

BAHNAKUSTIK

Infrastruktur, Fahrzeuge, Betrieb

6. – 7. November 2023 Planegg München

EISENBAHNAKUSTIK AM DEUTSCHEN ZENTRUM FÜR SCHIENENVERKEHRSFORSCHUNG – EIN AUSBLICK

Haike Brick^{1*}, Jenny Böhm¹ und Eckhard Roll¹

¹Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung
beim Eisenbahn Bundesamt
August-Bebel-Str. 10, 01219 Dresden
E-Mail: BrickH@dzsf.bund.de

ÜBERSICHT

Bahnakustik und -erschütterungen sind ein wichtiger thematischer Schwerpunkt des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung (DZSF). Zum einen werden Projekte zu spezifischen Fragen initiiert, z. B. zur akustischen Wirksamkeit transparenter Schallschutzwände. Zum anderen wird das LärmLab im DZSF als wesentlicher Bestandteil des Offenen Digitalen Testfeldes (ODT) entwickelt. Das LärmLab wurde als Weiterführung der bisherigen Lärmschutzinitiativen des Bundes mit dem Ziel konzipiert, das Angebot an anwendungsreifen Schall- und Erschütterungsschutzmaßnahmen zu erweitern. Dabei soll die gesamte Entwicklungskette von der Simulation neuer Ideen bis zum Abbau von rechtlichen und technischen Hürden in der Anwendung einbezogen werden. Die gegenwärtige Ausgestaltung wird sowohl die rechnerische oder messtechnische Untersuchung von Demonstratoren oder Technologiekonzepten, als auch die Erprobung von zulassungsfähigen Prototypen im Betrieb umfassen. Ein entsprechendes mehrstufiges Konzept mit konkreten Förderzielen und Zuwendungsmodalitäten wird derzeit erarbeitet. Die Umsetzung der Erprobung im ODT wird beim DZSF durch Streckenerkundung und Referenzmessungen vorbereitet.

1 EINLEITUNG

Als Teil seiner Forschungsinfrastruktur entwickelt das DZSF das ODT auf dem Schienennetz Halle (Saale) – Cottbus – Niesky [1]. Das LärmLab wird ein integraler Bestandteil des ODT sein.

Ziel des LärmLab ist es, das Portfolio an bahntauglichen und anwendungsreifen Maßnahmen zur Schall- und Erschütterungsminderung zu erweitern. Dabei soll die gesamte Entwicklungskette von der Simulation neuer Ideen bis zum Abbau von rechtlichen und technischen Hürden

in d2 er Anwendung einbezogen werden. Mit dem LärmLab werden frühere Initiativen des Bundes zur Erprobung innovativer Minderungsmaßnahmen fortgeführt und weiterentwickelt. Der Schwerpunkt des LärmLab liegt auf rechnerischen oder messtechnischen Untersuchungen und der Erprobung im realen Betrieb. Darüber hinaus werden weitere Themen wie die Entwicklung der Anwendungsreife, die Migration von Lärminderungsmaßnahmen und deren Akzeptanz betrachtet.

Eine weitere Aufgabe des DZSF ist die Initiierung und Betreuung von Auftragsforschungsprojekten zu spezifischen Fragestellungen des Schienenverkehrs. Im Bereich Schall- und Erschütterungen wurden bislang zu folgenden Themen Projekte durchgeführt: Messung der Schallemission mit einer akustischen Kamera [2], Entwicklung eines Verfahrens für die akustische Anerkennung von Bremssohlen [3], Evaluierung der Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms [4] und Entwicklung von Prototypenideen für transparente Schallschutzwände (SSW) mit hoher akustischer Wirksamkeit [5]. Das DZSF beschäftigt sich auch mit Sicherheitsanforderungen neuer Schallschutztechnologien. Aktuell läuft ein Projekt zur Entwicklung eines konkreten Vorschlags für die Erbringung des Verwendbarkeitsnachweises für transparente SSW-Elemente aus Verbundsicherheitsglas [6]. Künftig werden unter anderem der Bereich Psychoakustik und die Nutzung psychoakustischer Methoden für eine umfassendere Bewertung von Schallschutzmaßnahmen betrachtet. Darüber hinaus werden die Aktivitäten im LärmLab von Forschungsprojekten zu theoretischen oder verfahrenstechnischen Fragen flankiert.

