

Abschlussbericht

**Initiative Lärmschutz-Erprobung neu und  
anwendungsorientiert  
(I-LENA)**



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2 Projektablauf</b>	<b>6</b>
2.1 Zusammenstellung des I-LENA Portfolios	6
2.1.1 Hersteller	6
2.1.2 Maßnahmenportfolio	7
2.2 Zulassungsphase	9
2.3 Messkonzept	10
2.3.1 Prinzip der Nachweismessungen	11
2.3.2 Auswertung der Nachweismessung (Post-Processing)	14
2.3.3 Messbüros	15
2.4 Teststreckenkonzept und Vorbereitung	16
2.5 Durchführung der Erprobung	20
2.6 Abschließende Arbeiten in I-LENA	22
<b>3 Berücksichtigung innovativer Maßnahmen zum Lärmschutz in der Schall 03</b>	<b>23</b>
<b>4 Beschreibung und Bewertung der Maßnahmen</b>	<b>26</b>
4.1 Maßnahmen zur Schienenbearbeitung	26
4.2 Maßnahmen an der Schiene	31
4.3 Maßnahmen zur Lärminderung auf dem Ausbreitungsweg	34
4.4 Maßnahmen an der Schwelle zur Minderung von Luft- und Körperschall	41
4.5 Maßnahmen zur Reduzierung von Kurvenquietschen	47
4.6 Maßnahme zur Brückenentdröhnung	52
4.7 Maßnahmen zur Reduzierung von Baustellenlärm	54
<b>5 Gesamtfazit Projekt I-LENA</b>	<b>63</b>
<b>6 Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>67</b>
<b>Anhang 1 Maßnahmenbezogene Auswertungen der akustischen Messungen</b>	<b>68</b>
<b>Anhang 2 Grundlegende Anforderungen an die Nachweismessungen zur Bewertung von innovativen Maßnahmen zur Minderung des Schienenlärms im Rahmen des ZIP-Projektes I-LENA</b>	<b>69</b>

# 1 Einleitung

Der vorliegende Abschlussbericht beschreibt die Umsetzung des Sonderprojektes der „Initiative Lärmschutzerprobung neu und anwendungsorientiert“ (I-LENA), welches mit Mitteln des Bundes zum Thema „Lärmschutz an Schienenwegen“ im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms (ZIP) (Brennpunkte, Innovationen, Forschung) (Sammelvereinbarung SV 50/2016)“ finanziert wurde. Über den Förderzeitraum von 2018 – 2020 wurden Bundeshaushaltsmittel in Höhe von rund 9,1 Mio. EUR abgerufen.

Lärmschutz hat bei der Deutschen Bahn AG (DB AG) einen hohen Stellenwert. Wir wollen die Anwohner, die entlang der Bahntrassen leben, spürbar vom Schienenverkehrslärm entlasten. Die Ziele im Klimaschutz sind nur dann erreichbar, wenn die Verkehrswende hin zur klimafreundlichen Schiene gelingt. Eine zentrale Voraussetzung für diese grüne Verkehrswende ist die Akzeptanz der Anwohner, die entlang der Bahntrassen leben. Dafür braucht es Lärmschutz für die Menschen vor Ort. Beim Lärmschutzziel 2030 stellen wir als DB AG gemeinsam mit dem Bund den Menschen in den Mittelpunkt. Bis 2030 werden mehr als die Hälfte der Anwohner, die an lärmbelasteten Bestandsstrecken wohnen, von Schienenverkehrslärm entlastet. Daneben erfordert auch der Ausbau der Infrastruktur wirksamen Schall- und Erschütterungsschutz, um die Akzeptanz von Bauvorhaben zu steigern und die Anwohner effektiv vor Lärm zu schützen.

Eine wesentliche Säule der Konzernstrategie zum Lärmschutz sind Maßnahmen an der Infrastruktur. Hier ist die DB AG darauf angewiesen, auf ein vielfältiges und großes Portfolio an technischen Lösungen zurückgreifen zu können. Verschiedene Sonderprogramme, wie das Konjunkturpaket II und das Infrastrukturbeschleunigungsprogramm II konnten dieses Portfolio mit Unterstützungen des Bundes um zahlreiche Technologien erweitern. Doch nach wie vor besteht ein Bedarf an Weiterentwicklung und Innovationen, um die Akzeptanz bei den Anwohnern zu erhöhen, das Schallminderungspotential von Schallschutztechnologien zu verbessern und gleichzeitig Erschwernisse bei Instandhaltung und Betrieb des Schienennetzes zu minimieren.

Vor diesem Hintergrund startete im Jahr 2016 das vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) beauftragte und von der DB AG operativ umgesetzte Projekt I-LENA. Das Projekt I-LENA richtete sich an Ideengeber für neue, innovative Konzepte zur Schallreduzierung an der Infrastruktur. Das Angebot der Initiative an Ideengeber war: Ein- und Ausbaukosten der Technologien sowie die Kosten für Messungen wurden durch das BMDV übernommen. Die für die Erprobung notwendigen Testabschnitte sowie das Projektmanagement stellte die DB Netz AG bereit. Der Ideengeber musste dafür einen Prototyp kostenfrei am Einbauort für die Erprobungszeit zur Verfügung stellen.

Das Projekt I-LENA konnte auf die vielen Erfahrungen der vergangenen Sonderprogramme zurückgreifen und konzentrierte sich auf die akustische und bautechnische Erprobung. Der Fokus lag auf der Erprobung im Feldversuch unter repräsentativen Bedingungen, um vergleichbare und auf andere Einbausituationen übertragbare Ergebnisse zu erzielen. Diese Voraussetzungen

definierten somit auch die Ansprüche an die Erprobungsabschnitte. So wurden, je nach Anforderungen der einzelnen Technologien z.B. ausreichend lange gerade Abschnitte mit einem homogenen Oberbau ausgewählt. Für repräsentative Messungen wurden außerdem nur Strecken bzw. Gelände mit nahezu freier Schallausbreitung mit geringer Hintergrundgeräuschkulisse ausgewählt. Das nähere Teststreckenkonzept und die notwendigen Arbeiten für die Ertüchtigung der jeweiligen Erprobungsabschnitte werden in Kapitel 2 näher erläutert.

Ein solches Projekt stellte für die DB Netz AG aber auch hinsichtlich der vielen verschiedenen zu erprobenden Technologien ein Novum dar: 28 unterschiedliche Maßnahmen wurden gemeinsam mit dem Eisenbahn-Bundesamt (EBA) als erprobungsreif bewertet und an mehreren Testabschnitten installiert und akustisch bewertet.

Insgesamt wandten sich über 30 Ideengeber mit über 60 Maßnahmen an die DB AG, um an der Initiative teilzunehmen. Aus der Vielzahl an Einsendungen wählten das EBA und die DB AG anhand von Kriterien wie Innovationsgrad, Zulassungsfähigkeit und Entwicklungsgrad sowie Umsetzbarkeit innerhalb der Projektlaufzeit das Erprobungsportfolio aus. Insgesamt 28 Maßnahmen wurden so für die Erprobung identifiziert, die von den Herstellern kostenfrei inklusive der Anlieferungslogistik dem Projekt zur Verfügung gestellt wurden. Der Fokus der eingereichten Innovationen liegt auf Maßnahmen am oder unmittelbar neben dem Gleis. Das Rollgeräusch, welches durch den Rad-Schiene-Kontakt entsteht, ist in der Regel die dominierende Schallquelle während einer Zugvorbeifahrt. Es entsteht durch Unebenheiten auf der Fahrfläche der Schiene und der Räder. An allen drei Wirkungspunkten, Rauheit, Schwingungsanregung und Ausbreitung des Schalls in die Umgebung können Minderungsmaßnahmen ansetzen. Das Erprobungsportfolio von I-LENA deckt alle diese Punkte seitens der Infrastruktur ab. So wurden neue Verfahren zum Schienenschleifen, Maßnahmen zur Beeinflussung der Schwingungseigenschaften der Schiene und unterschiedlichste Technologien zur Verminderung der Luftschallausbreitung in der Praxis erprobt. Neben Technologien zur Minderung des Rollgeräuschs wurden Innovationen getestet, die an lokal auftretenden Schallquellen (Kurvenquietschen, Brückendröhnen, Baustellenlärm) Minderung versprechen.

Ziel von I-LENA war eine objektive, reproduzierbare und auf andere Einbausituationen übertragbare Bewertung der vorgeschlagenen Produkte unter realen Betriebsbedingungen. Mit allen teilnehmenden Ideengebern wurde in einem intensiven Austausch gemeinsam mit dem EBA der Erprobungsumfang und -ablauf diskutiert. Einen wesentlichen Teil dieser Absprachen stellte das Messkonzept dar, dass die objektive Beurteilung des akustischen Potentials der Innovation gewährleisten musste und auf die jeweiligen Technologien anzupassen war (siehe auch Kapitel 2.3). Wesentlich für die Erstellung des akustischen Messkonzeptes waren die Vorgaben der gesetzlichen Berechnungsvorschrift Schall 03. Es sollte daher sichergestellt werden, dass die Ergebnisse von I-LENA die Hersteller bei einer möglichen anschließenden Anerkennung nach Schall 03 unterstützen (Kapitel 3). Die Ergebnisse aus I-LENA bieten somit den Herstellern die

Möglichkeit, neue Erkenntnisse aus der Erprobung im Feldversuch für die Weiterentwicklung ihrer Technologie zu nutzen.

Die unterschiedlichen Ansätze und die unterschiedlichen Reifegrade der einzelnen Technologien, insbesondere hinsichtlich der bautechnischen Zulassungen, machten den Einbau im laufenden Betrieb ohne übermäßige Behinderung des Eisenbahnbetriebes zu einer Herausforderung. Eine exakte Zeitplanung und straffe Koordination der unterschiedlichen Einbauten an den jeweiligen Abschnitten wurde erforderlich, auch der notwendige Rückbau nach Erprobung der Maßnahmen war innerhalb der Projektlaufzeit zu berücksichtigen (Kapitel 2.5).

Die Bewertung des Erprobungsportfolios erfolgte auf der Grundlage der Messkampagnen und wurde durch die bautechnischen Erfahrungen, die in der kurzen Erprobungszeit gesammelt werden konnten, ergänzt. Zum Abschluss steht eine Einschätzung, inwieweit der Einsatz der Technologien oder die Weiterentwicklung aus der Sicht der DB Netz AG für das Lärmschutzportfolio erfolgversprechend ist (Kapitel 4).

## 2 Projektablauf

Im Folgenden werden die Schritte von I-LENA erläutert, siehe Abbildung 1.



Abbildung 1: Wesentliche Projektphasen von I-LENA.

---

### 2.1 Zusammenstellung des I-LENA Portfolios

Mit der Auftaktveranstaltung am 27.04.2016 wurden Privatpersonen, Unternehmen sowie Forschungseinrichtungen und Verbände aufgerufen, sich mit ihren Ideen bei I-LENA zu bewerben. Die Voraussetzung zur Teilnahme an I-LENA und damit die Möglichkeit zur Erprobung der akustischen Wirksamkeit einer Maßnahme war ein neues oder weiterentwickeltes Produkt, welches perspektivisch zulassungsfähig (siehe Kapitel 2.2) ist und vom Ideengeber kostenfrei zur Verfügung gestellt werden kann. Während der Laufzeit wurden insgesamt 61 Vorschläge eingereicht. Die Bandbreite dieser Vorschläge reichte von Grundsatzkonzepten bis hin zu fertigen Produkten. Nach Gesprächen mit den Herstellern bzw. Ideengebern wurden die Vorschläge gemeinsam mit dem EBA bezüglich der Anforderungen zur Teilnahme an I-LENA auf Innovationsgrad, Zulassungsfähigkeit und Entwicklungsgrad sowie die Umsetzbarkeit geprüft und davon 28 Maßnahmen zur Erprobung freigegeben.

