einer Neuberechnung des Lärmsanierungsbedarfs des gesamten Schienennetzes. Überschreitet der Beurteilungspegel¹⁶ die maßgebenden Auslösewerte¹⁷, so werden die betroffenen Streckenabschnitte in das *Gesamtkonzept der Lärmsanierung* übernommen. Die Reihung der lärmsanierungsbedürftigen Streckenabschnitte erfolgt gemäß Priorisierungskennziffer, deren Berechnung die Lärmbelastung, die Zahl der betroffenen Personen und der Länge des zu sanierenden Abschnittes berücksichtigt.

Basierend auf diesem Lärmsanierungsprogramm startet die DB Netz AG als Eisenbahninfrastrukturunternehmen des Bundes ihre Planung und beantragt Zuwendungen für aktive und passive Lärmschutzmaßnahmen, die basierend auf einer schalltechnischen Untersuchung einzeln geplant/ausgeführt oder kombiniert werden können – stets unter Berücksichtigung betrieblicher, planerischer und bauwirtschaftlicher Kapazitäten. Mit Zuwendungsbescheid des EBA wechselt die Fördermaßnahme in die Ausführung und mit Abschluss der Verwendungsprüfung und Bestätigung des Schluss-Verwendungsnachweises durch das EBA gilt der Zuwendungszweck als erfüllt.

Die bei der Lärmsanierung erforderlichen Prozess- und Bearbeitungsschritte sowie ihre Handlungsspielräume werden in den folgenden Abschnitten im Detail beschrieben. Für die einzelnen

¹⁶ Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 4.1.1.4.2 Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

¹⁷ Vgl. im vorliegenden Bericht Tabelle 5 Auslösewerte zur Lärmsanierung ab 01.01.2022

Prozessschritte werden dabei die relevanten Akteure, notwendige Vorarbeiten, Verkettungen und Voraussetzungen, erforderliche Unterlagen und die üblichen Zeiträume dargestellt.

4.2.1 Prozessschritte und ihre Handlungsspielräume

Das folgende Prozessablaufdiagramm umfasst die zentralen Bearbeitungsschritte für die Erbringung von Lärmschutzmaßnahmen an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes im Rahmen des freiwilligen Lärmsanierungsprogramms.

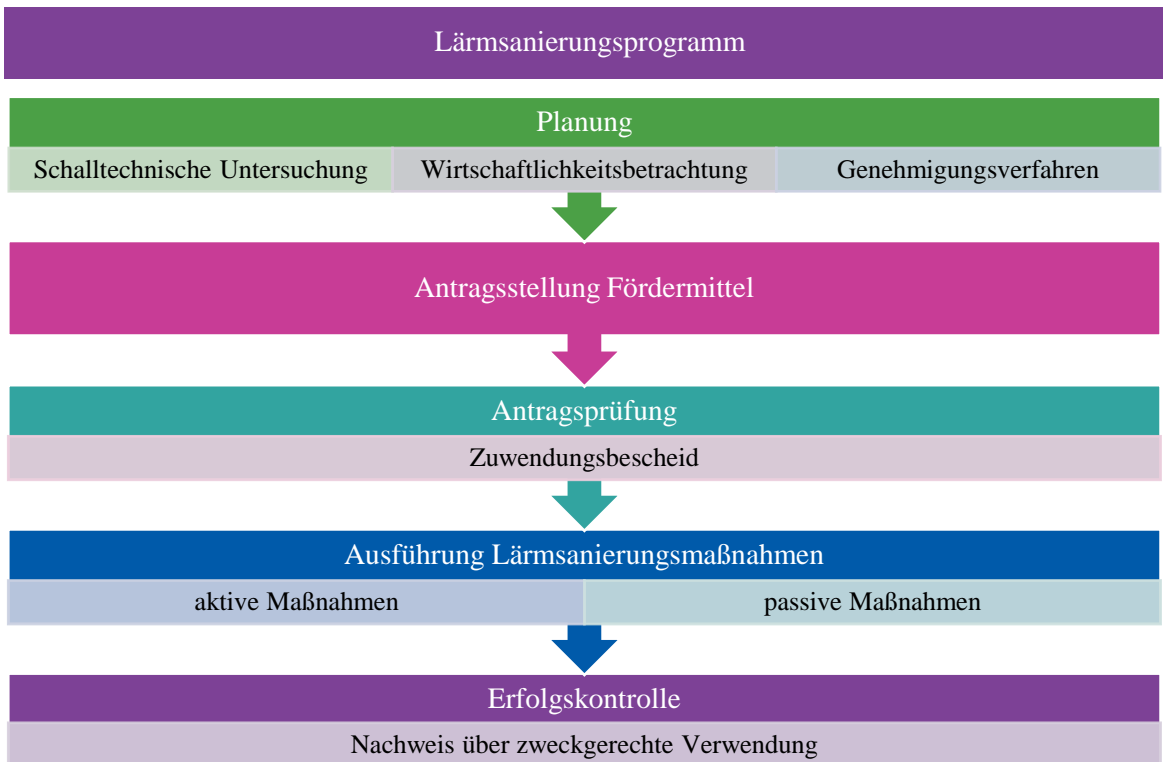


Abbildung 18 Prozessablaufdiagramm | Bearbeitungsschritte der Lärmsanierung

Lärmsanierungsprogramm

Die DB Netz AG ist als EIU des Bundes für die Umsetzung der Lärmsanierungsmaßnahmen zuständig. Das *Gesamtkonzept der Lärmsanierung* wird vom BMDV unter Beteiligung der DB Netz AG erstellt und spätestens alle fünf Jahre fortgeschrieben. Nur für die in der Gesamtkonzeption der Lärmsanierung des Bundes aufgenommenen Streckenbereiche werden Zuwendungen gewährt. Bewilligungsbehörde für die Maßnahmen der Lärmsanierung ist das EBA, welches über entsprechende Förderanträge der DB Netz AG auf Grundlage der geltenden Bestimmungen entscheidet. Als Zuwendungsempfänger stellt die DB Netz AG entsprechend Förderanträge und leitet als Erstempfänger die anteiligen Fördermittel an begünstigte Hauseigentümer (Letztempfänger) weiter.

Akteur(e)	Aktionsfeld / Prozessschritt
BMDV, DB Netz AG	Gesamtkonzept der Lärmsanierung, Fortschreibung alle 5 Jahre
EBA	zuständig für die Durchführung des Förderverfahrens einschließlich der Antrag- und Verwendungsprüfung sowie Bewilligungsbehörde für alle Zuwendungen zur Realisierung von Lärmsanierungsmaßnahmen
DB Netz AG	Zuwendungsempfänger, stellt Zuwendungsantrag, leitet Zuwendungen für passive Schallschutzmaßnahmen an Letztempfänger weiter

Tabelle 7 Übersicht Prozessschritt Lärmsanierungsprogramm

Planung

Der DB Netz AG obliegt die operative Planung für die Durchführung einer Lärmsanierungsmaßnahme. Für den jeweiligen Sanierungsbereich wird als Basis für die Planung eine schalltechnische Untersuchung beauftragt und ausgeführt. Anhand dieser können die notwendigen aktiven und/oder passiven Schallschutzmaßnahmen unter Gesichtspunkten der Wirtschaftlichkeit ermittelt und bewertet werden. In der Regel werden aktive und passive Lärmsanierungsmaßnahmen kombiniert, um das Schutzziel zu erreichen. In manchen Sanierungsbereichen kommen nach Wirtschaftlichkeitsbetrachtung als Teil der schalltechnischen Untersuchung oder in einer frühen HOAI-Leistungsphase (Lph) jedoch nur passive Lärmsanierungsmaßnahmen in Betracht. Die Planung ausschließlich aktiver Lärmsanierungsmaßnahmen kommt in der Praxis nicht vor, da sich aufgrund der Höhenbegrenzung der Schallschutzwände immer Restbetroffenheiten für passive Lärmsanierungsmaßnahmen ergeben. [62]

Planung aktive Lärmsanierungsmaßnahme(n)	Planung passive Lärmsanierungsmaßnahme(n)
<ul style="list-style-type: none"> • Schalltechnische Untersuchung • Entwurfsplanung inkl. Öffentlichkeitsarbeit • Wirtschaftlichkeitsbetrachtung • Genehmigungsverfahren 	<ul style="list-style-type: none"> • Schalltechnische Untersuchung • Anschreiben betroffener Eigentümer und Terminvereinbarung zur Besichtigung vor Ort • Erstellung eines objektbezogenen Gutachtens • Auswahl der Maßnahmen durch Eigentümer • Einholen von mind. 3 Angeboten, das günstigste Angebot ist Grundlage für die Festlegung der förderfähigen Kosten

Tabelle 8 Übersicht Prozessschritt Planung aktiver & passiver Lärmsanierungsmaßnahmen

Dabei wird möglichst früh im Planungsprozess, z.B. sobald die Vorzugsvariante bekannt ist, mit der Öffentlichkeitsarbeit begonnen, um die Berücksichtigung der Belange und Interessen von Städten und Gemeinden sowie von Anwohnenden zu gewährleisten.

Sobald Einigkeit mit allen Betroffenen hergestellt wurde, greift das Investitionsbeschleunigungsgesetz und falls erforderlich kann ein Plangenehmigungs- bzw. Planfeststellungsverfahren ausgesetzt werden.

Zudem findet im Rahmen der Planung zu jedem Lärmsanierungsprojekt ein gemeinsamer Abstimmungstermin zwischen der DB Netz AG und dem EBA statt. In dieser gemeinsamen Planungsbesprechung werden die geplanten Maßnahmen vorgestellt und diskutiert – die Ergebnisse dieser Abstimmung fließen in die weitere Planung ein.

Akteur(e)	Aktionsfeld / Prozessschritt	Ø Dauer	Beteiligte
DB Netz AG	Planung aktiver und passiver Schallschutzmaßnahmen, inkl. schalltechnischer Untersuchung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	85 Wochen	Gutachter, Eigentümer
DB Netz AG	Entwurfsplanung (Lph 3) inkl. UVP Vorprüfung	45 Wochen	Planer
DB Netz AG	Genehmigungsverfahren, Abstimmung mit Gemeinde, Kommune, Stadt, Privateigentümer	38 bis 108 Wochen	Planer, Gemeinde, Kommune, Stadt, Privateigentümer
DB Netz AG, EBA	Gemeinsame Planungsbesprechung	1 Tag	

Tabelle 9 Übersicht Prozessschritt Planung

Antragsstellung und -prüfung

Die DB Netz AG stellt als Zuwendungsempfängerin vor Baubeginn der Sanierungsmaßnahme die für den Antrag auf Erteilung eines Zuwendungsbescheids erforderlichen Unterlagen zusammen. Üblicherweise umfasst dieser Zuwendungsantrag die folgenden Angaben und Nachweise:

- Erläuterungsbericht

- Kostenzusammenstellung (Baukosten aktiv)
- Bauzeiten- und Finanzierungsplan
- Berechnung des Kosten-Nutzen-Verhältnis
- Kostenschätzung (Baukosten passiv)
- Schalltechnische Untersuchung
- Lagepläne
- Querschnitte und Bauwerkspläne
- Unterlagen zur Kampfmitteluntersuchung,
- ggf. Unterlagen zum Einbau von Streckentrennern
- Bestätigungen der DB Netz AG

Als Bewilligungsbehörde für alle Zuwendungen zur Realisierung von Lärmsanierungsmaßnahmen prüft das EBA den Zuwendungsantrag und erteilt im Anschluss den Zuwendungsbescheid, wenn die Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der Maßnahme mit der Beantragung entsprechend dargelegt wurden.

Akteur(e)	Aktionsfeld / Prozessschritt	Ø Dauer	Beteiligte
DB Netz AG	Zusammenstellen Zuwendungsantrag & Einreichen Zuwendungsantrag unter Berücksichtigung betrieblicher, planerischer und bauwirtschaftlicher Kapazitäten sowie der Ergebnisse aus vorangegangener Abstimmung mit dem EBA	6-8 Wochen	Planer
EBA	Prüfung Zuwendungsantrag, Erteilung Zuwendungsbescheid	6-8 Wochen (max. 6 Monate)	

Tabelle 10 Übersicht Prozessschritt Antragsstellung und -prüfung

Ausführung Lärmsanierungsmaßnahmen

Mit Erteilung des Zuwendungsbescheids kann die Ausführung der aktiven und/oder passiven Schallschutzmaßnahmen seitens der zu beauftragenden Fachfirmen beginnen. Dabei wird im ersten Schritt mit der Umsetzung der aktiven Lärmsanierungsmaßnahmen begonnen. Sobald erkennbar ist, dass sich durch ggf. Schwierigkeiten bei der Bauausführung aufgrund z.B. besonderer Gegebenheiten vor Ort sich keine Änderungen der den aktiven Maßnahmen ergeben kann mit den passiven Maßnahmen begonnen werden. [62]

Ausführung aktive Lärmsanierungsmaßnahme(n)	Ausführung passive Lärmsanierungsmaßnahme(n)
<ul style="list-style-type: none"> • Bauausschreibung und Vergabe • Bauvorbereitung • Bauausführung aktiver Schallschutzmaßnahmen • Abnahmebegehung und Dokumentation 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbindliche Entscheidung des Eigentümers, ob er die Maßnahmen umsetzen wird • Schriftliche Vereinbarung zwischen der DB Netz AG und dem Eigentümer • Beauftragung der Fachfirma und Bauausführung • Abschlussbegehung des Ingenieurbüros

Tabelle 11 Übersicht Prozessschritt Ausführung aktiver & passiver Lärmsanierungsmaßnahmen

Mit Abschluss der baulichen Maßnahmen ist die Dokumentation abzuschließen sowie die Abnahme- bzw. Abschlussbegehung durchzuführen.