2 INNOVATIVE MASSNAHMEN: VON DER IDEE ZUR UMSETZUNG

Ziel des LärmLab ist es, Innovationen zur Schall- und Erschütterungsminderung an der Schiene voranzutreiben und dadurch den Schutz der Nachbarschaft von Schienenwegen gegenüber verschiedenen Lärm- und Erschütterungsquellen zu verbessern. Dafür muss die ganze Entwicklungskette einer Innovation berücksichtigt werden, denn „Innovationen resultieren erst dann aus Ideen, wenn diese in neue Produkte, Dienstleistungen oder Verfahren umgesetzt werden (Invention), die tatsächlich erfolgreiche Anwendung finden und den Markt durchdringen (Diffusion).“ [7]. Mit einem Förderprogramm kann die Entwicklung von Innovationen begünstigt werden, indem ein kontinuierlicher Entwicklungsprozess auf mehreren Stufen und für ein breites Spektrum an Akteuren begleitet und unterstützt wird. Die akustische oder schwingungstechnische Wirksamkeit einer innovativen Technologie wird im ersten Schritt durch Simulationen demonstriert. In einer nächsten Stufe folgt eine experimentelle Validierung der analytischen oder numerischen Prognosen der akustischen Wirksamkeit in einer Laborumgebung. Eine erfolgreiche Validierung bildet die Basis für die Erprobung in einer realen Betriebsumgebung, d. h. an Teststrecken im Schienennetz des ODT des DZSF. Für diesen Schritt ist neben der erfolgreichen Validierung auch das Vorliegen aller relevanten Zulassungen und Freigaben für den zu testenden Prototypen notwendig. Eine enge Kooperation mit der DB Netz AG ist für die Aktivitäten im Testfeld unverzichtbar, denn als Betreiberin der Anlagen trägt sie die Verantwortung für einen sicheren Betrieb. Für die Marktanwendung einer wirksam erprobten, innovativen Schallschutzmaßnahme ist letztendlich eine positive Begutachtung im Sinne der 16. BImSchV [8] notwendig, denn nur die Festlegung akustischer Kennwerte für die Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege ermöglicht die Berücksichtigung der innovativen Technologie bei der Lärmvorsorge oder Lärmsanierung an Schienenwegen. Die Messaufbauten und –verfahren in der zweiten und dritten Entwicklungsstufe müssen daher die spätere Begutachtung und das Berechnungsverfahren gemäß Anlage 2 der 16. BImSchV (Schall 03) berücksichtigen. Ggf. muss das Berechnungsverfahren nach Schall 03 durch begleitende Forschungsvorhaben erweitert werden, um innovative Technologien, die darin nicht abgebildet sind, überhaupt in das Verfahren aufnehmen zu können.

3 STAND DER VORBEREITUNGEN FÜR DAS LÄRMLAB

Für die Entwicklung des experimentellen Teils des LärmLab, d. h. für die Erprobung in einer realen Betriebsumgebung, müssen Teststrecken identifiziert, Messverfahren überprüft und falls erforderlich weiterentwickelt werden sowie eine Forschungsinfrastruktur geschaffen werden, die für die späteren Erprobungen zur Verfügung steht. Im Folgenden werden eine mögliche Teststrecke vorgestellt und die messtechnischen Bedingungen für eine Erprobungsschallschutzwand dargelegt.

3.1 Identifizierung von Teststrecken im Offenen Digitalen Testfeld

Für die akustische Erprobung innovativer Schall- und Erschütterungsschutzmaßnahmen im Realbetrieb werden Teststrecken benötigt. Diese müssen vielfältige Anforderungen an die Umgebung, den Oberbau und den Betrieb erfüllen, siehe beispielsweise [9]. Die Spezifikationen in [10] bilden die Grundlage für das Mess- und Auswertekonzept.

Die Teststrecken dienen der Bestimmung der Einfügungsdämpfung D_e einer Maßnahme. Diese wird aus den gemittelten Vorbeifahrgeräuschpegeln an einem Testabschnitt vor und nach Einbau der Maßnahme bestimmt und mit dem an einem Referenzabschnitt ohne Maßnahme gemessenen Vorbeifahrgeräuschpegeln korrigiert, siehe Formel (1.a) [10]. Durch Umstellung ergibt sich Formel (1.b). Die Einfügungsdämpfung wird je Zugkategorie und Geschwindigkeitsklasse bestimmt. Die jeweilige Korrektur ist notwendig, da sich Test- und Referenzabschnitt in den Schallausbreitungsbedingungen und den Gleiseigenschaften unterscheiden können bzw. sich das Zugkollektiv zwischen Vorher- und Nachher-Messung unterscheiden kann.

$$D_e = (L_{\text{Test,nach}} - L_{\text{Test,vor}}) - (L_{\text{Ref,nach}} - L_{\text{Ref,vor}}) \quad (1.a)$$

$$D_e = (L_{\text{Test,nach}} - L_{\text{Ref,nach}}) - (L_{\text{Test,vor}} - L_{\text{Ref,vor}}) \quad (1.b)$$

Die Länge eines Streckenabschnitts zur akustischen Erprobung einer Maßnahme hängt unter anderem vom Abstand des Mikrofons ab. Bei einem Abstand von 25 m zur Gleismitte sollten der Test- und der Referenzabschnitt jeweils mindestens 200 m lang sein.