#### 2.1.1 Hersteller

Mit der Freigabe zur Erprobung erhielten die Entwickler und Hersteller im Rahmen von I-LENA die Möglichkeit, ihre Maßnahme an der Infrastruktur der DB Netz AG im Praxiseinsatz erproben zu lassen. Die teilnehmenden Hersteller sind nachfolgend genannt, siehe Abbildung 2.

Für den Erprobungszeitraum wurde zwischen den Herstellern und DB Netz AG ein Erprobungsvertrag geschlossen. In diesem wurden die allgemeinen vertraglichen Festlegungen wie Einbautermin, Einbauorte sowie weitere Vereinbarungen zur ordentlichen Abwicklung vereinbart.

<p>4Silence BV</p> 	<p>Leube Betonteile GmbH &amp; Co KG</p> 	<p>Calenberg Ingenieure GmbH</p> 
<p>Create Green Environment GmbH</p> 	<p>DB Bahnbau Gruppe GmbH</p> 	<p>DELTA BLOC International GmbH</p> 
<p>Elektro-Thermit GmbH &amp; Co. KG</p> 	<p>Getzner Werkstoffe GmbH</p> 	<p>Hering Bau GmbH &amp; Co. KG</p> 
<p>HPZ GmbH</p> 	<p>Krailburg Strail GmbH &amp; Co. KG</p> 	<p>LEONHARD WEISS GmbH &amp; Co. KG</p> 
<p>Paul Müller Technische Produkte GmbH</p> 	<p>RAILONE GmbH</p> 	<p>Sattler Ceno TOP-TEX GmbH</p> 
<p>Schrey und Veit GmbH</p> 	<p>Sekisui Chemical CO., Ltd.</p> 	<p>SKF Lubrication Systems Germany GmbH</p> 
	<p>Vossloh Rail Maintenance GmbH</p> 	

Abbildung 2: Übersicht der Kooperationspartner I-LENA.

### 2.1.2 Maßnahmenportfolio

In der Tabelle 1 werden die 28 Maßnahmen entsprechend betitelt, sowie nach ihren Wirkweisen und Anwendungsbereichen einem Cluster zugeordnet.

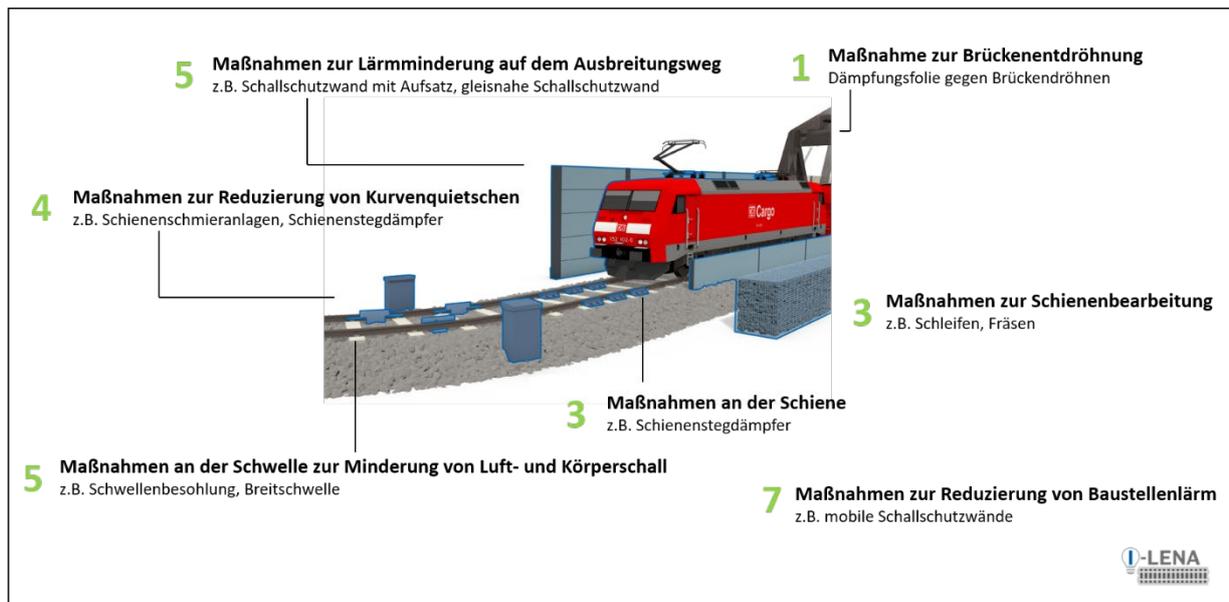


Abbildung 3: Übersicht der unterschiedlichen Maßnahmen.

Tabelle 1: Übersicht der im Rahmen von I-LENA erprobten 28 Maßnahmen.

Cluster	Lfd. Nr.	Maßnahme und Erprobungsort
Maßnahmen zur Schienenbearbeitung	1	<b>Schleifverfahren</b> (Homburg (Saar) - Strecke 3280)
	2	<b>Fräsverfahren</b> (Homburg (Saar) - Strecke 3280)
	3	<b>Fräsverfahren mit nachlaufendem Schleifen</b> (Homburg (Saar) - Strecke 3280)
Maßnahmen an der Schiene	4	<b>Schienenstegdämpfer</b> (Langenbach - Strecke 5500)
	5	<b>Kombination von Schienenstegdämpfer und -Schienenstegabschirmung</b> (Pillgram und Briesen - Strecke 6153)
	6	<b>Schienenstegabschirmung</b> (Langenbach - Strecke 5500)
Maßnahmen zur Lärmreduzierung auf dem Ausbreitungsweg	7	<b>Mini-Schallschutzwand</b> (Langenbach - Strecke 5500)
	8	<b>Gleisnahe Schallschutzwand</b> (Briesen (Mark) - Strecke 6153)
	9	<b>Niedrige Schallschutzwand</b> (Jacobsdorf - Strecke 6153)
	10	<b>Schallschutzwand mit Aufsatz</b> (Langenbach - Strecke 5500)
	11	<b>Schallschutzwand mit Aufsatz</b> Langenbach - Strecke 5500

Maßnahmen an der Schwelle zur Minderung von Luft- und Körperschall	12	<b>Kombination einer elastischen Zwischenlage und einer Betonschwellenbesohlung</b> Pillgram - Strecke 6153
	13	<b>Schwellenbesohlung</b> Pillgram - Strecke 6153
	14	<b>Besohlte Breitschwelle</b> Pillgram - Strecke 6153
	15	<b>Kunststoffschwelle</b> Pillgram - Strecke 6153
	16	<b>Schienenstegdämpfer (SSD) in Kombination mit einer elastischen Zwischenlage und Schwellensohle</b> Pillgram - Strecke 6153
Maßnahmen zur Reduzierung von Kurvenquietschen	17	<b>Schienenschmiereinrichtung</b> Grünstadt - Strecke 3430
	18	<b>Schienenschmier- und Schienenkonditionieranlage</b> Freinsheim - Strecke 3430
	19	<b>Schienenstegdämpfer zur Reduzierung des Kurvenquietschens</b> Freinsheim - Strecke 3435
	20	<b>Schienenstegdämpfer zur Reduzierung des Kurvenquietschens</b> Wachenheim - Strecke 3436
Maßnahme zur Brückenentdröhnung	21	<b>Dämpfungsfolie zur Verminderung des Brückendröhnens</b> Helensee - Strecke 6253
Maßnahmen zur Reduzierung von Baustellenlärm	22	<b>Mobile Schallschutzwand</b> Tüßling
	23	<b>Mobile Schallschutzwand</b> Tüßling
	24	<b>Mobile Schallschutzwand</b> Tüßling
	25	<b>Mobile Schallschutzwand</b> Tüßling
	26	<b>Mobile Schallschutzwand</b> Tüßling
	27	<b>Lärmschutzmatten an einer festen Absperrung, 1 m hoch</b> München-Riem
	28	<b>Lärmschutzmatten an einer festen Absperrung, 2 m hoch</b> München-Riem

---

## 2.2 Zulassungsphase

Für die Zielsetzung, Maßnahmen im realen Eisenbahnverkehr zu erproben, ist es eine Grundvoraussetzung, dass der sichere Bahnbetrieb zu jeder Zeit gewährleistet sein muss.

Jedes Produkt, das im Netz der DB-Netz AG eingebaut werden soll, muss daher bzgl. der Sicherheitsrelevanz geprüft werden und über eine Zulassung durch das EBA verfügen. Weiter

muss die betriebliche und technische Verträglichkeit sichergestellt sein, so dass neben der Zulassung vom EBA auch eine bautechnische und oberbautechnische Freigabe des Infrastrukturbetreibers DB Netz AG notwendig ist. Im Zuge des Projektes I-LENA konnten die Zulassung durch das EBA und die projektspezifischen Freigaben der DB Netz AG für alle Produkte erteilt werden. Damit waren die Voraussetzungen und Bestimmungen für den Einbau der zu erprobenden Maßnahmen geschaffen.

### 2.3 Messkonzept

Nachweismessungen zur Wirksamkeit innovativer Schallschutzmaßnahmen sind grundsätzlich so zu führen, dass die Wirkung reproduzierbar und auf andere Einbausituationen übertragbar festgestellt wird. Dies war auch der Anspruch von I-LENA und stellte besondere Anforderungen an die Auswahl der Teststrecken. Die Erfahrung aus Projekten der Vergangenheit hat gezeigt, dass die richtige Auswahl der Testörtlichkeiten entscheidend für den Projekterfolg ist. Dementsprechend hoch waren die Anforderungen an die Eigenschaften der Teststrecken, deren Vorbereitung für die geplanten Versuche und an das Messkonzept.

Auch eine mögliche Verwendung von Messergebnissen im Rahmen einer Anerkennung als schalltechnische Innovation nach Kapitel 9 der Schall 03 war zu berücksichtigen (siehe Kapitel 3).

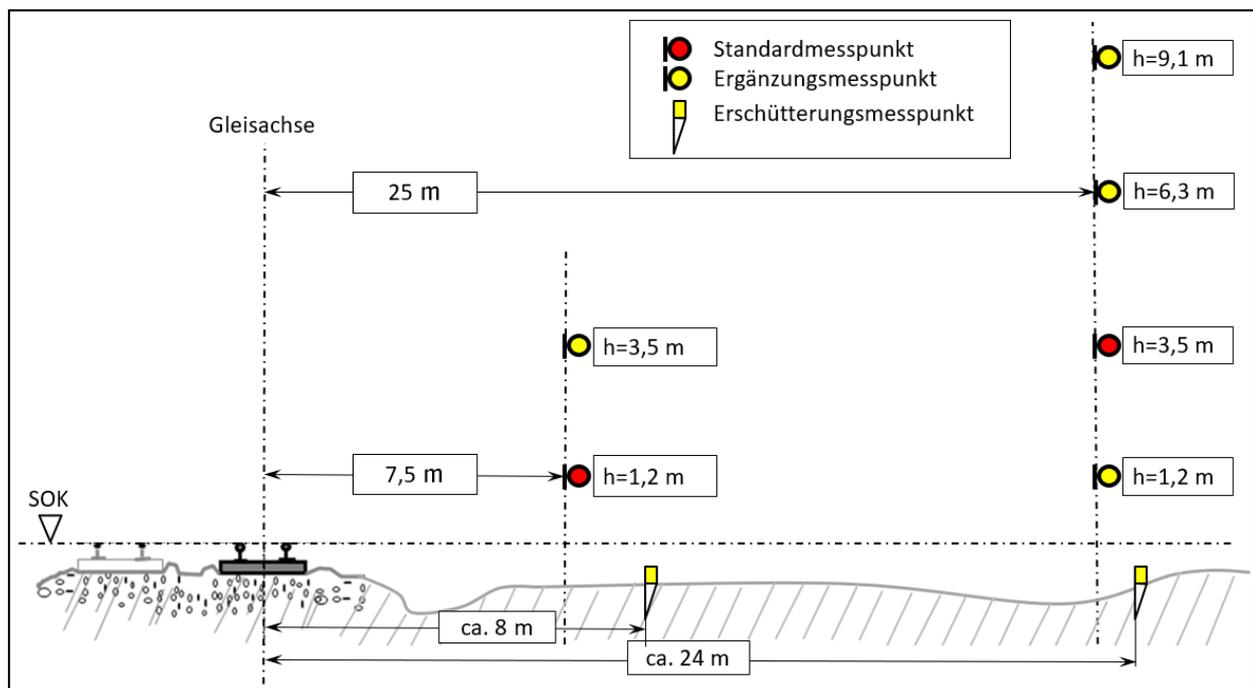


Abbildung 4: Schematische Anordnung von Mikrofonen und Sensoren für Erschütterungsmessungen an einem Testabschnitt in unterschiedlichen Höhen und Abständen von der Gleisachse.