Akteur(e)	Aktionsfeld / Prozessschritt	Ø Dauer	Beteiligte
DB Netz AG	Ausführungsplanung (Lph 5), Ausschreibungsplanung (Lph 6) Vergabe (Lph 7) bis Baustart	6-12 Monate	Planer
DB Netz AG	Bauausführung aktive Schallschutzmaßnahmen (Lph 8)	6-12 Monate	Fachfirma

Akteur(e)	Aktionsfeld / Prozessschritt	Ø Dauer	Beteiligte
Eigentümer	Bauausführung passive Schallschutzmaßnahmen	2 Monate	Fachfirma

Tabelle 12 Übersicht Prozessschritt Ausführung Lärmsanierungsmaßnahmen

Erfolgskontrolle und Abschluss

Mit Abschluss der Bauarbeiten und mit Abschluss der Verwendungsprüfung und Bestätigung des Schluss-Verwendungsnachweises durch das EBA gilt der Verwendungszweck als erfüllt. Seitens der DB Netz AG wird der Nachweis über die zweckgerechte Verwendung der Fördermittel erbracht, z.B. mittels der Abnahmedokumentation bzw. über Rechnungen für aktive und passive Lärmsanierungsmaßnahmen. Für Schallschutzwände wird zudem eine Shape-Datei (hilfsweise dxf-Datei) vorgelegt, die das EBA bei der nächsten Runde der Lärmkartierung berücksichtigt.

Akteur(e)	Aktionsfeld / Prozessschritt	Zeitpunkt
DB Netz AG	Nachweis über zweckgerechte Verwendung Vorlage Verwendungsnachweis(e) (VN)	Jährlich zu Ende Juni über die im Vorjahr in Anspruch genommenen Bundesmittel. Schluss VN Vorlage zum Ende Juni des Folgejahres nach letztmaliger Inanspruchnahme von Bundesmitteln.
EBA	Verwendungsprüfung gem. Haushaltverordnung	Projektbegleitend
DB Netz AG	Zuwendung für passive Lärmsanierungsmaßnahme(n) an Letztempfänger weiterleiten	Maßnahmenbegleitend

Tabelle 13 Übersicht Prozessschritt Erfolgskontrolle und Abschluss

4.2.2 Zeiträume und relevante Akteure

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die relevanten Akteure sowie deren Pflichten und Zuständigkeiten für die erfolgreiche Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms gemäß des im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Prozesses.

Akteure	Aktionsfeld
Bund	stellt Haushaltsmittel im Kapitel 1202 Titel 891 05 für Lärmsanierungsmaßnahmen an Schienenwegen bereit
BMDV	erstellt zur Umsetzung des Förderzwecks unter Beteiligung der DB Netz AG das Gesamtkonzept der Lärmsanierung
EBA	Bewilligungsbehörde für alle Zuwendungen, zuständig für die Durchführung des Förderverfahrens einschließlich der Antrag- und Verwendungsprüfung
DB Netz AG	verantwortlich für die operative Planung und Umsetzung der Lärmsanierungsmaßnahmen
Betroffene (Gemeinde, Kommune, Stadt, Privateigentümer)	werden bei Lärmsanierungsvorhaben angehört und einbezogen und das Einvernehmen zur geplanten Maßnahme muss hergestellt werden
Gutachter	schalltechnische Untersuchung, Berechnung und Bewertung passiver Lärmschutzmaßnahmen
Planer	Entwurfs- bis Genehmigungsplanung
Bauausführende Fachfirmen	Ausführungsplanung, Bau aktiver und passiver Lärmsanierungsmaßnahmen

Tabelle 14 Übersicht relevanter Akteure und deren Aktionsfeld

Die durchschnittliche Dauer für die im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Prozesse sind den folgenden Abbildungen zu entnehmen. Ebenfalls aufgeführt ist der verantwortliche Akteur des jeweiligen Prozesses sowie weitere Beteiligte für dessen Unterstützung.

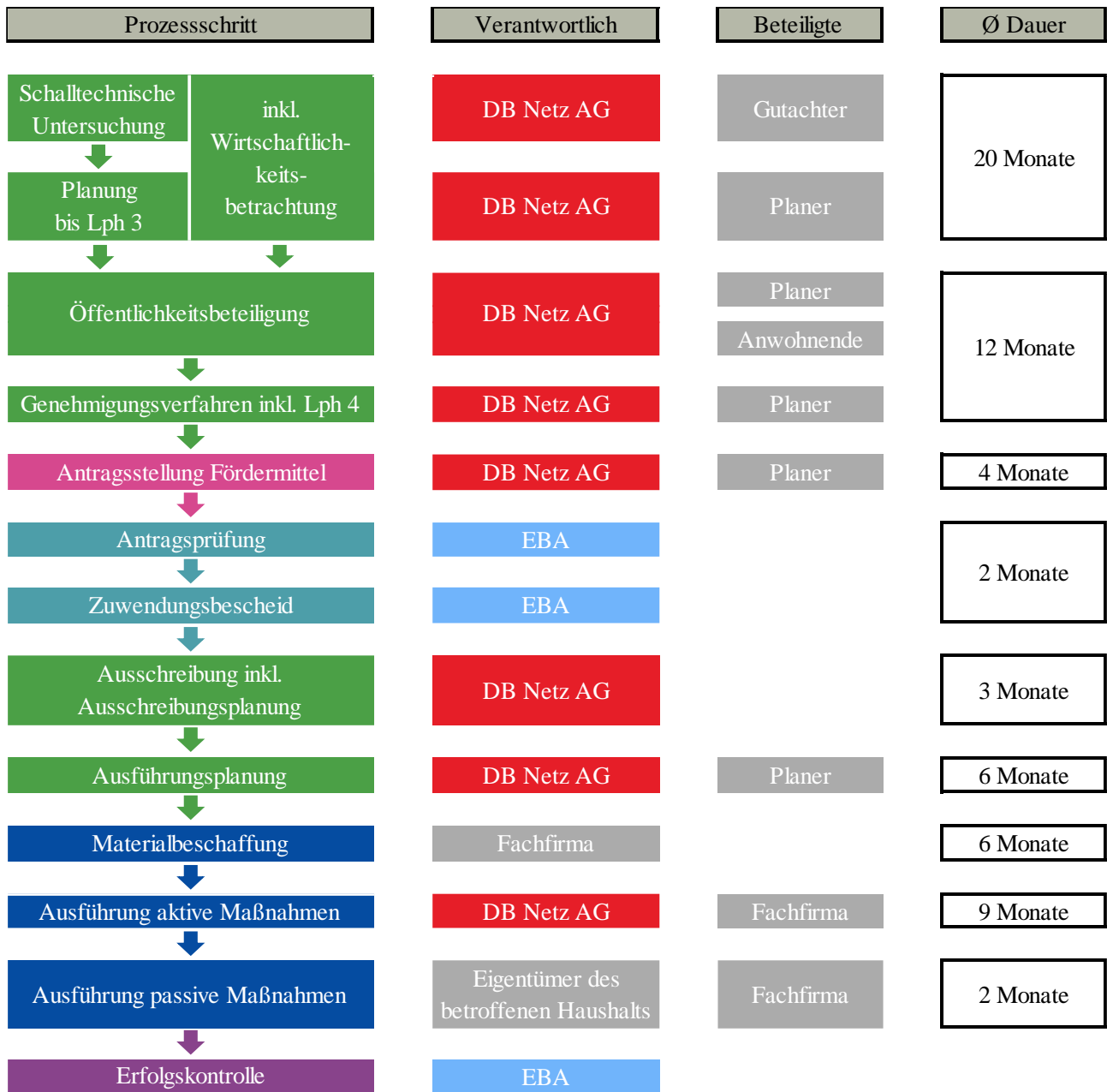


Abbildung 19 Gesamtprozess Lärmsanierung | Zeiträume aktive und passive Lärmsanierungsmaßnahmen kombiniert

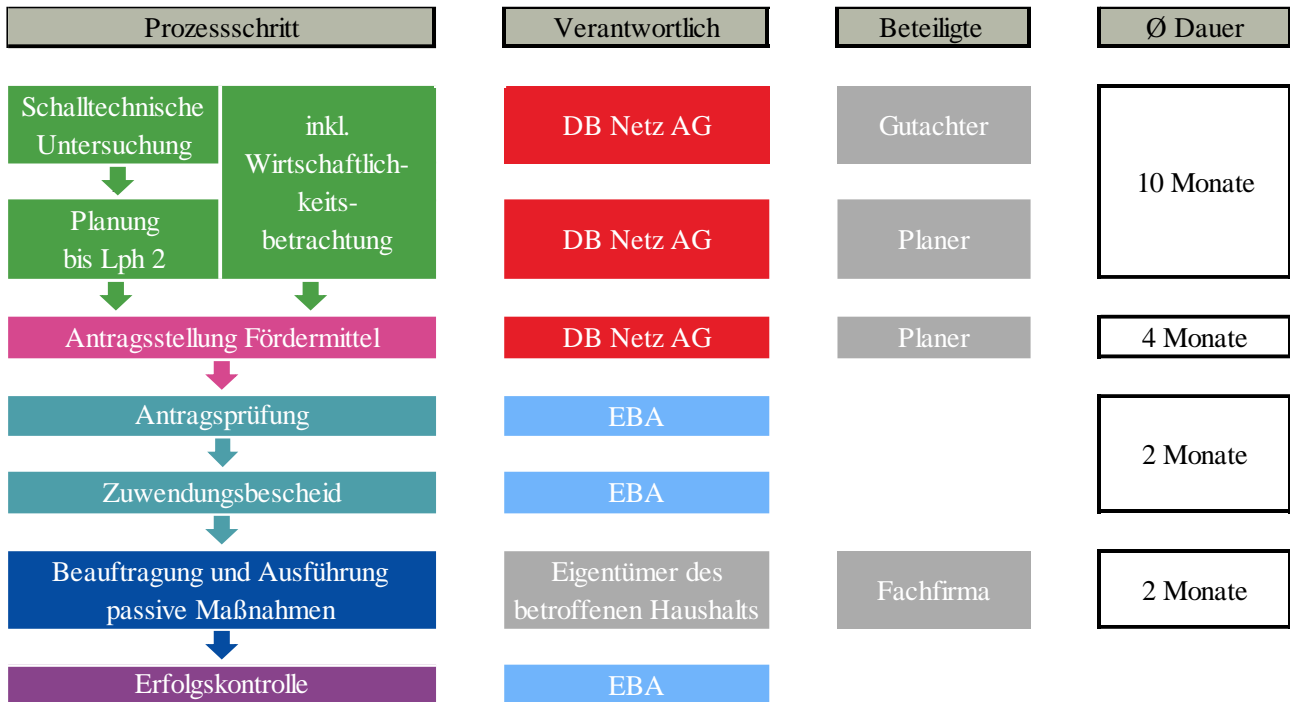


Abbildung 20 Gesamtprozess Lärmsanierung | Zeiträume passive Lärmsanierungsmaßnahmen

Dabei hängt die tatsächliche Gesamtdauer der aktiven Lärmsanierungsmaßnahme wesentlich vom anzuwendenden Genehmigungsverfahren und der Herbeiführung der Einigkeit mit den betroffenen Haushalten ab. Die folgende Abbildung stellt den Terminplan unter Anwendung des Investitionsbeschleunigungsgesetzes gegenüber den Terminplan unter Anwendung des Plangenehmigungs- und Planfeststellungsverfahrens dar.

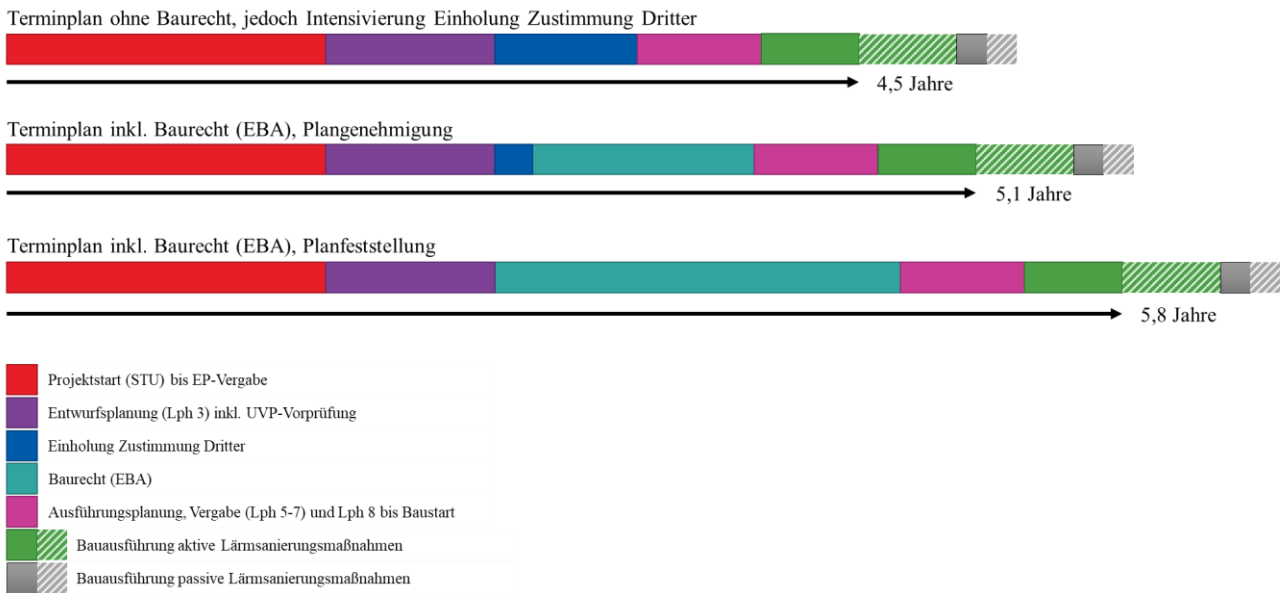


Abbildung 21 Durchschnittliche Gesamtdauer einer Lärmsanierungsmaßnahme unter Berücksichtigung der Erlangung des Baurechts ([62], eigene Darstellung)

4.2.3 Zusammenhänge / Abhängigkeiten der Prozessschritte

Die einzelnen Schritte im Gesamtprozess zur Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms sind voneinander abhängig und können teilweise erst begonnen werden, wenn der vorhergegangene Schritt abgeschlossen ist.