Die Messumgebung muss die Anforderungen der DIN EN ISO 3095 [12] an das Fremdgeräusch und die akustische Umgebung erfüllen, d. h. freie Schallausbreitung zum Mikrophon, keine reflektierende Bodenoberfläche, ein Bodenniveau zwischen 0 m und -2 m im Vergleich zur Schienenoberkante (SOK) sowie die Abwesenheit großer reflektierender Objekte hinter dem Mikrophon.

Als Schallquellen dienen die vorbeifahrenden Züge. Die Schallemission entsteht also aus dem Zusammenspiel von Fahrzeug und Oberbau. Daher wird ein homogener Oberbau benötigt, insbesondere müssen Schienenrauheit und Gleisabklingrate ähnlich sein. Das Gleis muss frei von Stoßstellen und sichtbaren Oberflächenbeschädigungen sein und es dürfen keine hörbaren Stoßgeräusche auftreten. Für die Äquivalenz der Schallquelle ist es außerdem wichtig, die Vorbeifahrten nach Fahrzeugkategorie und Geschwindigkeit zu unterteilen. Die Vorbeifahrtgeschwindigkeit muss konstant sein.

Die Teststrecke sollte von allen relevanten Fahrzeugtypen regelmäßig mit repräsentativer Geschwindigkeit befahren werden. Das bedeutet eine Streckengeschwindigkeit von mindestens 160 km/h und eine elektrifizierte Strecke. Die Zugfolge sollte ausreichend dicht sein, um möglichst viele Vorbeifahrten während einer kurzen Dauer erfassen zu können. Je Kategorie werden 10-20 Vorbeifahrten benötigt [13].

Die Ausbreitungsbedingungen zum Mikrofon, d. h. Meteorologie, Geländeprofil und Bodenoberfläche, sollten möglichst identisch sein. Test- und Referenzabschnitt sollten daher nah beieinanderliegen.

Weitere Anforderungen an die Teststrecke ergeben sich je nach zu erprobender Maßnahme. In der Regel wird ein gerades Gleis mit Schotteroberbau ohne Steigung benötigt. Für Maßnahmen auf dem Ausbreitungsweg sollte die Strecke zweigleisig sein, um deren Wirkung auch in Bezug auf das weiter entfernte Gleis ermitteln zu können. Für spezielle Maßnahmen sind Kurven oder Brücken notwendig. Bei der Erprobung von Maßnahmen am Fahrzeug sind die Grenzkurven der DIN EN ISO 3095 für Schienenrauheit und Gleisabklingrate zu erfüllen.

Das DZSF sucht zunächst gerade Strecken mit homogenem Schotteroberbau im ODT. Die Suche erfolgt in mehreren Schritten. Über das Studium von Kartenmaterial und Fahrerstandmitfahrten wurde eine Vorauswahl potentieller Teststrecken getroffen. Diese Vorauswahl wurde durch Begehung neben der Strecke geprüft und weiter eingeschränkt.

3.2 Qualifizierungsmessungen bei Walddrehna

Als vielversprechende Teststrecke wurde ein 800 m langer Gleisabschnitt bei Wehnsdorf südlich von Walddrehna identifiziert. Zur akustischen Charakterisierung des Abschnitts wurden verschiedene Messungen durchgeführt. Im August 2023 wurde die akustische Schienenrauheit und die Gleisabklingrate (TDR) von einem akkreditierten Prüflabor an verschiedenen Querschnitten bestimmt. Zuvor hat das DZSF im Februar 2023 die Vorbeifahrgeräusche verschiedener Züge an zwei 250 m voneinander entfernten Querschnitten gemessen. Zwischen Februar und August fanden keine Instandhaltungsarbeiten am Gleis statt.

Die Messplätze der Vorbeifahrgeräuschemessungen sind in Abbildung 1 dargestellt. Die Mikrofonpositionen befinden sich in einem Abstand von 7,5 m zur Gleismitte (GM) und einer Höhe von 1,2 m oberhalb der Schienenoberkante (SOK). Das Gleis befindet sich in leichter Dammlage. Das Geländeprofil entlang der Strecke variiert leicht. Die SOK liegt am Referenzabschnitt 0,5 m höher als am Testabschnitt. Es wurden sowohl Vorbeifahrten auf dem Regelgleis (RG) in 7,5 m Abstand zum Mikrofon gemessen als auch Vorbeifahrten auf dem weiter entfernten Gegengleis (GG). Während des Messzeitraums von gut drei Stunden fuhren Doppelstock-Intercity und Doppelstock-Regionalzüge, Eurocity-Züge der tschechischen Bahn sowie verschiedene Güterzüge.



