



Lärmschutz

Einsatz von Schallminderungsmaßnahmen an bestehenden und neuen Eisenbahnbrücken im Netz der DB AG – Brückenleitfaden (Version 2018)

DB Netz AG

I.NVS4

Frankfurt am Main

01.10.2018

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Vorwort	3
2 Einleitung	3
3 Anwendungsbereich	3
4 Begriffe	3
5 Grundlagen und maßgebende Regelwerke	6
5.1 Entstehung, Messung und Bewertung des Brückendröhnens	6
5.2 Einflussfaktoren auf die Schallabstrahlung von Brücken	6
5.3 Gesetzliche Regelungen und Regelwerke	8
6 Aus akustischer Sicht kritische Bauarten und Bauteile von Brücken	10
6.1 Vollwandträgerbrücke	10
6.2 Hohlkastenbrücke	11
6.3 Fachwerkbrücke	11
7 Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhnens	12
7.1 Unterschottermatten	12
7.2 Besohlte Schwellen	13
7.3 Hochelastische Schienenbefestigungen	13
7.4 Brückendämpfer / Dämpfungsfolien	13
8 Maßnahmen zur Reduktion des Rollgeräusches auf Brücken	14
8.1 Schallschutzwände	14
8.2 Geländerausfachungen	14
8.3 Schienenstegdämpfer und Schienenstegabschirmungen	15
9 Wirkung kombinierter Maßnahmen	16
10 Auswahl und Anpassung einer Minderungsmaßnahme	16
10.1 Grundsätzliches Vorgehen zum Einsatz von Schallminderungsmaßnahmen	16
10.2 Notwendigkeit einer Schallschutzmaßnahme	17
10.3 Auswahl geeigneter Maßnahmen	17
10.4 Anpassung der Schallschutzmaßnahme	18
10.5 Berücksichtigung von Besonderheiten	19
11 Dokumentation von Maßnahmen	20
Anhang 1: Zuordnung von Brückentypen nach SAP R3 zu den Konstruktionsarten	21
Anhang 2: Notwendigkeit einer Schallschutzmaßnahme (Beispiel)	22
Anhang 3: Überlagerung der Schienenverkehrsgeräusche durch sonstige Geräusche	24
Anhang 4: Formblatt für die Dokumentation von Minderungsmaßnahmen	34

1 Vorwort

Der Brückenleitfaden wurde erstellt im Rahmen des durch das Ministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) geförderten Projektes ZIP Brückenleitfaden. Die Ansprechpartnerin für Fragen zum Brückenleitfaden ist:

Dr. Dorothee Stiebel
Akustik und Erschütterungen
DB Systemtechnik GmbH
Völckerstraße 5
80939 München
Telefon: 089-1308-7630
Mail: dorothee.stiebel@deutschebahn.com

2 Einleitung

Die Schallabstrahlung von Eisenbahnbrücken beruht darauf, dass die Brückenkonstruktion während der Überfahrt eines Zuges Luftschall abstrahlt. Diese im Vergleich zum Rollgeräusch der Züge tendenziell niederfrequente Lärmkomponente, auch als Brückendröhnen bezeichnet, kann von Anwohnern als besonders belästigend empfunden werden. Schallschutzwände schirmen nur das seitlich abgestrahlte Rollgeräusch aber nicht das Brückendröhnen ab. Schallschutzfenster mindern aufgrund ihrer frequenzabhängigen Wirkung – hochfrequente Geräusche werden besser gedämmt – den von der Brücke abgestrahlten Schall in der Regel ebenfalls nicht ausreichend. Im ungünstigsten Fall kann sich die Belästigung durch das Brückendröhnen durch die Verminderung des Rollgeräuschs und damit der Änderung des Geräuschcharakters sogar erhöhen. Zur Reduktion des Brückendröhnens werden daher heute überwiegend elastische Elemente im Bereich des Oberbaus eingesetzt, allerdings existieren auch Maßnahmen, die die Brückenkonstruktion direkt betreffen.

Neben dem Brückendröhnen kann auch das Rollgeräusch der Züge auf einer Brücke ein Problem darstellen. Dies gilt insbesondere bei Brücken mit offenen Fahrbahnen, die eine Abstrahlung des Rollgeräusches nach unten ermöglichen, sowie bei Brücken in Innenstädten, bei denen das Rollgeräusch der Züge entlang der Straßenachsen relativ weit übertragen werden kann. Auch hierfür liegen heute Minderungsmaßnahmen vor.

3 Anwendungsbereich

Der vorliegende Leitfaden zeigt mögliche Vorgehensweisen beim Neubau, bei der Erneuerung sowie bei der Instandsetzung einer Eisenbahnbrücke zur Reduktion des Brückendröhnens bzw. des Rollgeräusches der Züge auf der Brücke auf. Darüber hinaus werden Kriterien für die Notwendigkeit von Maßnahmen definiert. Der Leitfaden soll den Planer bei der Auslegung von Schallminderungsmaßnahmen im Bereich von Eisenbahnbrücken unterstützen.

4 Begriffe

In der folgenden Tabelle werden die wesentlichen Begriffe erläutert. Die Erläuterungen wurden dabei teilweise aus den Richtlinien [1, 2] übernommen.

Begriff	Erläuterung
Anwendererklärung	Mit einer Anwendererklärung bescheinigt ein Eisenbahninfrastrukturunternehmen, dass ein neuartiges → Bauprodukt oder eine neue → Bauart in seinem Zuständigkeitsbereich eingesetzt werden darf. Eine Anwendererklärung kann auch dann erforderlich sein, wenn für das Bauprodukt oder

	die Bauart bereits eine eisenbahnspezifische Zulassung oder Zulassung zur Betriebserprobung des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) vorliegt.
Bauart	Zusammenfügen von →Bauprodukten zu baulichen Anlagen oder Teilen davon (nach VV BAU [3], dort zusätzliche Erläuterungen).
Bauprodukte	Sind Baustoffe, Bauteile und Anlagen, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen eingebaut zu werden oder aus Baustoffen und Bauteilen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden (z.B. Fertighäuser, Fertiggaragen, Silos) (nach VV BAU [3]).
Besohlte Schwelle	Betonschwelle, die eine flächige elastische Unterlage unter der Schwelle besitzt, die kraftschlüssig mit ihre verbunden ist
Brücke	→Tragwerk zur Überführung von Verkehrswegen oder Leitungen über Hindernisse. Eine Brücke besteht i.d.R. aus ein- oder mehrteiligen →Überbauten und →Unterbauten, wobei die Lasten aus dem Überbau i.d.R. über Lager in die Unterbauten abgetragen werden. Eine Brücke kann aber auch als Rahmentragwerk oder als Gewölbebrücke ohne Lager ausgeführt werden.
Brückendämpfer	Masse-Feder-Dämpfer-Systeme, die an schallabstrahlende Brückenteile angebracht werden und dort durch Umwandlung von Schwingungsenergie in Wärmeenergie die Schwingungen der Brückenteile und damit auch das →Brückendröhnen reduzieren.
Brückendröhnen	Während der Überfahrt einer Eisenbahnbrücke werden am Rad-Schiene-Kontakt Schwingungen erzeugt. Diese werden über den Oberbau in die Brückenkonstruktion eingeleitet. Die dadurch zum Schwingen angeregte Brücke strahlt hörbaren Luftschall im Bereich von 40 bis 500 Hz ab.
Brückenschwellen	Bahnschwellen in der Regel aus Holz für schotterlose Stahlbrücken.
Brückenzuschlag	Maß für die Schallabstrahlung einer Brücke, gebildet aus der Differenz der Z-bewerteten Luftschallpegel gemessen während der Vorbeifahrt von Regelzügen an einem Messpunkt (typischerweise 7,5 m bzw. 25 m neben der Gleismitte und in 1,2 m bzw. 3,5 m über Schienenoberkante) neben der Brücke und neben der freien Strecke
Eigenfrequenz	Schwingungsfrequenz eines schwingungsfähigen Systems, das zu freien Schwingungen angeregt wird.
Einfügedämmung	Kenngröße zur Beschreibung der Minderung eines Signals durch eine Maßnahme im Ausbreitungsweg, hier: Minderung des Luftschalls an einem Punkt z. B. 25 m von Gleismitte und 3,5 m über Schienenoberkante neben der Brücke durch Einbau einer Maßnahme zur Reduktion des Rollgeräusches bzw. Minderung des → Brückenzuschlages durch Einbau einer Maßnahme zur Reduktion des → Brückendröhrens.
Eisenbahnbrücke	→Tragwerke zur Überführung von Eisenbahnfahrzeugen über Hindernisse (→Brücke). Eisenbahnbrücken im Sinne dieser Richtlinie sind Bauwerke mit Überbauten auf Lagern oder mit Gelenken ab 2,00 m Stützweite sowie Bauwerke mit Überbauten ohne Lager oder Gelenke ab 2,00 m lichter Weite (vgl. Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung II („LuFV II“) [4]).
Erneuerung	Bauliche Maßnahmen zum Austausch einer →Brücke oder eines Teils der Brücke (→Überbau, →Unterbau)
Feste Fahrbahn	Oberbaukonstruktion, bei der die lastabtragende Funktion des Gleisschotter durch gebundene Materialien ersetzt wird (s.a. Modul 820.2020 [5]).
Geländerausfachung	Schallminderungsvorrichtung, die im Bereich der Brückengeländer angebracht wird und die freie Ausbreitung des von Eisenbahnen ausgehenden Luftschalls vermindert.
Inspektion	Begutachtung des bautechnischen Ist-Zustandes eines Bauwerks einschließlich weitergehender Erkundung- und Überwachungsmaßnahmen

Instandhaltung	Gesamtheit aller Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes eines technischen Systems sowie zur Bewahrung und Wiederherstellung des Soll-Zustandes. Instandhaltung ist der Oberbegriff für →Inspektion, →Wartung und →Instandsetzung.
Instandsetzung	Bauliche Maßnahme zur Wiederherstellung des Soll-Zustandes
Oberbau	Einrichtungen und Bauelemente, die der Lastübertragung und der Spurführung dienen.
Parametrische Anregung	Geschwindigkeitsabhängige Anregung aufgrund von Steifigkeitsunterschieden des Gleises, z. B. Anregung im Frequenzbereich der geschwindigkeitsabhängigen Schwellenfachfrequenz aus der Überfahrt des Zuges über die Schwellenfächer.
Resonanz	Übereinstimmung der Erregerfrequenz mit einer Eigenfrequenz bei einem schwingungsfähigen System.
Schallschutzwand	Schallminderungsvorrichtung, welche die freie Ausbreitung des von Eisenbahnen ausgehenden Luftschalls zum Teil verhindert und spezielle Vorgaben für die Schalldämmung und die Schallabsorption nachweislich einhalten.
Stützweite	In der Regel Strecke zwischen den Schnittpunkten der Brückenachse und zwei benachbarten Auflagerachsen eines Überbaus.
Tragwerk	Sammelbegriff für Tragkonstruktionen. Ein Tragwerk kann z.B. eine →Brücke sein.
Überbau	Einteilige oder mehrteilige Tragkonstruktion über ein oder mehrere Felder, i.d.R. auf Lagern gelagert.
Überschüttetes Bauwerk	Tragwerk, dessen Konstruktionsoberkante bei durchgeführtem Schotterbett mehr als 0,60 m unter Oberkante Schwelle liegt.
Unterbauten	Sammelbegriff für Widerlager, Stützen und Pfeiler, einschließlich Gründung.
Unternehmensinterne Genehmigung (UiG)	Unternehmensinterne Genehmigungen (UiG) sind in der Regel erforderlich, wenn von den Anerkannten Regeln der Technik (also z.B. dem DB-Regelwerk) abgewichen werden soll (§ 2 Abs. 2 EBO). Sie betreffen Regelungen, durch die die Gebrauchstauglichkeit, die Dauerhaftigkeit sowie die Wirtschaftlichkeit für Herstellung, Inspektion und Instandhaltung berührt werden.
Unterschottermatte	Flächige elastische Unterlage unter dem Schotter.
Wartung	Maßnahmen zur Bewahrung des Soll-Zustandes eines Bauwerks zwischen Herstellung und Instandsetzung.
Zustimmung im Einzelfall (ZiE)	Zustimmungen im Einzelfall (ZiE) betreffen Regelungen, durch die die Sicherheit des Eisenbahnbetriebes und der Eisenbahnbetriebsanlagen sowie die übrige öffentliche Sicherheit und Ordnung berührt werden. Sie sind in der Regel erforderlich, wenn von den Anerkannten Regeln der Technik abgewichen werden soll (§ 2 Abs. 2 EBO). Zustimmungen im Einzelfall werden von der Bauaufsichtsbehörde, für den Bahnbereich vom EBA auf Antrag erteilt, dem i.d.R. eine →unternehmensinterne Genehmigung (UiG) beizufügen ist.

5 Grundlagen und maßgebende Regelwerke

5.1 Entstehung, Messung und Bewertung des Brückendröhns

Während der Überfahrt eines Zuges über eine Eisenbahnbrücke werden am Rad-Schiene-Kontakt Schwingungen generiert, die über den Oberbau in die Brückenkonstruktion eingeleitet werden. Als Folge wird die Brücke zu Schwingungen angeregt und strahlt dabei Luftschall ab. Dieses vor allem im Frequenzbereich zwischen 40 Hz und 500 Hz zusätzlich zum Rollgeräusch auftretende Brückendröhnen kann von Anwohnern als sehr belästigend empfunden werden.

Zur Darstellung des Brückendröhns werden Messungen der Z-bewerteten Schalldruckpegel¹ an der Brücke und der angrenzenden freien Strecke während der Vorbeifahrt mehrerer Züge durchgeführt. Die Differenz der gemittelten Luftschallpegel wird als Brückenzuschlag bezeichnet und muss für jede Zugart und Zuggeschwindigkeit getrennt dargestellt werden. Eine typische Messposition befindet sich 25 m seitlich der Gleismitte und 3,5 m über Schienenoberkante.

Als Beispiel zeigt **Abbildung 1** Messergebnisse an einer stählernen Hohlkastenbrücke mit Schotterbett. Das Maximum im Schalldruckpegel neben der Brücke, das im vorliegenden Beispiel bei 63 Hz auftritt, kann dem Brückendröhnen zugeordnet werden. Das Maximum oberhalb von 1000 Hz gehört zum Rollgeräusch. Werden aus den Schalldruckpegel-Spektren die Summenpegel an der Brücke und an der freien Strecke gebildet, ergibt sich im Beispiel ein Brückenzuschlag von 7 dB, d. h. die Vorbeifahrt des Zuges an der Brücke ist 7 dB lauter als die Vorbeifahrt an der angrenzenden freien Strecke.

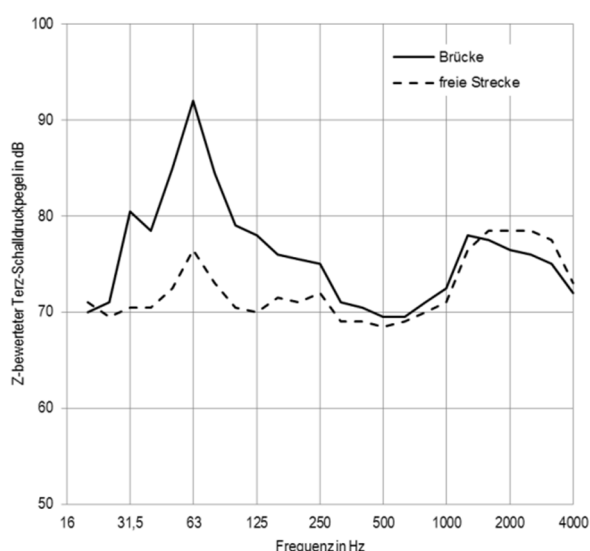


Abbildung 1: Luftschall 25 m seitlich einer stählernen Hohlkastenbrücke mit Schotterbett bzw. der angrenzenden freien Strecke, bei Überfahrt von Fernverkehrsziigen mit einer Geschwindigkeit von 140 km/h

Insgesamt sind Stahlbrücken im Mittel akustisch auffälliger als Brücken mit massiver Fahrbahnplatte². Besonders laut sind direkt befahrene Stahlbrücken, bei denen die Schienen direkt oder über Schwellen bzw. Brückenbalken auf die Brückenkonstruktion aufgebracht sind. Aber auch zwischen Brücken gleicher Bauart können deutliche Unterschiede in der Schallabstrahlung auftreten. Diese können auf (auch geringfügige) Unterschiede in den Konstruktionen zurückgeführt werden.

5.2 Einflussfaktoren auf die Schallabstrahlung von Brücken

Das Brückendröhnen wird maßgeblich durch die Schwingungsanregung beeinflusst. Die wesentlichen Anregungsmechanismen sind die Anregung aufgrund von Eigenschwingungen aus den Bereichen Drehgestell / Wagenkasten bzw. Drehgestell / Oberbausystem sowie die parametrische

¹ Der unbewertete Luftschallpegel entspricht dem in der DIN 61672-1 (Juli 2014) beschriebenen Z-bewerteten Luftschallpegel.

² Unter einer massiven Fahrbahnplatte wird hier eine Fahrbahnplatte aus Beton verstanden.

Anregung infolge der geschwindigkeitsabhängigen Schwellenfachfrequenz (basierend auf der Überfahrt des Zuges über die Schwellenfächer). Aber auch Anregungen aufgrund von Schlupfwellen bzw. von Gleislagefehlern können eine Rolle spielen.

Neben der Schwingungsanregung ist vor allem die Brückenkonstruktion für das Brückendröhnen von Bedeutung. Für die weiteren Ausführungen zum Einfluss der Brückenkonstruktion sollen die in **Abbildung 2** dargestellten Begriffe verwendet werden.