Zu Beginn des Prozesses ist hier der Einfluss der realisierten Maßnahmen zum Lärmschutz an der Quelle zu nennen, die Einfluss auf die Dimensionierung der Lärmsanierungsmaßnahme haben. In der schalltechnischen

Untersuchung eines Lärmsanierungsbereichs ist von der Verkehrsentwicklung auszugehen, die für den aktuellen Bundesverkehrswegeplan prognostiziert ist. Neben der Verkehrssteigerung bis 2030 wird auch der steigende Einsatz leiser Güterwägen widerspiegelt. Das Ergebnis ist der Prognosewert. Für die Bemessung der Lärmsanierungsmaßnahme ist schlussendlich der höhere Wert – entweder der Prognosewert oder der prognostizierte Beurteilungspegel gemäß den Anlagen zum *Gesamtkonzept der Lärmsanierung* – heranzuziehen, also der für die Anwohnenden aus Sicht der Lärmbelastung „günstigere“ Wert.

Im weiteren Prozess ist insbesondere die Herbeiführung der Einigkeit mit den betroffenen Haushalten und das daraus resultierende Genehmigungsverfahren zu benennen. Dieser Schritt kann mitunter sehr aufwändig und zeitintensiv sein und das zur Anwendung kommende Genehmigungsverfahren beeinflussen, was wiederum die Gesamtprojektdauer beeinflusst.

Als weiterer Punkt ist auch die frühzeitige Anmeldung der Sperrpausen zu benennen. Somit stehen die geplanten Maßnahmen für die nächsten 4 Jahre fest. Dies geschieht unabhängig von weiteren Einflussfaktoren, wie der Verfügbarkeit von Ressourcen, Materialien oder einer erneuten Absenkung der Auslösewerte.

Positiv zu benennen ist der eingespielte Prozess zwischen dem EBA und der DB Netz AG, der zu einer hohen Qualität der Antragsstellung einzelner Lärmsanierungsmaßnahmen und kurzen Bearbeitungsdauern führt.

4.3 Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms bis 2030 auf Basis der vorliegenden Planung

Zuständig für die Durchführung der Lärmsanierungsmaßnahmen ist die DB Netz AG. Eine Analyse auf Basis der aktuell vorliegenden Planungen der DB Netz AG zur Umsetzung bis 2030 wird in diesem Abschnitt dargelegt.

Während der Bearbeitung dieser Studie wurde das neue Gesamtkonzept der Lärmsanierung 2022 erarbeitet und veröffentlicht. Dementsprechend wurde als Basis für die Analyse das Gesamtkonzept der Lärmsanierung 2019 herangezogen [67], welches das BMDV in Zusammenarbeit mit der DB AG erarbeitet hat, zusammen mit

- einer Liste der in Bearbeitung (planerisch begonnenen/ in Realisierung) befindlichen und der fertig gestellten Lärmsanierungsbereiche (Anlage 1),
- einer Übersichtskarte mit Strecken mit einer Lärmemission >57 dB(A) im Netz der Eisenbahnen des Bundes (Anlage 2) und
- einer Liste der noch zu bearbeitenden Lärmsanierungsbereiche und -abschnitte mit Angabe der Priorisierung (Anlage 3).

4.3.1 Aktueller Stand des Sanierungsverfahrens

Beschreibung des Sanierungsverfahrens

Im Folgenden wird das derzeitige Evaluationsverfahren des BMDV erläutert, welches die Grundlagen der Lärmsanierungsausführung und der Sanierungsstrategie der DB AG bilden. Dieses wird im Gesamtkonzept der Lärmsanierung [67] näher beschrieben.

Zunächst werden Bereiche mit zusammenhängender Wohnbebauung, die sich durch einen nächtlichen Mittelwert von mindestens 57 dB(A) für die Lärmsanierung qualifizieren, identifiziert und in Sanierungsbereiche eingeteilt. Hierbei wird zwischen streckenbezogenen Abschnitten und Knotenpunkten unterschieden (schematisch in Abbildung 22 dargestellt). Landesgrenzen werden bei der Sanierungsbereichsbildung immer, Stadt- und Gemeindegrenzen weitgehend, berücksichtigt. Die Sanierungsbereiche werden anschließend in sogenannte Sanierungsabschnitte von fünf bis 20 Kilometern zusammengefasst. Dies führt zu einer Erleichterung der Bauplanung und optimiert orts- und zeitgebundene Einschränkungen durch Baustellenbetrieb, sowohl für den Eisenbahnbetrieb als auch anderweitig.

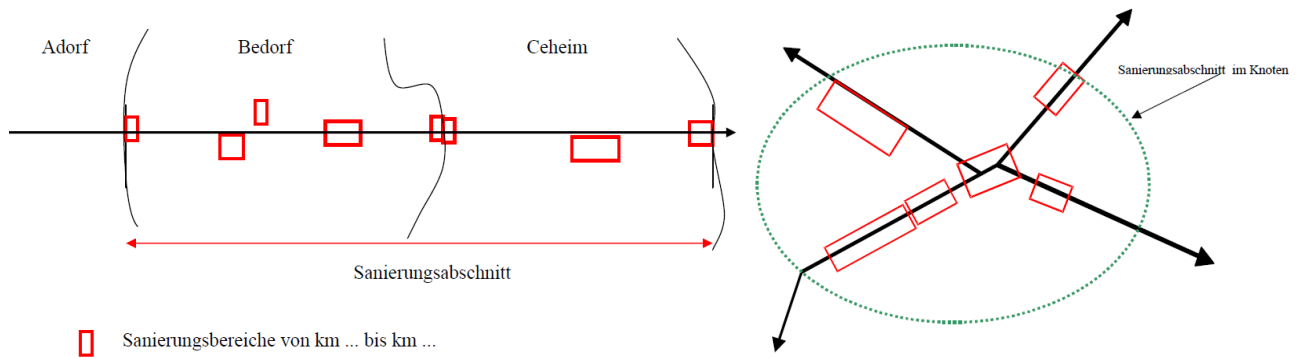


Abbildung 22 Sanierungsabschnitt an der Strecke bzw. am Knotenpunkt [67]

Sobald die Sanierungsbereiche eingeteilt sind, wird ihnen eine Priorisierungskennziffer (PKZ) zugeteilt. Diese priorisiert die Abschnitte gemäß den rechtlichen Rahmenbedingungen, des prognostizierten Güterverkehrsaufkommens auf der Strecke, der geltenden Geschwindigkeit und Verkehrsverlagerung und des technischen Fortschritts, wie zum Beispiel dem Einsatz leiserer Fahrzeuge.

Es sollte beachtet werden, dass die PKZ dynamisch ist und sich durch Änderungen in den Rahmenbedingungen verändern kann. So wurde der Grenzwert, der zur Lärmsanierung berechtigt, zwischen 2015 und 2021 mit dem Wegfall des Schienenbonus und der zweimaligen Reduktion um 3 dB(A) im Haushaltsgesetz um insgesamt 11 dB(A) gesenkt [1]. Dies konnte bei der erfolgten Neuberechnung der PKZ zu Verschiebungen in der Priorisierung der Sanierungsabschnitte führen.

In der Berechnung im Jahr 2019 wurde unter anderem der höhere Anteil an „leisen“ Güterwagen und das Absenken der Auslösewerte auf 57 dB(A) und die damit verbundene Verschiebung der Isophonelinie, die das Einzugsgebiet abdeckt, sowie einen erhöhten Zuschlagfaktor für Tourismus und das Gesundheitswesen berücksichtigt. Durch diese Neuberechnung wurde die Anzahl der zu sanierenden Streckenkilometer um rund 2.800 km erhöht.¹⁸

Die PKZ errechnet sich über die folgende Formel:

$$PKZ = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \times (L_i - L_0) \times K_{L,i}}{\sum_{i=1}^n \text{Längen der Sanierungsbereiche}}$$

Erläuterungen	
<u>PKZ</u>	Priorisierungskennziffer für den Abschnitt Die Priorisierungskennziffer gibt die Reihung der nach vorstehender Formel bewertenden Abschnitte im Sanierungsbedarf an.
N_i	Zahl der betroffenen Personen im Lärmsanierungsbereich i Zahl der betroffenen Personen innerhalb den nächtlichen 57 dB(A)-Isophonen links und rechts der Bahntrasse. Diese wurden anhand von Bebauungsdaten ermittelt.
L_i	Emissionspegel Emissionspegel des Lärmsanierungsbereiches i in dB(A). Es ist grundsätzlich der Nachtpegel maßgeblich. Die Auswertung des Lärmsanierungsbedarfs wurde im Jahr 2018 bundeseinheitlich auf Grundlage der Verkehrsprognosen für das Jahr 2030 durchgeführt.
L_0	Zielpegel Es wird als Zielpegel für die Priorisierung einheitlich der Auslösewert der Lärmsanierung L_0 für Wohngebiete von 57 dB(A) in der Nacht angesetzt.
	Summe der Längen der Sanierungsbereiche Um Streckenabschnitte unterschiedlicher Länge vergleichen zu können, wird die Priorisierungskennziffer auf die Summe der Längen der Sanierungsbereiche in einem Sanierungsabschnitt bezogen.

¹⁸ Zwischenzeitlich wurde das fortgeschriebene Gesamtkonzept 2022 (Stand Oktober 2022) veröffentlicht, für den im Rahmen dieser Studie dargestellten Sachstand ist diese Fassung noch nicht relevant.

n	Anzahl der in einem Sanierungsabschnitt zusammengefassten Sanierungsbereiche
K_L	Faktor zur Berücksichtigung der Lästigkeit des Lärms Die Lästigkeit des Lärms steigt mit zunehmendem Lärmpegel stärker an als der Lärmpegel selbst. Dies wurde mit einem Steigerungsfaktor für die Lastigkeit berücksichtigt, der von der Differenz $L_i - L_o$ abhängig ist. (vgl. Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes VLärmSchR 97 - Anlage 1)

Tabelle 15 Erläuterung der Komponenten zur Berechnung der Priorisierungskennziffer PKZ [67]

Entwicklung und aktueller Stand der Lärmsanierung

Die systematische Lärmsanierung des deutschen Schienennetzes begann im Jahr 1999. In 1.375 Städten und Gemeinden wurden ca. 10 % des Streckennetzes mit einer Belastung von über 65 dB(A) eingestuft, davon 109 Sanierungsbereiche, die einem besonders hohen Emissionspegel ausgesetzt waren [1].

2005 wurde daraufhin das Gesamtkonzept der Lärmsanierung [67] eingeführt, welches die bereits fertig sanierten oder sich noch in Bearbeitung befindenden Sanierungsabschnitte, eine Kartierung der betroffenen Abschnitte und eine Liste, der noch zu sanierenden Abschnitte in drei Anlagen enthält. Diese Anlagen werden halbjährlich vom BMDV aktualisiert [68].

In den Jahren 2013 und 2019 und 2022 wurde der Prozess der Lärmsanierung fortgeschrieben, was in beiden Fällen zu einer Überarbeitung des Priorisierungsprozesses führte.

Tabelle 16 auf der folgenden Seite zeigt die Anzahl der abgeschlossenen Sanierungskilometer und die entsprechenden Auslöswerte zwischen 1999 und 2020.

Durchgeführte Maßnahmen	1999 – 2005	2006 – 2012	2013 – 2014	2015	2016*	2017*	2018*	2019*	2020*	2021*
Abgeschlossene Sanierungen (aktiv + passiv) [km]	120	910	370	136	69	103	57	86	195	71
Auslöswert [dB (A)]	65	65	65	60	57	57	57	57	57	57
1999 Beginn der Lärmsanierung 2005 Gesamtkonzept Lärmsanierung 2013 Erste Fortschreibung des Gesamtkonzepts Lärmsanierung 2015 Wegfall des Schienenbonus 2019 Zweite Fortschreibung des Gesamtkonzepts Lärmsanierung *DB AG [62], Daten erhalten für den Zeitraum 01.01.2016 bis 31.12.2021										

Tabelle 16 Auflistung der zwischen 1999 und 2020 abgeschlossenen aktiven und passiven Sanierungen in Kilometern [1], [67], [69]

Zusammenfassend wurden zwischen 1999 und 2022 (Stand: 30. Juni 2022) rund 2.137 Kilometer Strecke lärmsaniert. Hierbei wurden 749 km Schallschutzwände verbaut und rund 66.346 Wohneinheiten mit passiven Schallschutzmaßnahmen ausgestattet [62]. Insgesamt wurden seit 1999 ca. 1,7 Milliarden Euro für die Lärmsanierung im Schienenbereich ausgegeben.