Abbildung 1: Messplätze an der Strecke südl. Walddrehna: Referenz (links), Test (rechts)

Abbildung 2 und Abbildung 3 zeigen die akustischen Gleiseigenschaften des RG an den Messquerschnitten. Die rechte Schiene liegt näher am Mikrofon als die linke. Die akustische Schienenrauheit liegt am Testabschnitt weitgehend unterhalb der Grenzkurve der DIN EN ISO 3095. Am Referenzabschnitt liegen einzelne Spuren im Bereich mittlerer Wellenlängen oberhalb der Grenzkurve. Beim GG ist die Rauheit der Abschnitte ähnlicher und liegt weitgehend unterhalb der Grenzkurve.

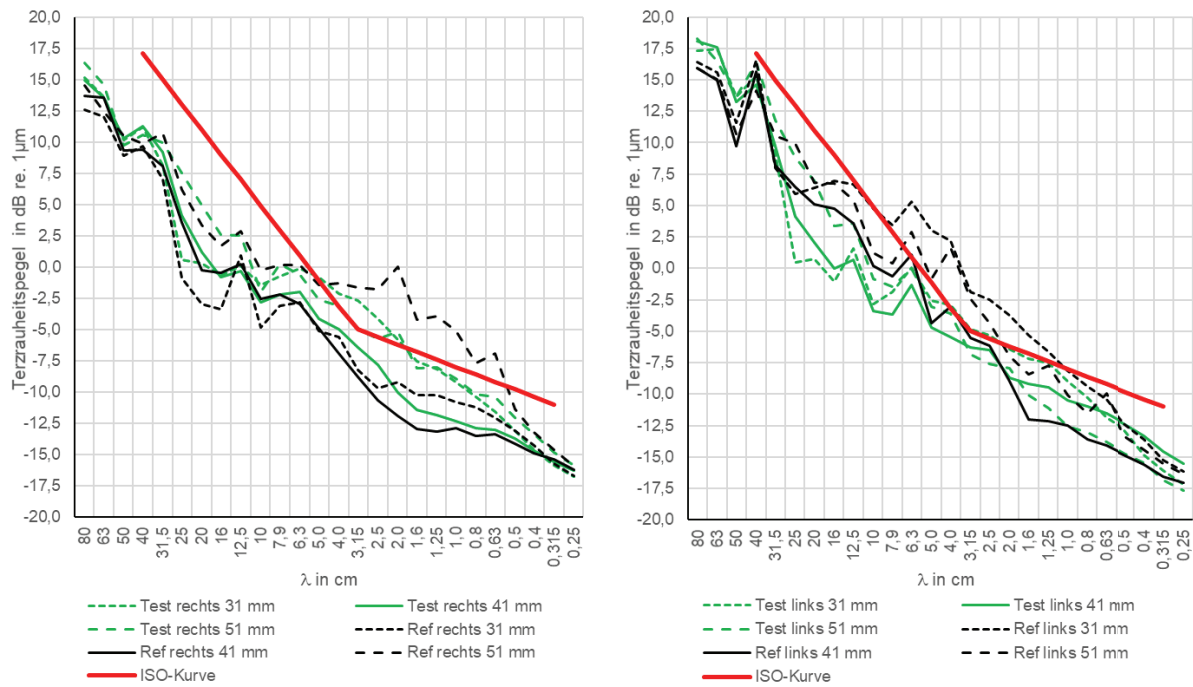


Abbildung 2: An den Messquerschnitten am RG gemessene akustische Schienenrauheit (drei Spuren über 100 m); rechte Schiene (links), linke Schiene (rechts)

Die TDR sind an Test- und Referenzabschnitt ähnlich. Die TDR der rechten Schiene am Testabschnitt ist ab 1,25 kHz etwas höher. Die Gleise waren durchgehend auf der Zwischenschienlage Zw 900 b von Vossloh gelagert. Aufgrund der weichen Zwischenlage sind die vertikalen TDRs niedrig und liegen zwischen 400 Hz und 4000 Hz unterhalb der Grenzkurve der DIN EN ISO 3095. Die lateralen TDRs liegen unterhalb von 630 Hz unterhalb der Grenzkurve. Die geringe Dämpfung führt zu einem hohen Beitrag der Schiene zum Rollgeräusch. Zur Untersuchung von Schallschutzmaßnahmen an Schienenfahrzeugen ist der Abschnitt daher ungeeignet.