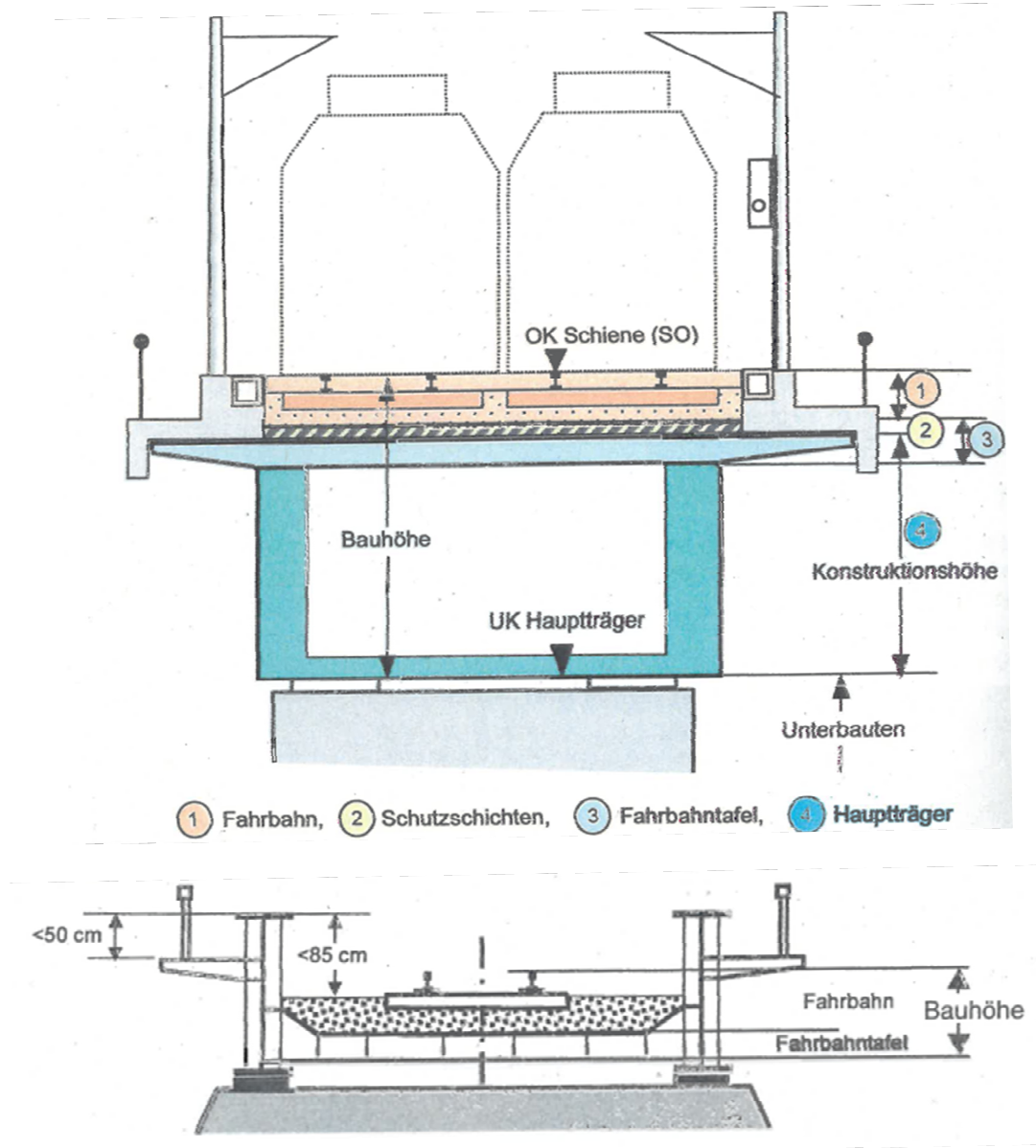


Abbildung 2: Erläuterung der Begriffe Fahrbahn, Hauptträger, Bauhöhe, Konstruktionshöhe, ... [6]

Ein wesentlicher Faktor für die Schallabstrahlung der Brücke ist die Eingangsimpedanz der Fahrbahnplatte (entspricht in der **Abbildung 2** der Fahrbahnplatte). Bei Überfahrt desselben Zuges mit derselben Geschwindigkeit werden dynamisch eher weich konstruierte stählerne Fahrbahnplatten deutlich stärker angeregt als stark versteifte stählerne Fahrbahnplatten bzw. massive Fahrbahnplatten. Dies ist einer der Gründe, warum Stahlbrücken ein deutlich höheres Brückendröhnen abstrahlen als Brücken mit massiver Fahrbahn.

Das Brückendröhnen ist dann besonders ausgeprägt, wenn die anregenden Frequenzen mit den Eigenfrequenzen der schallabstrahlenden Brückenteile (z. B. der Fahrbahnplatten und der Längsträger) zusammenfallen. Da die Anregungsfrequenz von der Zuggeschwindigkeit abhängt, kann bei einer speziellen Zuggeschwindigkeit das Brückendröhnen stärker sein als bei niedrigeren bzw. höheren Geschwindigkeiten. Als Ergebnis kann sich eine dominante Eigenfrequenz des Brückendröhrens ausbilden.

Der Oberbau beeinflusst ebenfalls das Brückendröhnen. So führt die Anwesenheit eines Schotterbettes zu einer reduzierten Schwingungsübertragung in die Brücke sowie zu einer Dämpfung der Fahrbahnplatte und damit auch zu einem geringeren Brückendröhnen. Ferner kann das Einbringen einer Festen Fahrbahn auf eine Brücke das Brückendröhnen deutlich mindern.

Elastische Elemente im Oberbau haben einen wesentlichen Einfluss auf das Brückendröhnen. Dabei ist zu beachten, dass die Wirkung der Maßnahme frequenzabhängig ist. Im hochfrequenten Bereich führen die elastischen Elemente zu einer Entkopplung von Schiene und Fahrbahnplatte, so dass Schwingungen nicht mehr in die Brückenkonstruktion übertragen werden können. Im mittleren Frequenzbereich tritt dagegen eine Resonanzfrequenz des schwingungsfähigen Systems auf, hier ist die Wirkung der Elastizität gering oder sogar negativ. Bei tiefen Frequenzen wird häufig wiederum eine positive Wirkung beobachtet. Dies ist auf eine Reduktion der parametrischen Anregung sowie auf eine verbesserte Gleislage zurückzuführen. Aufgrund ihrer Frequenzabhängigkeit wird die Wirkung einer Maßnahme als frequenzabhängige Einfügedämmung, gebildet aus der Differenz der Z-bewerteten Luftschallpegel-Spektren neben der Brücke ohne und mit Minderungsmaßnahme, dargestellt.

Eine gute Wirkung des elastischen Elements ist gegeben, wenn die dominante Frequenz des Brückendröhnens im Bereich der Entkopplung liegt, ansonsten ist seine Wirkung geringer. Daher müssen elastische Elemente an das vorhandene Brückendröhnen angepasst werden.

Die frequenzabhängige Wirkung eines elastischen Elements im Oberbau hängt von mehreren Faktoren ab. Zunächst sind die Steifigkeiten der betrachteten Elastizität und die Masse oberhalb der Elastizität von Bedeutung. Je geringer die Steifigkeit und je höher die Massen oberhalb der Elastizität, desto höher ist die Wirkung des elastischen Elements im hochfrequenten Bereich und desto niedriger ist die Resonanzfrequenz. Weiterhin ist eine Wirkung umso größer, je höher die Eingangsimpedanz unterhalb der Elastizität ist.

Die unter Kapitel 7 und Kapitel 10.4 genannten Materialparameter und Einbaubedingungen der Minderungsmaßnahmen ermöglichen trotz des frequenzabhängigen Verhaltens eine wirkungsvolle Reduktion des Brückendröhnens.

5.3 Gesetzliche Regelungen und Regelwerke

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [7] behandelt schädliche Umwelteinwirkungen durch Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder Nachbarschaft herbeizuführen. Hierzu gehören auch Geräusche aus dem Schienenverkehr. Beim Neubau oder einer wesentlichen Änderung von Schienenwegen ist daher sicherzustellen, dass durch diese keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche hervorgerufen werden können, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Dies gilt, soweit die Kosten der Schutzmaßnahmen nicht außer Verhältnis zum angestrebten Schutzzweck stehen.

Die wesentlichen Regelungen sind in der Verkehrslärmschutz-Verordnung (16. BImSchV) [8] sowie der Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmen-Verordnung (24. BImSchV) [9] enthalten. Sie bilden die gesetzliche Grundlage für den Lärmschutz im Rahmen der sogenannten „Lärmvorsorge“, also der vorbeugenden Vermeidung von Entstehung und Ausbreitung von Verkehrsgeräuschen bei dem Neubau oder der wesentlichen Änderung von Verkehrswegen.

Der vom Eisenbahn-Bundesamt (EBA) erstellte Umweltleitfaden stellt die gesetzlichen Regelungen und die wesentlichen aus der Rechtsprechung resultierenden Regelungen dar, dabei wird auch die Prüfung auf Lärmvorsorgeansprüche beschrieben [10].

In der Anlage 2 der 16. BImSchV werden die Regelungen für die Berechnung der Beurteilungspegel bei Schienenwegen in einer ausführlichen Berechnungsvorschrift [8] festgelegt. Auf Basis dieser als „Schall 03“ bezeichneten Berechnungsvorschrift sind bei Neu- und Ausbaustrecken schalltechnische Untersuchungen durchzuführen. Dabei müssen für Eisenbahnbrücken, die nicht als überschüttete Bauwerke ausgeführt sind, abhängig vom Brücken- und Oberbautyp die in der **Tabelle 1** dargestellten mittleren Brückenzuschläge (in der Schall 03 als Brücken- und Fahrbahnkorrektur K_{Br} bezeichnet) berücksichtigt werden. In der Tabelle befindet sich auch die Pegelkorrektur K_{LM} für Schallschutzmaßnahmen an Brücken (derzeit anerkannt sind akustisch wirksame Unterschottermatten und hochelastische Schienenbefestigungen, s. auch Kapitel 7).

Tabelle 1: Brücken- und Fahrbahnkorrektur (K_{Br}) nach Schall 03 und Pegelkorrektur für Schallschutzmaßnahmen an Brücken (K_{LM}) [8]

Brücken- und Fahrbahnart		K_{Br}	K_{LM}
1	Direkt befahrene Brücke mit stählernem Überbau	12 dB	-6 dB
2	Brücke mit stählernem Überbau und Schwellengleis im Schotterbett	6 dB	-3 dB
3	Brücke mit massiver Fahrbahnplatte oder mit besonderem stählernem Überbau und Schwellengleis im Schotterbett	3 dB	-3 dB
4	Brücke mit fester Fahrbahn	4 dB	

Für die Zuordnung der Brücken zu den Kategorien der Schall 03 kann der Entscheidungsbaum in **Abbildung 3** verwendet werden. Die Zuordnung der Brücken zu den Massivbrücken, den Stahlkonstruktionen mit massiver Fahrbahn und den Stahlkonstruktionen ohne massive Fahrbahn erfolgt nach **Anhang 1**.

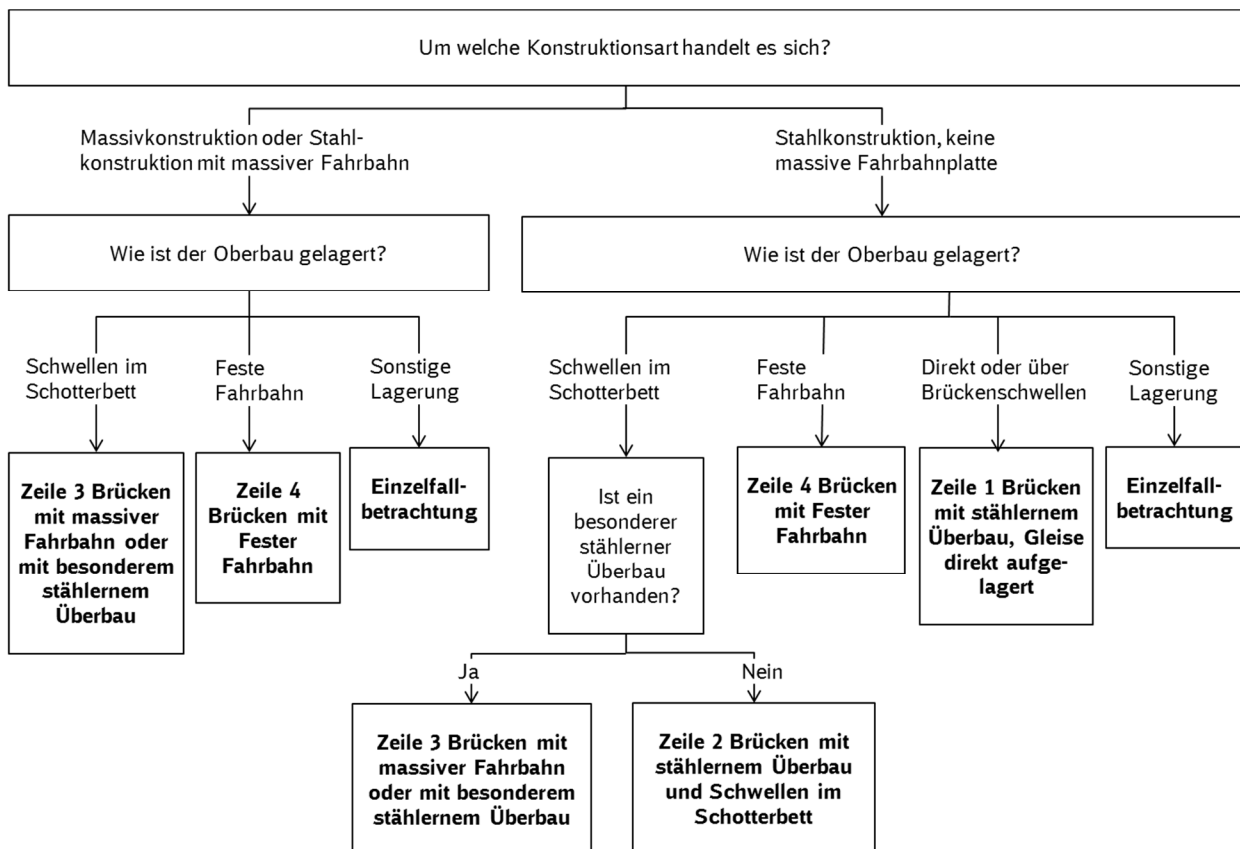


Abbildung 3: Entscheidungsbaum für die Zuordnung von Brücken zu den Brücken- und Oberbaukategorien nach Schall 03

Ein „besonderer stählerner Überbau“ nach Zeile 3 der **Tabelle 1** ist z.B. eine Vollwandträgerbrücke mit dickem Fahrbahnblech (ohne Querversteifungen) nach Modul 804.4101 [11]. Sind die in Kapitel 6.1 des Brückenleitfadens genannten weiteren Anforderungen an die Konstruktion erfüllt, handelt es sich um eine lärmarme Brückenkonstruktion, die hinsichtlich des Schallschutzes wie eine Massivbrücke eingestuft ist.

Wird beim Neubau oder einer wesentlichen Änderung von Schienenwegen in einer schalltechnischen Untersuchung eine Überschreitung der in der 16. BImSchV festgelegten Grenzwerte prognostiziert, sind mittels Berechnungen unter Berücksichtigung der in **Tabelle 1** dargestellten Pegelkorrekturen K_{BR} und K_{LM} Minderungsmaßnahmen zu planen. Zur Reduktion des Brückendröhnens können dabei auf direkt befahrenen Stahlbrücken hochelastische Schienenbefestigungen mit einer Minderungswirkung von 6 dB und auf Brücken mit Schotteroberbau Unterschottermatten mit einer Minderungswirkung von 3 dB angesetzt werden. Befindet sich eine Schallschutzwand auf einer Brücke nach **Tabelle 1**, Zeile 1 bis 3, sind Schallschutzmaßnahmen mit einer Mindestwirksamkeit nach **Tabelle 1** unbedingt erforderlich. Minderungsmaßnahmen müssen dann eingebaut werden,

wenn die Maßnahmen aufgrund der durchgeführten Nutzen-Kosten-Berechnung als verhältnismäßig bewertet werden (siehe Kapitel 10.1). In aller Regel erfolgt dies anhand einer Betrachtung der Kosten-pro-gelösten-Schutzfall. Ausnahmsweise können im Rahmen der Abwägung aber auch andere abwägungsrelevante Belange berücksichtigt werden, wenn sie von erheblichem Belang sind und die Schutzpflichten aus §§ 41, 42 BImSchG in Verbindung mit der 16. BImSchV überwiegen (siehe auch [10]).

Bei einer Erneuerung oder Instandsetzung einer Brücke ohne wesentliche Änderung des Verkehrsweges (im Sinne des BImSchG) gelten die o.g. Regelungen der Lärmvorsorge nicht. Eine schalltechnische Untersuchung nach 16. BImSchV ist daher nicht erforderlich. Trotzdem sollten aber geeignete und angemessene Maßnahmen zur Reduktion der Schallabstrahlung im Bereich der Brücke nach Prüfung im Einzelfall umgesetzt werden.

6 Aus akustischer Sicht kritische Bauarten und Bauteile von Brücken

Das Streckennetz der DB AG umfasst rund 25.000 Eisenbahnbrücken. Davon besitzen 90 % der Brücken eine Stützweite von maximal 25 m, wobei der größte Teil Gewölbe-, Walzträger-in-Beton (WiB)- und Stahlbeton-Brücken sind. Der Anteil der Stahlbrücken steigt bei größer werdenden Stützweiten deutlich an (s. **Abbildung 4**).

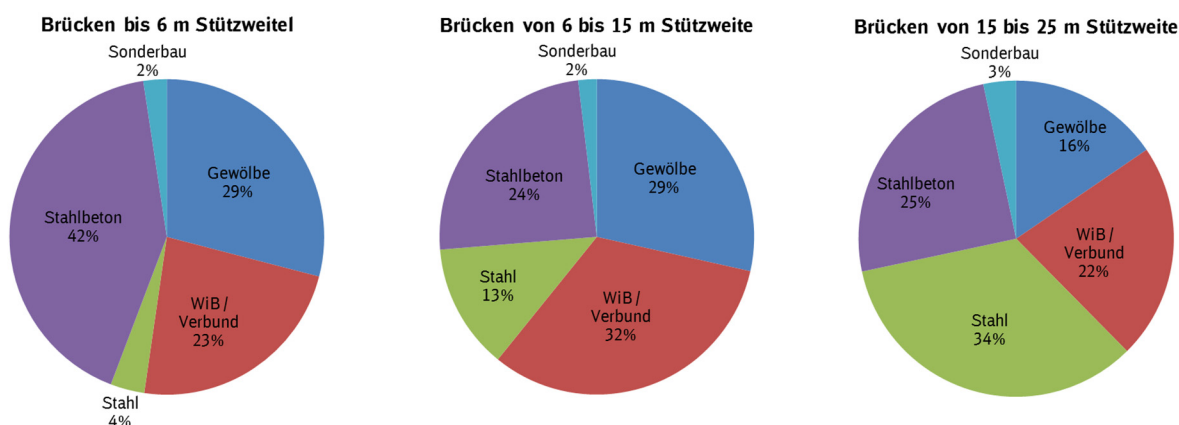


Abbildung 4: Abhängigkeit der Brückentypen von der Stützweite

Ohne Berücksichtigung der Stützweite sind bei den Stahlbrücken mit Schotterbett Vollwandträgerbrücken mit Trogquerschnitt (62% aller Stahlbrücken mit Schotterbett), Vollwandträgerbrücken mit Hutquerschnitt (15% aller Stahlbrücken mit Schotterbett) und Hohlkastenbrücken (10 % aller Stahlbrücken mit Schotterbett) die am häufigsten auftretenden Brückenkonstruktionen. Bei den direkt befahrenen Stahlbrücken dominieren Vollwandträgerbrücken mit offener Fahrbahn (48 % aller direkt befahrenen Stahlbrücken), Vollwandträgerbrücken mit Trogquerschnitt (16 % aller direkt befahrenen Stahlbrücken) und Parallel-Fachwerkbrücken mit untenliegender Fahrbahn (13 % aller direkt befahrenen Stahlbrücken).