Für die Bewertung des Lärminderungspotenzials der Maßnahmen wurde in Kooperation mit den Herstellern und in Abstimmung mit dem EBA ein umfangreiches Messkonzept erarbeitet, dass in der Regel aus drei Teilen bestand:

1. Standardisierte Messungen an Test- und Referenzabschnitten nach den einschlägigen Normen, wo immer dies möglich war. Luftschallmessungen erfolgten grundsätzlich an Messpunkten mit den Entfernungen von 7,5 m und 25 m von der Gleisachse (siehe Abbildung 4). Sie wurden ergänzt durch Messungen der Fahrflächenrauheit und der Gleisabklingrate. Falls auch Erschütterungen aus dem Schienenverkehr zu messen waren, wurden Schwingungssensoren in Abständen von 8m und 24m von der Gleisachse in den Boden eingebracht.
2. Ergänzende Messungen, die an die jeweils zu bewertenden Maßnahmen individuell angepasst werden. Dazu gehören u.a. zusätzliche Mikrofonpositionen, Messfahrten mit dem Schallmesszug der DB Systemtechnik GmbH, Körperschallmessungen an Schiene und schwingenden Strukturen sowie Messungen von Erschütterungen neben dem Gleis.
3. Messungen zu Gleislage und Gleisstabilität, um bei Maßnahmen im Gleis (Schwelle, Zwischenlage, Schwellensole) eine Bewertung aus oberbautechnischer Sicht zu ermöglichen.

### 2.3.1 Prinzip der Nachweismessungen

Der akustische Effekt einer Maßnahme am Fahrweg oder am Ausbreitungsweg wird durch den Vergleich der Schallemissionen von Schienenfahrzeugen bei Vorbeifahrt ermittelt. Die Nachweisführung sollte grundsätzlich auf zwei Arten geschehen (siehe Abbildung 5):

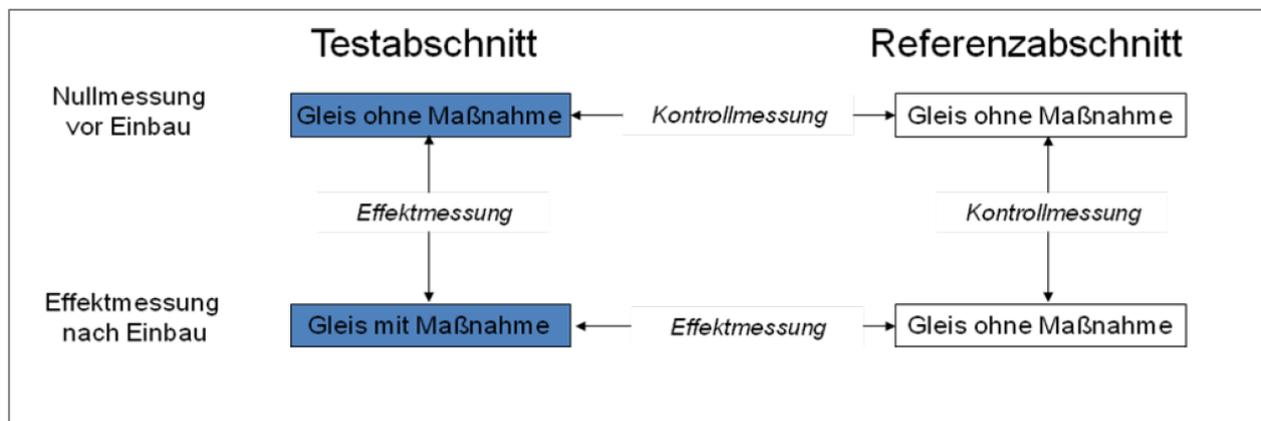


Abbildung 5: Prinzip der Nachweisführung: An einem Testabschnitt und einem benachbarten Referenzabschnitt werden vor und nach Einbau einer Maßnahme zum Schallschutz Messungen des Luftschalls durchgeführt.

1. Es werden zwei räumlich benachbarte Versuchsabschnitte (beispielhaft siehe Abbildung 6 und Abbildung 7) eingerichtet, die sich nur um die zu untersuchende Maßnahme unterscheiden. Wenn ein Schienenfahrzeug beide Versuchsabschnitte mit gleicher Geschwindigkeit durchfährt, entspricht die Differenz zwischen den an beiden Abschnitten ermittelten Schallemissionen des Fahrzeugs dem akustischen Effekt der Maßnahme für dieses Fahrzeug und diese Geschwindigkeit. Da der akustische Effekt abhängig von der Zugart, vom Zug (Betriebsbedingungen und Radrauheiten) und den Vorbeifahrtgeschwindigkeiten variieren kann, werden die Pegeldifferenzen für

verschiedene Züge, Zugarten und Geschwindigkeiten ermittelt und statistisch ausgewertet.

2. Es wird eine Nullmessung zeitnah vor Einbau der zu untersuchenden Maßnahme durchgeführt. Für verschiedene Züge, Zugarten und Geschwindigkeiten werden Beurteilungspegel ermittelt. Die Messung wird an gleichem Ort nach Einbau der Maßnahme wiederholt und aus den Pegeldifferenzen der akustische Effekt ermittelt.



Abbildung 6: Messaufbau an der Schallschutzwand mit Aufsatzelement an der Teststrecke 5500 bei Langenbach (Quelle: DB AG).



Abbildung 7: Messaufbau an einem Referenzabschnitt an der Teststrecke 5500 bei Langenbach (Quelle: DB AG).

Zusätzlich zu den Messungen des Luftschalls müssen alle weiteren Parameter, die Einfluss auf die Schallemission haben können, ermittelt und in die Auswertung der Messkampagnen einbezogen werden. Das sind insbesondere die Rauheiten der Schienenfahrfläche und die Gleisabklingrate. Letztere bestimmt, über welche Länge gemessen vom Punkt der Anregung durch den vorbeifahrenden Zug die Schiene zur Schallabstrahlung beiträgt. Die Schienenrauheiten sollten im Idealfall in Test- und Referenzabschnitt identisch sein. Um das zu erreichen, wurden die Schienen der Teststrecken vor Beginn der Versuche geschliffen und erhielten dadurch einen weitgehend homogenen Zustand.

Die grundlegenden Anforderungen an die Nachweismessung sind im Anhang 2 aufgeführt.

Die Bewertungen der Maßnahmen zur Schienenbearbeitung, zur Reduzierung von Kurvenquietschen und zur Reduzierung von Baustellenlärm stellten Sonderfälle dar, für die separate Messkonzepte ausgearbeitet wurden. Diese werden in Kapitel 4 im Zusammenhang mit den zugeordneten Maßnahmen erläutert.



Abbildung 8: Messung der Schienenrauheit mit einem stationären Messsystem (Quelle: DB AG).

### **2.3.2 Auswertung der Nachweismessung (Post-Processing)**

Teststrecken und Messkonzepte wurden so gewählt, dass die Maßnahmen auf ihre akustische Wirksamkeit bewertet werden konnten.

Die Bewertung des Potenzials der getesteten Technologien gliederte sich in zwei Phasen:

1. Durchführung und Auswertung der Messungen (Luftschall, Schienenrauheiten, Körperschall, Gleisabklingraten, Erschütterungen etc.). Die Ergebnisse wurden von den durchführenden Auftragnehmern in Messberichten dokumentiert.
2. ‚Post-Processing‘ der Unterlagen zu den einzelnen Maßnahmen und gesamthafte Bewertung nach einheitlichen Maßstäben. Dazu gehörte zunächst für jede Technologie das Zusammenführen der Messungen unterschiedlicher physikalischer Größen (z.B. Luftschall, Rauheiten, Abklingraten) zu einem gesamthaften, belastbaren Ergebnis, das eine Bewertung der Technologie weitestgehend unabhängig von der konkreten Einbausituation und den gemessenen Zugarten ermöglicht. Es wurden teilweise begleitende Computersimulationen mit Cadna/A, durchgeführt. So konnten die gemessenen Werte mit einer Simulation gemäß der Schall 03 verglichen werden.

Die spezifischen Bewertungen jeder Maßnahme sind im Anhang 1 angefügt.

### 2.3.3 Messbüros

Die Messkampagnen wurden durchgeführt von:

<p>ACCON GmbH</p> 	<p>Akustikberatung Wiemers</p> 	<p>DB Systemtechnik GmbH</p> 
<p>Baudynamik Heiland &amp; Mistler GmbH</p> 	<p>Möhler + Partner Ingenieure AG</p> 	<p>Müller-BBM GmbH</p> 

Abbildung 9: Übersicht der beauftragten Ingenieurbüros für Messungen.

Zur Durchführung der Messungen gemäß vorgegebenem Messkonzept (siehe Kapitel 2.3.1) mussten die zu beauftragenden Mess- und Ingenieurbüros die Anforderungen eines akkreditierten Prüflabors gemäß DIN EN 17025 erfüllen. Die Auftragnehmer erstellten Prüfspezifikationen und stimmten sie mit der DB Netz AG ab. Die Prüfspezifikationen mussten folgende wesentliche Punkte enthalten:

- Ablaufplan mit den durchzuführenden Messungen und der Anzahl der mindestens zu messenden Zugvorbeifahrten für jede Zuggattung einschließlich der erwarteten Geschwindigkeiten
- Aufstellung der einzusetzenden Mess- und Datenerfassungsgeräte
- Zu erfassende Messgrößen und deren weitere Auswertung

Das nachgelagerte Post-Processing (siehe Kapitel 2.3.2) erfolgte gesamthaft für alle 28 Maßnahmen durch die DB Systemtechnik GmbH.

## 2.4 Teststreckenkonzept und Vorbereitung

Parallel zum Zulassungsprozess wurden die topografischen, landschaftlichen und betrieblichen Anforderungen zur akustischen Bewertung der jeweiligen Maßnahmen festgelegt, um möglichst vergleichbare und belastbare Ergebnisse zu erzielen. So wurden für einen großen Teil der Maßnahmen gerade, ebenerdige Streckenabschnitte mit nahezu freier Schallausbreitung benötigt.

Für die Maßnahmen aus den Clustern „Dämpfung der Schiene“, „Lärminderung im Ausbreitungsweg“ und „Maßnahmen an der Schwelle“ war es zudem erforderlich, die Test- und Referenzabschnitte in einen aus akustischer Sicht vergleichbaren Ausgangszustand zu bringen. Dies erfolgte durch Schleifen der Schienen, die dann nach einer kurzen Einfahrzeit eine homogene Fahrfläche aufwiesen. Während der Projektlaufzeit wurde die Qualität der Fahrfläche der Schienen halbjährlich mit dem Schallmesswagen (SMW) überprüft.

Bei den Maßnahmen gegen Kurvenquietschen war es erforderlich Streckenabschnitte mit Bögen, in denen Quietschgeräusche reproduzierbar auftreten, zu finden. Die Maßnahme gegen Brückendröhnen erforderte eine geeignete Brücke, die während der Projektlaufzeit umgerüstet werden konnte. Für den Test der mobilen Schallschutzwände (moSSW) wurde eine große Freifläche benötigt, um dort technische Schallquellen und Mikrofone in unterschiedlichen Abständen zu den Testobjekten positionieren zu können. Gemeinsam mit den örtlichen Verantwortlichen wurden die geeignete Erprobungsorte identifiziert.