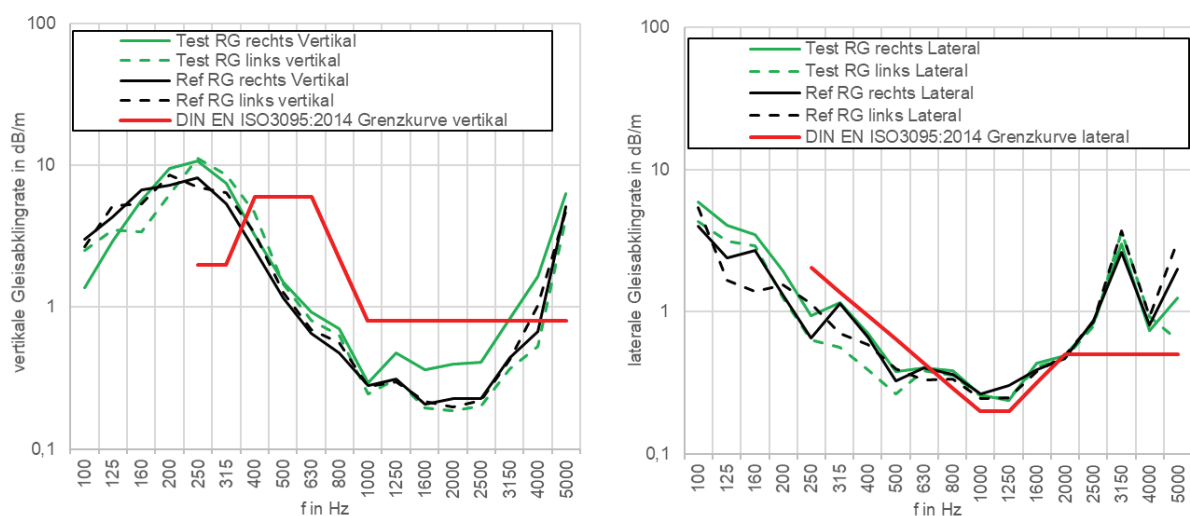


Abbildung 3: An den Messquerschnitten am RG gemessene TDR; vertikal (links), lateral (rechts)

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Vorbeifahrgeräuschmessung. Es wurde die durchschnittliche Differenz der Vorbeifahrgeräuschpegel $\Delta L_{\text{vor}} = L_{\text{Ref,vor}} - L_{\text{Test,vor}}$ je Zugkategorie bestimmt, das entspricht dem Korrekturterm in Formel (1.b). Die Geschwindigkeit wurde nicht gemessen, daher wurden die Vorbeifahrten nicht in Geschwindigkeitsklassen unterteilt. Aufgrund der begrenzten Messdauer konnte keine statistisch ausreichende Anzahl an Vorbeifahrten erfasst werden.

Zugkategorie	Näheres Gleis (RG)			Fernerer Gleis (GG)		
	ΔL_{vor}	σ	N	ΔL_{vor}	σ	N
IC	1,2	0	2	0,4		1
EC	0,7	0,2	2	0,1	0,1	2
Regio	1,3	0,1	3	0,2	0,1	2
Güterzug	0,4	0,1	5	0	0,1	3

Tabelle 1. Durchschnittliche Pegeldifferenz ΔL_{vor} zwischen Referenz- und Testabschnitt, deren Standardabweichung σ und Anzahl der gemessenen Vorbeifahrten N je Zugkategorie

Die Streuung der je Zugkategorie ermittelten Pegeldifferenzen ist gering. Am RG wurde eine mittlere Pegeldifferenz zwischen Referenz- und Testabschnitt von bis zu 1,3 dB für Regionalzüge und 1,2 dB für ICs ermittelt. Bei Güterzügen liegt sie nur bei 0,4 dB. Die am GG ermittelten Pegeldifferenzen liegen unterhalb von 1 dB.

Die Unterschiede der Gleiseigenschaften können eine Erklärung für die ermittelten Pegeldifferenzen sein. Rauheitsunterschiede wirken sich bei Personenzügen, deren Räder im Schnitt glatter sind, stärker aus als bei Güterzügen. Die EC-Züge sind relativ altes Rollmaterial und könnten rauere Räder als die IC- und Regionalzüge haben.

Die Messergebnisse zeigen, dass sich die akustischen Gleiseigenschaften selbst bei homogen wirkendem Oberbau relevant unterscheiden können. Sie unterstreichen die Wichtigkeit, das Gleis vor einer Erprobung von Schallschutzmaßnahmen akustisch zu schleifen. Zudem ist sicherzustellen, dass sich die Rauheit zwischen Vorher- und Nachher-Messung nicht wesentlich unterscheidet.

Die Strecke bei Walddrehna eignet sich nach einem akustischen Schleifen als Teststrecke. Aufgrund der begrenzten Länge von 800 m wird die Suche fortgesetzt, um weitere gerade Teststrecken zu finden sowie um Teststrecken für spezielle Infrastruktur, z. B. Kurven und Brücken zu identifizieren.