Da Stahlbrücken aus akustischer Sicht deutlich auffälliger und mit einem höheren Brückenzuschlag bzw. Pegelkorrektur für Brücken (K_{Br}) beaufschlagt sind als Brücken mit massiver Fahrbahn, werden diese im Weiteren ausführlicher betrachtet.

6.1 Vollwandträgerbrücke

Bei der Überfahrt eines Zuges über eine Vollwandträgerbrücke (Trog- bzw. Hutquerschnitt) erfolgt die seitlich der Brücke hörbare Schallabstrahlung überwiegend von den Stegblechen der Längsträger. Dabei spielen die Eigenfrequenzen der unversteiften Stegblechfelder eine wichtige Rolle. Bei Vollwandträgerbrücken mit Schotteroberbau zeigten sich in der Vergangenheit häufig dominante Eigenfrequenzen des Brückendröhnens zwischen 63 Hz und 80 Hz. Allerdings kann bei kleineren Stegblechfeldern bzw. einer größeren Blechdicke die Eigenfrequenz der Stegbleche und damit die

dominante Frequenz des Brückendröhns zu höheren und damit für den Anwohner tendenziell weniger störenden Frequenzen verschoben werden.

Neben der Schallabstrahlung durch die Stegbleche der Längsträger kann auch (falls vorhanden) die Fahrbahnplatte der Brücke zu einer Schallabstrahlung der Brücke nach unten führen. Auch dabei spielen vor allem die Eigenfrequenzen der unversteiften Fahrbahnplattenfelder für die Schallabstrahlung eine Rolle. An einer reflektierenden Fläche wie z. B. einer Straße oder einem Fluss kann zudem der von der Fahrbahnplatte nach unten abgestrahlte Schall in die Umgebung gestreut werden.

Ein vorhandener Schotteroberbau dämpft bei einer Vollwandträgerbrücke die Fahrbahnplatte und (zumindest teilweise) die Stegbleche der Längsträger. Dabei reduzieren sich vor allem die höherfrequenten Anteile des Brückendröhns, aber auch das Brückendröhnen zwischen 63 Hz und 80 Hz kann reduziert werden.

Die vorliegenden Erkenntnisse lassen sich auf die im Modul 804.4101 [11] unter Kapitel 2.8 beschriebene Vollwandträgerbrücke mit dickem Fahrbahnblech (ohne Querversteifungen) und einer Länge bis ca. 20 m übertragen. Sollen diese Vollwandträgerbrücken lärmarm gestaltet werden, muss die Fahrbahnblechdicke mindestens 100 mm betragen. Ferner müssen die Stegbleche der Längsträger steif ausgelegt werden, so dass die Eigenfrequenzen oberhalb von 500 Hz liegen. Bei einer Stegblechhöhe von 0,7 m kann das durch eine Stegblechdicke von 30 mm und einem Abstand der Versteifungen von 0,5 m erreicht werden. Außerdem muss das Schotterbett einen möglichst vollflächigen Kontakt zur Fahrbahnplatte und zu den Stegblechen des Längsträgers besitzen. Werden die genannten Bedingungen eingehalten, erfolgt eine Einordnung der Dickblechbrücke zu den Brücken mit besonderem stählernem Überbau und Schwellengleis im Schotterbett mit einer Pegelkorrektur von $K_{Br} = 3$ dB [12].

Aber auch bei Vollwandträgerbrücken, deren Fahrbahnplatte mit Quer- bzw. Längssteifen ausgestattet sind, ergibt sich durch eine Erhöhung der Eigenfrequenz der Stegbleche des Längsträgers auf eine Frequenz oberhalb von 500 Hz und einem möglichst vollflächigen Kontakt des Fahrbahn- und Längsträgerbleches mit dem Schotterbett eine aus akustischer Sicht günstigere Brückenkonstruktion. Auch wenn keine pauschale Zuordnung zu den Brücken mit besonderem Überbau möglich ist, kann die Einhaltung der Vorgaben zu einer deutlich geringeren Belästigung und damit auch zu einer höheren Akzeptanz von Seiten der Anwohner führen.

6.2 Hohlkastenbrücke

Bei Hohlkastenbrücken mit Schotteroberbau strahlen die Längsträger- und die Bodenbleche Schall ab. Auch hier spielen deren Eigenfrequenzen eine entscheidende Rolle. Bereits in den 80er Jahren wurden für diesen Brückentyp Vorgaben für lärmarme Brücken erstellt.

Bei der Konstruktion muss darauf geachtet werden, dass das Fahrbahnfeld zwischen zwei Quersteifen eine erste Eigenfrequenz von mindestens 270 Hz und die Einzelfelder zwischen zwei Längssteifen eine erste Eigenfrequenz von mindestens 450 Hz aufweisen. Die Stegbleche der Längsträger von Hohlkastenbrücken sind möglichst weich, d.h. mit einer Eigenfrequenz unter 30 Hz auszulegen. Alternativ sollen sie so steif wie möglich, d.h. mit der ersten Eigenfrequenz zwischen 150 Hz und 250 Hz ausgeführt werden. Das Bodenblech von Hohlkastenbrücken ist so weich wie möglich auszulegen, wobei seine Eigenfrequenz nicht mit der Eigenfrequenz der Längsträger übereinstimmen darf. Es wird empfohlen, die Eigenfrequenz des Bodenblechs um ca. 10 % bis 20 % geringer zu wählen als die Eigenfrequenz des Stegbleches des Längsträgers. Eine steifere Auslegung des Bodenbleches im Vergleich zu den Stegblechen ist ebenfalls möglich. Werden die Längsträger weich ausgelegt, soll die erste Biegeeigenfrequenz des Überbaus drei- bis viermal kleiner als die tiefste Eigenfrequenz der Längsträger sein, um eine gegenseitige Beeinflussung der beiden Eigenfrequenzen zu vermeiden. Formeln für die Berechnung aller genannten Eigenfrequenzen sind in [13] zu finden. Auch wenn keine pauschale Zuordnung zu den Brücken mit besonderem Überbau möglich ist, kann die Einhaltung der Vorgaben zu einer deutlich geringeren Belästigung und damit auch zu einer höheren Akzeptanz von Seiten der Anwohner führen.

6.3 Fachwerkbrücke

Bei der Überfahrt eines Zuges über direkt befahrene Fachwerkbrücken strahlt überwiegend das Fachwerk Schall ab. Dabei ergibt sich im spektralen Brückenzuschlag tendenziell ein Maximum

zwischen 25 Hz und 40 Hz. Bei direkt befahrenen Fachwerkbrücken tritt das Brückendröhnen aber auch breitbandig mit Frequenzen bis 400 Hz auf. Auch die Fahrbahnplatte kann Schall nach unten abstrahlen. Konstruktionsvorgaben für lärmarme Fachwerkbrücken existieren nicht.

7 Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhns

Im Weiteren werden sowohl die Maßnahmen, deren Wirkungen nach Schall 03 anerkannt sind, als auch innovative Maßnahmen angeführt.

7.1 Unterschottermatten

Zur Reduktion der Schallabstrahlung von Brücken mit Schotteroberbau ist der Einbau einer akustisch wirksamen Unterschottermatte geeignet. Dabei handelt es sich um eine elastische Matte, die unterhalb des Schotters direkt auf der Fahrbahnplatte eingebaut wird. Laut Schall 03 sind die Pegelkorrekturen für Schallminderungsmaßnahmen an Brücken mit Schotterbett (**Tabelle 1**, Zeile 2 und 3) anzusetzen, wenn zur Minderung der Schallemissionen der Brücke Unterschottermatten mit den für die vorliegenden Bedingungen geringsten zugelassenen Werten für den Bettungsmodul verwendet werden. Dieser resultiert aus oberbautechnischen Anforderungen. Bei Auslegung akustisch wirksamer Unterschottermatten zur Reduktion des Brückendröhns sind aus oberbautechnischen Gründen die statischen Bettungsmodule laut **Tabelle 2** einzusetzen, d. h. bei höheren Geschwindigkeiten und höheren Radsatzlasten sind auch höhere statische Steifigkeiten anzusetzen.

Tabelle 2: Statischer Bettungsmodul c_{stat} einer akustisch wirksamen Unterschottermatte abhängig von den Parametern zulässige Geschwindigkeit und zulässige Radsatzlast

Geschwindigkeit	Radsatzlast	Statischer Bettungsmodul c_{stat}
≤ 120 km/h	≤ 160 kN	0,02 N/mm ³
≤ 120 km/h	> 160 kN	0,03 N/mm ³
120 km/h $< v < 200$ km/h	> 160 kN	0,06 N/mm ³
≥ 200 km/h	> 160 kN	0,10 N/mm ³

Weiterhin ergeben sich beim Einsatz von akustisch wirksamen Unterschottermatten zur Reduktion des Brückendröhns Anforderungen an die dynamischen Bettungsmodule. Dabei führen geringere Werte der dynamischen Bettungsmodule zu einer besseren Wirkung. Zur Auslegung der Unterschottermatten ist zwingend Kapitel 10.4 zu beachten.

Für jede akustisch wirksame Unterschottermatte, die bei einem Brückenbau-Projekt eingesetzt werden soll, muss nach Kapitel 8 des Moduls 820.2010 [14] eine Fachtechnische Entscheidung von der Fahrwegtechnik der DB Netz AG eingeholt werden. In dieser Fachtechnischen Entscheidung werden die Kategorie der Unterschottermatte sowie die Ausbildung der Übergangsbereiche festgelegt.

Vorgaben zum Einbau von Unterschottermatten auf Brücken sind in Modul 804.1101 Anhang A05 [15] geregelt. Für die Lieferung von Unterschottermatten ist DBS 918 071-01 [16] zu beachten. Für den Einbau, insbesondere für das Verkleben der Unterschottermatten, ist das Modul 824.1510 [17] inklusive Anhängen und Arbeitsanweisungen zu beachten. Dabei sind die Unterschottermatten über den gesamten Brückenquerschnitt vorzusehen. Die statische Steifigkeit der Seitenmatten muss mindestens einen Wert 0,03 N/mm³ und höchstens die Steifigkeit der auf der Fahrbahnplatte liegenden Unterschottermatte erreichen. Dabei sind die Seitenmatten nach Modul 824.1510 [17] bis 10 cm unter Oberkante Schotterbett einzubauen. Die Gestaltung der Übergangsbereiche, in denen zum Angleichen der Steifigkeiten an das Erdbauwerk vor und hinter der Brücke härtere Unterschottermatten (nach Modul 820.2010 Anhang A05 [18] und A06 [19]) erforderlich werden, ist in Modul 836.4106 [20] geregelt. Über die gesamte Länge des Übergangsbereiches mit Unterschottermatte ist sicherzustellen, dass der Schotter konstruktiv seitlich gehalten wird.

7.2 Besohlte Schwellen

Eine besohlte Schwelle ist eine Betonschwelle, die eine flächige elastische Unterlage unter der Schwelle besitzt, die kraftschlüssig mit ihr verbunden ist. Die Wirksamkeit von besohnten Schwellen zur Reduktion des Brückendröhnens ist geringer als von akustisch wirksamen Unterschottermatten. Die Ursachen liegen in einer höheren dynamischen Steifigkeit der Schwellensohle sowie in einer geringeren schwingenden Masse der besohnten Schwelle im Vergleich zur schwingenden Masse bei Schotteroberbau mit Unterschottermatte.

Zur Reduktion des Brückendröhnens wurden in der Vergangenheit Schwellensohlen mit den statischen Bettungsmodulen von $0,10 \text{ N/mm}^3$ und $0,15 \text{ N/mm}^3$ eingesetzt. Zur Auslegung der besohnten Schwellen ist zwingend auch Kapitel 10.4 zu beachten.

Der Einsatz von besohnten Schwellen zur Reduktion der Schallabstrahlung von Brücken mit Schotteroberbau ist derzeit noch nicht als anerkannte Maßnahme in der Schall 03 enthalten. Sollte der Einsatz der besohnten Schwelle geplant sein, muss nach Kapitel 8 des Moduls 820.2010 [14] eine Fachtechnische Entscheidung von der Fahrwegtechnik der DB Netz AG eingeholt werden. In dieser Fachtechnischen Entscheidung werden die Parameter der besohnten Schwellen sowie die Ausbildung der Übergangsbereiche festgelegt.

Für die Lieferung von besohnten Schwellen sind die technischen Lieferbedingungen DBS 918 145-01 [21] und DBS 918 145-02 [22] zu beachten. Für die Gestaltung der Übergangsbereiche ist Modul 836.4106 [20] zu berücksichtigen.

7.3 Hochelastische Schienenbefestigungen

Zur Reduktion der Schallabstrahlung bei direkt befahrenen Stahlbrücken ist der Einbau hochelastischer Schienenbefestigungen geeignet. Zurzeit ist nur der vulkanisierte Einzelstützpunkt System BWG der Fa. voestalpine BWG GmbH zur Reduktion des Brückendröhnens im Netz der DB AG zugelassen. Die Anwendung auf Brückenschwellen (offene Fahrbahn) oder direkt auf einer Fahrbahnplatte ist ebenso möglich, wie der Einsatz auf Brücken mit Fang- und Führungsvorrichtungen.

Laut Schall 03 sind die Pegelkorrekturen für Schallminderungsmaßnahmen an direkt befahrenen Stahlbrücken (**Tabelle 1**, Zeile 1) anzusetzen, wenn zur Minderung der Schallemissionen der Brücke hochelastische Schienenbefestigungen mit den für die vorliegenden Bedingungen geringsten zugelassenen Werten für die Stützpunktsteifigkeit verwendet werden. Beim Einzelstützpunkt System BWG wurden in der Vergangenheit zur Reduktion des Brückendröhnens statische Stützpunktsteifigkeiten von 10 kN/mm bis 17 kN/mm eingesetzt. Zur Auslegung ist ebenfalls Kapitel 10.4 zu beachten.

Die Festlegung der einzusetzenden hochelastischen Schienenbefestigungen erfolgt für jedes Projekt nach Modul 820.2040 [23].

Die Länge der Übergangsbereiche vor und hinter der Brücke sowie die Abstufung der Steifigkeiten hängen u. a. von der Zuggeschwindigkeit ab. Bei der Planung der hochelastischen Schienenbefestigung System BWG ist die Fa. voestalpine BWG GmbH zu beteiligen. Des Weiteren sind die EBA-Zulassung des Systems BWG und das Modul 820.2040 [23] zu beachten.

7.4 Brückendämpfer / Dämpfungsfolien

Brückendämpfer sind Masse-Feder-Systeme, die an die schwingenden und Schall abstrahlenden Teile der Brückenkonstruktion fest angebracht werden und dort aufgrund der Umwandlung von Schwingungsenergie in Wärme die Schallabstrahlung der Brücke mindern. Eine ähnliche Wirkung kann grundsätzlich auch mit Dämpfungsfolien bei Brücken, deren Schallabstrahlung überwiegend über großflächige Stahlbleche (z. B. Hohlkastenbrücken) erfolgt, erreicht werden. Die Systeme können bei Stahlbrücken mit und ohne Schotteroberbau eingesetzt werden. Allerdings kann bei Brücken mit Schotteroberbau eine erhöhte Dämpfung nur an den Brückenteilen erreicht werden, die nicht im Kontakt mit dem Schotter stehen. Beide Maßnahmen eignen sich insbesondere für die Nachrüstung bestehender Brücken. Für eine effektive Minderung der Schallabstrahlung einer Brücke ist eine Anpassung der Maßnahme an die gegebene Situation erforderlich, eine Anerkennung der Maßnahme nach Schall 03 liegt derzeit nicht vor.

Für die Verwendung von Brückendämpfern oder -folien gibt es derzeit noch keine Regelwerke. Sollen diese als schallmindernde Maßnahmen zum Einsatz kommen, sind die Anforderungen an Dimensionierung und Ausführung der eingesetzten Systeme unter Beteiligung der Abteilung Brückenbau der DB Netz AG festzulegen.

8 Maßnahmen zur Reduktion des Rollgeräusches auf Brücken

8.1 Schallschutzwände

Schallschutzwände sind eine nach Schall 03 anerkannte Maßnahme zur Reduktion des Gesamtgeräusches der Züge bestehend aus Rollgeräusch, Antriebsgeräusch und aerodynamischem Geräusch. Um die Tragfähigkeit bestehender Brücken nicht zu überschreiten, werden nachgerüstete Schallschutzwände häufig auf parallel zur Brücke verlaufenden Trägern – sogenannte Torsionsbalken – eingebaut. Bei Neubauten wird i.d.R. die Konstruktion des Überbaus und der Gehwegkonsole für die Lasten aus der Schallschutzwand ausgelegt. Schallschutzwände müssen über eine Zulassung, eine Anwendererklärung und eine akustische Freigabe verfügen. Regelungen zu Anforderungen sind im Modul 804.5501 [24] und zur Ausführung im Modul 804.9060 Anhang A05 [25] ausgeführt.

Beim Einsatz von Schallschutzwänden ist nach Schall 03 das Brückendröhnen der an die geplante Schallschutzwand direkt angrenzenden Überbauten durch den Einsatz von Unterschottermatten bzw. hochelastischen Schienenbefestigungen zu reduzieren (s. **Abbildung 5**). Dies gilt sowohl für Brücken mit stählernen Überbauten als auch für Brücken mit massiven Überbauten.