Die Abbildung 10 stellt das prinzipielle Konzept der Anordnung der Maßnahmen dar. Die Abbildung 11 zeigt beispielhaft einen Versuchsabschnitt vor Einbau der Maßnahme.

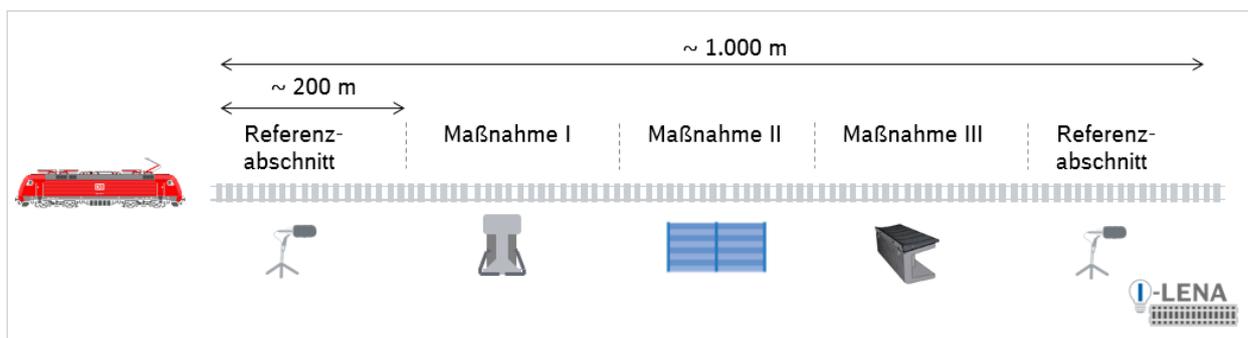


Abbildung 10: Schematische Anordnung von Test- und Referenzabschnitten an einer Teststrecke.



Abbildung 11: Teststrecke 5500 bei Langenbach vor Einbau von Maßnahmen (Quelle: DB AG).

Die 28 Maßnahmen wurden entsprechend ihren Anforderungen deutschlandweit sechs Teilprojekten (TP) zugeteilt und an das jeweilige regionale Projektmanagement übergeben, siehe auch Abbildung 12.

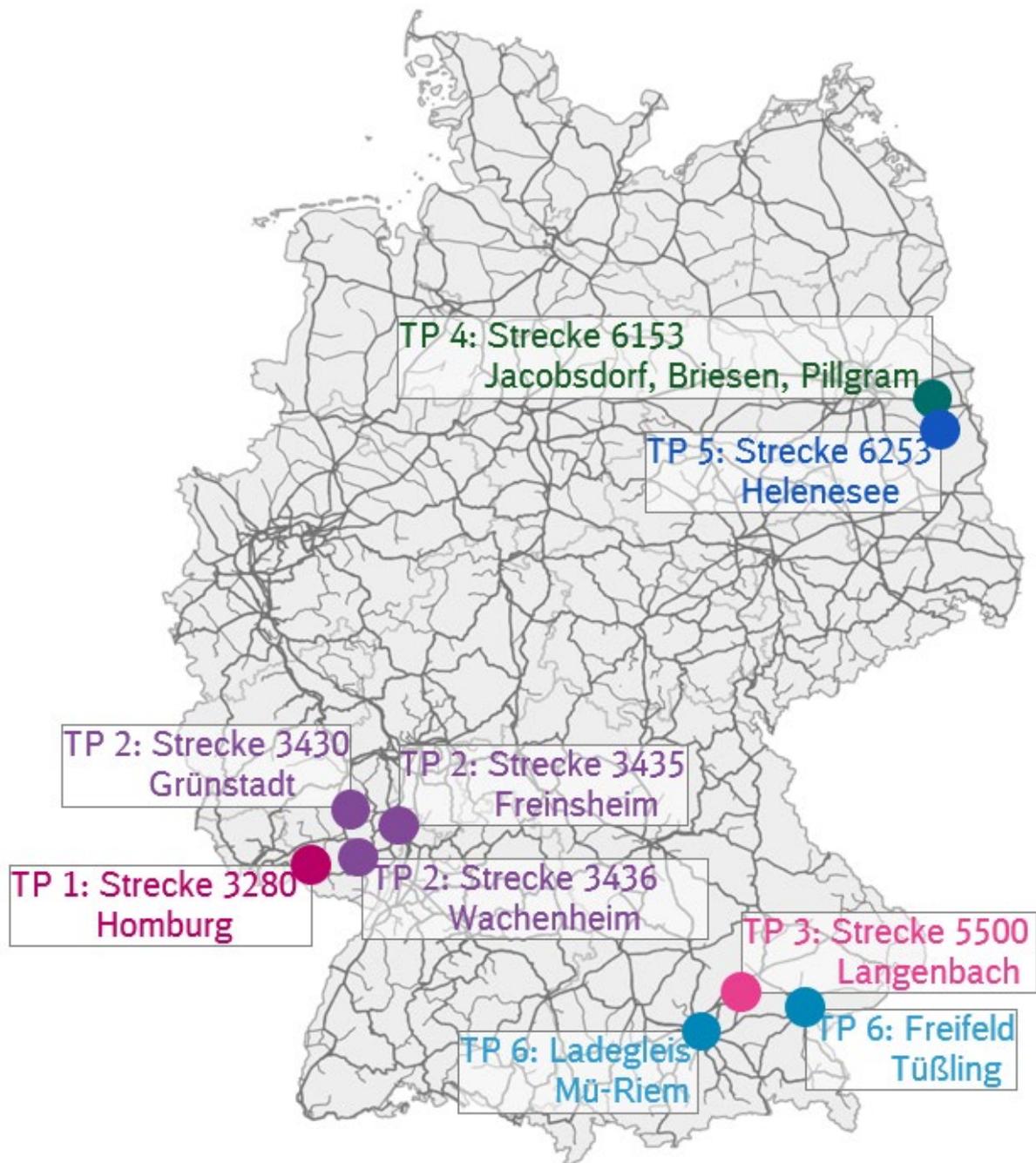


Abbildung 12: Geografische Lage der sechs Teilprojekte (TP).

- TP 1: Drei Maßnahmen, alle bei Homburg (Saar) (Strecke 3280; km 12,0 - 18,0)  
(Cluster Schienenbearbeitung, Maßnahmen 1- 3)
- TP 2: Vier Maßnahmen, davon zwei Maßnahmen bei Freinsheim (Strecke 3430; km 19,7 - 19,9 und Strecke 3435; km 0,20 - 0,35), eine Maßnahme bei Grünstadt (Strecke 3430; km 28,5 - 28,8 und eine Maßnahme bei Wachenheim (Strecke 3436; km 9,94 - 10,08)  
(Cluster Reduzierung von Kurvenquietschen, Maßnahmen 17 - 20)
- TP 3: Fünf Maßnahmen, alle bei Langenbach (Strecke 5500, km 47,15 -49,13)  
(Cluster Maßnahmen an der Schiene, Maßnahme 4 und 6; Cluster Lärminderung auf dem Ausbreitungsweg, Maßnahmen 7,10,11)

- TP 4: Acht Maßnahmen, davon zwei Maßnahmen bei Briesen (Strecke 6153, km 62,80 – 62,95), eine Maßnahme bei Jacobsdorf (Strecke 6153, km 68,00 – 68,15) und fünf Maßnahmen bei Pillgram (Strecke 6153, km 69,86 – 70,57)  
(Cluster Maßnahme an der Schiene, Maßnahme 5; Cluster Lärminderung auf dem Ausbreitungsweg, Maßnahmen 8 und 9; Cluster Minderung Luft- und Körperschall, Maßnahmen 12-16)
- TP 5: Eine Maßnahme bei Helenesee (Strecke 6253; km 143,55)  
(Cluster Brückenentdröhnung, Maßnahme 21)
- TP 6: Sieben Maßnahmen, davon fünf Maßnahmen auf einer Freifläche bei Tüßling und zwei Maßnahmen an einem Ladegleis bei München Riem  
(Cluster Reduzierung Baustellenlärm, Maßnahmen 22-28)

## 2.5 Durchführung der Erprobung

Eine der größten Anforderungen in I-LENA war es, im laufenden Bahnbetrieb die geplanten Ein-, Ausbauten und Messungen unter Berücksichtigung von geringstmöglichen Auswirkungen auf die Betriebsqualität unserer Verkehre und somit auf unsere Kunden, vorzunehmen. Hierzu war es erforderlich, neben den geeigneten topografischen Bedingungen (z.B. Kurven, gerade Streckenabschnitte, Brücke) mit dem entsprechenden Betriebsprogrammen auch die bahninternen Personalressourcen für die operative Umsetzung (Projektanbahnung) zu finden.

Der sich hieraus ergebende zeitliche Ablauf von I-LENA ist in Abbildung 13 dargestellt.

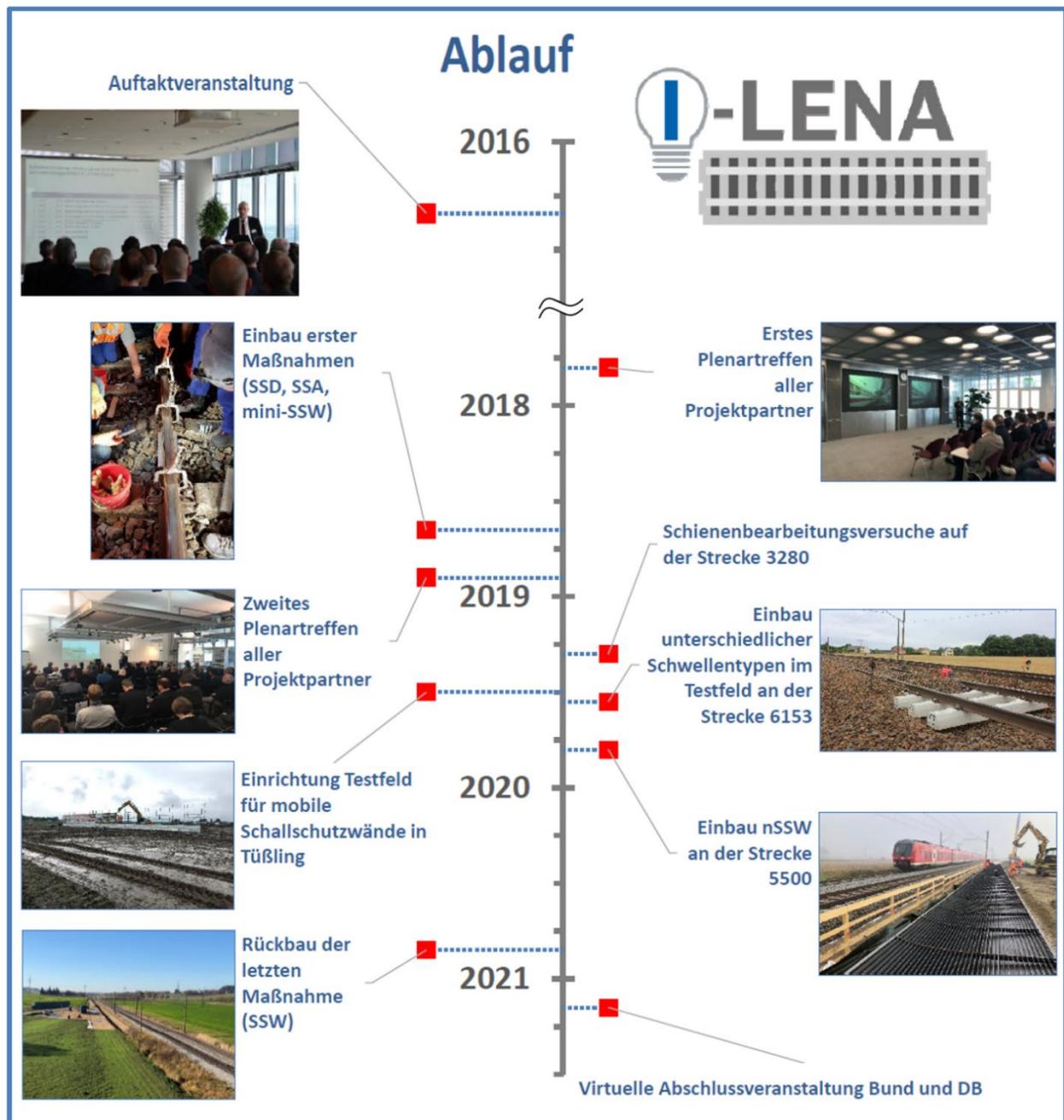


Abbildung 13: Zeitlicher Ablauf I-LENA (Quelle: DB AG).