3.3 Erprobungsschallschutzwand

Eine Erkenntnis aus vorherigen Forschungs- und Entwicklungsinitiativen des Bundes ist es, dass die Errichtung von Schallschutzwänden (SSW) zu Testzwecken sehr zeitaufwändig ist, da planungs- und baurechtliche Prozesse zu durchlaufen sind. Um schalltechnische Innovationen an SSW, sei es durch Beeinflussung der Beugungseigenschaften der Oberkante durch Aufsätze oder auch durch neue Materialien und Materialkombinationen im Wandkörper, schneller in die akustische Erprobung im Betrieb bringen zu können, verfolgt das DZSF die Errichtung einer Erprobungs-SSW an einer der identifizierten Teststrecken. Die Konstruktion der Erprobungs-SSW muss es erlauben, Aufsätze unterschiedlichen Typs sicher montieren zu können und/oder Wandelemente tauschen zu können. Die Montage von Aufsätzen auf bestehende Schallschutzwände ist aus zulassungstechnischen Gründen nicht möglich.

Neben dem Erarbeiten konstruktiver Lösungen und der Klärung organisatorischer Fragen müssen die notwendigen Abmaße der Erprobungs-SSW festgelegt werden. Dazu werden der Vorbeifahrgeräuschpegel mit einem Rechenmodell in Anlehnung an die DIN ISO 9613-2 [14] prognostiziert und die Parameter der SSW variiert.

Startpunkt war die Untersuchung einer 200 m langen SSW. Diese SSW ist für verschiedene Zuggattungen, insbesondere für Güterzüge, kürzer als die Züge selbst, d.h. während der Vorbeifahrtzeit T_p ragen die Züge seitlich an dem Bauwerk heraus. Bedingung für das oben genannte Messverfahren ist, dass der Beitrag zum Vorbeifahrgeräuschpegel über die Oberkante der SSW an den Messpunkten ausreichend höher ist als der Beitrag über die Seite der SSW. Ausreichend ist eine Pegeldifferenz von 10 dB in dem relevanten Frequenzbereich. Der relevante Frequenzbereich ist über die 16. BImSchV [8] definiert: 63 – 8000 Hz. Als Messpunkte sind mindestens die Standardpositionen M1 in 7,5 m Entfernung von GM und 1,2 m über SOK und M2 in 25 m Entfernung und 3,5 m über SOK zu betrachten.

Folgende Konfiguration wurde untersucht:

- Entfernung der SSW von Gleismitte = 4 m,
- Höhe der SSW = 3 m,
- Länge des Zuges = 600 m,
- Zuggeschwindigkeit $v = 100$ km/h,
- Frequenzbereich: $100 \text{ Hz} \leq f_m \leq 5000 \text{ Hz}$,
- Höhe der Schallquelle über SOK = 0 m (Rollgeräusch),
- Schallemissionsspektrum: standardisiertes Spektrum gemäß DIN EN 16272-3-2:2014-10, [15]
- Luftdämpfungskoeffizient α für 20°C und 70% rel. Feuchte (Tabelle 2 in [14]).

Die Dicke der Wand bleibt unberücksichtigt. Als Schallquelle wird vereinfacht eine kontinuierliche Verteilung von Monopolquellen entlang des Zuges auf Höhe SOK angenommen. Im Folgenden werden die Ergebnisse für den Messpunkt M2 dargestellt, da die Situation kritischer ist als am wandnahen Messpunkt M1. Der Frequenzbereich wird bei den Prognosen auf das standardisierte Schallemissionsspektrum gemäß [15] begrenzt.

Die Lage von Zug, Messpunkt M2 und SSW wird in Abbildung 4 links illustriert. Den Schalldruckpegel L_{pA} während der vollständigen Vorbeifahrt (bei $t = 0$ befindet sich der gesamte Zug gerade vor der SSW) mit und ohne SSW am MP2 zeigt das rechte Diagramm. Die Wirkung der SSW ist unfraglich zu erkennen, allerdings sind die seitlichen Beiträge zum Vorbeifahrgeräuschpegel L_{pAeqTp} hoch, siehe Abbildung 5.

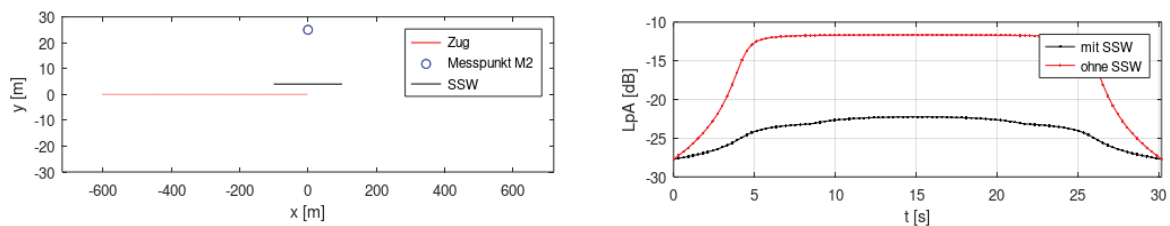


Abbildung 4: Lage von Zug, Messpunkt M2 und SSW zum Zeitpunkt der Einfahrt in den Messquerschnitt (links), Schalldruckpegel am Messpunkt M2 während der Vorbeifahrt des Zuges mit und ohne SSW (rechts).