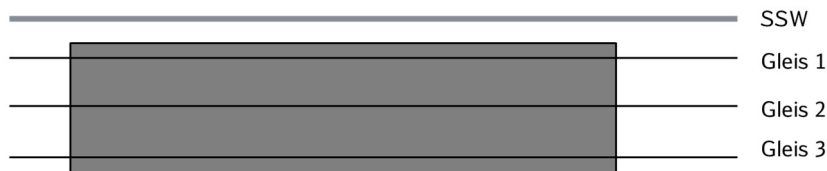
Für die Planung und Bemessung von Schallschutzwänden inklusive der Torsionsbalken gilt Modul 804.5501 [24] sowie Modul 804.9060 Anhang A05 [25]. Für den Einbau im Bereich von Brücken sind die Abstände zum Gleis in Modul 804.1101 Anhang A01 [26] zu beachten. Weiterhin gilt die EBA-Richtlinie zum Brand- und Katastrophenschutz an der freien Strecke [27].

8.2 Geländerausfachungen

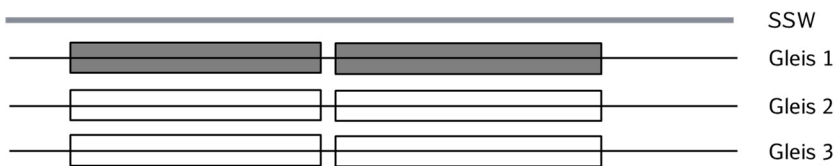
Zur Lärmreduktion können alternativ zu Schallschutzwänden auf Eisenbahnbrücken auch schallmindernde Ausfachungen an den Geländern montiert werden. Die Befestigung der Geländerausfachungen erfolgt an den vorhandenen Füllstabgeländern. Bei der Ausführung der Stöße und Anschlüsse der einzelnen Ausfachungselemente untereinander ist auf Schalldichtigkeit zu achten. Wenn die Geländerausfachungen die Anforderung der Schall 03 Abschnitt 6.5 einhalten, ist eine Berücksichtigung im Rahmen einer schalltechnischen Untersuchung bereits heute möglich.

Geländerausfachungen, die zur Schallminderung eingesetzt werden, müssen über eine Zulassung und Anwendererklärung verfügen. Regelungen zu Anforderungen und zur Ausführung sind im Modul 804.9060 Anhang A01 [28] und Anhang A05 [25] zu finden.

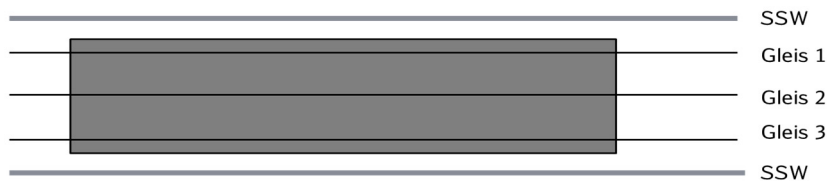
Beispiel 1: Brücke besteht aus einem Überbau, einseitige Schallschutzwand



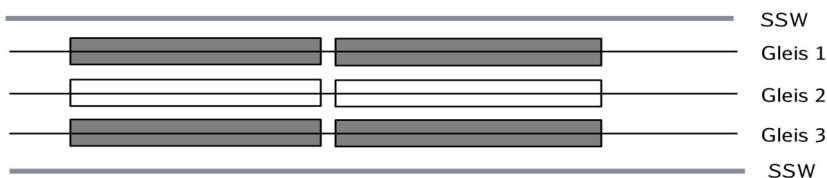
Beispiel 2: Brücke besteht aus mehreren Überbauten, einseitige Schallschutzwand



Beispiel 3: Brücke besteht aus einem Überbau, beidseitige Schallschutzwand



Beispiel 4: Brücke besteht aus mehreren Überbauten, beidseitige Schallschutzwand



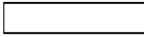

 Überbau **ohne** Maßnahme zur Reduktion des Brückendröhns
 Überbau **mit** Maßnahme zur Reduktion des Brückendröhns

Abbildung 5: Beispiele für den Einsatz von Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhns beim Bau von Schallschutzwänden (SSW) auf der Brücke oder auf einem Träger parallel zur Brücke

8.3 Schienenstegdämpfer und Schienenstegabschirmungen

Durch Einsatz von Schienenstegdämpfern bzw. Schienenstegabschirmungen kann das Rollgeräusch der Züge reduziert werden.

Schienenstegdämpfer sind Masse-Feder-Systeme, die als breitbandige Schwingungstilger wirken und beidseitig am Schienensteg und (je nach Produkt auch am Schienenfuß) kraftschlüssig befestigt werden. Sie reduzieren die Schienenschwingung und damit auch den von der Schiene abgestrahlten Luftschall

Schienenstegabschirmungen sind Vorrichtungen zur Abschirmung der Schallabstrahlung von Schienenstegen. Sie werden am Schienenfuß und/oder Schienensteg kraftschlüssig befestigt. Durch teilweise Umhüllung von Schienenfuß und Schienensteg wird der von der Schiene abgestrahlte Luftschall reduziert.

In der Schall 03 sind sowohl die Schienenstegdämpfer als auch die Schienenstegabschirmungen als Schallminderungstechnik am Gleis anerkannt [29]. Für die Lieferung von Schienenstegdämpfern ist die technische Lieferbedingung DBS 918 290 [30] und für die Lieferung von Schienenstegabschirmungen die technische Lieferbedingung DBS 918 291 [31] zu beachten.

Beim Einsatz von Schienenstegdämpfern und Schienenstegabschirmungen im Bereich von Brücken sind die oberbautechnischen Anforderungen der jeweiligen EBA-Zulassung sowie die Technischen Lieferbedingungen DBS 918 290 [30] und DBS 918 291 [31] zu beachten. Hier wird zum Beispiel die Anwendung auf Brücken mit offener Fahrbahn ohne Abfallschutz sowie im Bereich von Schienenauszügen, Weichen, Isolierstößen, Gleisschaltmitteln, Achszählern und Komponenten der Linienzugbeeinflussung ausgeschlossen.

9 Wirkung kombinierter Maßnahmen

Eine Maßnahme zur Minderung des Rollgeräusches der Züge auf Brücken z. B. durch den Einsatz von Schallschutzwänden, Geländerausfachungen, Schienenstegdämpfern oder Schienenstegabschirmungen ist bei Stahlbrücken in der Regel nur dann sinnvoll, wenn zunächst das Brückendröhnen durch eine geeignete Maßnahme reduziert wurde. Bei direkt befahrenen Stahlbrücken können durch eine geeignete Kombination von Maßnahmen auch Wirkungen von über 9 dB erreicht werden [32].

10 Auswahl und Anpassung einer Minderungsmaßnahme

10.1 Grundsätzliches Vorgehen zum Einsatz von Schallminderungsmaßnahmen

Zur Festlegung von Schallminderungsmaßnahmen bei einem Neubau, einer Erneuerung oder einer Instandsetzung einer Brücke ist das in **Abbildung 6** dargestellte Vorgehen einzuhalten:

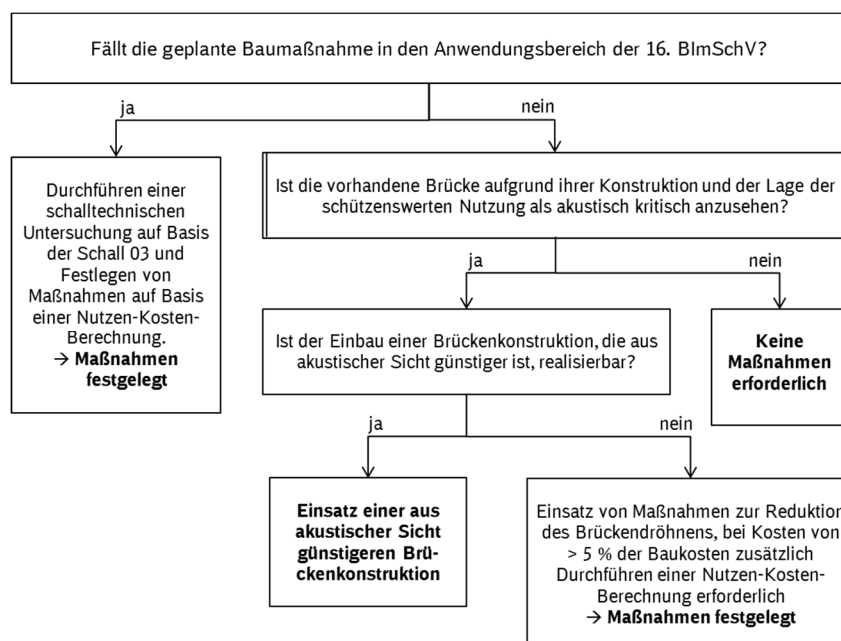


Abbildung 6: Entscheidungsbaum für die Festlegung von Schallminderungsmaßnahmen bei einem Neubau bzw. der Instandsetzung einer Brücke.

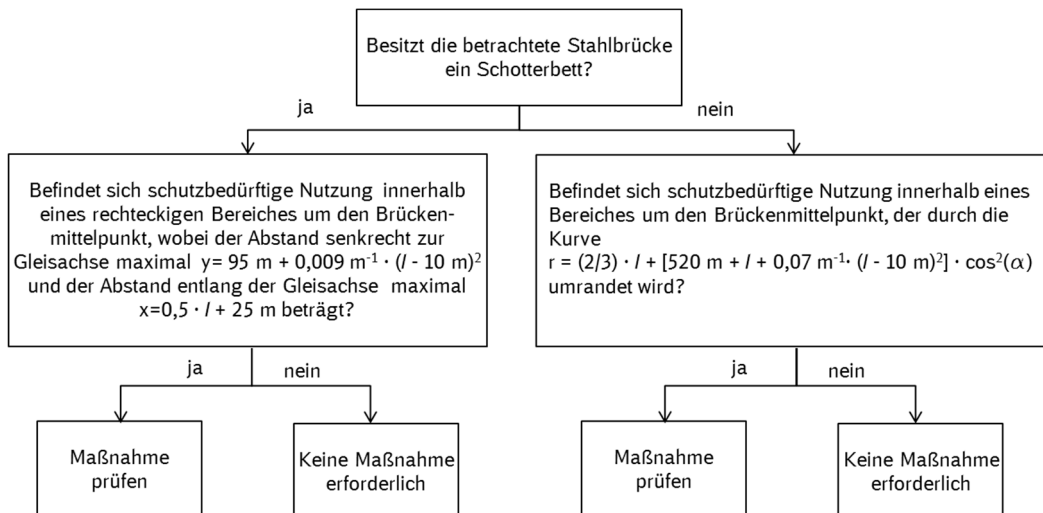
In der Lärmvorsorge wird der Einsatz von Minderungsmaßnahmen an der Brücke im Rahmen einer schalltechnischen Untersuchung geprüft. Für die Nutzen-Kosten-Berechnung im Rahmen der Lärmvorsorge ist das im Folgenden beschriebene Verfahren zu verwenden:

- Durchführen einer schalltechnischen Berechnung nach Schall 03 ohne und mit Minderungsmaßnahme(n). Dabei ist zu beachten, dass im Fall einer geplanten Schallschutzwand auf der Brücke auch eine Maßnahme zur Reduktion des Brückendröhrens (z. B. eine Unterschottermatte) vorzusehen ist. Berechnen der Kosten pro gelösten Schutzfall nach EBA-Umwelt-Leitfaden [10] und Abschätzen der Verhältnismäßigkeit der Minderungsmaßnahme. Neben den Baukosten werden hier oft auch die Unterhaltungskosten einbezogen, was aber nicht zwingend ist (vgl. BVerwG, Urteil vom 008.09.2016 – Az. 3 A 5.15). Die Unterhaltungskosten müssen allerdings auf jeden Fall dann hinzugerechnet werden, wenn Anhaltspunkte dafür bestehen, dass sich im Einzelfall hieraus erhebliche Verschiebungen ergeben können oder wenn - zweifelhaft ist, ob überhaupt aktiver Schallschutz gewährt werden muss bzw. verweigert werden darf.
- Ermitteln der kapitalisierten Erhaltungskosten für die Schallminderungsmaßnahme(n).

10.2 Notwendigkeit einer Schallschutzmaßnahme

Für Erneuerungen und Instandsetzungen von Brücken, die nicht in den Anwendungsbereich der 16. BImSchV fallen, gelten die hier beschriebenen Kriterien für die Notwendigkeit von Schallschutzmaßnahmen.

Bei der Entscheidung, ob eine Stahlbrücke aus akustischer Sicht kritisch ist, ist das Vorgehen des in der **Abbildung 7** dargestellten Entscheidungsbaums zu wählen (siehe auch Beispiel in **Anhang 2**). Dieser stellt einen Unterprozess zum Entscheidungsbaum in **Abbildung 6** dar.



l =Brückenslänge, r =Abstand zur Brückenmitte, α =Winkel zwischen der Verbindungslinie eines Punktes auf dem Kurvenrand zum Brückenmittelpunkt und der Geraden, die senkrecht zur Gleisachse durch den Brückenmittelpunkt verläuft

Abbildung 7: Entscheidungsbaum für die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhnens an Stahlbrücken.

Weiterhin sind Kriterien für den Einsatz von Maßnahmen zur Reduktion des Rollgeräusches von Zügen zu erfüllen. Ein Einsatz der genannten Maßnahmen an einer Brücke ist vorstellbar, wenn das Rollgeräusch der Züge auf der Brücke höher als an der freien Strecke ist. Dies wäre z. B. der Fall, wenn an der freien Strecke im Gegensatz zur Brücke Schallschutzwände eingebaut sind bzw. wenn es sich bei der Brücke um eine direkt befahrene Stahlbrücke handelt, bei der eine Maßnahme zur Reduktion des Brückendröhnens vorgesehen bzw. bereits erfolgt ist.

10.3 Auswahl geeigneter Maßnahmen

Bei dem geplanten Ersatz einer Stahlbrücke ist zunächst zu prüfen, ob alternativ eine aus akustischer Sicht günstigere Stahl- bzw. Betonbrücke mit Schotteroberbau eingesetzt werden kann. Ist kein Ersatz durch eine akustisch günstigere Brückenkonstruktion möglich, sollen bei der Erneuerung der Brücke die unter Kapitel 6 angeführten Konstruktionsempfehlungen berücksichtigt werden und der Einsatz von Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhnens geprüft werden. Der Neubau direkt befahrener Stahlbrücken bedarf einer unternehmensinternen Genehmigung (UiG), die bei der Abteilung Brückenbau der DB Netz AG zu beantragen ist und zu deren Erteilung ein Schallgutachten vorgelegt werden muss.

Für die Auswahl von Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhnens können die in **Abbildung 8** dargestellten Entscheidungsbäume verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass nicht alle der angeführten Maßnahmen nach Schall 03 anerkannt sind. Gegebenenfalls sind daher beim Einbau dieser Maßnahmen Nachweismessungen vorzusehen.

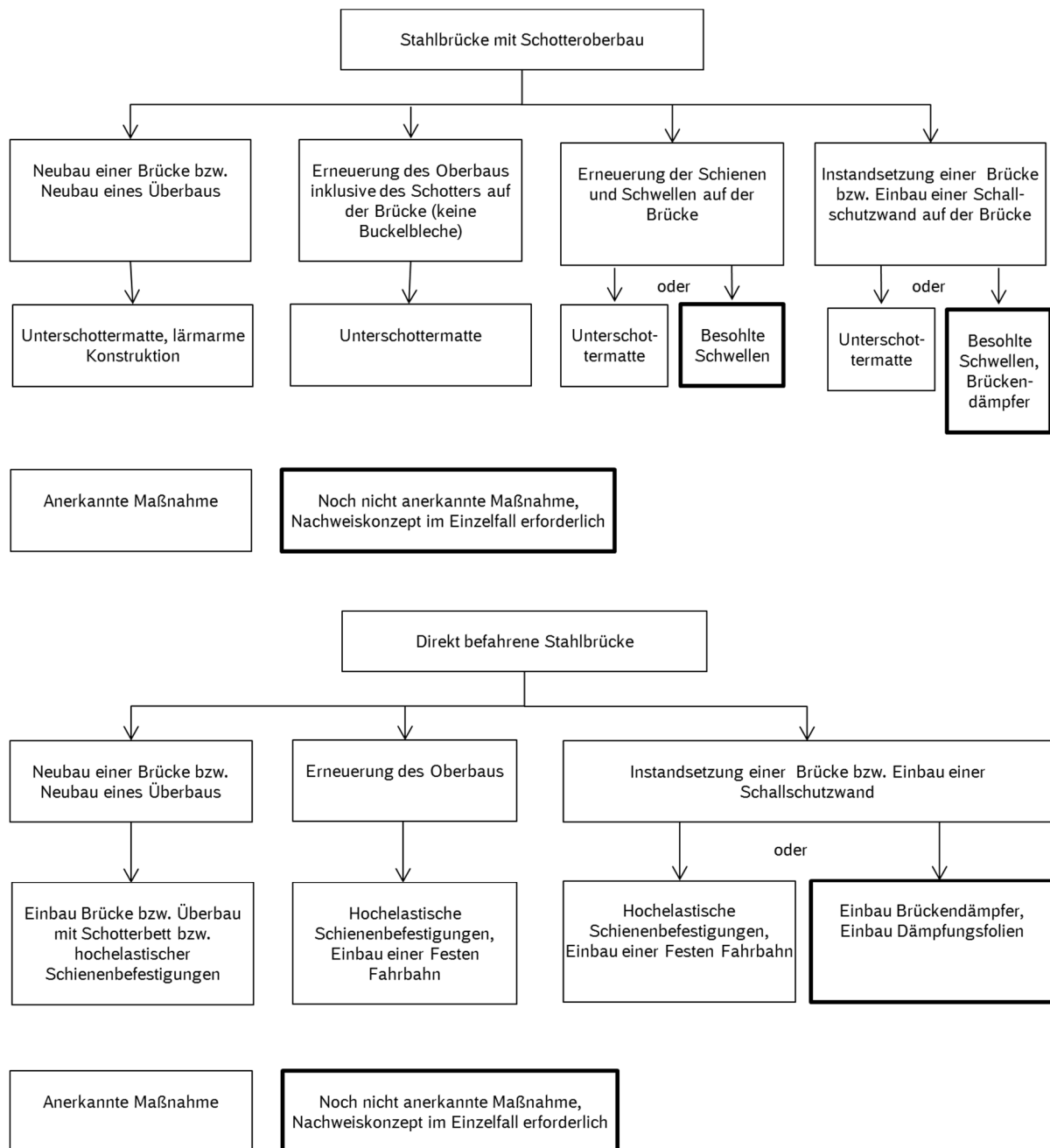


Abbildung 8: Entscheidungsbäume zur Auswahl geeigneter Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhns (oben: Stahlbrücke mit Schotteroberbau, unten: direkt befahrene Stahlbrücke)

10.4 Anpassung der Schallschutzmaßnahme

Im Folgenden werden für die elastischen Elemente im Bereich des Oberbaus, die zur Reduktion des Brückendröhns eingesetzt werden können, Kriterien für die Anpassung der Minderungsmaßnahme zusammengestellt.