Die operative Umsetzung (Projektanbahnung) des Ein- und Ausbaus sowie die organisatorische Abwicklung des Messprogramms in der Fläche für die unter Kapitel 2.4 genannten Teilprojekte

erfolgte durch die Regionalbereiche der DB Netz AG. Dementsprechend wurde der Projektauftrag inkl. notwendiger Aufgabenstellung, Verantwortlichkeiten und Kompetenzen teilprojektscharf formuliert und zuständige Teilprojektleiter benannt. Bezüglich der Objektplanung erstreckte sich das Leistungsbild über die Projektplanung bis hin zur Projektdurchführung, dies entspricht den Leistungsphasen 3 bis 9 gemäß Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI). Die Umsetzung des Messkonzeptes war Leistungsbestandteil der Projektdurchführung.

Die konkreten Aufgaben der entsprechenden Leistungsphasen stellen die Basis für den standardisierten Projektablauf der Objektplanung der DB Netz AG dar. Dieses standardisierte Vorgehen erstreckt sich im Regelablauf über eine Mindestdauer von 5 Jahren. Somit bestand für die operative Umsetzung des Vorhabens I-LENA die besondere Herausforderung, die Leistungsphasen 3 bis 8 gemäß HOAI innerhalb von ca. 3 Jahren abzuschließen und dabei alle erforderlichen öffentlichen Bestimmungen und notwendige prozessuale Vorgaben einzuhalten.

Diese Beschleunigung konnte durch die simultane Bearbeitung der Leistungsphasen und deren einzelnen Arbeitspakete erfolgen. Die Grundlage dafür wurde durch folgende Punkte gelegt:

- Reduzierung der Bearbeitungsfristen und Priorisierung der Vorgänge des kritischen Pfades
- Maßnahmenscharfe und terminorientierte Abstimmung und Zusammenarbeit mit dem EBA bezüglich der planungsrechtlichen Zulassungsentscheidung sowie der Baufreigabe in finanzieller Hinsicht
- direkte Herstellung des Einvernehmens mit den Trägern öffentlicher Belange (z.B. Untere Naturschutzbehörde)
- Risikoübernahme der DB Netz AG auf Basis der Unbedenklichkeit seitens des EBA
- Beistellung der Ausführungsplanung seitens der DB Netz AG an den Auftragnehmer BAU

Eine weitere Herausforderung in der operativen Umsetzung stellte das ständige Spannungsfeld zwischen den Anforderungen an eine „Teststrecke“ und den Anforderungen eines notwendigen Verkehrswegs (maximale Betriebsqualität unserer Anlagen) dar. Hier mussten in der Zusammenarbeit mit der regionalen Baubetriebsplanung und der Baubetriebskoordination kurzfristig Kompromisse geschlossen werden, welche in Verbindung mit den projektspezifischen Vorgaben die Freiheitsgrade der Bau- und Messausführung erheblich einschränkten.

Um die Komplexität der Umsetzung von baulichen Maßnahmen an Betriebsgleisen darzustellen, werden nachfolgend - auch repräsentativ für die anderen Testabschnitte - einige der erforderlichen Arbeitsschritte am Beispiel TP 3 ‚Langenbach‘ aufgeführt.

Im TP 3 ‚Langenbach‘ wurden insgesamt fünf Maßnahmen (Schienenstegdämpfer (SSD), Schienenstegabschirmungen (SSA), mini-Schallschutzwand (mSSW), sowie zwei Schallschutzwände (SSW) mit Aufsatzelementen) eingebaut, gemessen und wieder ausgebaut.

Die Maßnahmen im Bereich TP 3 wurden in zwei Losen vergeben und ein-/ausgebaut.

Vorab mussten in den ausgewählten Abschnitten die Schienen zu einem fest vorgegebenen Termin gemäß den Anforderungen aus dem Messkonzept geschliffen werden. Dies stellte sich als erste Hürde in dem Projekt dar, da kurzfristig die bereits hochausgelastete Schleifmaschine zu beauftragen und in den betrieblichen Fahrplan einzutakten war.

Das erste Los enthielt die schienennahen Lärmschutzsysteme (SSA, SSD und mSSW). Für den Einbau dieser Elemente war kein Planrechtsverfahren notwendig. Nach Klärung der Sperrpausen und Sicherungsmaßnahmen, welche außerhalb der standardisierten Terminplanung erfolgen musste, konnten diese Maßnahmen eingebaut und die Messkampagnen durchgeführt werden. Aus bautechnischen Anforderungen wurden zusätzliche Inspektionen durchgeführt, um u.a. etwaige Auswirkungen durch I-LENA auf den sicheren Bahnbetrieb frühzeitig zu erkennen.

Das zweite Los beinhaltete die gleisfernen Maßnahmen (SSW mit Aufsatz). Für diese Maßnahmen war in Absprache mit der zuständigen EBA-Außenstelle ein Plangenehmigungsverfahren notwendig. Neben der Erarbeitung der Antragsunterlagen mussten auch die Zustimmungen der betroffenen Anwohner eingeholt werden. Dies betraf u.a. die erforderliche zeitweise Nutzung von Grundstücken für Baustelleneinrichtung und Zwischenlager. Weiterhin war es eine umwelttechnische Auflage, mit zeitlichem Vorlauf eine Eidechsenvergrämung vorzunehmen und für die Eidechsen neue Habitate zu errichten.

---

## **2.6 Abschließende Arbeiten in I-LENA**

Nach Beendigung der Testkampagnen wurden alle Testobjekte rückgebaut und die Testabschnitte wieder in ihren Ursprungszustand zurückversetzt. Der Rückbau und die Übergabe der Technologie an den Hersteller erfolgte, nachdem alle notwendigen Effektmessungen (Messungen mit eingebauter Maßnahme) erfolgreich abgeschlossen waren.

Nach Abschluss und Auswertung der Messungen wurde für jede einzelne Maßnahme ein Bericht erstellt, in dem auf Grundlage der Messberichte alle Untersuchungsergebnisse zusammengeführt und gesamthaft bewertet wurden („Post-Processing“ siehe Kapitel 2.3.2). Den Herstellern wurden die Ergebnisse zu ihrer Maßnahme abschließend umfangreich präsentiert.

### 3 Berücksichtigung innovativer Maßnahmen zum Lärmschutz in der Schall 03

Bei Maßnahmen zum Schallschutz, die im Zuge von Lärmvorsorge oder Lärmsanierung zum Einsatz kommen sollen, ist die Anlage 2 (Schall 03) zur 16. BImSchV zu beachten. In der Schall 03 ist ein Rechenmodell festgelegt, mit dem Beurteilungspegel an Gebäuden in der Nachbarschaft eines Schienenwegs auf Basis aktueller oder für die Zukunft prognostizierter Verkehrszahlen berechnet werden können. Die Schall 03 berücksichtigt alle für die Schallemission und Schallübertragung relevanten Parameter. Diese sind im wesentlichen Fahrzeugart (Hochgeschwindigkeitszug, Regionalzug, Güterwagen etc.), Geschwindigkeit, Länge der Züge und die Art des Oberbaus. Auch wird der Einfluss von Brücken, Bahnübergängen und engen Kurven auf die Schallemission berücksichtigt.

Gemäß 16. BImSchV ist beim Bau oder der wesentlichen Änderung eines Schienenweges im Rahmen der Lärmvorsorge zu überprüfen, ob Immissionsgrenzwerte überschritten werden. Entsprechendes gilt für die Lärmsanierung an Schienenwegen, wo geprüft werden muss, ob die entsprechenden Auslösewerte überschritten sind. Dies geschieht im Rahmen einer schalltechnischen Untersuchung (Beispiel siehe Abbildung 14) auf Basis einer Rechnung gemäß dem Modell der Schall 03. Sind dann Grenz- bzw. Auslösewerte überschritten, müssen Schallschutzmaßnahmen geplant und dimensioniert werden.



Abbildung 14: Schallschutzmaßnahmen in Lärmvorsorge und Lärmsanierung werden auf Basis einer Prognose mittels Schall 03 für die betroffenen Immissionsorte festgelegt (Quelle: DB AG).

Als Möglichkeiten, die Schallimmissionen durch Maßnahmen an der Infrastruktur zu reduzieren, unterscheidet die Schall 03 zwischen Maßnahmen an der Quelle und solchen auf dem Ausbreitungsweg zum Immissionsort. Maßnahmen an der Quelle sind:

- Feste Fahrbahn mit Absorber
- Besonders überwachtetes Gleis
- Schienenstegdämpfer
- Schienenstegabschirmungen
- Hochelastische Schienenlager auf Brücken mit stählernem Überbau und direkt aufgelagertem Gleis
- Unterschottermatten auf Brücken mit stählernem Überbau und Schwellengleis im Schotterbett und auf Brücken mit massiver Fahrbahnplatte oder mit besonderem stählernem Überbau und Schwellengleis im Schotterbett
- Reibmodifikatoren, die das Auftreten von Quietschgeräuschen in engen Kurvenradien dauerhaft verhindern

Schallschutzwände werden als Hindernisse im Ausbreitungsweg modelliert. Bei niedrigen gleisnahen Schallschutzwänden ist in der Berechnung die Höhe über Schienenoberkante um 30 % zu reduzieren.

Für die genannten Schutzmaßnahmen enthält die Schall 03 Pegelkorrekturen für den Beurteilungspegel entweder als Oktavspektrum oder als Einzahlwert. Es soll an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass sich die Pegelkorrekturen auf Technologien, nicht aber auf einzelne Produkte beziehen. Um sicherzustellen, dass nur Produkte zum Einsatz kommen, die auch mindestens die in der Schall 03 hinterlegte Wirkung erzielen, sind im Rahmen der Produktfreigabe Prüfungen entsprechend dem einschlägigen Regelwerk der DB Netz AG durchzuführen und zu dokumentieren.

Für die in I-LENA getesteten Produkte war daher zu prüfen, ob sie bereits in der Schall 03 abgebildet sind. Ist das nicht der Fall, kann gegebenenfalls eine Aufnahme als schalltechnische Innovation gemäß Kapitel 9 der Schall 03 vom Hersteller beantragt werden. Ohne Berücksichtigung in der Schall 03 können innovative Produkte, die nicht einer der oben genannten Kategorien zuzuordnen sind, nicht in der Lärmvorsorge oder der Lärmsanierung berücksichtigt werden.

Bezüglich Berücksichtigung in der Schall 03 sind folgende Fälle zu unterscheiden:

1. Die Technologie fällt nicht unter die Schall 03, da sie nicht zur Minderung von Verkehrsgeräuschen eingesetzt wird. Hierunter fallen die mobilen Schallschutzwände und die Festen Absperrungen, die nur zur temporären Nutzung in der Bauausführung zum Einsatz kommen.