4.3.2 Lärmschutzziel 2030 des Bundes

Der Bund will bis zum Jahr 2030 die Hälfte der Anwohnenden, die in Deutschland von Schienenlärm betroffen sind, durch geeignete Lärmschutzmaßnahmen entlasten. [1]

4.3.3 Lärmschutzstrategie der DB AG

Die Lärmschutzstrategie der DB AG orientiert sich am dem Lärmschutzziel 2030 des Bundes. Das Streckennetz der DB Netz AG beträgt derzeit 33.600 km. Auf einer Streckenlänge von ca. 18.500 km wird der Wert des mittleren nächtlichen Emissionspegels (57 dB(A)) überschritten, wodurch bundesweit entlang

von ca. 6.500 Streckenkilometern Wohngebiete in 2.200 Städten und Gemeinden einen Anspruch auf Lärmsanierung haben. [67]

Dabei setzt die DB AG neben dem stationären Lärmschutz vor Ort auch auf den Lärmschutz an der Quelle. [70] Um eine größtmögliche Akzeptanz und ein besseres Verständnis bei der Planung von Lärmsanierungsmaßnahmen bei den betroffenen Anwohnenden zu erzielen, setzt die DB AG vor allem auf frühe Kommunikation der Maßnahmenplanung, u. a. über digitale Bürgerinformationsveranstaltungen. [71]

Für eine erfolgreiche Durchführung der Lärmsanierungsmaßnahmen sind nach Angaben der DB Netz AG folgende Faktoren zu berücksichtigen [62]:

- Die Planung auf Basis des Gesamtkonzepts 2019 berücksichtigte keine weiteren Senkungen der Auslösewerte. Im Bundeshaushaltsgesetz wurde jedoch der Auslösewert ab 01.07.2022 von 57 dB(A) auf 54 dB(A) reduziert, was zu einer wiederholten Evaluierung der zu sanierenden Gebiete führen wird.¹⁹
- Eine veränderte Verfügbarkeit der benötigten Baumaterialien und qualifizierten Unternehmen für Planung und Ausführung in den kommenden Jahren könnte Einfluss auf die erfolgreiche Ausführung des Lärmsanierungsprogramms haben.
- Die derzeit geplanten, aktiven Lärmsanierungsmaßnahmen sind entsprechend der im Eisenbahnbetrieb zulässigen Sperrpausen getaktet. Diese viele Jahre im Voraus beantragten Sperrpausen sind die natürliche Grenze für eine mögliche Steigerung der zu sanierenden Kilometer, um den Eisenbahnbetrieb nicht zu stören.
- Alle benötigten Finanzierungsmittel können rechtzeitig und in vollem Umfang bereitgestellt werden.

4.3.4 Vorgesehene Sanierungskilometer pro Jahr

Zum derzeitigen Stand müssen noch etwa 8.800 Streckenkilometer auf einen möglichen Sanierungsanspruch hin evaluiert werden. Dies beinhaltet auch knapp 1.570 Streckenkilometer, die bereits auf den vorherigen Auslösewert von 65 dB(A) saniert worden sind. [67]

Um die Hälfte aller betroffenen Anwohnenden bis 2030 zu entlasten, geht der Bund von einem jährlichen Sanierungsbedarf von 80 Streckenkilometern aus. Die DB AG hat sich das eigene Ziel gesetzt, im Durchschnitt ca. 125 Streckenkilometer pro Jahr zu sanieren. Eine Auflistung der geplanten Sanierungskilometer pro Jahr kann Abbildung 23 entnommen werden. Dabei werden in den Jahren 2022 bis 2024 ca. 75 Streckenkilometer pro Jahr saniert. Dieser Richtwert soll jedoch in den darauffolgenden Jahren kontinuierlich gesteigert werden, und zwischen 2027 und 2030 sollen dann ca. 180 Streckenkilometer im Jahr saniert. Dabei sollen bis 2030 bis zu 150 Ortsdurchfahrten saniert werden. [71]

¹⁹ Zwischenzeitlich wurde das fortgeschriebene Gesamtkonzept der Lärmsanierung 2022 (Stand Oktober 2022) veröffentlicht, für den im Rahmen dieser Studie dargestellten Sachstand ist diese Fassung noch nicht relevant.

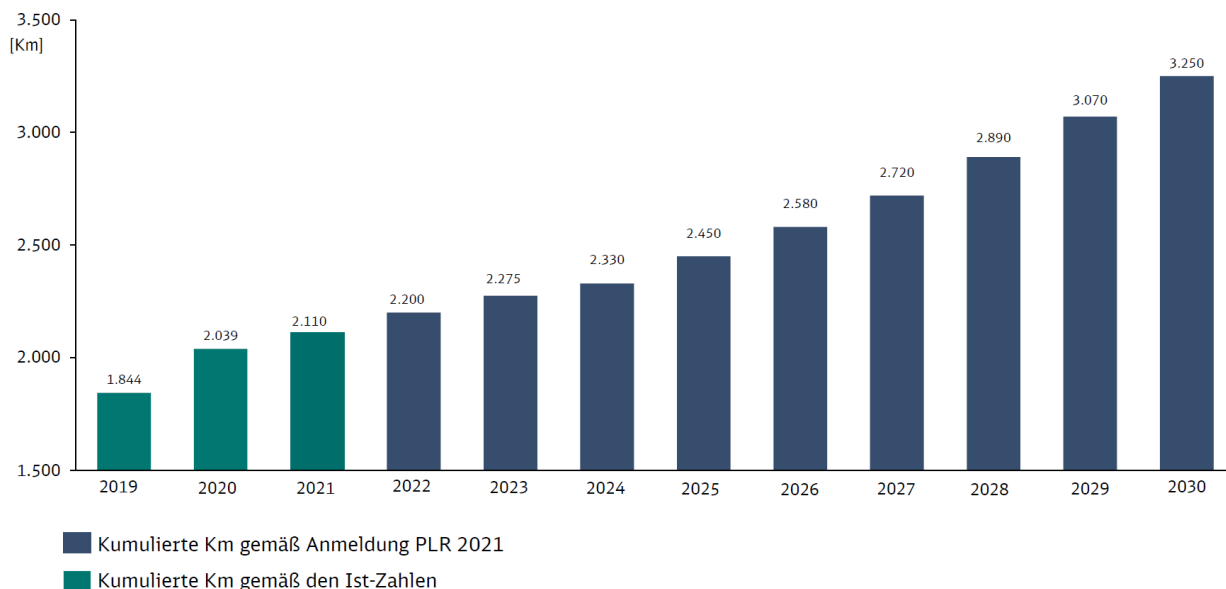


Abbildung 23 Jahresziele der Lärmsanierung der DB Netz AG [71]

4.3.5 Vorgesehene Finanzierung

Um die Lärmsanierung wie geplant durchzuführen, werden ausreichende Finanzierungsmittel benötigt. Zwischen 1999 und 2006 wurden jährlich ca. 50 Millionen Euro vom Bund zur Verfügung gestellt. Diese Summe wurde ab 2007 bis 2013 auf jährlich 100 Millionen Euro erhöht, und dann weiter bis 2015 auf 130 Millionen Euro jährlich. [72] Eine Aufstellung der Finanzierungsmittel für den Zeitraum 2016 bis 2022 ist Abbildung 24 zu entnehmen.

Die folgende Abbildung stellt die im Bundeshaushalt bereitgestellten („Soll“) und seitens der DB AG abgerufenen („Ist“) Mittel der letzten Jahre gegenüber [73]. Das Verhältnis von abgerufenen zu bereitgestellten Mitteln ist zusätzlich unter „abgerufene Mittel“ in Prozent dargestellt. Zwischen 2016 und 2019 wurden die Mittel nicht vollständig ausgeschöpft, wohingegen im Jahr 2020 und 2021 die abgerufenen Mittel das Soll überstiegen haben.

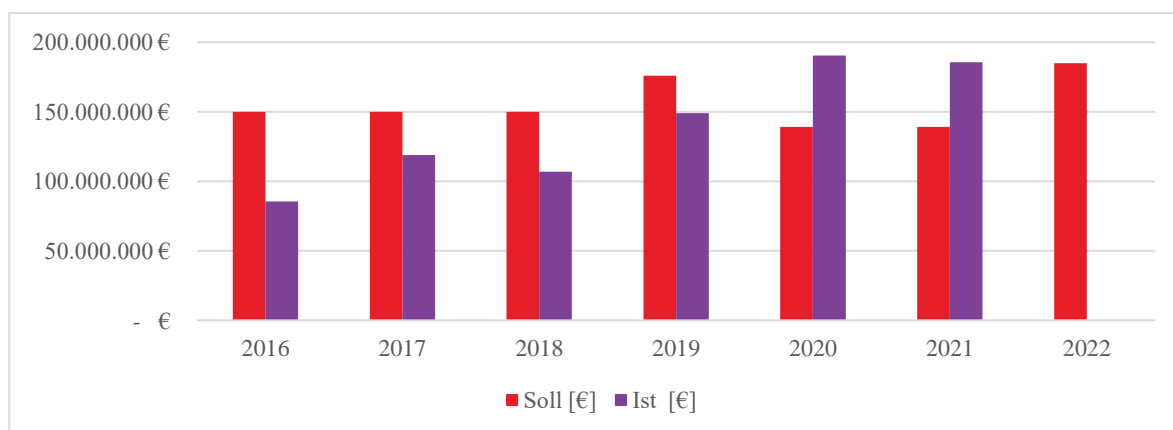


Abbildung 24 Aufstellung des Bundeshaushalts von 2016 bis 2022: Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes ([73], eigene Darstellung)

Um die geplanten Lärmsanierungskilometer (vgl. Abbildung 23) zwischen 2023 und 2030 pünktlich zu realisieren, rechnet die DB Netz AG mit einem deutlichen Anstieg der benötigten Finanzierungsmittel und erhofft sich einen entsprechenden Anstieg der zukünftig zur Verfügung gestellten Bundeshaushaltsmittel. Die DB Netz AG schätzt den finanziellen Bedarf zwischen 2023 und 2030 auf insgesamt ca. 1,7 Milliarden Euro [62].

5. Szenarien und Handlungsempfehlungen zur Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms

5.1 Eingangsdaten für Szenarien: Parameter, Potentiale & Hemmnisse

In diesem Abschnitt werden – unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Arbeitspaket 1 („Stand der Belastung durch Schienenverkehrslärm“) und Arbeitspaket 3 („Rahmenbedingungen und Prozessanalyse des Lärmsanierungsprogramms und geplante Umsetzung bis 2030“) – geeignete Parameter identifiziert, über die das Lärmsanierungsprogramm beschleunigt werden kann. Anschließend werden die größten Potentiale und Hemmnisse für den weiteren Fortschritt in der Lärmsanierung identifiziert.

5.1.1 Analyse geeigneter Parameter zur Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms

Anhand der Untersuchung des aktuellen Stands des Schienenverkehrslärms und dessen Einflussfaktoren (AP 1) sowie der Betrachtung des Lärmsanierungsprogramms und den zugehörigen Rahmenbedingungen und Prozessen (AP 3) wurden geeignete Parameter, über die das Lärmsanierungsprogramm beschleunigt werden könnte, identifiziert.

Diese Parameter sind drei übergeordneten Kategorien zuzuordnen, den

- Einflussfaktoren auf Schienenverkehrslärm,
- förderfähigen Maßnahmen im Rahmen des Lärmsanierungsprogramms sowie
- Maßnahmen im Prozess.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die drei genannten Kategorien und identifizierten Parameter.

Einflussfaktoren auf Schienenverkehrslärm	Förderfähige Maßnahmen im Rahmen des Lärmsanierungsprogramms	Maßnahmen im Prozess
<ul style="list-style-type: none"> • Umrüstung der Bestands Güterwagen auf neue Bremstechniken • Verbot von lauten Güterwagen • Verkehrszuwachs • Elektrifizierung • Zulassung neuer Maßnahmen an der Quelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Errichtung von Schallschutzwänden • Einbau von Schienenstegdämpfern / -abschirmungen • Einbau von Schienenschmiereinrichtungen • Maßnahmen zur Lärminderung an Brückenbauwerken • Bauliche Maßnahmen an baulichen Anlagen (insb. Schallschutzfenster und Lüftungseinrichtungen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Genehmigungsverfahren • Dauer Vorlauf / Antrag Sperrpausen • Vorziehen ergänzender passiver Maßnahmen • Öffentlichkeitsarbeit

Tabelle 17 Analyse geeigneter Parameter zur Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms

Die in Tabelle 17 genannten Maßnahmen wurden grundsätzlich als geeignete Parameter identifiziert, da sie über unterschiedliche Umsetzungsgrade einen Einfluss auf die lärmsanierte Strecke bzw. Anzahl der lärmmentlasteten Anwohnenden und somit auf die Realisierungsdauer des Lärmsanierungsprogramms haben. Jedoch sind nicht alle hier genannten Parameter in die entwickelten Szenarien eingeflossen, da beispielsweise ihre Wirkung nur punktuell auftritt (z.B. Maßnahmen zur Lärminderung an Brückenbauwerken) oder das Potential bereits sehr gut ausgeschöpft wird (z.B. Prozess der Öffentlichkeitsarbeit).

Weitere Details zu den oben genannten Maßnahmen sind den Abschnitten zu AP 1 und AP 3 zu entnehmen. Diejenigen Parameter, die in die entwickelten Szenarien in AP 4 eingeflossen sind, werden in Abschnitt 5.2 des vorliegenden Berichts genannt.