Für die Auslegung akustisch wirksamer Unterschottermatten sind die Vorgaben der **Tabelle 3** zu berücksichtigen.

Tabelle 3: Übersicht über die einzusetzenden Unterschottermatten bei Vollbahnen, die dynamischen Bettungsmodul werden bei einer Frequenz von 40 Hz und einer Vorlast von 0,10 N/mm² betrachtet

Brückenart	Zuggeschwindigkeit	Akustisch wirksame Unterschottermatte	
		Stat. Bettungsmodul C_{stat}	Dyn. Bettungsmodul $C_{dyn,2}$
Brücke mit massiver Fahr- bahnplatte (Beton) oder mit Fahrbahn aus 100 mm dickem Stahlblech und Schwellengleis im Schot- terbett	≤ 120 km/h	0,03 N/mm ³	≤ 0,087 N/mm ³
	120 km/h < v < 200 km/h	0,06 N/mm ³	≤ 0,084 N/mm ³ (Fall 1) * ≤ 0,174 N/mm ³ (Fall 2) *
	≥ 200 km/h	0,10 N/mm ³	≤ 0,140 N/mm ³
Brücke mit stählernem Überbau und Schwellen- gleis im Schotterbett	≤ 120 km/h	0,03 N/mm ³	≤ 0,042 N/mm ³ (Fall 3) * ≤ 0,087 N/mm ³ (Fall 4) *
	120 km/h < v < 200 km/h	0,06 N/mm ³	≤ 0,084 N/mm ³
	≥ 200 km/h	0,10 N/mm ³	≤ 0,140 N/mm ³

*Fall 1: Schutzbedürftige Nutzung befindet sich in einem Abstand von bis zu 10 m zur Brücke, Fall 2: Schutzbedürftige Nutzung befindet sich erst ab einem Abstand von 10 m zur Brücke, Fall 3: Schutzbedürftige Nutzung befindet sich in einem Abstand von bis zu 30 m zur Brücke, Fall 4: Schutzbedürftige Nutzung befindet sich erst ab einem Abstand von 30 m zur Brücke.

Eine ausreichende Wirkung zur Reduktion des Brückendröhrens bei Brücken mit Schotteroberbau und mit massiver Fahrbahn kann mit besohlenen Schwellen nur erreicht werden, wenn weiche Schwellensoleen ($C_{stat} = 0,10 \text{ N/mm}^3$) eingesetzt werden. Bei Brücken mit Schotteroberbau und stählerner Fahrbahn sowie einem Brückendröhnen, dessen spektrales Maximum nachweislich oberhalb von 63 Hz liegt, führen mittelweiche Schwellensoleen ($C_{stat} = 0,15 \text{ N/mm}^3$) zur Schallminderung.

Für die Reduktion des Brückendröhrens einer direkt befahrenen Stahlbrücke sind bei Schienen des Typs UIC 60 tendenziell hochelastische Schienenbefestigungen mit einer statischen Stützpunktsteifigkeit von 10 kN/mm, und bei Schienen des Typs S54 tendenziell hochelastische Schienenbefestigungen mit einer statischen Stützpunktsteifigkeit von 17 kN/mm einzusetzen.

Die Anpassung der einzusetzenden akustisch wirksamen Unterschottermatten und besohlter Schwellen erfolgt für jedes Projekt im Rahmen der nach Modul 820.2010 [14] erforderlichen Entscheidung, die bei der Abteilung Oberbautechnik der DB Netz AG beantragt werden muss. Die Anpassung der einzusetzenden hochelastischen Schienenbefestigungen erfolgt für jedes Projekt nach Modul 820.2040 [23].

10.5 Berücksichtigung von Besonderheiten

Fallen die betrachteten Baumaßnahmen nicht in den Anwendungsbereich der 16. BImSchV, ist der Einsatz von Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhrens nicht erforderlich, wenn die Verkehrsgeräusche z. B. durch die Straßenverkehrsgeräusche dominiert werden. Dies kann nach dem im **Anhang 3** erläuterten Verfahren überprüft werden.

Wenn Weichen oder Schienenauszüge im Bereich der Brücke vorhanden sind, sind bezüglich der Schallabstrahlung einer Brücke keine allgemeingültigen Aussagen (wie in Kapitel 10.2, 10.3 und 10.4 dargestellt) möglich, da neben einer erhöhten Anregung der Brücke auch ein erhöhtes Rollgeräusch der Züge auftreten kann. Des Weiteren ist bei Anwesenheit einer Schallschutzwand entlang der Strecke vor bzw. hinter der Brücke eine Beurteilung der Schallabstrahlung der Brücke über vereinfachte Kriterien nicht möglich. Auch kann in Bögen die Schallabstrahlung der Brücken z. B. durch Schlupfwellen beeinflusst werden. In diesen Fällen wird eine Begutachtung der Brücke empfohlen.

11 Dokumentation von Maßnahmen

Für jede Brücke sind die Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhnens unter Verwendung der in **Anhang 4** zu findenden Vorlage zu dokumentieren und das Datenblatt im Brückenbuch abzulegen.

Des Weiteren wird eine einheitliche Dokumentation der Schallminderungsmaßnahmen erforderlich. SAP R3 / Netz ist das System zur Anlagendokumentation der DB Netz AG. Dieses bietet bereits heute die Möglichkeit, die Maßnahmen zur Reduktion des Rollgeräusches zu dokumentieren, und soll um die Möglichkeit der Datenpflege weiterer Maßnahmen zur Schallabstrahlung im Bereich von Brücken erweitert werden. Nach Durchführung der Schallminderungsmaßnahmen können diese dann digital dokumentiert werden.

Anhang 1: Zuordnung von Brückentypen nach SAP R3 zu den Konstruktionsarten

Massivkonstruktionen	
511	Gewölbe
521	Bogen stat.bew.(Vollquerschnitt) (Stahlbeton)
522	Bogen aufgest.Fahrbahn (Vollquerschnitt) (Stahlbeton)
524	Bogen aufgest. Fahrbahn (Hohlquerschnitt) (Stahlbeton)
531	Vollplatte/Breiter Balken (Stahlbeton)
532	Vollplatte/Breiter Balken (Spannbeton)
533	Trogquerschnitt (Stahlbeton)
534	Trogquerschnitt (Spannbeton)
541	Hohlplatte (Stahlbeton)
542	Hohlplatte (Spannbeton)
551	Plattenbalken (Stahlbeton)
552	Plattenbalken (Spannbeton)
553	Platte aus Längssegmenten (Stahlbeton)
554	Platte aus Längssegmenten (Spannbeton)
555	Fertigteiltragwerk (DR)
561	Vollrahmen (Stahlbeton)
562	Vollrahmen (Spannbeton)
563	Halbrahmen (Stahlbeton)
564	Halbrahmen (Spannbeton)
571	Hohlkasten (Stahlbeton)
572	Hohlkasten (Spannbeton)
Stahlkonstruktionen mit massiver Fahrbahnplatte	
411	Walzträger mit massiver Fahrbahnplatte
421	Vollwandträger Verbundplatte
441	Fachwerk-Verbundplatte
451	Walzträger in Beton (WiB)
471	Stahlhohlkasten-Verbundplatte
Stahlkonstruktionen	
211	Walzträger
221	Vollwandträger (offene Fahrbahn) (Stahl)
223	Vollwandträger-Hutquerschnitt (Deckbr.St)
224	Dauerbehelf-Zwillingsträger (ZH)
225	Dauerbehelf-Klein Hilfsbrücke (KHB)
226	Dauerbehelf-verstärkte Klein Hilfsbr. (KHVB)
231	Vollwandträger (Trogquerschnitt) (Stahl)
241	Parallelfachwerk - obenl. Fahrbahn (Stahl)
242	Parallelfachwerk - untenl. Fahrbahn (Stahl)
243	Bogenfachwerk - untenl. Fahrbahn (Stahl)
244	Bogenfachwerk - obenl. Fahrbahn (Fischbauch) (Stahl)
245	Stabbogen (Langerscher Balken) (Stahl)
246	Fachwerkbogen (Stahl)
247	Zweigelenk-Bogenträger (Stahl)
251	Hohlkasten (Stahl)
261	Rahmen (Stahl)
271	Trägerrost (Stahl)

Anhang 2: Notwendigkeit einer Schallschutzmaßnahme (Beispiel)

Direkt befahrene Stahlbrücke

Gemäß **Abbildung 7** ist eine Maßnahme zur Reduktion des Brückendröhrens zu prüfen, wenn sich schutzbedürftige Nutzung innerhalb eines Bereiches um den Brückenmittelpunkt befindet, der durch die Kurve

$$r = (2/3) \cdot l + [520 \text{ m} + l + 0,07 \text{ m}^{-1} \cdot (l - 10 \text{ m})^2] \cdot \cos^2(\alpha) \quad (1)$$

umrandet wird. Dabei gilt: l =Brückenlänge, r =Abstand zur Brückenmitte, α =Winkel zwischen der Verbindungslinie eines Punktes auf dem Kurvenrand zum Brückenmittelpunkt und der Geraden, die senkrecht zur Gleisachse durch den Brückenmittelpunkt verläuft. In **Abbildung 9** sind berechnete Isophonen der Brückenzuschläge (ΔL_{ZE}) sowie die resultierende Kurve $r(l, \alpha)$, am Beispiel einer 25 m langen direkt befahrene Stahlbrücke aufgezeigt.

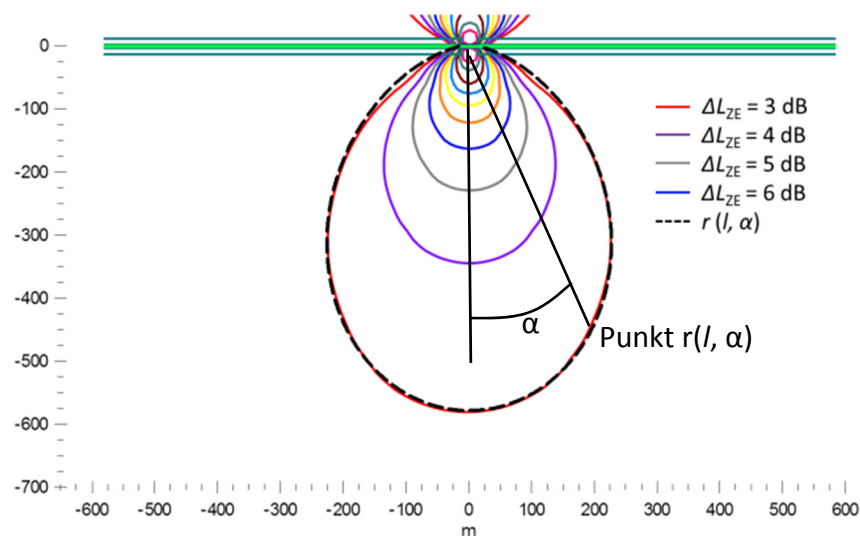


Abbildung 9: Ausbreitungsrechnung für direkt befahrene stählerne Vollwandträgerbrücken der Länge $l = 25$ m, wobei der Brückenmittelpunkt bei $(0,0)$ liegt. Die farbigen Linien zeigen die berechneten Isophonen der Brückenzuschläge. Mit einer gestrichelten schwarzen Linie überlagert ist der Ansatz aus Gleichung (1) für die Begrenzung $r(l, \alpha)$ des Bereiches, außerhalb dessen eine Belästigung durch das Brückendröhnen nicht erwartet wird.

Stahlbrücke mit Schotteroberbau:

Eine Maßnahme zur Reduktion des Brückendröhrens ist zu prüfen, wenn sich schutzbedürftige Nutzung innerhalb eines rechteckigen Bereiches um den Brückenmittelpunkt befindet, wobei der Abstand senkrecht zur Gleisachse maximal

$$y = 95 \text{ m} + 0,009 \text{ m}^{-1} \cdot (l - 10 \text{ m})^2 \quad (2)$$

und der Abstand entlang der Gleisachse maximal

$$x = 0,5 \cdot l + 25 \text{ m} \quad (3)$$

beträgt. Dabei gilt: l =Brückenlänge. In **Abbildung 10** sind berechneten Isophonen der Brückenzuschläge (ΔL_{ZE}) sowie die resultierende Begrenzung des Bereiches, außerhalb dessen eine Belästigung durch das Brückendröhnen nicht erwartet wird, am Beispiel einer 25 m langen Stahlbrücke mit Schotteroberbau aufgezeigt.

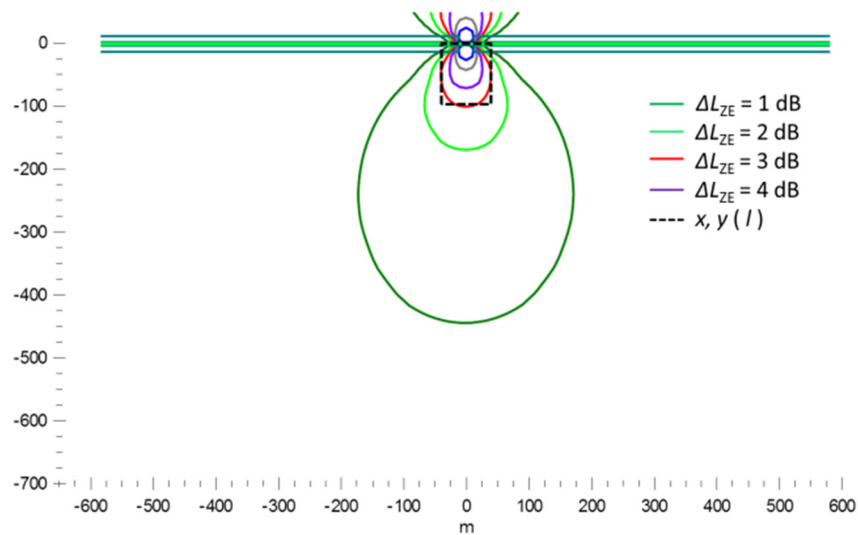


Abbildung 10: Ausbreitungsrechnung für stählerne Vollwandträgerbrücken mit Schotteroberbau und einer Länge $l = 25 \text{ m}$, wobei der Brückenmittelpunkt bei $(0,0)$ liegt. Die farbigen Linien zeigen die berechneten Iso-phonen der Brückenzuschläge. Mit einer gestrichelten schwarzen Linie überlagert ist der Ansatz aus den Gleichungen (2) und (3) für die die Begrenzung des Bereiches, außerhalb dessen eine Belästigung durch das Brückendröhnen nicht erwartet wird.

Anhang 3: Überlagerung der Schienenverkehrsgeräusche durch sonstige Geräusche

Eine erhebliche Überlagerung der Schienenverkehrsgeräusche durch sonstige Geräusche (z. B. Straßenverkehrsgeräusche) ist zu erwarten, wenn sowohl für den Tag als auch für die Nacht die berechneten Beurteilungspegel für den Schienenverkehr deutlich unter den für die sonstigen Geräuschquellen berechneten Beurteilungspegel liegen. Für die Abschätzung, in welchen Fällen eine Minderungsmaßnahme zur Reduktion des Brückendröhnens bei einer Überlagerung durch sonstige Geräusche keine wesentliche Verbesserung der akustischen Gesamtsituation mehr ergibt, kann eine der beiden im Folgenden beschriebenen Verfahren verwendet werden.

Verwendung von Lärmkarten nach der Umgebungslärm-Richtlinie:

Die 34. BImSchV [33] regelt die Kartierung von Umgebungslärm und konkretisiert die Anforderungen an Lärmkarten nach Paragraph 47c des BImSchG [7]. Die Kartierung ist Aufgabe der Gemeinden oder der nach Landesrecht zuständigen Behörden. Für die Ausarbeitung von Lärmkarten an den Schienenwegen von Eisenbahnen des Bundes ist das Eisenbahn-Bundesamt zuständig. In den Lärmkarten sind die Lärmindizes in Pegelklassen in 5 dB-Schritten für den Tag und für die Nacht dargestellt.

Grundsätzlich können diese Lärmkarten auch für die Abschätzung der Überlagerung des Schienenverkehrs durch Straßenverkehrsgeräusche verwendet werden. Hierzu müssen für die betrachteten Positionen die Beurteilungspegel des Schienenverkehrs und der sonstigen Geräuschquellen interpoliert werden. Liegen die Anteile der sonstigen Geräuschquellen mindestens 3 dB oder mehr über denen des Schienenverkehrs, ist von einer Dominanz der sonstigen Quellen auszugehen. Allerdings ist diese Auswertung nur möglich, wenn die nach Schall 03 anzusetzenden Brückenzuschläge für die Berechnungen verwendet wurden. In den aktuellen Fassungen der Lärmkarten ist dies noch nicht der Fall, eventuell ist dies jedoch in der nächsten Stufe der Lärmkartierung möglich.