2. Die Technologie ist bereits in der Schall 03 enthalten. Das trifft für die Maßnahmen zu, die den Kategorien Schienenstegabschirmung und Schienenstegdämpfer zuzuordnen sind und für die Schallschutzwände. Die getesteten Produkte müssen vor dem Regeleinbau eine Freigabe der DB Netz AG erlangen. Ein Sonderfall ist das Schleifen von Schienen aus akustischen Gründen für das ‚Besonders überwachte Gleis‘ (BüG), welches als Maßnahme des aktiven Schallschutzes in der Schall 03 bereits verankert ist. Die Reduktion der Schallemission durch das BüG stellt sich im Mittel über den Zeitraum zwischen dem Schleifen der Schienen und dem Erreichen der Eingriffsschwelle ein und kann daher in einer punktuellen Messkampagne nicht direkt ermittelt werden. Ziel der Messungen in I-LENA war festzustellen, ob mit den drei in das I-LENA Portfolio aufgenommenen Aggregaten zur Schienenbearbeitung eine für das BüG hinreichende Fahrflächenqualität hergestellt werden und somit eine effiziente Umsetzung des Verfahrens BüG unterstützt werden kann.
3. Produkte können keiner in der Schall 03 genannten Technologie zugeordnet werden. Aus dem Fundus der I-LENA Maßnahmen betrifft das die Aufsätze auf Schallschutzwände, die Kombination Schienenstegdämpfer mit Abschirmung, die Brückenentdröhnung und den Einsatz von Schienenstegdämpfern zur Verminderung von Quietschgeräuschen in Kurven. Bei der Abwägung, ob für eine der genannten Technologien die Aufnahme in die Schall 03 sinnvoll ist, muss über die Messergebnisse hinaus das zukünftige Potenzial einer Technologie abgeschätzt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Tests in I-LENA nur jeweils ein oder ggf. auch mehrere Produkte einer Technologie abdecken und somit nur beispielgebend sein können. Selbst wenn ein Produkt nur eine geringe Wirkung gezeigt hat, kann es durchaus sinnvoll sein, die zugehörige Technologie mit einer höheren Wirkung in die Schall 03 aufzunehmen, wenn dieser Technologie ein ausreichendes Potenzial zugemessen wird, um - auch unter Berücksichtigung des Kosten-/ Nutzen-Verhältnisses - das Portfolio an Lärmschutztechnologien zukünftig sinnvoll zu ergänzen. Damit entsteht ein Anreiz zur Weiterentwicklung und Optimierung von Produkten auf Seiten der Hersteller.

Grundsätzlich wurden die Messkampagnen in I-LENA so geplant, dass die Ergebnisse gegebenenfalls in einem Anerkennungsverfahren gemäß Kapitel 9 der Schall 03 verwendet werden können.

## 4 Beschreibung und Bewertung der Maßnahmen

Im folgenden Kapitel werden die Bewertungen jeder Einzelmaßnahmen vorgenommen. Die Einzelbewertungen gliedern sich in Maßnahmenbeschreibung mit Funktionsweise, Untersuchungsumfang, Erfahrungen bei der Anwendung, akustische Wirksamkeit und einer Gesamtbewertung der Maßnahme aus Sicht des Anwenders.

---

### 4.1 Maßnahmen zur Schienenbearbeitung

Die Aufgabe der Schienenbearbeitungsmaschinen war es, die Fahrfläche der Schienen durch weiterentwickelte Methoden möglichst glatt zu schleifen, um das Rollgeräusch vorbeifahrender Züge zu minimieren. Dies bedeutet, dass Längswelligkeiten bzw. Rauheiten der Schienenoberfläche im akustisch relevanten Bereich ab ca. 0,3 cm bis 30 cm maschinell unter ein Mindestmaß zu beseitigen waren.

Neben der Bewertung des Schleifergebnisses bezüglich Lärminderung sollte insbesondere festgestellt werden, ob die Schleifaggregate im Rahmen des BüG zukünftig eingesetzt werden können. Das BüG findet seit seiner Zulassung durch das EBA als dauerhafte Lärminderungsmaßnahme an Schienenwegen bereits seit 1998 Anwendung. Streckenabschnitte des BüG werden regelmäßig vom SMW der DB Systemtechnik GmbH befahren. Somit stützte sich die Nachweisführung für die Erprobung neuartiger Schienenbearbeitungsmaschinen primär auf Messfahrten mit dem SMW.

Der SMW mit seiner Prüfeinrichtung, eingereiht in einen Messzug, ist so konzipiert worden, dass während des Abrollvorgangs zweier Messradsätze das damit erzeugte Rollgeräusch mittels akustischer Messkette erfasst wird (Abbildung 15). Der gemessene Schalldruckpegel, welcher direkt abhängig von der Rauheit der Schienenoberfläche ist, wird dargestellt als relativer Schallemissionspegel, bezogen auf den durchschnittlich guten Schienenzustand aus akustischer Sicht gemäß den Kriterien der Schall 03 und der DIN 45642.

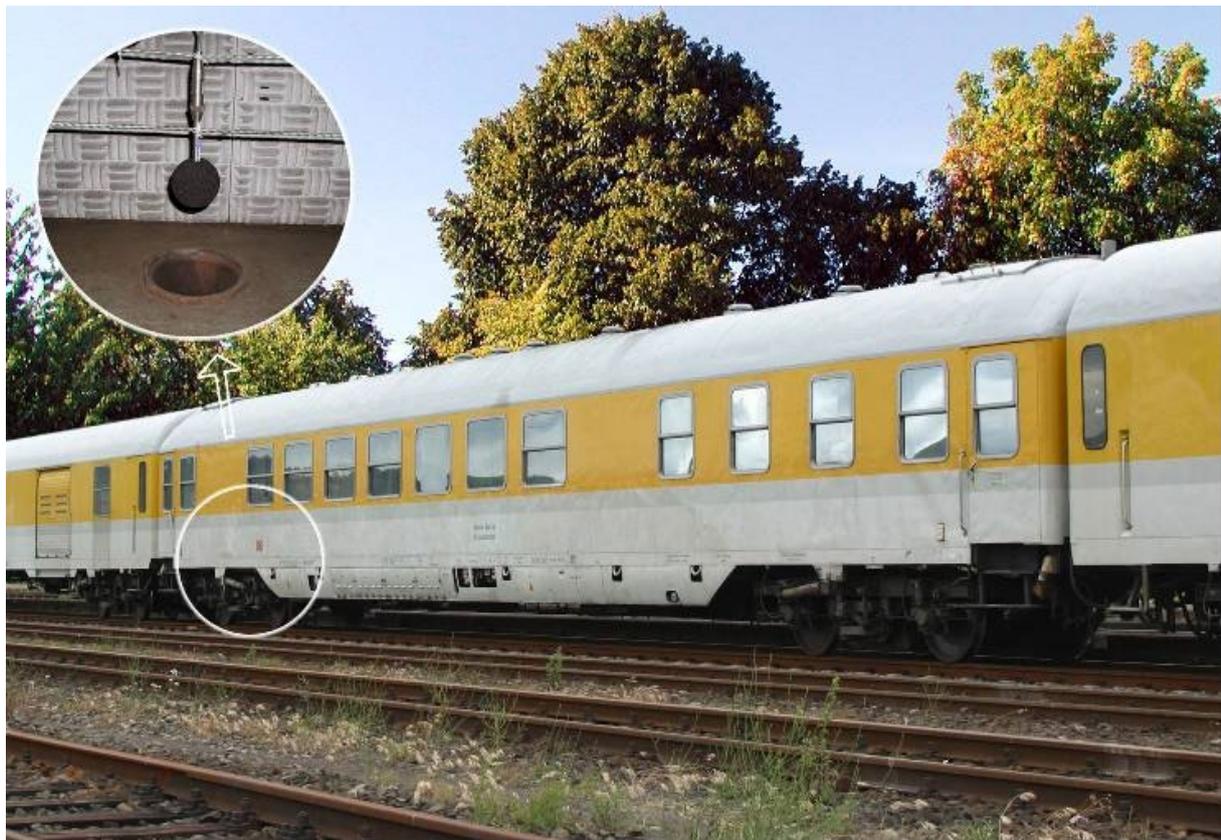


Abbildung 15 Schallmesswagen der DB Systemtechnik GmbH; Mikrofon oberhalb der Messradsätze (Quelle: DB AG).

Im Messkonzept wurde in Abstimmung mit dem EBA, den Herstellern und der DB AG vereinbart, dass als Zielwert innerhalb von max. 3 Monaten nach dem Schienenschleifen ein Wert (gemessen mit dem SMW) von -3 dB(A) oder darunter erreicht werden sollen (Abbildung 16). Der erweiterte Messzeitraum soll die mögliche Reduzierung von Restwelligkeiten nach der Schienenbearbeitung durch den Zugbetrieb sicherstellen. Dieser Zielwert von -3 dB(A) orientiert sich an o. g. Verfügung des EBA und der Ergänzungsverfügung aus dem Jahr 2003, die auf die „Besonderen Vorkehrungen“, also das „akustischen Schienenschleifen“ im Sinne der Fußnote zu Tabelle C der Anlage 2 zu §3 der 16. BImSchV – der Schall 03 – eingeht.

Um einen detaillierteren Einblick in die erreichte Qualität der Schienenbearbeitung zu erlangen, wurde zusätzlich die Schienenrauheit gemäß der DIN EN 15610 erfasst sowie zur Charakterisierung oberbauspezifischer Eigenschaften die Gleisabklingrate nach DIN EN 15461. Weiterhin war zur Prüfung die Schienengeometrie das Längs- und Querprofil messtechnisch gemäß der Oberbaurichtlinien zu erfassen.

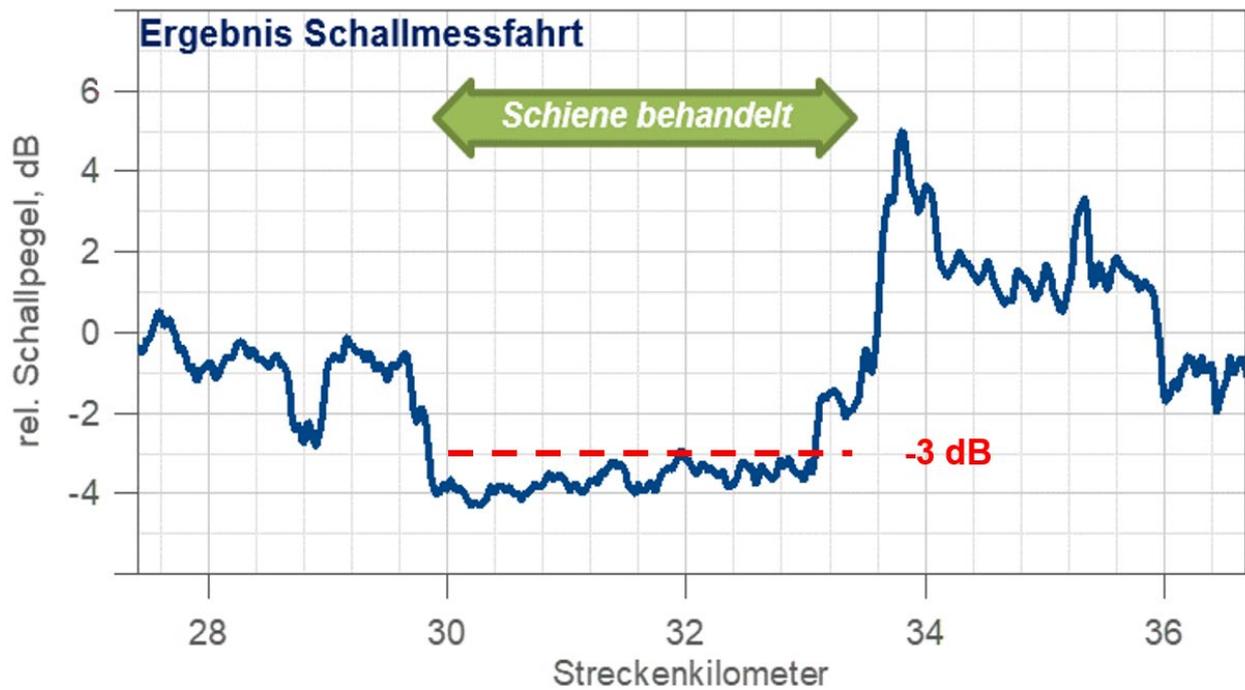


Abbildung 16: Beispielhafter Schallpegelverlauf eines Gleisabschnitts, ermittelt durch den Schallmesswagen. Der „Zielwert“ von -3dB(A) soll nach der Schienenbearbeitung innerhalb von 3 Monaten erreicht werden.