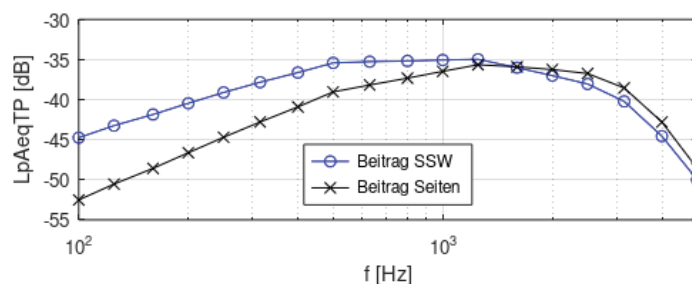


Abbildung 5: Beiträge zum Vorbeifahrgeräuschpegel am Messpunkt M2 über die SSW und links und rechts an der Wand vorbei, Länge der SSW= 200 m

Insgesamt ist die Pegeldifferenz der seitlichen Beiträge zum Beitrag über die SSW kleiner als 10 dB im gesamten Frequenzbereich. Oberhalb von 1600 Hz dominiert sogar der Beitrag über die Seiten. Eine Länge von 200 m ist nicht ausreichend, um die Änderungen gegenüber einer Referenzschallschutzwand valide zu quantifizieren.

Tatsächlich wird erst bei einer Wandlänge von 475 m eine Pegeldifferenz von 10 dB im gesamten Frequenzbereich am Messpunkt M2 erreicht. Im Bereich um 2500 Hz tritt ein Minimum der Pegeldifferenz auf, welches bestimmend für die 10 dB-Grenze ist.

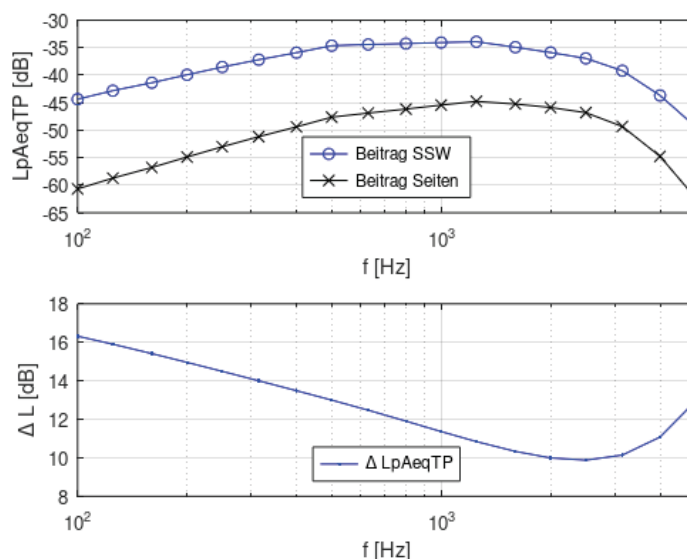


Abbildung 6: oben: Beiträge zum Vorbeifahrgeräuschpegel am Messpunkt M2 über die SSW und links und rechts an der Wand vorbei (Beitrag Seiten), Länge der SSW= 475 m; unten: Differenz der Beiträge über die SSW und der Summe der Beiträge über die Seiten

Der Summenpegel des Vorbeifahrgeräusches L_{pAeqTp} selbst zeigt geringere Variationen. Abbildung 7 zeigt den Vorbeifahrgeräuschpegel in Abhängigkeit von der Länge der SSW, LW, relativ zum Vorbeifahrgeräuschpegel hinter einer 1200 m langen SSW, d.h. $\Delta L = L_{pAeqTp}(LW) - L_{pAeqTp}(LW=1200 \text{ m})$.

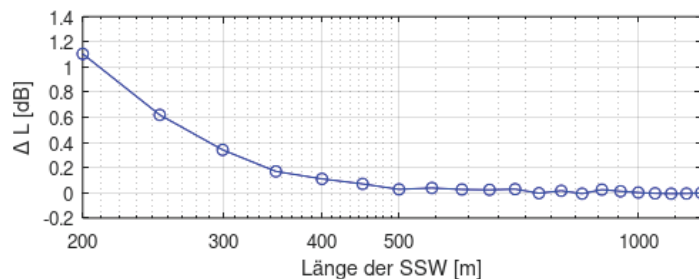


Abbildung 7: Vorbeifahrgeräuschpegel in Abhängigkeit von der Länge des SSW in Relation zum Vorbeifahrgeräuschpegel hinter einer 1200 m langen SSW.