5.1.2 Identifikation möglicher Potentiale und Hemmnisse

Die Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms und insbesondere die Planung und Ausführung aktiver und/oder passiver Lärmsanierungsmaßnahmen wird von äußeren Rahmenbedingungen und Abhängigkeiten

beeinflusst. Die folgenden Punkte wurden als mögliche Potentiale und Hemmnisse identifiziert, die den Fortschritt in der Reduzierung der Betroffenen positiv oder negativ beeinflussen können.

Beteiligte Unternehmen und deren Verfügbarkeit

Unternehmen, die an der Planung und dem Bau von Lärmschutzmaßnahmen beteiligt sind, benötigen eine Präqualifizierung [74] durch die DB Netz AG. Mit zunehmender Anzahl an Maßnahmen bedarf es auch einer steigenden Zahl an Unternehmen, die diesen Prozess durchlaufen müssen. Eine Möglichkeit ist die Aufstockung von Unternehmen, die bereits präqualifiziert sind. Auch sollten die Kapazitäten bei Gutachtern und Prüfern, die am Gesamtprozess beteiligt sind, erhöht werden.

Vorlauf und Antragsphase zu Sperrpausen

Die derzeit geplanten, aktiven Lärmsanierungsmaßnahmen sind entsprechend der im Eisenbahnbetrieb verfügbaren Sperrpausen getaktet. Diese Sperrpausen limitieren eine mögliche Steigerung der zu sanierenden Kilometer, um den Eisenbahnbetrieb aufrecht zu erhalten. Derzeit ist ein Vorlauf von ca. 2,5 bis 4 Jahren zu einer Beantragung von Sperrpausen notwendig. Somit sind die Maßnahmen, die einen Eingriff in den Schienenverkehr erfordern, bereits für die nächsten vier Jahre geplant [62]. Bei einer Verkürzung dieser Antragsfrist, könnten mehr Maßnahmen bereits in den nächsten Jahren durchgeführt werden. Dieser Prozess ist abhängig von den Vorgaben der Bundesnetzagentur. Kurzfristige Absagen von Sperrpausen hingegen führen zu einer zeitlichen Verschiebung der geplanten Maßnahme und somit zu einer späteren Entlastung der Anwohnenden.

Materialverfügbarkeit

Eine veränderte Verfügbarkeit der benötigten Baumaterialien könnte bei weiterer Verknappung einen negativen Einfluss auf die erfolgreiche Ausführung des Lärmsanierungsprogramms haben. Jedoch ist ein ausreichender Vorlauf zur Umsetzung der einzelnen Maßnahmen gegeben und somit sollte stets das erforderliche Baumaterial zur Verfügung stehen.

Bereitstellung finanzieller Mittel

Um die Lärmsanierung wie geplant durchzuführen, werden ausreichende Finanzierungsmittel benötigt. Die DB Netz AG schätzt den finanziellen Bedarf zwischen 2023 und 2030 auf insgesamt ca. 1,7 Milliarden Euro [62]. In den Jahren 2020 und 2021 wurden mehr Mittel benötigt als im Haushalt bereitgestellt und unter Nutzung von Ausgaberesten verausgabt. [73]

Digitalisierung

Die Methode des Building Information Modelling (BIM) wurde im Stufenplan Digitales Planen und Bauen des BMDV definiert und findet seit 2020 bei neu zu planenden Projekten flächendeckend Anwendung [75]. Analog dazu hat die DB AG eine eigene BIM und Digitalisierungsstrategie entwickelt. Mit Einführung der BIM-Methode erwartet sie umfangreiche Verbesserungen in der Qualität und Effizienz im Planungs- und Bauprozess bis zur Übergabe von digitalen Informationen in den Betrieb. Durch den kollaborativen Ansatz der BIM Methode sind darüber hinaus Effizienzgewinne in der Planprüfung zu erwarten.

Priorisierung passiver Maßnahmen

In den Sanierungsabschnitten beginnt die Realisierung der passiven Lärmsanierungsmaßnahmen sobald erkennbar ist, dass sich keine Änderungen mehr bei den aktiven Maßnahmen ergeben. [62]

Die Schallschutzwände in der Lärmsanierung haben im Normalfall eine Höhe von zwei bis drei Meter [76], so dass sich die Betroffenheit der Haushalte in den oberen Geschossen der Wohngebäude im Sanierungsabschnitt jedoch im oben genannten Fall nicht ändert. Daher könnten dort die passiven Lärmsanierungsmaßnahmen unabhängig von anderen Maßnahmen bereits mit Zuwendungsbescheid der Fördermittel ausgeführt werden, um die Anwohnenden so bis zu 2 Jahre früher als im oben genannten Fall zu entlasten.

Schon heute wäre beispielsweise über ein geographisches Informationssystem (GIS) auswertbar, welche Wohneinheiten durch aktive Maßnahmen keinen ausreichenden Lärmschutz erhalten. Für diese Betroffenen könnte der Prozess zur Erstellung von passiven unabhängig von den aktiven Maßnahmen gestartet werden.

5.2 Szenarien für einen früheren Abschluss des Lärmsanierungsprogramms

Aufbauend auf den in Abschnitt 5.1.1 ausgewählten Parametern werden in diesem Abschnitt verschiedene Szenarien entwickelt und anhand einer Fortschreibung des Datenmodells aus AP 1 untersucht, wie das Lärmsanierungsprogramm wirksam beschleunigt werden könnte.

Jedes Szenario wird für drei nächtliche Lärmpegel diskutiert:

- 57 dB(A): Wohngebiet (Wert gemäß Haushalt 2020),
- 54 dB(A): Wohngebiet (gültiger Wert seit dem 01.01.2022) und
- 44 dB(A): Empfehlung nach WHO-Leitlinien.

Die Anzahl der entlasteten Menschen wird pro Jahr dargestellt, so dass eine Aussage zum Enddatum des Lärmsanierungsprogramms getroffen werden kann. Ebenfalls diskutiert werden die im jeweiligen Szenario eingeflossenen Maßnahmen in Bezug auf einen möglichen früheren Abschluss des Lärmsanierungsprogramms.

Datengrundlage

Basis für das Modellierungsverfahren der Szenarien ist das Datenmodell des Status Quo der Belastung durch Schienenverkehrslärm, welches im Rahmen des AP 1 modelliert wurde. Datengrundlage hierfür waren neben den Datenpaketen, die BMDV bzw. dem EBA übergeben wurden, auch die dort getroffenen Annahmen. Eine detaillierte Erläuterung der erhaltenen Daten, getroffenen Annahmen und Übersicht der Methodik ist Abschnitt 2.1 zu entnehmen.

In Abschnitt 5.1.1 des vorliegenden Berichts wurden mögliche Parameter, über die das Lärmsanierungsprogramm beschleunigt werden könnte, aufgezeigt. In der folgenden Tabelle 18 sind die für die Szenarien geeigneten und ausgewählten Parameter mit deren jeweiligen Ausprägung als Übersicht zusammengestellt. Nicht alle Parameter sind in die entwickelten Szenarien eingeflossen, da beispielsweise ihre Wirkung nur punktuell auftritt oder das Potential bereits sehr gut ausgeschöpft wird.

Die Szenarien bauen auf dem Status Quo (Ergebnisse des AP 1) auf und führen das Lärmsanierungsprogramm

- unter gleichbleibenden Rahmenbedingungen (Szenario A),
- mit einer Erhöhung der Kapazitäten und Ressourcen entsprechend der Jahresziele der DB AG (Szenario B),
- mit veränderten Rahmenbedingungen (Szenario C),
- mit veränderten Rahmenbedingungen und einer Erhöhung der Kapazitäten und Ressourcen entsprechend der Jahresziele der DB AG unter Berücksichtigung der prognostizierten Verkehrssteigerung (Szenario D) bzw.
- mit veränderten Rahmenbedingungen und einer Erhöhung der Kapazitäten und Ressourcen entsprechend der Jahresziele der DB AG unter Berücksichtigung der historischen Verkehrssteigerung (Szenario E)

bis ins Jahr 2030 fort. Die fünf Szenarien werden in Tabelle 18 und dem folgenden Abschnitt 5.2 detaillierter beschrieben.

Es ist jedoch zu beachten, dass eine Erhöhung der Kapazitäten und Ressourcen nicht im Einflussbereich des BMDV oder der DB AG liegen.

Parameter	Szenario				
	A	B	C	D	E
Verkehrssteigerung auf der Schiene bis 2030	50 bis 75 % tags -50 bis +100 % nachts	50 bis 75 % tags -50 bis +100 % nachts	2 % Wachstum pro Jahr	50 bis 75 % tags -50 bis +100 % nachts	2 % Wachstum pro Jahr
Umrüstung der Bremsen	100 % bis 2030	100 % bis 2030	100 % bis 2022	100 % bis 2022	100 % bis 2022
lärmsanierte Strecke km/Jahr	80 km	120 km	80 km	120 km	120 km
Entlastete Anwohnende pro Jahr	24.000	36.000	28.000	40.000	40.000
Vorziehen ergänzender passiver Maßnahmen	nein	nein	ja	ja	ja

Tabelle 18 Ausgewählte Parameter zur Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms

Die unterschiedliche Ausprägung der Parameter in den Szenarien sei im Folgenden kurz erläutert.

Geplante Verkehrssteigerung auf der Schiene

In AP 1 wurde eine für den Tageszeitraum prognostizierte Verkehrssteigerung von 50 bis 75 % bis 2030 angesetzt. Für den Nachtzeitraum divergiert die Prognose zwischen einer Halbierung bis hin zu einer Verdopplung der Schienenverkehrszahlen.²⁰

Eine Marktuntersuchung im Auftrag der Bundesnetzagentur zeigt, dass die historische Verkehrssteigerung zwischen den Jahren 2015 bis 2019 auf der Schiene im Mittel 1 % pro Jahr betrug, im Güterverkehr 2 % [77]. Wenn in Deutschland über die Beeinträchtigung der Lebensqualität durch den Schienenverkehrslärm geklagt wird, geht es fast immer und zuallererst um den Lärm, der von Güterzügen verursacht wird [1]. Entsprechend wird in den Szenarien C und E der historische Zuwachswert für den Güterverkehr von 2 % angesetzt.

Umrüstung der Bremsen

In den vergangenen Jahren wurde die Umrüstung der Bestandsgüterwagen auf lärmarme Bremstechniken vom BMDV gefördert und ist mittlerweile abgeschlossen [78]; dies fließt entsprechend in Szenario C, D und E ein. Die in AP 1 getroffene Annahme auf Basis der vom EBA zur Verfügung gestellten Daten ist das Ziel der Umrüstung für das Jahr 2030 vorgesehen [79]; diese Annahme spiegelt sich in Szenario A und B wider.

Lärmsanierte Strecke km pro Jahr

Es wird von einer jährlichen Lärmsanierung von 80 Streckenkilometern ausgegangen, um das Lärmschutzziel 2030 zu erreichen [1]. Die DB AG hat sich das eigene Ziel gesetzt, die kommenden Jahre im Durchschnitt ca. 120 Streckenkilometer pro Jahr zu sanieren [71]. Diese Annahme wird in den Szenarien B, D und E berücksichtigt.

Entlastete Anwohnende pro Jahr

Basierend auf 80 km lärmsanierte Strecke pro Jahr werden etwa 24.000 Anwohnende durch aktive und/oder passive Lärmsanierungsmaßnahmen entlastet (Szenario A). Von diesen 300 entlasteten Anwohnenden pro km lärmsanierte Strecke ausgehend, werden bei 120 km lärmsanierte Strecke pro Jahr rund 36.000 Anwohnende durch aktive und/oder passive Lärmsanierungsmaßnahmen entlastet (Szenario B). Werden ergänzende passive Maßnahmen vorgezogen, wie in den Szenarien C, D und E berücksichtigt und im folgenden Absatz beschrieben, so werden zusätzlich 4.000 Anwohnende pro Jahr entlastet.

Vorziehen ergänzender passiver Maßnahmen

Wie in Abschnitt 5.1.2 beschrieben, könnten ergänzende passive Lärmsanierungsmaßnahmen vorgezogen werden. Da zwischen 1999 und 2021 rund 65.000 Wohnungen mit passiven Schallschutzmaßnahmen, wie Schallschutzfenstern oder schallgedämpften Lüftern, lärmsaniert wurden [1], konnten im Schnitt über 6.000

²⁰ Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 2.1.2

Personen pro Jahr durch passive Lärmsanierungsmaßnahmen entlastet werden (Annahme von 2 Personen pro Haushalt [80]). Gemäß der Einschätzung der Autoren können passive Maßnahmen vorrangig in dichter besiedelten Gebieten und Ballungsräumen vorgezogen werden, so dass von diesen 6.000 Personen auf rund 2/3 herabgesetzt und in den Szenarien C, D und E entsprechend zusätzlich 4.000 entlastete Anwohnende pro Jahr berücksichtigt werden.

Vorgehensweise

Die oben beschriebenen Parameter sind gemäß Tabelle 18 in die unterschiedlichen Szenarien für den Zeitraum 2023 bis 2030 eingeflossen. Basis für die Analyse der Szenarien war das in AP 1 erstellte Modell für den Status Quo (2022), das auf Daten aus Literatur und Lärmstudien sowie aus Drittquellen, wie topografischen Informationen und GIS-Datenbanken, städtebaulichen Ressourcen und auch Daten aus stationären Messstationen zur Validierung der getroffenen Annahmen, aufbaut.²² Die Auswertung der unterschiedlichen Szenarien für den Zeitraum 2023 bis 2030 ermöglicht eine Bewertung der Wirksamkeit einzelner Parameter und somit eine Aussage, ob und wie das Lärmsanierungsprogramm wirksam beschleunigt werden könnte. In die abschließende Diskussion und Handlungsempfehlung fließen neben den Ergebnissen aus der Szenarien-Betrachtung auch die Erkenntnisse aus den in Abschnitt 5.1.2 identifizierten Potentiale und Hemmnisse ein.