Bei I-LENA wurden drei neue Verfahren auf ihr Potenzial zur Erreichung der BÜG-Qualität getestet.

Zur Bewertung der Maßnahmen erfolgten Messungen mit dem SMW vor und in festgelegten Intervallen nach der Schienenbearbeitung sowohl im Testabschnitt als auch in einem über die Dauer der Kampagne unbehandelten Referenzabschnitt. Zusätzlich wurden in den jeweiligen Abschnitten die akustisch relevante Schienenrauheit und ergänzend die Gleisabklingrate bestimmt.

Der Bewertung zu Grunde gelegt sind je Zeitintervall, beginnend unmittelbar vor dem Schleifen und mit zunehmendem Abstand bis hin zu 11 Wochen nach dem Schleifen, die Messdaten des SMW sowie die der Schienenrauheitsmessungen. Je Zeitintervall wurden aus drei mit konstanter Geschwindigkeit von 100 km/h durchgeführten Schallmessfahrten energetisch gemittelte Summenschallpegelverläufe über die Testabschnitte, deren Länge zwischen 700 m und 950 m betrug, sowie unter gleichen Bedingungen über den Referenzabschnitt von 1000 m Länge zusammengestellt. Die Ergebnisse der Schienenrauheit, erfasst zeitnah zu den Messfahrten an einer repräsentativen Stelle innerhalb des Testabschnittes und auch im Referenzabschnitt, wurden ebenfalls in Abhängigkeit von der Zeit analysiert.

Nachfolgend aufgeführt sind die Einzelbewertungen der erprobten Maßnahmen.

## ■ Maßnahme 1: Schleifverfahren



Abbildung 17: Maßnahme 1 (Quelle: DB AG).

Bei diesem Schienenbearbeitungsverfahren handelt es sich um ein Hochgeschwindigkeits-Schienenschleifverfahren. Hierbei sind je Schiene auf einem starren Balken 12 Schleifkörper montiert, die hydraulisch auf die Schiene gepresst werden. Durch die Bewegung der Schleifmaschine in Fahrtrichtung mit 20 km/h bis 60 km/h Fahrgeschwindigkeit werden die Schleifkörper in Rotation versetzt und schleifen die Schienenfahrfläche. Eine besondere Eigenschaft der Maßnahme 1 ist die hohe Flexibilität aufgrund ihrer kompakten Bauweise. So kann das Schleifaggregat z. B. auf Straßenfahrzeugen zum Einsatzort gebracht werden. Der Abtrag beim Schleifvorgang ist sehr gering. Für die Erreichung des notwendigen Abtrags zur signifikanten Verbesserung der Schienenfahrflächenrauheit waren daher zahlreiche Überfahrten erforderlich. Für zukünftige Schleifarbeiten werden daher entsprechende Zugpausen samt baubetrieblicher Anmeldung (Betra) benötigt. Bei ausgeprägteren Verriffelungen ist der Einsatz der Maßnahme 1 ineffektiv. Des Weiteren ist auf Grund des geringen Abtrages pro Überfahrt eine Korrektur des Schienenkopfquerprofils als Nebeneffekt der Längsprofilbearbeitung voraussichtlich nur eingeschränkt möglich. Die benötigte hohe Anzahl von Überfahrten ist aus betrieblicher Sicht nicht vorteilhaft.

Die bei der Vormessung ermittelten Schallmesswagenpegel auf dem Test- und Referenzabschnitt lagen zwischen ca. 1 dB(A) und 4 dB(A), d. h. im Bereich der

Eingriffsschwelle für das Schleifen im Rahmen des BüG-Verfahrens. Das Schleifen mit Maßnahme 1 verbesserte die akustische Schienenfahrflächenqualität und der erfasste Schallmesswagenpegel wurde niedriger. Durch den weiteren Zugbetrieb auf dem Gleis sank er nochmals und lag zum Ende des Untersuchungszeitraums zwischen -1,0 dB(A) und -1,5 dB(A).

Die Schienenrauheit im Testabschnitt wurde durch das Schleifen im Wellenlängenbereich > 5 cm signifikant verringert. Im kurzwelligen Bereich erhöhte sich die Rauheit kurzfristig, senkte sich durch die Überfahrten aus dem Regelverkehr (Einfahrphase) jedoch wieder ab. Die durchgeführten Messungen zeigten, dass mit dem Schleifverfahren der Maßnahme 1 auf dem Testabschnitt die mit dem EBA abgestimmten Anforderungen an ein BüG nicht erfüllt wurden.

Die Schienenbearbeitung der Maßnahme 1 wird zurzeit bei der DB Netz AG wegen ihres geringen Abtrags nicht eingesetzt.

## ■ Maßnahme 2: Fräsverfahren



Abbildung 18: Maßnahme 2 (Quelle: DB AG).

Bei der zweiten Maßnahme technologisch erweiterter Schienenbearbeitungsverfahren handelt es sich um ein Schienenfräsverfahren. Das Fräsrads hat einen Durchmesser von 1400 mm und die Arbeitsgeschwindigkeit beträgt maximal 2 km/h. Durch das große Fräsrads

sollen Welligkeiten im Längsprofil nach dem Fräsen vermieden werden. Der zweite Bearbeitungsschritt erfolgt mit einer neuartigen Stirnfräs-Technologie, welche die Restwelligkeiten der Schienenfahrfläche auf das Niveau eines für das BüG geeigneten Verfahrens senken soll.

Die Frästechnik hat sich bereits seit Jahren bei der Schienenbearbeitung bewährt. Allerdings ist immer eine entsprechende Nachbearbeitung zur Verringerung der beim Fräsen entstehenden Restwelligkeiten nötig, die ansonsten akustisch auffällig sind.

Die bei der Vormessung ermittelten Schallmesswagenpegel auf dem Test- und Referenzabschnitt lagen zwischen ca. 1 dB(A) und 4 dB(A), d. h. im Bereich der Eingriffsschwelle für das Schleifen im Rahmen des BüG-Verfahrens. Das Fräsen verschlechterte die akustische Schienenfahrflächenqualität und der erfasste Schallmesswagenpegel stieg deutlich an. Durch den weiteren Zugbetrieb auf dem Gleis senkte sich der Schallpegel jedoch im Nachhinein um ca. 3 dB(A) und lag zum Ende des Untersuchungszeitraums bei ungefähr +3 dB(A). Dieser schließlich hohe Pegel wurde in erster Linie durch Längswelligkeiten mit hoher Amplitude verursacht, was die Rauheitsmessungen ergaben.

Die durchgeführten Messungen zeigten, dass mit dem Fräsverfahren auf dem Testabschnitt die mit dem EBA abgestimmten Anforderungen an ein BüG nicht erfüllt wurden. Insbesondere in den Wellenlängen-Terzbändern 6,3 cm, 3,15 cm und 2 cm wurden deutliche Pegelspitzen erzeugt, die während des Überrollvorgangs von Zügen zu einem störenden tonhaltigen Geräusch führten. Eine Optimierung der Fräsmaschine war im Laufe des Projektes nicht mehr möglich.

Das Verfahren der Fräse mit der neuen Stirnfräs-Technologie wird, nachdem die Fräse aus technischen Gründen umgebaut wurde, inzwischen bei der DB Netz AG zur allgemeinen Schienenbearbeitung eingesetzt.

### ■ **Maßnahme 3: Fräsverfahren mit nachlaufendem Schleifen**

Der Hersteller stimmt einer gesamtheitlichen Veröffentlichung der Ergebnisse der Maßnahme 3 nicht zu.

---

## **4.2 Maßnahmen an der Schiene**

Schienenstegdämpfer (SSD) sind Bauteile, die ein- oder beidseitig kraftschlüssig am Schienensteg und fallweise auch am Schienenfuß befestigt werden und das Schwingverhalten der Schiene beeinflussen. Schienenstegdämpfer arbeiten nach dem Tilgerprinzip. Durch Erhöhung der Gleisabklingrate wird die Schallabstrahlung der Schiene und damit das Rollgeräusch vermindert.

Schienenstegabschirmungen (SSA) sind Vorrichtungen zur Abschirmung der Schallabstrahlung von Schienenstegen. Sie werden am Schienenfuß und/oder Schienensteg befestigt. Durch

teilweise Umhüllung von Schienenfuß und Schienensteg wird der von der Schiene abgestrahlte Luftschall reduziert.

Im Rahmen von I-LENA wurden drei Maßnahmen im Gleis erprobt.

#### ■ **Maßnahme 4: Schienenstegdämpfer (SSD)**



Abbildung 19: Maßnahme 4 (Quelle: DB AG).

Bei den getesteten SSD über eine Länge von ca. 150 m handelt es sich um ein System, welches aus einer Kombination eines Dämpferpaketes und einer Labyrinth-Dämpfungsstruktur am Schienensteg besteht. Der SSD wird direkt am Schienenfuß befestigt. Die Maßnahme 4 zeigte im Rahmen der Regelinspektionen Lageänderungen in Längsrichtung und in der Höhe. Einzelne Produkte wanderten Richtung Schienenkopf. Damit wurde der Mindestabstand nach DBS 918 290 unterschritten. Vereinzelt waren die Klemmen abgängig. Zudem wurden in Teilbereichen mit der Schiene verklebte Produkte vorgefunden. Insgesamt ergibt sich bei den betrachteten Messpositionen eine positive Wirkung, d. h. eine Minderung von 2 bis 2,5 dB(A) im Luftschall-Summenpegel abhängig von der Entfernung vom Gleis.

Die Maßnahme 4 ist in der vorliegenden Variante für die Verwendung bei der DB Netz AG wegen der festgestellten Mängel in der Lagesicherheit nicht geeignet.

## ■ Maßnahme 5: Kombination von Schienenstegdämpfer und -Schienenstegabschirmung (SSDA)



Abbildung 20: Maßnahme 5 (Quelle: DB AG).

Getestet wurde eine Kombination von Schienenstegdämpfer und Schienenstegabschirmung (SSDA). Die Maßnahme wurde auf zwei räumlich getrennten Testabschnitten mit unterschiedlichen Gleisabklingraten auf einer Länge von jeweils ca. 150 m eingebaut (siehe Abbildung 20).

Die Konstruktionsbasis ist ein zugelassener SSD mit horizontalen und vertikalen Dämpferpaketen und einem zusätzlichen Abdeckblech, welches zusätzliche zur Dämpfung der Schiene den abgestrahlten Luftschall abschirmen soll.

Aus oberbautechnischer Sicht zeigte die Maßnahme 5 im Rahmen der Regelinspektionen keine Auffälligkeiten.

Auf dem Abschnitt mit hoher Gleisabklingrate wurde nach dem Einbau eine Reduktion um ca. 2,5 dB(A) im Luftschall-Summenpegel gemessen

Die Messungen auf dem Abschnitt mit niedriger Gleisabklingrate ergaben Reduktionswerte von 2 - 3 dB(A)

Die Ergebnisse sind in der Größenordnung vergleichbar mit Standard-SSD.

## ■ Maßnahme 6: Schienenstegabschirmung (SSA)



Abbildung 21: Maßnahme 6, Quelle: DB AG.

Getestet wurde eine Schienenstegabschirmung (SSA) auf einer Länge von ca. 150 m (siehe Abbildung 21).