Eine Erhöhung der SSW auf 4 m oder mehr führt zu einer weiteren Verschlechterung des Verhältnisses von Wand- und Seitenbeiträgen zum Vorbeifahrgeräuschpegel und ist nicht vorteilhaft. Insgesamt ist für die Ausführung der Erprobungs-SSW ein Kompromiss zwischen baulichem Aufwand und Genauigkeit des Messverfahrens anzustreben.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Das DZSF nimmt den Auftrag wahr, Rahmenbedingungen für die Weiterentwicklung und Innovation im Schall- und Erschütterungsschutz zu schaffen und insbesondere das LärmLab als ein dauerhaftes Forschungs- und Versuchsfeld einzurichten. Im Beitrag wird die Entwicklungskette neuer Schall- und Erschütterungsschutzmaßnahmen dargestellt, auf die ein zukünftiges Förderprogramm abgestimmt sein muss, um einen kontinuierlichen Innovationsprozess zu etablieren. Anschließend wird der Stand der Vorbereitungen zur Qualifizierung von Teststrecken im Offenen Digitalen Testfeld und für den Aufbau von Forschungsinfrastruktur zur Erprobung neuer Maßnahmen präsentiert.

Es wird ein vielversprechender, gerader Streckenabschnitt im ODT mit homogenem Schotteroberbau und einer Länge von 800 m vorgestellt, der sich nach akustischem Schleifen für akustische Erprobungen von innovativen Schallschutzmaßnahmen im Ausbreitungsweg oder am Fahrweg eignet.

Die messtechnischen Voraussetzungen für eine Schallschutzwand zu Testzwecken werden beleuchtet und Anforderungen an das Bauwerk abgeleitet.

5 LITERATUR

- [1] DZSF Homepage: Das Offene Digitale Testfeld des DZSF, URL: https://www.dzsf.bund.de/DZSF/DE/DasDZSF/Forschungsinfrastruktur/ODT/odt_inhalt.html
- [2] Kümritz, S.: Emissionsdetektion im Schienenverkehr mit einer akustischen Kamera. Berichte des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung – Bericht 4 (2020), Dresden
- [3] Starnberg, M; Brick, H: Akustische Anerkennung neuer Bremssohlen – 3., berichtigte Auflage. Berichte des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung – Bericht 17 (2022), Dresden
- [4] Liepert, M; Beronius, A; Huth, C; Guggumos, M; Schreckenberger, D; Benz, S: Evaluierung der Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms an Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes. Berichte des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung – Bericht 24 (2022), Dresden
- [5] Hänisch, F; Eggers, S; Dietze, S; Zaleski, O; Gillner, C; Lohmann, H; Falk, V D; Kohlhauer, R; Bäuerle, L: Gutachten zu transparenten Schallschutzwänden mit hoher akustischer Wirksamkeit. Berichte des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung – Bericht 25 (2022), Dresden
- [6] DZSF Homepage - Projekte: Lärmschutzwandelemente aus Verbundsicherheitsglas an Schienenwegen, URL: https://www.dzsf.bund.de/SharedDocs/Standardartikel/DZSF/Projekte/Projekt_100_VGS.html
- [7] Müller-Prothmann, T., Dörr, N.: Innovationsmanagement. Strategien, Methoden und Werkzeuge für systematische Innovationsprozesse, 4. Auflage, *Carl Hanser Verlag*, 2019
- [8] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmverordnung – 16. BImSchV), zuletzt geändert 2020
- [9] Brick, H.; Böhm, J: Field-testing of noise abatement measures. *Internoise 2022*, Glasgow, 2022
- [10] DB Systemtechnik GmbH: Grundlegende Anforderungen an Nachweismessungen zur quantitativen Bewertung von infrastrukturbasierten Innovationen zur Minderung des Schienenlärms. Anlage 2 des Schlussberichtes zum Konjunkturpaket II: Innovative Maßnahmen zum Lärm- und Erschütterungsschutz am Fahrweg, 2012
- [11] Gerbig, C.; Stiebel, D.; Asmussen, B: Ermittlung der Wirkung von Lärminderungsmaßnahmen an Schienenverkehrswegen – Grundsätzliches Vorgehen, Einflussfaktoren und praktische Erfahrungen. In *Bahnakustik - Infrastruktur, Fahrzeuge, Betrieb*, S. Lutzenberger, G. Müller, C. Eichenlaub und T. Tielkes, Hrsg., München, 2021, pp. 31-40
- [12] DIN EN ISO 3095:2014, Akustik – Bahnanwendungen - Messung der Geräuschemission von spurgebundenen Fahrzeugen, Beuth Verlag, Berlin, 2014
- [13] DIN 45642:2004, Messung von Verkehrsgeräuschen, Beuth Verlag, Berlin, 2004
- [14] DIN ISO 9613-2:1999, Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren, Beuth Verlag, Berlin, 1999
- [15] DIN EN 16272-3-2:2014, Bahnanwendungen - Oberbau - Lärmschutzwände und verwandte Vorrichtungen zur Beeinflussung der Luftschallausbreitung - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 3-2: Standardisiertes Schienenverkehrslärmspektrum und Einzahl-Angaben, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2014