Ziel

Die Zielstellung des vorliegenden Arbeitspakets ist es Möglichkeiten für einen früheren Abschluss der Lärmsanierungsprogramms aufzuzeigen. In jedem Szenario wird ein rechnerisches Enddatum für den derzeit gültigen nächtlichen Lärmpegel von 54 dB(A) ausgewiesen.

Kosten und Nutzen

Für das Lärmsanierungsprogramm bis 2030 entstehen keine zusätzlichen Kosten, sofern man die Preissteigerungsrate pro Jahr unberücksichtigt lässt. In den Szenarien werden keine zusätzlichen Maßnahmen eingeführt, es werden einzig teilweise Maßnahmen im Rahmen der lärmsanierten Strecke pro Jahr und/oder passive Maßnahmen früher angesetzt. Der Nutzen für das Lärmsanierungsprogramm in seiner Gesamtheit bleibt unverändert.

5.3 Vergleich der Szenarien

5.3.1 Ergebnisse für Auslösewert $L_{Night} \geq 57$ dB(A)

Bei Betrachtung der Szenarien für den nächtlichen Lärmpegel $L_{Night} \geq 57$ dB(A) wird für das Referenzjahr 2022 die Anzahl der von Schienenlärm betroffenen Anwohnenden mit rund 1,7 Mio. Menschen angesetzt. Nachfolgender Tabelle 19 sind die Ergebnisse der untersuchten Szenarien zu entnehmen.

Betroffene $L_{Night} \geq 57$ dB(A)					
Jahr	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Szenario D	Szenario E
2022*	1.715.236				
2023	1.537.016	1.522.356	463.203	580.124	448.544
2024	1.436.316	1.406.997	429.885	568.578	400.566
2025	1.333.900	1.289.922	412.255	558.648	368.277
2026	1.209.145	1.150.508	394.544	530.248	335.907
2027	1.087.021	1.013.724	376.984	522.584	303.687
2028	915.735	827.779	343.665	495.176	255.709
2029	782.661	680.046	326.529	489.455	223.914

²² Vgl. im vorliegenden Bericht Abschnitt 2.1 Datengrundlage

Betroffene $L_{Night} \geq 57$ dB(A)					
Jahr	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Szenario D	Szenario E
2030	612.343	495.068	309.733	463.068	192.459

Tabelle 19 $L_{Night} \geq 57$ dB(A): Anzahl der Betroffenen im Zeitraum 2022 bis 2030

* Wert aus AP 1, Referenzjahr 2022

In folgender Tabelle 20 sind neben der Ausprägung der für die entwickelten und untersuchten Szenarien angenommenen Parameter auch die Ergebnisse aus dem Modellierungsverfahren für den untersuchten nächtlichen Lärmpegel zusammengefasst.

Parameter	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Szenario D	Szenario E
Verkehrssteigerung auf der Schiene bis 2030	50 bis 75 % tags -50 bis +100 % nachts	50 bis 75 % tags -50 bis +100 % nachts	2% pro Jahr	50 bis 75 % tags -50 bis +100 % nachts	2% pro Jahr
Umrüstung der Bremsen	100 % bis 2030	100 % bis 2030	100 % bis 2022	100 % bis 2022	100 % bis 2022
lärmsanierte Strecke km/Jahr	80 km	120 km	80 km	120 km	120 km
Entlastete Anwohnende pro Jahr	24.000	36.000	28.000	40.000	40.000
Vorziehen ergänzender passiver Maßnahmen	nein	nein	Ja	ja	ja
Reduzierung Anzahl der Betroffenen zwischen den Jahren 2022 und 2030	1.102.893 (ca. -64 %)	1.220.168 (ca. -71 %)	1.405.503 (ca. -82 %)	1.252.168 (ca. -73 %)	1.522.777 (ca. -89 %)

Tabelle 20 $L_{Night} \geq 57$ dB(A): Zusammenfassung der angenommenen Parameter und Ergebnisse für Szenario A bis E

5.3.2 Ergebnisse für Auslösewert $L_{Night} \geq 54$ dB(A)

Bei Betrachtung der Szenarien für den nächtlichen Lärmpegel $L_{Night} \geq 54$ dB(A) wird für das Referenzjahr 2022 die Anzahl der von Schienenlärm betroffenen Anwohnenden mit rund 3,5 Mio. Menschen angesetzt. Nachfolgender Tabelle 21 sind die Ergebnisse der untersuchten Szenarien zu entnehmen.

Betroffene $L_{Night} \geq 54$ dB(A)					
Jahr	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Szenario D	Szenario E
2022*	3.498.081				
2023	3.334.295	3.317.724	1.259.882	1.546.945	1.243.311
2024	3.180.891	3.147.749	1.222.740	1.576.355	1.189.598
2025	3.027.578	2.977.865	1.221.222	1.610.184	1.171.509
2026	2.821.984	2.755.700	1.219.853	1.600.506	1.153.569
2027	2.622.262	2.539.407	1.219.469	1.630.038	1.136.614
2028	2.320.769	2.221.343	1.182.327	1.615.130	1.082.901
2029	2.091.385	1.975.388	1.182.743	1.641.093	1.066.746

Betroffene $L_{Night} \geq 54$ dB(A)					
Jahr	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Szenario D	Szenario E
2030	1.793.122	1.660.554	1.184.027	1.628.554	1.051.459

Tabelle 21 $L_{Night} \geq 54$ dB(A): Anzahl der Betroffenen im Zeitraum 2022 bis 2030

* Wert aus AP 1, Referenzjahr 2022

In folgender Tabelle 22 sind neben der Ausprägung der für die entwickelten und untersuchten Szenarien angenommenen Parameter auch die Ergebnisse aus dem Modellierungsverfahren für den untersuchten nächtlichen Lärmpegel zusammengefasst.

Parameter	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Szenario D	Szenario E
Verkehrssteigerung auf der Schiene bis 2030	50 bis 75 % tags -50 bis +100 % nachts	50 bis 75 % tags -50 bis +100 % nachts	2% pro Jahr	50 bis 75 % tags -50 bis +100 % nachts	2% pro Jahr
Umrüstung der Bremsen	100 % bis 2030	100 % bis 2030	100 % bis 2022	100 % bis 2022	100 % bis 2022
lärmsanierte Strecke km/Jahr	80 km	120 km	80 km	120 km	120 km
Entlastete Anwohnende pro Jahr	24.000	36.000	28.000	40.000	40.000
Vorziehen ergänzender passiver Maßnahmen	nein	nein	ja	ja	ja
Reduzierung Anzahl der Betroffenen zwischen den Jahren 2022 und 2030	1.704.959 (ca. -49 %)	1.837.527 (ca. -53 %)	2.314.054 (ca. -66 %)	1.869.527 (ca. -53 %)	2.446.622 (ca. -70 %)
rechnerischer Abschluss des Lärmsanierungsprogramms	im Jahr 2137	im Jahr 2089	im Jahr 2082	im Jahr 2081	im Jahr 2060

Tabelle 22 $L_{Night} \geq 54$ dB(A): Zusammenfassung der angenommenen Parameter und Ergebnisse für Szenario A bis E

Da der derzeit gültige nächtliche Lärmpegel bei 54 dB(A) liegt, wurde für diesen Wert eine rechnerische Ermittlung zum Abschlussjahr des Lärmsanierungsprogramms vorgenommen. Im günstigsten Fall aus Szenario E ist das Ziel des Lärmsanierungsprogramms – alle derzeit von Schienenlärm betroffenen Anwohnenden zu entlasten - in weniger als 40 Jahren erreicht.

5.3.3 Ergebnisse für Auslösewert $L_{Night} \geq 44$ dB(A)

Bei Betrachtung der Szenarien für den nächtlichen Lärmpegel $L_{Night} \geq 44$ dB(A) wird für das Referenzjahr 2022 die Anzahl der von Schienenlärm betroffenen Anwohnenden mit rund 20,6 Mio. Menschen angesetzt. Nachfolgender Tabelle 23 sind die Ergebnisse der untersuchten Szenarien zu entnehmen.

Zu beachten gilt, dass mit den aktuell vorhandenen Lärminderungsmöglichkeiten – auch in Kombination aller Maßnahmen – die WHO-Werte sehr wahrscheinlich nicht eingehalten werden können. Zudem wäre ein finanzieller Mehraufwand nötig, den der aktuelle Haushaltsplan nicht vorsieht.

Betroffene $L_{Night} \geq 44$ dB(A)					
Jahr	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Szenario D	Szenario E
2022*	20.662.243				
2023	20.153.663	20.135.613	10.771.014	12.192.622	10.752.963

Betroffene $L_{\text{Night}} \geq 44 \text{ dB(A)}$					
Jahr	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Szenario D	Szenario E
2024	19.627.895	19.591.795	10.730.913	12.514.849	10.694.813
2025	19.081.777	19.027.626	10.864.152	12.845.125	10.810.002
2026	18.349.728	18.277.527	10.999.224	12.984.699	10.927.024
2027	17.602.556	17.512.305	11.136.396	13.327.170	11.046.146
2028	16.408.483	16.300.182	11.096.296	13.472.420	10.987.995
2029	15.476.781	15.350.430	11.235.728	13.825.939	11.109.377
2030	14.151.470	14.007.068	11.376.272	13.975.068	11.231.871

Tabelle 23 $L_{\text{Night}} \geq 44 \text{ dB(A)}$: Anzahl der Betroffenen im Zeitraum 2022 bis 2030

* Wert aus AP 1, Referenzjahr 2022

In folgender Tabelle 24 sind neben der Ausprägung der für die entwickelten und untersuchten Szenarien angenommenen Parameter auch die Ergebnisse aus dem Modellierungsverfahren für den untersuchten nächtlichen Lärmpegel zusammengefasst.

Parameter	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Szenario D	Szenario E
Verkehrssteigerung auf der Schiene bis 2030	50 bis 75 % tags -50 bis +100 % nachts	50 bis 75 % tags -50 bis +100 % nachts	2% pro Jahr	50 bis 75 % tags -50 bis +100 % nachts	2% pro Jahr
Umrüstung der Bremsen	100 % bis 2030	100 % bis 2030	100 % bis 2022	100 % bis 2022	100 % bis 2022
lärmsanierte Strecke km/Jahr	80 km	120 km	80 km	120 km	120 km
Entlastete Anwohnende pro Jahr	24.000	36.000	28.000	40.000	40.000
Vorziehen ergänzender passiver Maßnahmen	nein	nein	Ja	ja	ja
Reduzierung Anzahl der Betroffenen zwischen den Jahren 2022 und 2030	6.510.773 (ca. -32 %)	6.655.175 (ca. -32 %)	9.285.971 (ca. -45 %)	6.687.175 (ca. -32 %)	9.430.372 (ca. -46 %)

Tabelle 24 $L_{\text{Night}} \geq 44 \text{ dB(A)}$: Zusammenfassung der angenommenen Parameter und Ergebnisse für Szenario A bis E

5.4 Handlungsempfehlungen

Ausgehend von den Ergebnissen und Feststellungen der vorangegangenen Szenarien-Untersuchung werden in diesem Abschnitt Handlungsempfehlungen aufgezeigt, mit welchen Maßnahmen das Lärmsanierungsprogramm wirksam beschleunigt werden könnte. Über alle Szenarien sind die Handlungsempfehlungen in diesem Abschnitt in den drei Themenblöcken

- Prozesse,
- Rahmenbedingungen und
- Digitalisierung

zusammengefasst.

Für den Bereich **Prozesse** wird empfohlen, das Ziel der jährlich sanierten Streckenkilometer anzuheben. Hierfür könnten bereits beantragte Sperrpausen für Maßnahmen außerhalb des Lärmsanierungsprogramms, wie beispielsweise Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen, genutzt und die verschiedenen Maßnahmen entsprechend zusammengelegt werden. Eine zeitgleiche Durchführung dieser Maßnahmen wird sowohl im Hinblick auf Kosten als auch im Hinblick auf den Faktor Zeit als sinnvoll erachtet. Des Weiteren wird empfohlen, die passiven Maßnahmen zur Lärminderung an den Bereichen zu priorisieren, an denen ersichtlich ist, dass aktive Maßnahmen keinen Beitrag zur Lärminderung leisten können.

Zur Steigerung der Attraktivität für die an der Lärmsanierungsmaßnahme beteiligten Unternehmen sollten neben den kommerziellen Zuschlagskriterien weitere, auch darüberhinausgehende Kriterien wie Nachhaltigkeitsaspekte oder qualitative Faktoren bei der Bewertung von Angeboten berücksichtigt werden. Im derzeitigen Marktumfeld und aufgrund des aufwändigen Präqualifizierungsprozesses ist es schwierig, neue Unternehmen für diese Maßnahmen zu gewinnen und damit eine Steigerung der jährlichen Sanierungskilometer zu erzielen.