Verwendung der berechneten Beurteilungspegel für Schienenverkehrsgeräusche im Bereich von Stahlbrücken mit einer Länge bis 25 m und Straßenverkehrsgeräusche:

Da nicht für alle Bereiche Lärmkarten vorliegen, wurde für Stahlbrücken mit einer Länge bis 25 m ein weiteres Verfahren zur Beurteilung der Überdeckung von Schienen- und Straßenverkehrsgeräuschen entwickelt. Dabei wurde die Berechnungsmethode der DIN 18005-1 [34] für die Abschätzung der Straßenverkehrsgeräusche und der Schall 03 (1990) [35] unter Berücksichtigung von Brückenzuschlägen von 6 dB (Stahlbrücken mit Schotteroberbau) und 12 dB (direkt befahrene Stahlbrücken) für die Abschätzung der Schienenverkehrsgeräusche verwendet, um die Beurteilungspegel tags und nachts in unterschiedlichen Entfernungen senkrecht zur Brückenmitte zu berechnen. Bei einer Verwendung der in den **Tabellen 4 und 5** dargestellten Parameter ergeben sich die in den **Abbildungen 11 bis 28** dargestellten Beurteilungspegel. Von einer erheblichen Überlagerung der Straßenverkehrsgeräusche ist auszugehen, wenn die Pegel für die Straßenverkehrsgeräusche mindestens 3 dB über denen der Schienenverkehrsgeräusche liegen.

Tabelle 4: Eingangsparmeter für die Berechnung der Schallimmissionen von Schienenverkehr (aus DIN 18005-1 [34])

	Fall 1 Fernverkehr	Fall 2 Nahverkehr mit Gü- terzügen	Fall 3 Nahverkehr ohne Gü- terzüge
Maximale Geschwindigkeit	200 km/h	160 km/h	120 km/h
Anteil Güterzüge, tags	0,10	0,15	0
Anteil Güterzüge, nachts	0,80	0,60	0

Tabelle 5: Eingangsparameter für die Berechnung der Schallimmissionen von Straßenverkehr

	Fall 1 Autobahn	Fall 2 Bundesstraße	Fall 3 Gemeindestraße mit $v_{\max} = 50 \text{ km/h}$
maßgebende stündliche Verkehrsstärke, tags	0,06 DTV	0,06 DTV	0,06 DTV
maßgebende stündliche Verkehrsstärke, nachts	0,014 DTV	0,011 DTV	0,011 DTV
Lkw-Anteil, tags	25 %	20 %	10 %
Lkw-Anteil, nachts	45 %	20 %	3 %

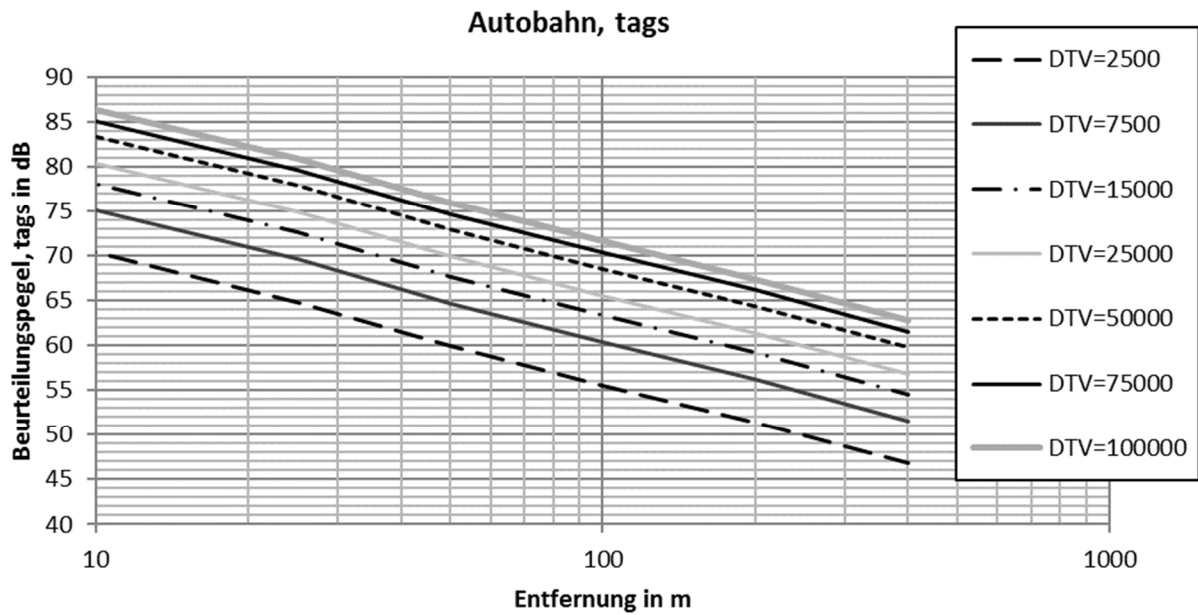


Abbildung 11: Beurteilungspegel, tags für Autobahnen mit unterschiedlichen DTV in Abhängigkeit von der Entfernung von der Autobahn

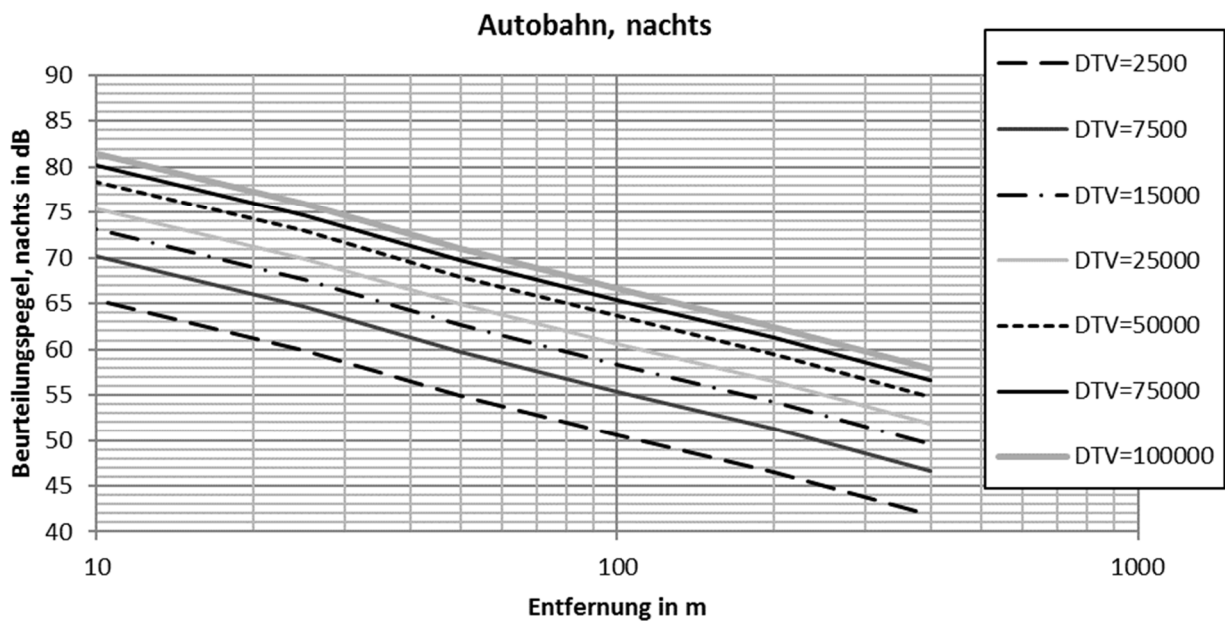


Abbildung 12: Beurteilungspegel, nachts für Autobahnen mit unterschiedlichen DTV in Abhängigkeit von der Entfernung von der Autobahn

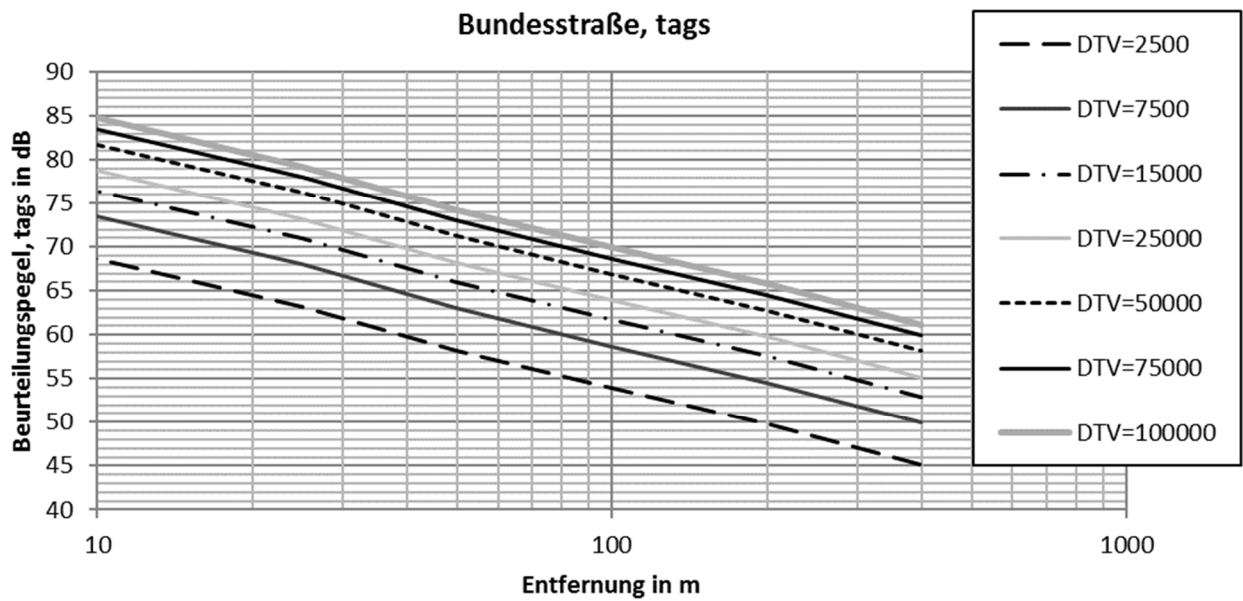


Abbildung 13: Beurteilungspegel, tags für Bundesstraßen mit unterschiedlichen DTV in Abhängigkeit von der Entfernung von der Bundesstraße

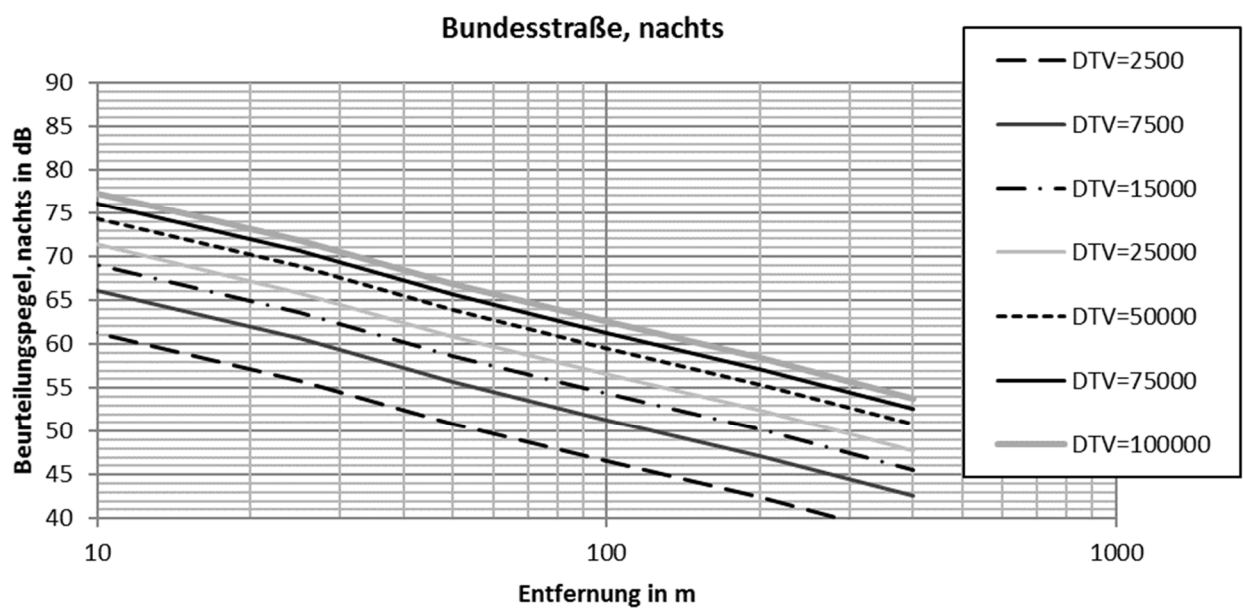


Abbildung 14 Beurteilungspegel, nachts für Bundesstraßen mit unterschiedlichen DTV in Abhängigkeit von der Entfernung von der Bundesstraße

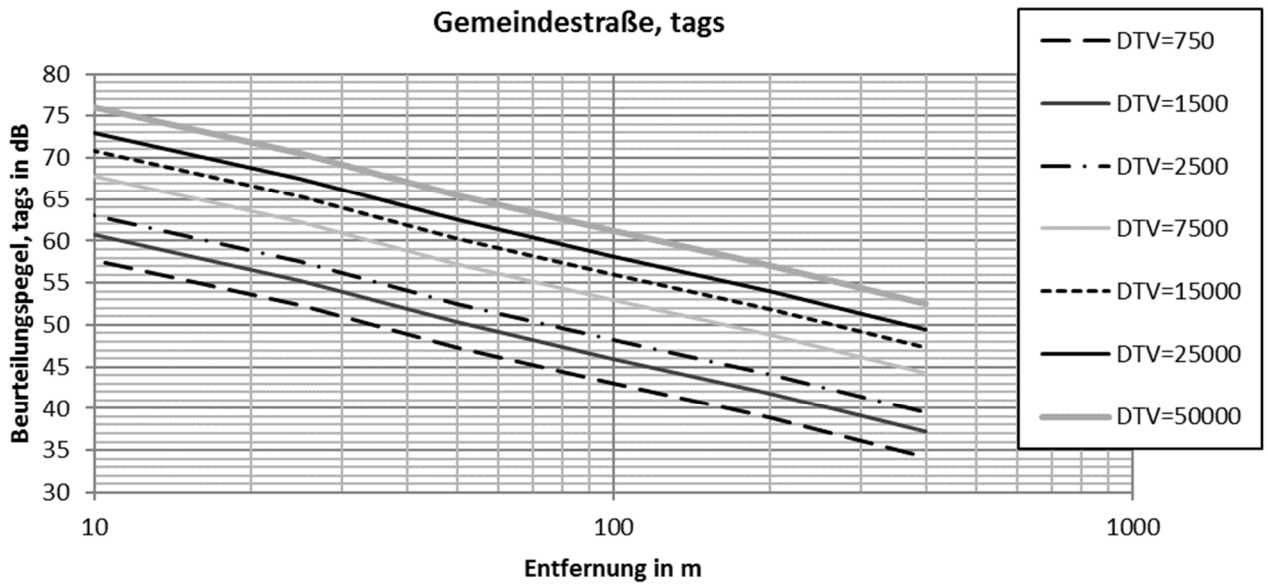


Abbildung 15: Beurteilungspegel, tags für Gemeindestraßen mit unterschiedlichen DTV in Abhängigkeit von der Entfernung von der Gemeindestraße

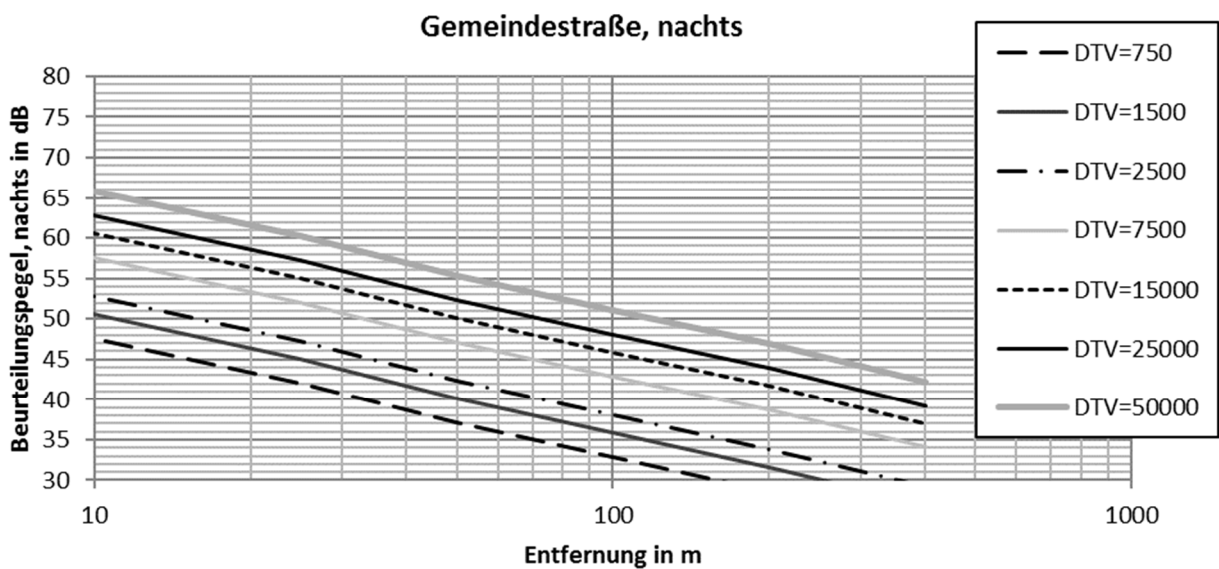


Abbildung 16: Beurteilungspegel, nachts für Gemeindestraßen mit unterschiedlichen DTV in Abhängigkeit von der Entfernung von der Gemeindestraße