Zum Thema **Rahmenbedingungen** wird empfohlen, den Auslösewert von $L_{\text{Night}} \geq 54$ dB(A) nicht weiter abzusenken. Die Auswertung der Szenarien hat verdeutlicht, dass eine Reduzierung eine erhebliche Zunahme der Gesamtbetroffenzahl in Deutschland zur Folge hat. Auch hat eine weitere Absenkung zur Folge, dass bereits untersuchte und lärmsanierte Bereiche ein weiteres Mal daraufhin untersucht werden müssen, ob auch der niedrigere Auslösewert eingehalten wird. Zudem ist der Einfluss des Hochrechnungsfaktors zur Berücksichtigung der prognostizierten Verkehrssteigerung umso größer, je höher die Anzahl betroffener Menschen. Dieser Zusammenhang resultiert in einer Stagnation der Betroffenzahlen, wodurch eine weitere Minderung Betroffener nicht erzielt werden kann. Durch eine mögliche Einführung von strengeren TSI-Grenzwerten für Neufahrzeuge und den Einbezug von Bestandsfahrzeugen in die TSI Lärm könnten die allgemeinen Rahmenbedingungen verbessert werden, da Fahrzeugbetreiber dadurch gesetzlich zu einem höheren Beitrag zur Schallemissionsminderung verpflichtet wären.

Die **Digitalisierung** stellt eine Möglichkeit zur Validierung und Transparenz der geplanten und durchgeführten Lärminderungsmaßnahmen dar. Eine lückenlose Kartierung, der Aufbau eines Geographischen Informationssystems (GIS) und damit ein digitales Abbild des gesamten Schienennetzes in Deutschland mit Darstellung der Lärmemission und Anwohnenden ermöglicht eine eindeutige Auswertung, Planung und Nachverfolgung der geforderten, geplanten und umgesetzten Lärmsanierungsmaßnahmen. Außerdem wird die Möglichkeit der Entwicklung von Szenarien geschaffen, deren Analyse als Grundlage für die Prognostizierung der Betroffenzahlen herangezogen werden kann. Dies ermöglicht außerdem eine exaktere Bewertung der Auswirkungen einer Absenkung des Auslösewertes für die Zukunft.

Ergänzend sei angemerkt, dass die Minderung des Lärms an der Quelle eine effektive und nachhaltige Strategie zur Minderung der Betroffenzahlen ist und die Lärmsanierungsmaßnahmen an betroffenen Schienenwegen maßgeblich unterstützt. Daneben beeinflussen auch betriebliche Aspekte, wie die Anzahl und Art der Schienenfahrzeuge, deren Geschwindigkeit und die Fahrbahnart die Belastung der Anwohnenden an Bahnstrecken durch Schienenverkehrslärm.

Anhang A

A.1 Abkürzungsverzeichnis

A.2 Abbildungsverzeichnis

A.3 Tabellenverzeichnis

A.4 Quellen- und Literaturverzeichnis

A.5 Gesetze, Verordnungen und Förderrichtlinien

A.6 Detaillierter Workflow zu Arbeitspaket 1

A.1 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
a	Jahr
BIM	Building Information Modelling
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BüG	Besonders überwachtes Gleis
ca.	circa
dB	Dezibel – Maßeinheit des Schalldruckpegels
DB AG	Deutsche Bahn AG
dB(A)	Dezibel (A-bewertet) - Maßeinheit des Schalldruckpegels
DZSF	Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EC	Europäische Kommission (European Commission)
EdB	Eisenbahnen des Bundes
EIM	Verband der Europäischen Eisenbahninfrastrukturbetreibenden
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ERA	Europäische Eisenbahngesellschaft (European Railway Association)
EU	Europäische Union
GEB	Gemeinschaft der Europäischen Bahnen
GG	Grauguss
GG-Sohle	Grauguss-Sohle (Bremsklotzsohle)
GIS	Geoinformationssystem
HSG	High Speed Grinding
Hz	Hertz
km	Kilometer
km/h	Kilometer pro Stunde
K-Sohle	Komposit-Sohle (Verbundstoff-Bremsklotzsohle)
lfm	Laufmeter
LL	Low Noise, Low Friction
LL-Sohle	Verbundstoff-Bremsklotzsohle, low noise, low friction
LSW	Lärmschutzwand
m	Meter
Mio.	Million(en)
mm	Millimeter
NSA	National Safety Authority
RISC	Ausschuss für Eisenbahninteroperabilität und -sicherheit
SGV	Schienengüterverkehr
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SSD	Schienenstegdämpfer
TSI Lärm	Technische Spezifikation Interoperabilität Lärm
UBA	Umweltbundesamt
UIC	Internationaler Eisenbahnverband (Union Internationale des Chemins de fer)
UNIFE	Verband der Europäischen Eisenbahnindustrie (Union des Industries Ferroviaires Européennes)
V-BKS	Verbundstoff-Bremsklotzsohlen
Vgl.	Vergleiche
WHO	World Health Organization
z.B.	zum Beispiel

A.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Exemplarische Darstellung der LSW-Polygone zur Bestimmung der Betroffenen, die eine Lärminderung durch die LSW erfahren (Quelle: eigene Darstellung).	5
Abbildung 2: Entwicklung der Betriebsleistung 2016 bis 2020 (in Mio. Trassenkilometer) [5].	6
Abbildung 3: „Lärmschutz an der Quelle – Bestand Bremssohlen lt. Nationalen Fahrzeugregister“, Darstellung auf Datenbasis Nationales Fahrzeugregister, Eisenbahn-Bundesamt, letzte Auswertung 06.01.2022 [7].	7
Abbildung 4: Darstellung der Methodik des Modellierungsverfahrens (Quelle: eigene Darstellung).	8
Abbildung 5: Für die Berechnung angesetzte Bremsumrüstung der Güterwagen bis 2030.	10
Abbildung 6: Berechnung der Anzahl von Schienenlärm betroffener Personen von 2016 bis 2022 bei einem nächtlichen Auslösewert von $L_{Night} \geq 57$ dB(A) (Quelle: eigene Darstellung).	11
Abbildung 7: Berechnung der Anzahl von Schienenlärm betroffener Personen von 2016 bis 2022 bei einem nächtlichen Auslösewert von $L_{Night} \geq 54$ dB(A) (Quelle: eigene Darstellung).	11
Abbildung 8: Berechnung der Anzahl von Schienenlärm betroffener Personen von 2016 bis 2022 bei einem nächtlichen Auslösewert von $L_{Night} \geq 44$ dB(A) (Quelle: eigene Darstellung).	12
Abbildung 9. Qualitativer Verlauf des Schalldruckpegels von Schallquellenarten bei Schienenfahrzeugen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (Quelle: Eigene Darstellung)	13
Abbildung 10. Schallquellen an Dieseltriebfahrzeugen [19]	14
Abbildung 11. Schienenstegdämpfer [31]	17
Abbildung 12. Schema der Schienenschleifprozedur als Teil des BüG (Quelle: Eigene Abbildung nach [32])	18
Abbildung 13. Spurkranzschmieranlage [19]	19
Abbildung 14. Schienenstegabschirmung (Quelle: Sekisui Chemical GmbH)	21
Abbildung 15 Lärmschutz im Schienenverkehr: Rechtlicher Rahmen	32
Abbildung 16 Maßnahmen zur Lärminderung aktiver & passiver Lärmschutz [60]	34
Abbildung 17 Prozesskarte Lärmsanierung	42
Abbildung 18 Prozessablaufdiagramm Bearbeitungsschritte der Lärmsanierung	43
Abbildung 19 Gesamtprozess Lärmsanierung Zeiträume aktive und passive Lärmsanierungsmaßnahmen kombiniert	47
Abbildung 20 Gesamtprozess Lärmsanierung Zeiträume passive Lärmsanierungsmaßnahmen	48
Abbildung 21 Durchschnittliche Gesamtdauer einer Lärmsanierungsmaßnahme unter Berücksichtigung der Erlangung des Baurechts ([62], eigene Darstellung)	48
Abbildung 22 Sanierungsabschnitt an der Strecke bzw. am Knotenpunkt [67]	50
Abbildung 23 Jahresziele der Lärmsanierung der DB Netz AG [71]	53
Abbildung 24 Aufstellung des Bundeshaushalts von 2016 bis 2022: Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes ([73], eigene Darstellung)	53

A.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Berechnete Lärminderungspotentiale für die Umrüstung der Bremsen von Güterwagen.	9
Tabelle 2: Berechnete Anzahl von Schienenlärm Betroffener von 2016 bis 2022 unter Berücksichtigung sämtlicher angesetzter Lärminderungsmaßnahmen (s. Kapitel 2.2).	10
Tabelle 3. Übersicht der Potenziale weiterer Lärminderungsmaßnahmen an der Quelle	25

Tabelle 4. Grobe Kostenschätzung für eine netzwerkweite Durchführung von ausgewählten lärmindernden Maßnahmen	28
Tabelle 5 Auslösewerte zur Lärmsanierung ab 01.01.2022 [59]	33
Tabelle 6 Erläuterung der Komponenten zur Berechnung des NKV	39
Tabelle 7 Übersicht Prozessschritt Lärmsanierungsprogramm	43
Tabelle 8 Übersicht Prozessschritt Planung aktiver & passiver Lärmsanierungsmaßnahmen	44
Tabelle 9 Übersicht Prozessschritt Planung	44
Tabelle 10 Übersicht Prozessschritt Antragsstellung und -prüfung	45
Tabelle 11 Übersicht Prozessschritt Ausführung aktiver & passiver Lärmsanierungsmaßnahmen	45
Tabelle 12 Übersicht Prozessschritt Ausführung Lärmsanierungsmaßnahmen	46
Tabelle 13 Übersicht Prozessschritt Erfolgskontrolle und Abschluss	46
Tabelle 14 Übersicht relevanter Akteure und deren Aktionsfeld	46
Tabelle 15 Erläuterung der Komponenten zur Berechnung der Priorisierungskennziffer PKZ [67]	51
Tabelle 16 Auflistung der zwischen 1999 und 2020 abgeschlossenen aktiven und passiven Sanierungen in Kilometern [1], [67], [69]	51
Tabelle 17 Analyse geeigneter Parameter zur Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms	54
Tabelle 18 Ausgewählte Parameter zur Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms	57
Tabelle 19 $L_{\text{Night}} \geq 57$ dB(A): Anzahl der Betroffenen im Zeitraum 2022 bis 2030	59
Tabelle 20 $L_{\text{Night}} \geq 57$ dB(A): Zusammenfassung der angenommenen Parameter und Ergebnisse für Szenario A bis E	59
Tabelle 21 $L_{\text{Night}} \geq 54$ dB(A): Anzahl der Betroffenen im Zeitraum 2022 bis 2030	60
Tabelle 22 $L_{\text{Night}} \geq 54$ dB(A): Zusammenfassung der angenommenen Parameter und Ergebnisse für Szenario A bis E	60
Tabelle 23 $L_{\text{Night}} \geq 44$ dB(A): Anzahl der Betroffenen im Zeitraum 2022 bis 2030	61
Tabelle 24 $L_{\text{Night}} \geq 44$ dB(A): Zusammenfassung der angenommenen Parameter und Ergebnisse für Szenario A bis E	61

A.4 Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, „Lärmschutz im Schienenverkehr - Alles über Schallpegel, innovative Technik und Lärmschutz an der Quelle,“ Berlin, März 2022.
- [2] „Die Bundesregierung,“ 2022. [Online]. Available: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/laermschutzziel-2030-1827816>.
- [3] Geiger, P. et al., „D6.2: Evaluation of noise mitigation exposure effects of the,“ *Future Improvement for Energy and Noise*, p. 36, 2018.
- [4] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), „Erläuterungen zur Anlage 2 der Sechzehnten Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes, Berechnung des Beurteilungspegel für Schienenwege (Schall 03), Teil 1: Erläuterungsbericht,“ Seite 23 Tabelle 2, Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Berlin, 2015.
- [5] Bundesnetzagentur, „Marktuntersuchung Eisenbahn 2021 - Sonderausgabe - Marktuntersuchungen 2020 unter den Bedingungen der Covid-19-Pandemie,“ Bundesnetzagentur Referat 702 und Referat 704, Bonn, 2021.

- [6] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), „Lärmschutz im Schienenverkehr“, Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Berlin, 2021.
- [7] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), „Lärmschutz an der Quelle, Bestand Bremssohlen lt. Nationalen Fahrzeugregister, Eisenbahn-Bundesamt, letzte Auswertung 06.01.2022,“ Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Berlin, erhalten am 06.09.2022.
- [8] Schubert, K. EBA Referat 53, Umgebungslärmkartierung, Lärmaktionsplanung, Geoinformation, „Dokument Vergleich Betroffenzahlen,“ 06 09 erhalten am 03.08.2022.
- [9] Schubert, K. und Dr. Werner, M. EBA Referat 53, Umgebungslärmkartierung, Lärmaktionsplanung, Geoinformation, „Detaillierte schriftliche Ausführungen zur Berechnungsmethode der Steigerung der Betroffenzahlen durch die Zunahme des Verkehrsflusses bis 2030,“ 09 12 09.12.1022.
- [10] Eisenbahn-Bundesamt Referat 53, Durchführung des Projekts: Disy Informationssystem GmbH, „Harmonisierung des Lärmsanierungsprogramms mit der Lärmaktionsplanung - Projektbericht,“ Eisenbahn-Bundesamt, Heinemannstraße 6 in 53175 Bonn, 2021.
- [11] Brammer, H. Dr.rer.nat., „Umrüstung von Güterwagen auf Rollgeräusch-reduzierende Bremstechniken bis zum Fahrplanwechsel 2020/2021,“ Referat 52 - Umwelt, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn, 2020.
- [12] „Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz,“ BMUV, 2022. [Online]. Available: <https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-mobilitaet/laerm/laermschutz-worum-geht-es>.
- [13] Internationaler Eisenbahnverband (UIC), „Railway Noise in Europe State of the art report,“ Internationaler Eisenbahnverband, Paris, 2021.
- [14] David Thompson und Chris Jones, „Handbook of Railway Vehicle Dynamics,“ in *Noise and Vibration from Railway Vehicles*, Boca Raton, Taylor & Francis Group, LLC, 2006, pp. 280 - 325.
- [15] Hörster et al., „Über den Beitrag des Gleises zur Höhe des Rollgeräusches und des Vorbeifahrtpegels,“ *ETR - Eisenbahntechnische Rundschau*, Nr. 09, pp. 618-622, 2010.
- [16] A. Martens, J. Wedemann, N. Meunier und A. Leclere, „HIGH SPEED TRAIN NOISE - SOUND SOURCE LOCALIZATION AT FAST,“ unbekannt.
- [17] F. Krüger, Schall- und Erschütterungsschutz im Schienenverkehr, Renningen: expert-Verlag, 2006.
- [18] Lutzenberger, S., et al., Luftschall aus dem Schienenverkehr, Berlin: Springer Vieweg, 2017.
- [19] Umweltbundesamt (UBA), „Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms,“ Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2016.
- [20] E. (EBA), „Lärmaktionsplan Teil A an Haupteisenbahnstrecken des Bundes,“ Eisenbahnbundesamt, 2018.
- [21] Bundesamt für Justiz, *Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV)*, Bonn: Bundesministerium für Justiz, 2020.
- [22] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), „Lärmschutz im Schienenverkehr,“ Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Berlin, 2021.
- [23] D. N. AG, Interviewee, *Fachlicher Austausch zum Lärmsanierungsprogramm*. [Interview]. 18 05 2022.

- [24] S. Morant, „International Railway Journal,“ 11 March 2015. [Online]. Available: https://www.railjournal.com/in_depth/reducing-freight-wagon-noise-at-the-source/. [Zugriff am 11 02 2022].
- [25] TRANSIT Consortium, „Transit,“ 2020. [Online]. Available: <https://transit-prj.eu/>. [Zugriff am 13 10 2022].
- [26] Unfallversicherung Bund und Bahn, „Lärmschutzmaßnahmen für Triebfahrzeugführer und Lokrangierführer,“ BC GmbH Verlags- und Mediengesellschaft, Wiesbaden, 2016.
- [27] Isert et al., „Ingenieur.de, "Lärmmanagement abgestellter Züge",“ 01 01 2016. [Online]. Available: <https://www.ingenieur.de/fachmedien/laermbekaempfung/verkehrslaerm/laermmanagement-abgestellter-zuege/>. [Zugriff am 13 10 2022].
- [28] „SCI Verkehr GmbH, Institut für Zukunftstudien und Technologiebewertung, FH Aachen,“ Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), Köln, 2020.
- [29] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, *Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes*, Berlin: Bundesministerium für Digitales und Verkehr, 2022.
- [30] Möhler + Partner Ingenieure AG; ZEUS GmbH, *Evaluierung der Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms an Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes*, Dresden: Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt, 2022.
- [31] Sekisui Chemical GmbH, *Schienenstegdämpfer*.
- [32] Scossa-Romano, E.; Oertli, J., „Rail Dampers, Acoustic Rail Grinding, Low Height Noise Barriers,“ Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern, 2012.
- [33] Deutsche Bahn AG, „Lärmschutz - Der leisen Bahn gehört die Zukunft,“ Deutsche Bahn AG, Berlin, 2016.
- [34] Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), „Forschungsprojekt "Aufbau und Erprobung Innovativer Güterwagen" des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur,“ Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Frankfurt / Hamburg, 2019.
- [35] Hopf, Engelbert, „Digitale Revolution auf den Schienen - Güterzug der Zukunft auf Testfahrt durch Europa,“ 28 Februar 2022. [Online]. Available: <https://www.elektroniknet.de/automation/industrie-40-iot/gueterzug-der-zukunft-auf-testfahrt-durch-europa.194125.html>. [Zugriff am 28 Februar 2022].
- [36] G. T. D. Squicciarini, „Friction Management as a Sustainable Solution for Controlling Noise at the Wheel-Rail Interface,“ in *12TH INTERNATIONAL WORKSHOP ON RAILWAY NOISE, IWRN12*, Terrigal, 2013.
- [37] Zenda, Y., Nagakura, K., *Environmental quality standards and development of noise reduction technique for Shikansen railway*, Tokyo, 2004.
- [38] High Speed Two Ltd, „High Speed Two,“ High Speed Two Ltd, 20 07 2022. [Online]. Available: <https://www.hs2.org.uk/building-hs2/trains/>. [Zugriff am 10 10 2022].
- [39] ToyoDenki, „www.toyodenki.co.jp,“ TOYODENKI, [Online]. Available: <https://www.toyodenki.co.jp/en/products/transport/train/panto.php>. [Zugriff am 10 10 2022].
- [40] Koller, G.; Acosta, G., „Rail shielding technology - Fiel test on German railway track,“ in *inter.noise 2019*, Madrid, 2019.
- [41] Prose AG, „Akustisch optimierte Schienenzwischenlage,“ Prose AG, Winterthur, 2020.

- [42] ÖBB Infrastruktur AG, „UIC Lownoise pad“, *Global Railway Review*, Bd. 28, Nr. 02, pp. 9-11, 2022.
- [43] Europäische Kommission, „Research into enhanced tracks, switches and structures“, 25 April 2022. [Online]. Available: <https://cordis.europa.eu/project/id/730841>. [Zugriff am 30 Juni 2022].
- [44] Europäisches Parlament - Generaldirektion interne Politikbereiche, „Reduzierung der Lärmelastigung durch Schienenverkehr“, Europäisches Parlament, Brüssel, 2012.
- [45] Europäische Kommission, Generaldirektion Umwelt, „Assessment of potential health benefits of noise abatement measures in the EU“, Europäische Kommission, Brüssel, 2021.
- [46] Allianz pro Schiene e.V., „Sieben Schritte auf dem Weg zu einem leiseren Schienengüterverkehr“, Allianz pro Schiene e.V., Berlin, 2016.
- [47] Europäische Union (EU), „Reduzierung der Lärmbelastigung durch Schienenverkehr“, Europäische Union, Brüssel, 2012.
- [48] Internationaler Eisenbahnverband (UIC), „Managing noise from parked trains“, Internationaler Eisenbahnverband, Paris, 2014.
- [49] National Aeronautics and Space Administration (NASA), „Systems Failure Case Studies - Derailed“, März 2007. [Online]. Available: <https://sma.nasa.gov/docs/default-source/safety-messages/safetymessage-2007-05-01-eschedetraindisaster.pdf?sfvrsn=6>. [Zugriff am 17 Februar 2022].
- [50] Bracciali, A., Cervello, S., Gatti, P., „Acoustic effectiveness of damped wheels and impact on life-cycle cost of different typologies of passenger trains“, in *9th International Workshop on Railway Noise*, München, 2007.
- [51] DB Netz AG, „Innovative Maßnahmen zum Lärm- und Erschütterungsschutz am Fahrweg“, DB Netz AG, Frankfurt am Main, 2012.
- [52] *DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) 2019/774 DER KOMMISSION vom 16. Mai 2019 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1304/2014 in Bezug auf die Anwendung der tech. Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems "Fahrzeuge - Lärm" auf Bestandsgüterwagen*, 2019.
- [53] Essen, H., Fiorello, D., El Beyrouty, K., et al., „Europäische Kommission, Generaldirektion Mobilität und Verkehr“, 2020. [Online]. Available: <https://data.europa.eu/doi/10.2832/51388>. [Zugriff am 16 Februar 2022].
- [54] *Gesetz zum Verbot des Betriebs lauter Güterwagen (Schienenlärmschutzgesetz - SchlärmschG)*, 2017.
- [55] Europäische Union, *Vertrag über die Europäische Union*, Lissabon: Europäische Union, 2007.
- [56] Eisenbahn-Bundesamt, „Ausführungsbestimmungen des Eisenbahn-Bundesamtes zur Förderunrichtlinie TSI Lärm+ vom 6.Juli 2017 - Stand: 13.04.2018“, Eisenbahn-Bundesamt, Bonn, 2018.
- [57] M. S. O. B. Sica, *Noise Incentivisation for UK High Speed Train Procurement. International Workshop on Railway Noise IWRN13*, Shanghai, 2019.
- [58] HS2 Limited, „Trains“, HS2, 27 06 2022. [Online]. Available: <https://www.hs2.org.uk/building-hs2/trains/>. [Zugriff am 29 06 2022].
- [59] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, „Lärmvorsorge und Lärmsanierung an Schienenwegen“, [Online]. Available: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/schiene-laerm-umwelt-klimaschutz/laermvorsorge-und-laermsanierung.html>. [Zugriff am 09. Februar 2022].

- [60] DB Netze, „Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung, Maßnahmen zur Lärminderung,“ [Online]. Available: https://www.anbindung-fbq.de/files/images/fokusthemen/schallschutz/massnahmen_zur_laermsanierung.jpg. [Zugriff am 25. Januar 2022].
- [61] Eisenbahn-Bundesamt, „Harmonisierung des Lärmsanierungsprogramms mit der Lärmaktionsplanung,“ [Online]. Available: https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Laerm_an_Schienenwegen/Harmonisierung/harmonisierung_node.html. [Zugriff am 25. Mai 2022].
- [62] DB Netz AG, Interviewee, *Fachlicher Austausch AP3*. [Interview]. 18. Mai 2022.
- [63] Eisenbahn-Bundesamt, Interviewee, *Austausch Lärmsanierungsprogramm AP 3*. [Interview]. 19. Mai 2022.
- [64] Forschungs-Informationssystem, „Schallschutzwände und -wälle an Bahnstrecken,“ 7. November 2018. [Online]. Available: <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/49310/>.
- [65] DB Netz AG, „10 Schritte zum passiven Lärmschutz,“ [Online]. Available: <https://laermsanierung.deutschebahn.com/passiver-laermschutz-an-gebaeuden.html>. [Zugriff am 25. Juli 2022].
- [66] Eisenbahn-Bundesamt, „Finanzierung Lärmsanierung,“ [Online]. Available: https://www.eba.bund.de/DE/Themen/Finanzierung/Laermsanierung/laermsanierung_node.html. [Zugriff am 17. März 2022].
- [67] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, „Maßnahmen zur Lärmsanierung als Baustein der Lärminderung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes - Gesamtkonzept der Lärmsanierung, Stand Januar 2019“.
- [68] Deutscher Bundestag – Drucksache 18/3644 –, „Fortschreibung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes,“ 21. Januar 2015. [Online]. Available: <https://dserver.bundestag.de/btd/18/037/1803789.pdf>.
- [69] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, „Bundesministerium für Digitales und Verkehr,“ 31.03.2022. [Online]. Available: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/anlage-1-des-gesamtkonzepts-liste-der-sanierungsabschnitte-in-planung-in-bau-und-realisiert.html>. [Zugriff am 06.07.2022].
- [70] Deutsche Bahn AG, „Lärmschutz,“ [Online]. Available: <https://gruen.deutschebahn.com/de/strategie/strategie-laermschutz>. [Zugriff am 23. Juni 2022].
- [71] DB Netze, „Aktueller Stand der Lärmsanierung,“ *DVLV - 26. Tagung des Fachgremiums Bahn*, 12. Mai 2022.
- [72] Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung, „Evaluierung der Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms an Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes,“ 2022.
- [73] Bundesministerium der Finanzen, „Bundeshaushalt digital,“ [Online]. Available: <https://www.bundeshaushalt.de/DE/Bundeshaushalt-digital/bundeshaushalt-digital.html>. [Zugriff am 22. Juli 2022].
- [74] Deutsche Bahn AG, „Präqualifikation: Das Fundament einer sicherern Zusammenarbeit,“ [Online]. Available: <https://lieferanten.deutschebahn.com/lieferanten/Lieferant-werden/Praequalifikation/Das-Fundament-einer-sicheren-Zusammenarbeit-8121516>. [Zugriff am 07. Dezember 2022].
- [75] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, „Stufenplan Digitales Planen und Bauen,“ Berlin, Dezember 2015.

- [76] DB Netz AG, „Lärmsanierung - Fragen und Antworten,“ [Online]. Available: <https://www.laermsanierung.deutschebahn.com/fragen-und-antworten.html>. [Zugriff am 02. November 2022].
- [77] Bundesnetzagentur, „Marktuntersuchung Eisenbahnen 2020,“ Bonn, Januar 2021.
- [78] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, „Güterwägen werden leiser,“ 09. Februar 2022. [Online]. Available: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/schiene-laerm-umwelt-klimaschutz/gueterwagen-werden-leiser.html>. [Zugriff am 24. Oktober 2022].
- [79] Arup, „Beschleunigung des Lärmsanierungsprogramms und Weiterentwicklung des Lärmschutzes an der Schiene. AP 1 - Stand der Belastung durch Schienenverkehrslärm.,“ ENTWURF, 2022.
- [80] Statistisches Bundesamt (Destatis), „Mikrozensus - Haushalte und Familien,“ April 2022.

A.5 Gesetze, Verordnungen und Förderrichtlinien

Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes – überarbeitete Fassung 2022 –, Stand 19.05.2022

Ausführungsbestimmungen des Eisenbahn-Bundesamtes zur Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes, Stand 07.04.2020

Richtlinien für den Verkehrslärmschutz an Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes – VLärmSchR 97 -, Stand 27.05.1997

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG), Stand 31.08.2015

Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV), Stand 04.11.2020

Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung – 24. BImSchV), Stand 23.09.1997

Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, Stand 25.07.2019

Allgemeine Verwaltungsvorschriften zur Bundeshaushaltsordnung (VV-BHO), Stand 14.03.2011

Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG), Stand 03.12.2020

Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG), Stand 23.01.2003

Gesetz zur Beschleunigung von Investitionen, Stand 03.12.2020

A.6 Detaillierter Workflow Arbeitspaket 1