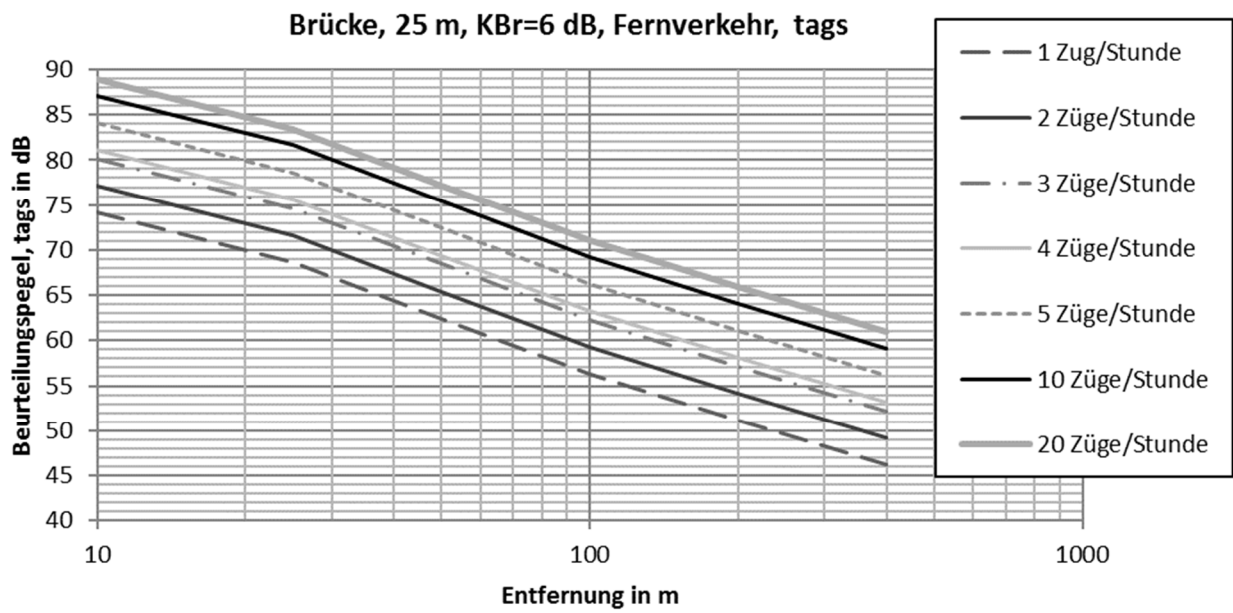


Abbildung 17: Fernverkehr, tags. Beurteilungspegel für unterschiedliche Zugzahlen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brücke, $K_{Br} = 6$ dB

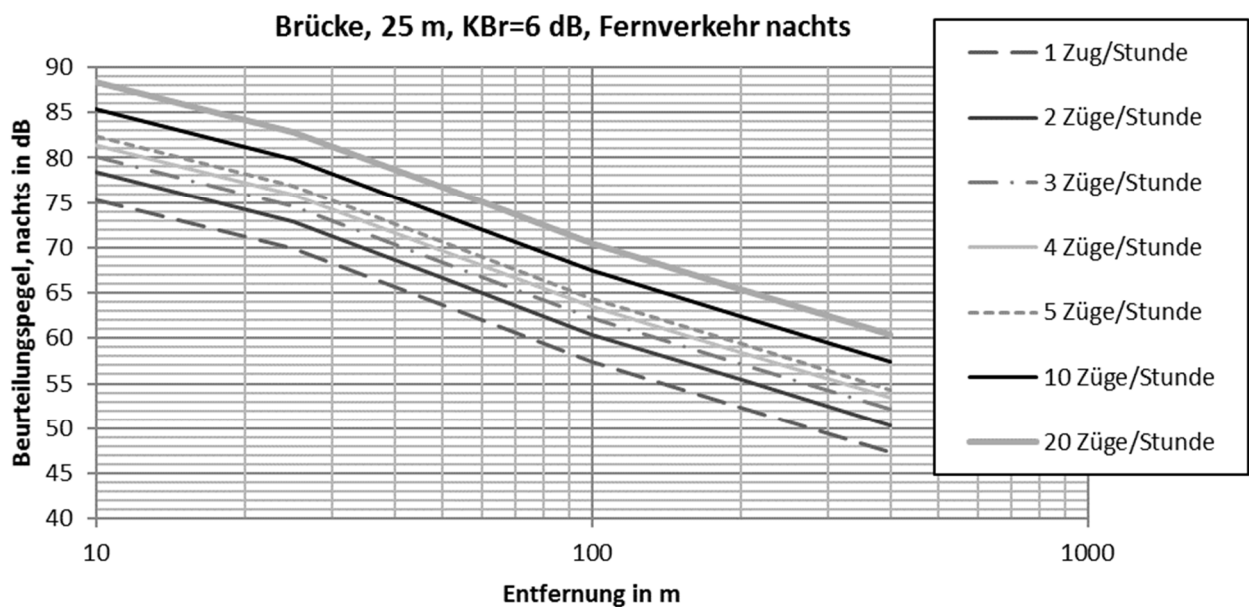


Abbildung 18: Fernverkehr, nachts. Beurteilungspegel für unterschiedliche Zugzahlen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brücke, $K_{Br} = 6$ dB

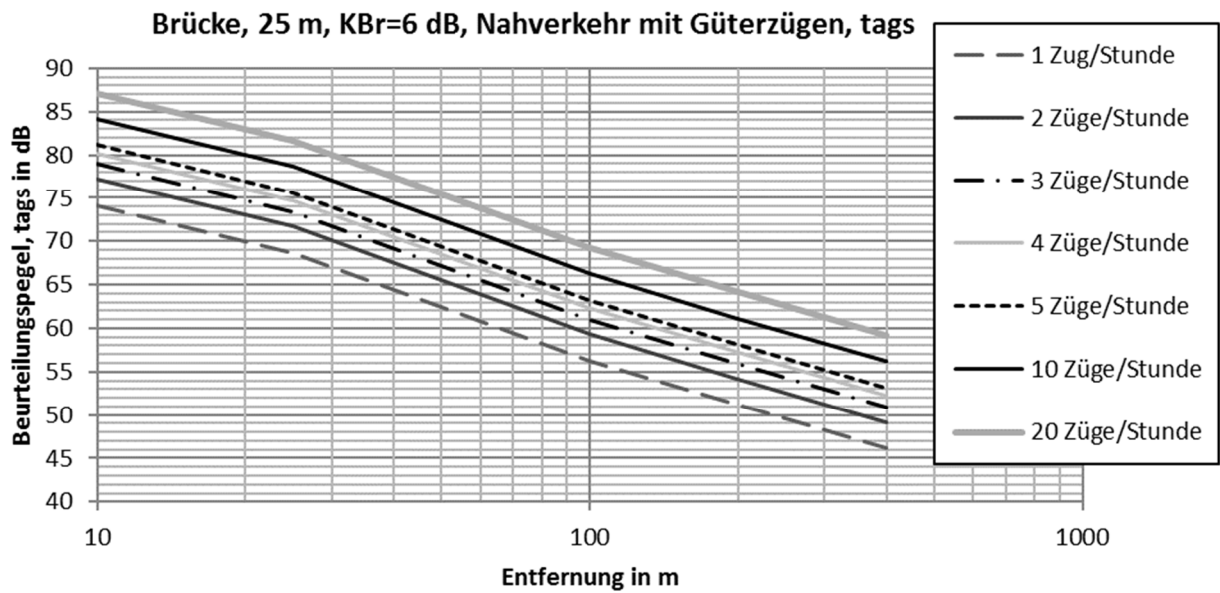


Abbildung 19: Nahverkehr mit Güterzügen, tags. Beurteilungspegel für unterschiedliche Zugzahlen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brücke, $K_{Br} = 6$ dB

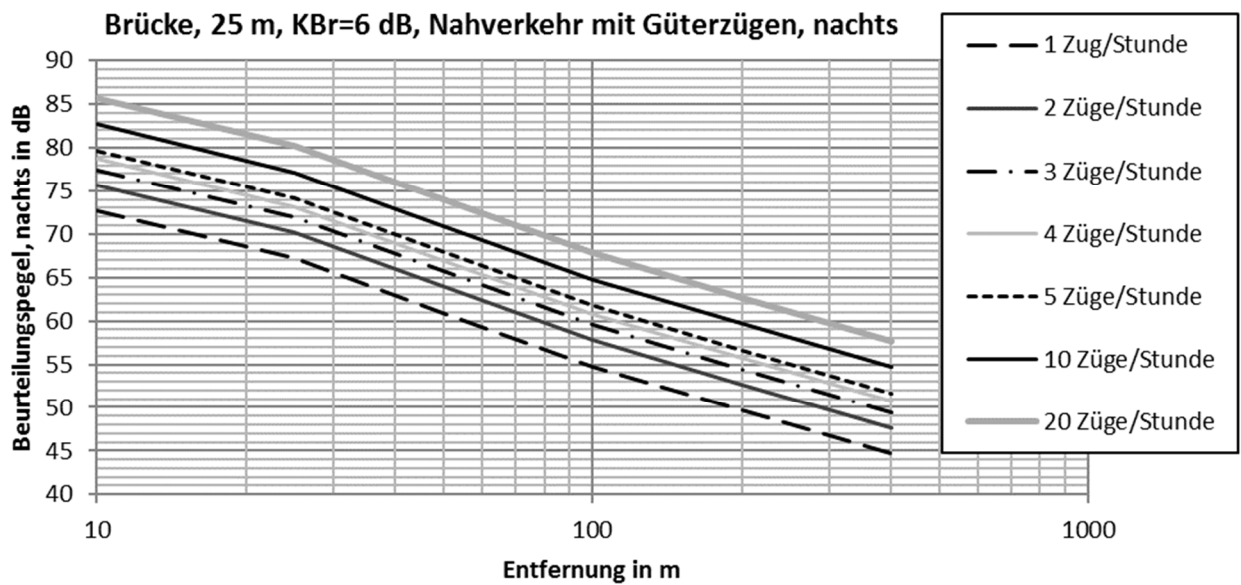


Abbildung 20: Nahverkehr mit Güterzügen, nachts. Beurteilungspegel für unterschiedliche Zugzahlen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brücke, $K_{Br} = 6$ dB

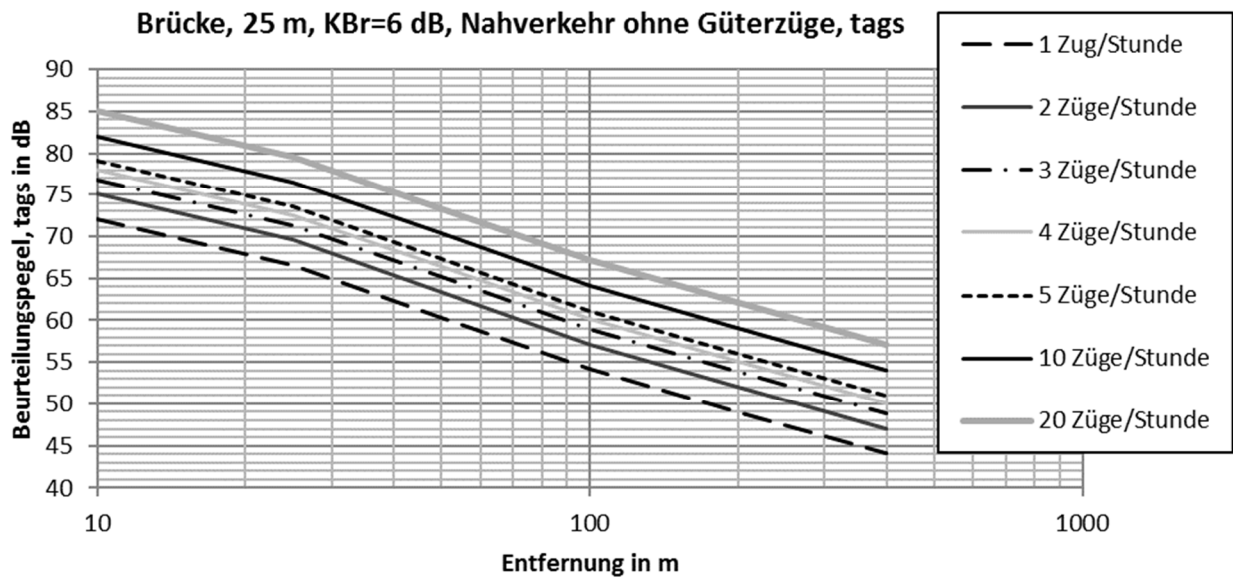


Abbildung 21: Nahverkehr ohne Güterzüge, tags. Beurteilungspegel für unterschiedliche Zugzahlen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brücke, $K_{Br} = 6$ dB

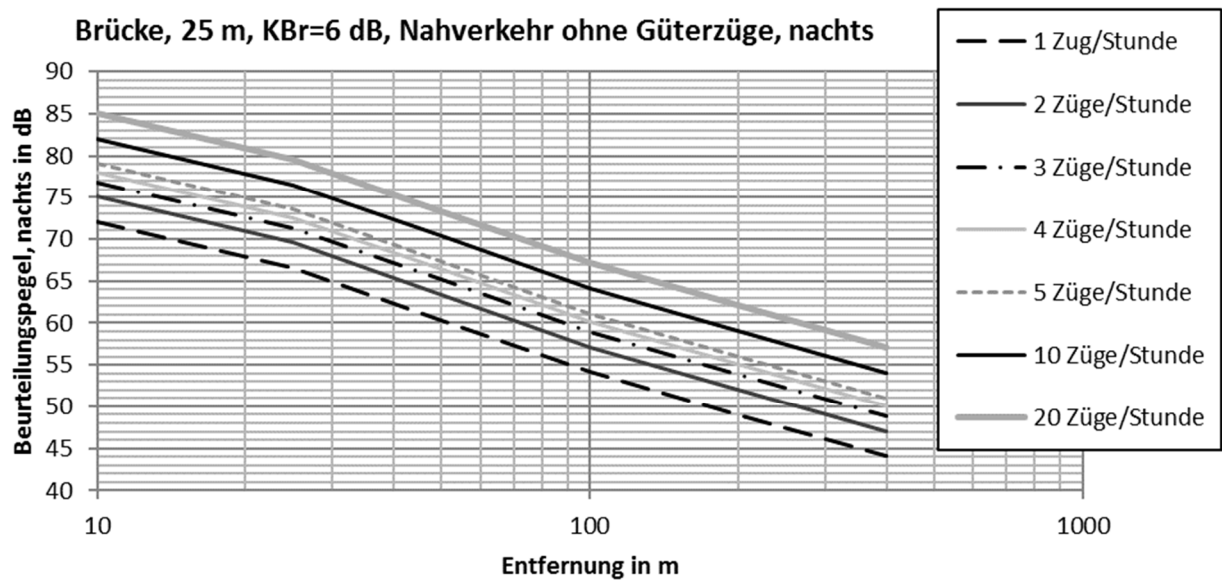


Abbildung 22: Nahverkehr ohne Güterzüge, nachts. Beurteilungspegel für unterschiedliche Zugzahlen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brücke, $K_{Br} = 6$ dB

Brücke, 25 m, KBr=12 dB, Fernverkehr, tags

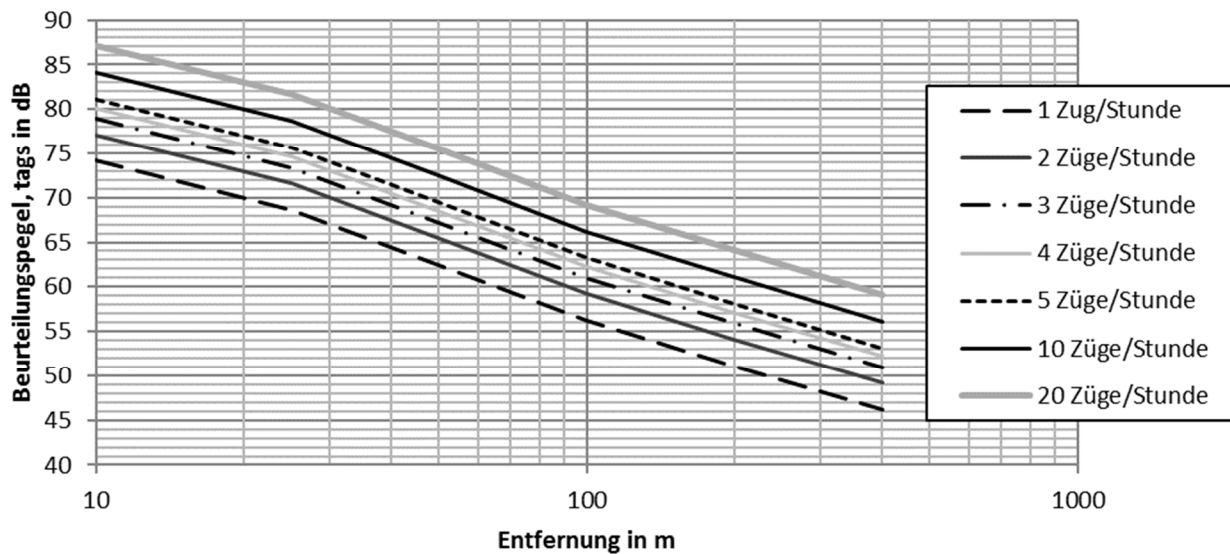


Abbildung 23: Fernverkehr, tags. Beurteilungspegel für unterschiedliche Zugzahlen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brücke, $K_{Br} = 12$ dB

Brücke, 25 m, KBr=12 dB, Fernverkehr, nachts

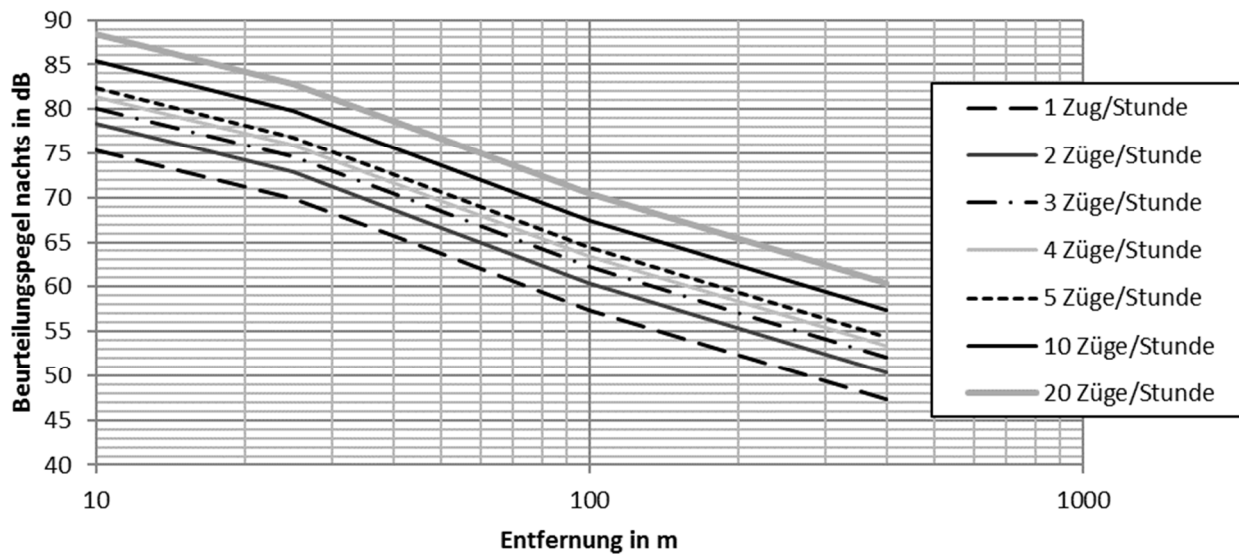


Abbildung 24: Fernverkehr, nachts. Beurteilungspegel für unterschiedliche Zugzahlen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brücke, $K_{Br} = 12$ dB

Brücke, 25 m, KBr=12 dB, Nahverkehr mit Güterzügen, tags

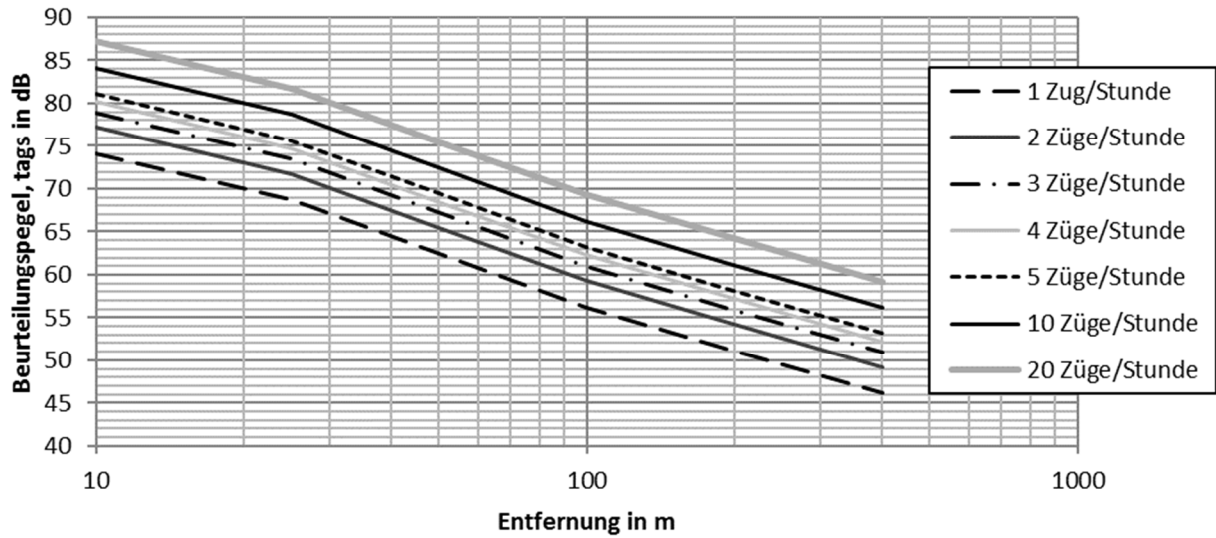


Abbildung 25: Nahverkehr mit Güterzügen, tags. Beurteilungspegel für unterschiedliche Zugzahlen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brücke, $K_{Br} = 12$ dB

Brücke, 25 m, KBr=12 dB, Nahverkehr mit Güterzügen, nachts

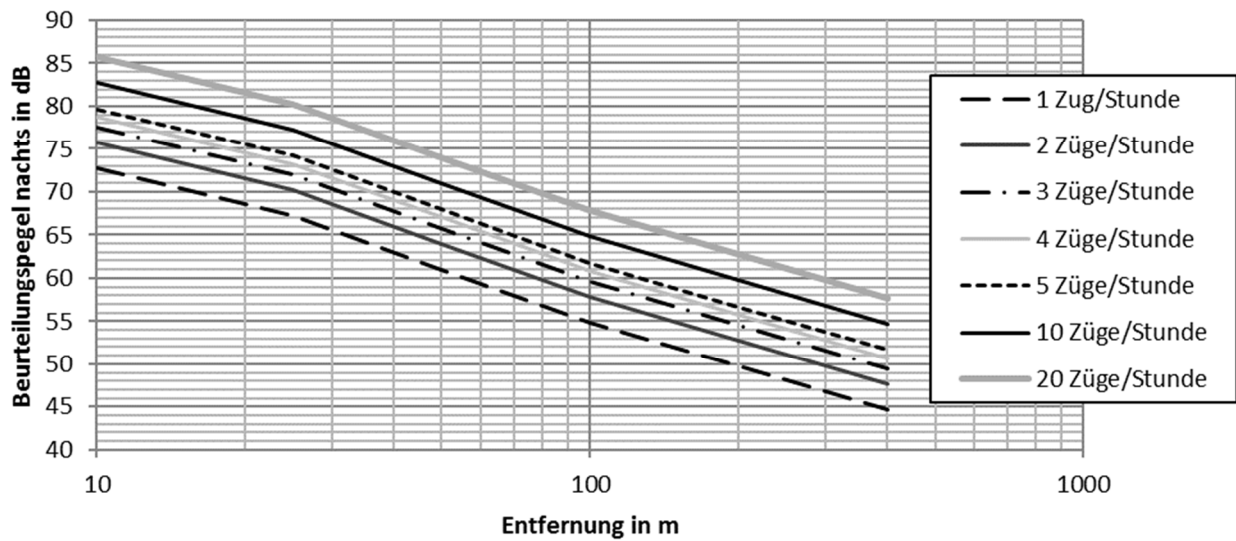


Abbildung 26: Nahverkehr mit Güterzügen, nachts. Beurteilungspegel für unterschiedliche Zugzahlen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brücke, $K_{Br} = 12$ dB

Brücke, 25 m, KBr=12 dB, Nahverkehr ohne Güterzüge, tags

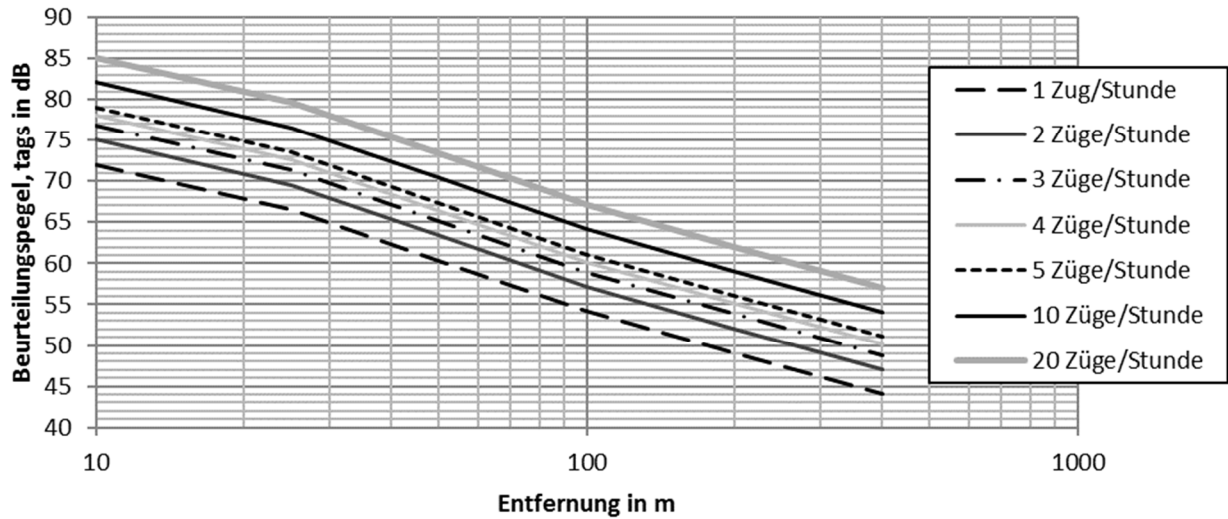


Abbildung 27: Nahverkehr ohne Güterzüge, tags. Beurteilungspegel für unterschiedliche Zugzahlen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brücke, $K_{Br} = 12$ dB

Brücke, 25 m, KBr=12 dB, Nahverkehr ohne Güterzüge, nachts

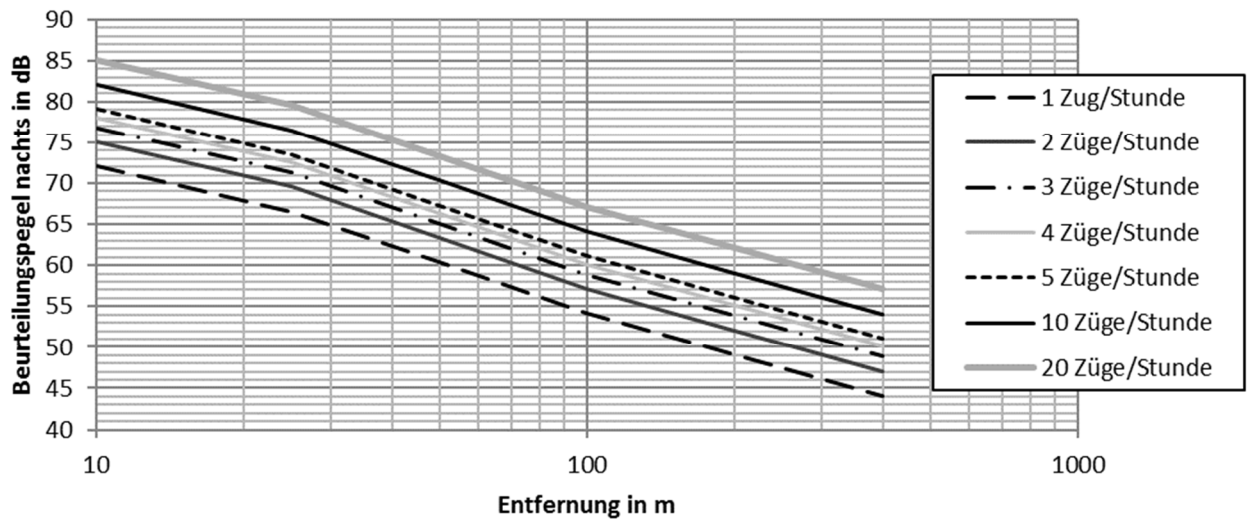


Abbildung 28: Nahverkehr ohne Güterzüge, nachts. Beurteilungspegel für unterschiedliche Zugzahlen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Brücke, $K_{Br} = 12$ dB

Anhang 4: Formblatt für die Dokumentation von Minderungsmaßnahmen



Dokumentation von Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhrens

Werden beim Neubau, beim Umbau oder einer Erneuerung einer Eisenbahnbrücke Maßnahmen zur Reduktion der Brückendröhrens eingesetzt, sind diese mit dem vorliegenden Formblatt zu dokumentieren. Die Dokumentation ist dem Brückenbuch beizulegen.

Oberbautechnische Maßnahmen:

- Einbau akustisch wirksame Unterschottermatte: ja nein
Statischer Bettungsmodul: 0,02 N/mm³ 0,03 N/mm³
 0,06 N/mm³ 0,10 N/mm³
Dynamischer Bettungsmodul: Kategorie 1 Kategorie 2
Typ:
Hersteller:
- Einbau akustisch wirksamer besohlter Schwellen: ja nein
Statischer Bettungsmodul: 0,10 N/mm³ 0,15 N/mm³
Typ:
Hersteller:
Nachweis der akustischen Wirkung erbracht: ja nein
- Einbau hochelastischer Schienenbefestigungen: ja nein
Statische Stützpunktsteifigkeit: 10 kN/mm 17 kN/mm
Typ:
Hersteller:
- Übergangsbereich vor und hinter der Brücke: ja nein
Einbau (Unterschottermatte / bes. Schwelle): USM BS
Typ:
Hersteller:
Länge:

Konstruktive Maßnahmen:

- Lärmarmer Stahlkonstruktion (Vollwandträgerbrücke mit dickem Fahrbahnblech nach Modul 804.4101, wobei die Fahrbahndicke mindestens 100 mm und die Stegblechdicke mindestens 30 mm betragen muss, der Abstand zwischen zwei Versteifungen des Stegbleches darf maximal bei 0,5 m liegen, die maximale Länge der Brücke beträgt ca. 20 m) wurde eingebaut: ja nein
- Einbau akustisch wirksamer Brückendämpfer: ja nein
Typ:
Hersteller:
Nachweis der akustischen Wirkung erbracht: ja nein
- Einbau akustisch wirksamer Dämpfungsfolien: ja nein
Typ:
Hersteller:
Nachweis der akustischen Wirkung erbracht: ja nein

Sonstige Maßnahmen / Anmerkungen:

Datum / Ort / Ersteller:

Quellenverzeichnis/Literaturverzeichnis

- [1] DB Netz AG, Richtlinie 804, Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten.
- [2] DB Netz AG, Richtlinie 820, Grundlagen des Oberbaus.
- [3] „https://www.eba.bund.de/DE/RechtRegelwerk/Verwaltungsvorschriften/VVBAU/vvbau_nod_e.html,“ [Online].
- [4] „https://www.eba.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Finanzierung/LuFV/Einstellen_LuFV_II.pdf?__blob=publicationFile&v=3,“ [Online].
- [5] DB Netz AG, Modul 820.2020 Ausrüstungsstandard Feste Fahrbahn für Gleise und Weichen.
- [6] R. H. Pfeifer und T. M. Mölter, Handbuch Eisenbahnbrücken, Eurailpress, 2008.
- [7] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274).
- [8] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990 (BGBl. I S. 1036), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2269) geändert worden ist.
- [9] Vierunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Lärmkartierung) vom 6. März 2006 (BGBl. I S. 516), die zuletzt durch Artikel 84 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist.
- [10] EBA, Umwelt-Leitfaden zur eisenbahnrechtlichen Planfeststellung und Plangenehmigung sowie für Magnetschwebbahnen, Teil VI Schutz vor Schallimmissionen aus Schienenverkehr.
- [11] DB Netz AG, Modul 804.4101, Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten, Zusätzliche Anforderungen für Stahlbrücken.
- [12] DB Systemtechnik GmbH, „Kategorisierung von stählernen Trogbrücken mit 100 mm dicken Fahrbahnblechen („Dickblechbrücken“) nach Schall 03,“ 2018.
- [13] DB Systemtechnik GmbH, Vorgaben für die Konstruktion lärmarmer stählerner Hohlkastenbrücken, 2006.
- [14] DB Netz AG, Modul 820.2010, Grundlagen des Oberbaus, Ausrüstungsstandard Schotteroberbau für Gleise und Weichen.
- [15] DB Netz AG, Modul 804.1101 A05, Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten, Entwurfsgrundlagen, Anhang 05, Unterschottermatten auf Brücken.
- [16] DB Netz AG, DBS 918 071-01, Technische Lieferbedingungen, Unterschottermatten zur Minderung der Schotterbeanspruchung.
- [17] DB Netz AG, Modul 824.1510, Bettungsarbeiten durchführen; Unterschottermatten (Usm) einbauen.
- [18] D. N. AG, Modul 820.2010, Grundlagen des Oberbaus, Anhang A05 Ausrüstungsstandard bei Gleisbelastung > 10.000 und < 30.000 Lt/d.
- [19] DB Netz AG, Modul 820.2010, Grundlagen des Oberbaus, Anhang A06 Ausrüstungsstandard bei einer Gleisbelastung 30.000 Lt/d.
- [20] DB Netz AG, Modul 836.4106, Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke, Übergänge zwischen Erd- und Kunstbauwerken.
- [21] DB Netz AG, DBS 918 145-01, Technische Lieferbedingungen, Spannbetonschwellen mit elastischer Sohle - Elastische Schwellensohlen.
- [22] DB Netz AG, DBS 918 145-02, Technische Lieferbedingungen, Verbundsystem Spannbetonschwelle - Elastische Schwellensohlen.

- [23] DB Netz AG, Modul 820.2040, Grundlagen des Oberbaus, Gestalten des Oberbaus - Oberbau auf Brücken.
- [24] DB Netz AG, Modul 804.5501, Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten, Lärmschutzanlagen an Eisenbahnstrecken.
- [25] DB Netz AG, Modul 804.9060 A05, Ausrüstungselemente für Ingenieurbauwerke, Anhang A05 Lärmschutzanlagen.
- [26] DB Netz AG, Modul 804.1101 A01, Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten, Entwurfsgrundlagen, Anhang 01 Wesentliche Querschnittsparameter.
- [27] EBA, EBA-Richtlinie Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an Planung, Bau und Betrieb von Schienenwegen nach AEG, 2012.
- [28] DB Netz AG, „Modul 804.9060 A01, Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten, Richtzeichnungen "Ausrüstungselemente für Ingenieurbauwerke", Anhang A01, Geländer“.
- [29] Schall 03, Bundesratsdrucksache 319/14, Verordnung zur Änderung der Sechzehnten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung 16.BImSchV).
- [30] DB Netz AG, DBS 918 290, Technische Lieferbedingungen, Schienenstegdämpfer.
- [31] DB Netz AG, DBS 918 291, Technische Lieferbedingungen, Schienenstegabschirmungen.
- [32] DB Netz AG, „DB Netz, Innovative Maßnahmen zum Lärm- und Erschütterungsschutz am Fahrweg, Schlussbericht, Bericht im Rahmen des Konjunkturprogramms II für das Vorhaben „Einzelmaßnahmen zur Lärm- und Erschütterungsminderung am Fahrweg,“ 2012.
- [33] Vierunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Lärmkartierung - 34. BImSchV), 2006.
- [34] DIN 18005-1:2002-07 Schallschutz im Städtebau - Teil 1: Grundlagen und Hinweise für die Planung, 2002.
- [35] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990 (BGBl. I S. 1036) (veraltete Version).
- [36] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV), 1990.
- [37] Vierundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 24. BImSchV) vom 4.2.1997, Bundesgesetzblatt Jahrgang 1997 Teil I Nr.8.
- [38] EBA, Umwelt-Leitfaden zur eisenbahnrechtlichen Planfeststellung und Plangenehmigung sowie für Magnetschwebbahnen, Teil VI Schutz vor Schallimmissionen aus Schienenverkehr, 2012.
- [39] DB Netz AG, DBS 918 145-01, Technische Lieferbedingungen, Spannbetonschwellen mit elastischer Sohle - Elastische Schwellensole.
- [40] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes, 2014.
- [41] D. Stiebel, C. Gerbig und B. Asmussen, „Erstellen eines Leitfadens zum Einsatz von Schallminderungsmaßnahmen an bestehenden und neuen Eisenbahnbrücken im Netz der DB AG,“ in *Proceedings der DAGA 2018*, München, 2018.

Die genannten Richtlinien (Ril), Module (M) und Technische Lieferbedingungen (DBS) der DB Netz AG sind über die DB Kommunikationstechnik GmbH in Karlsruhe erhältlich. Die aktuellste Version ist zu verwenden.