Die SSA zeigte im Rahmen der Regelinspektionen keine oberbautechnischen Auffälligkeiten. Bei den durchgeführten Messungen ergab sich insgesamt eine Minderung um 1,7 dB(A) im Luftschall-Summenpegel. Zur Freigabe des Produktes bei der DB Netz AG sind die Nachweise nach DBS 918 291 zu erbringen.

---

### 4.3 Maßnahmen zur Lärminderung auf dem Ausbreitungsweg

Die bekanntesten Maßnahmen zur Minderung der Schallimmissionen sind Schallschutzwände. Maßnahmen auf dem Ausbreitungsweg lassen sich bezüglich Höhe und Abstand zur Schiene klassifizieren.

Eine Besonderheit in der Kategorie der Maßnahmen auf dem Ausbreitungsweg stellten Schallschutzwände mit Aufsätzen (Maßnahme 10 und 11) dar. Diese sollten durch unterschiedliche physikalische Effekte eine zusätzliche Reduzierung des Luftschalls auf dem Ausbreitungsweg gewährleisten. Das Ziel war hier eine Reduzierung der Höhe von Schallschutzwänden bei gleichbleibender Schallminderung.

## ■ **Maßnahme 7: Mini Schallschutzwand (mSSW)**

Der Hersteller stimmt einer gesamtheitlichen Veröffentlichung der Ergebnisse der Maßnahme 7 nicht zu.

## ■ **Maßnahme 8: gleisnahe Schallschutzwand**



Abbildung 22: Maßnahme 8 (Quelle: DB AG).

Getestet wurde eine gleisnahe Schallschutzwand auf einer Länge von ca. 150 m.

Bei der Maßnahme 8 handelt es sich um eine gleisnahe Schallschutzwand mit einer Höhe von 1,33 m über Schienenoberkante. Der Abstand im eingebauten Zustand zur Gleismitte des Regelgleises beträgt 2,50 m. Das System besteht aus flachgegründeten Betonsockelelementen, an denen Pfostenprofile befestigt werden. Zwischen die Pfostenprofile werden Aluminiumlärmschutzwandkassetten eingeschoben und fixiert. Das System bietet einen integrierten Kabelkanal und Fluchttüren. Zudem ist es möglich, das System auch in Gleisbögen, durch die formschlüssigen Abschlüsse der Betonsockelelemente, zu errichten (siehe Abbildung 22).

Im Rahmen der Erprobung wurden bei den Inspektionen keine Schäden oder Veränderungen am System festgestellt. Beim Einbau der Türen kam es zu geringen Schiefstellungen der Türen, dies wurde im Rahmen eines vor Ort Termin geklärt und behoben. An allen Messpunkten wurden die zulässigen Toleranzen eingehalten.

Die Ergebnisse zeigen nach dem Einbau eine Schallpegelminderung, sowohl bei Zugvorbeifahrten im Regelgleis als auch bei Zugvorbeifahrten im Gegengleis.

Ein Vergleich mit einer nach Schall 03 prognostizierten konventionellen Schallschutzwand zeigt, dass die gemessene Schallpegelminderung bei Zugvorbeifahrten im Regel- und im

Gegengleis gut übereinstimmen. Die in den Effektmessungen bestimmten Schallpegelminderungen des Systems liegen im Mittel ca. 0,3 dB(A) über den nach Schall 03 berechneten Schallpegelminderungen. Die Schall 03 tendiert in diesem Fall eher dazu die Wirkung der Wand zu unterschätzen.

Die gleisnahe Schallschutzwand überzeugt durch ihre einfache Konstruktion mit Betonfertigteildfundamenten und dem Einbau von Standard-Aluminiumelementen. Durch ihren Abstand von mind. 2,50 m zur Gleisachse ist ein Ausstieg zwischen der Wand und dem stehenden Zug möglich. Hierdurch ist eine einfache Entfluchtung im Havariefall möglich. Der im Projekt vorgegebene Türenabstand von 4,47 m ist zu hinterfragen, da hier wie beschrieben nicht auf den Wandkopf ausgestiegen werden muss und somit nicht die gleichen Ausgangsbedingungen wie bei nSSW in Bezug auf die Entfluchtung gelten.

### ■ **Maßnahme 9: Niedrige Schallschutzwand (nSSW)**



Abbildung 23: Maßnahme 9 (Quelle: DB AG).

Getestet wurde eine gleisnahe Schallschutzwand auf einer Länge von ca. 150 m.

Die gleisnahe Schallschutzwand wurde mit einem Abstand von 2,10 m Wandinnenseite und einer Höhe von 0,5 m über Schienenoberkante eingebaut.

Die SSW besteht aus unbewehrtem haufwerksporigem Leichtbeton und über eine an der gleisabgewandten Seite angeordneten, unbewehrten Normalbetonschicht. Die Schallschutzelemente binden über, an der Unterseite angeordnete, Normalbetonsegmente in den Gleisschotter ein und werden auf einer Bettung aus Split, auf einem Geotextil oberhalb der Planumsschutzschicht aufgestellt.

Im Rahmen der Erprobung wurden bei den Inspektionen insbesondere 45° Risse im Bereich der Kleintierdurchlässe bzw. Entwässerungsöffnungen, Eck- und Kantenabplatzungen und

Rost- und Oxidbildung an den verzinkten Bauteilen festgestellt. Ebenso wurden auf der feldseitigen abgeschrägten oberen Kante Netzkrisse (überwiegend an den Elementen) gefunden.

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere bei den niedrigen Messpunkten unter Berücksichtigung der geringen Höhe der Schallschutzwand eine gute Pegelminderung vorhanden ist. Insbesondere bei den höher liegenden Messpunkten, bei denen zum größten Teil eine direkte Sichtverbindung zwischen den Messpunkten und der Hauptemissionsquelle besteht, wurden Pegelminderungen über der Prognose der Schall 03 gemessen.

Um die gemessene Schallminderung der Maßnahme 9 mit der einer nach Schall 03 berechneten Schallschutzwand vergleichen zu können, erfolgte der Aufbau eines akustischen Ersatzmodells mit der Software Cadna/A. Die Prognose und Messergebnisse stimmten gut überein.

Auf Grund der kurzen Liegedauer im Rahmen von I-LENA kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob das unbewehrte System den Anforderungen hinsichtlich Konstruktion und Dauerhaftigkeit gerade über mehrjährige jahreszeitliche Wetterzyklen für die erforderliche technische Nutzungsdauer ausgelegt ist.

Es wird der Firma empfohlen für die gleisnahe Schallschutzwand eine neue Zulassung zur Betriebserprobung und Produktfreigabe zur Betriebserprobung zu beantragen, damit das System hinsichtlich der technischen Anforderungen erprobt werden kann.

## ■ Maßnahme 10: Schallschutzwand mit Aufsatz



Abbildung 24: Maßnahme 10 (Quelle: DB AG).

Getestet wurde eine Schallschutzwand mit einem Aufsatzelement, dem sogenannten Diffraktoraufsatz.

Die Höhe beträgt 1,10 m über Schienenoberkante und der Abstand im eingebauten Zustand zur Gleismitte des Regelgleises beträgt ca. 5,50 m. Der Diffraktoraufsatz besteht aus Cortenstahl. Die Stahlbetonsockelelemente sind gleisseitig mit einem Absorber aus Porenbeton vom Typ Rippe 5 + 5 cm ausgestattet. Das physikalische Grundprinzip des Aufsatzelements der Schallschutzwand beruht darauf, dass durch resonierende Hohlräumelemente der Schall nicht absorbiert, sondern nach oben abgeleitet wird, so dass direkt hinter der Wand eine erhöhte Schallminderung resultiert (Diffraktion des Schalls).

Im Rahmen der Erprobung wurden bei den Inspektionen vereinzelt abgeschlagene Absorberrippen (vmtl. Transport/Einbau) und optisch unschöne Rostfahnen im Bereich der Fugen des Diffraktoraufsatzes auf gesamter Länge festgestellt. In den darauffolgenden Inspektionen wurden keine weiteren Veränderungen festgestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere bei den niedrigen Messpunkten unter Berücksichtigung der geringen Höhe der Schallschutzwand eine gute Pegelminderung vorhanden ist. Besteht keine direkte Sichtverbindung zwischen Schallquelle und Mikrofon, wirkt die Maßnahme 10 abschirmend.

Um die gemessene Schallminderung der Maßnahme 10 mit der einer nach Schall 03 berechneten Schallschutzwand vergleichen zu können, erfolgte der Aufbau eines

akustischen Modells mit der Software Cadna/A, mit den geometrischen Maßen von Wand und Aufsatzelement. Eine Modellierung des Aufsatzelements kann nach den Algorithmen der Schall 03 nicht erfolgen und fand nicht statt, da die Berechnungsvorschrift Diffraktoraufsätze nicht berücksichtigt.

Die gemessene Schallpegelminderung ist bei dem Standardmesspunkt in 7,5 m Abstand zur Gleismitte und 1,2 m Höhe um 2,5 dB(A) höher als bei einer nach Schall 03 prognostizierten Schallschutzwand mit den gleichen Maßen. Bei dem Standardmesspunkt in 25 m Abstand zur Gleismitte und 3,5 m Höhe liegt die Verbesserung der gemessenen Schallpegelminderung gegenüber der Prognose nach Schall 03 bei 0,3 dB(A).

Auf Grund der kurzen Liegedauer im Rahmen von I-LENA kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob das System den Anforderungen hinsichtlich Konstruktion und Dauerhaftigkeit gerade über mehrjährige jahreszeitliche Wetterzyklen für die erforderliche technische Nutzungsdauer ausgelegt ist. Weiterhin ist die akustische Wirksamkeit und die Dauerhaftigkeit des Diffraktoraufsatzes über das gesamte Jahr hinsichtlich Verschmutzung, Laub und Schnee zu überprüfen und zu beurteilen.

Es wird der Firma empfohlen für die niedrige Schallschutzwand eine neue Zulassung zur Betriebserprobung und Produktfreigabe zur Betriebserprobung zu beantragen damit das System hinsichtlich der technischen und akustischen Anforderungen über mehrjährige jahreszeitliche Wetterzyklen erprobt werden kann. Zudem sollte die Problematik mit den Rostfahnen im Bereich der Fugen des Diffraktoraufsatzes gelöst werden und eine bessere Zugänglichkeit von gleisabgewandter Seite für die Inspektion möglich sein.

## ■ Maßnahme 11: Schallschutzwand mit Aufsatz,



Abbildung 25: Maßnahme 11 (Quelle: DB AG).

Getestet wurde ein Aufsatzelement für Schallschutzwände. Die Höhe der getesteten Schallschutzwand mit Aufsatzelement beträgt 3,00 m über Schienenoberkante. Der Abstand im eingebauten Zustand zur Gleismitte beträgt 4,05 m. Das Aufsatzelement besteht aus einer 16 cm dicken Tragplatte aus Stahlbeton mit ein- oder beidseitig angebrachten Absorberkörpern aus zementgebundenen Holzspänen (Holzbeton), einschließlich der elastomeren Koppellelemente zur Elementlagerung. Der Verbund zwischen Absorber und Tragplatte erfolgt zum einen durch die Haftzugfestigkeit und zum anderen durch gefräste Rillen (Schwalbenschwänze) auf der Rückseite des Absorbers. Der Unterschied zwischen dem Aufsatzelement und einem Standardelement besteht in der Form des oberen Absorberkörpers als Beugekante. Gegenüber konventionellen Schallschutzwänden kragt das Aufsatzelement oberhalb des Sicherheitsraums ca. 30 cm aus.

Das physikalische Grundprinzip des Aufsatzelementes beruht darauf, dass durch die Veränderung des Beugungswinkels am oberen Abschluss der Wand eine verbesserte Abschirmwirkung hinter der Wand resultieren soll.

Zur Bewertung der Maßnahme als Referenz eine SSW der Höhe 3,00 m ohne Aufsatzelement verwendet. Im Testabschnitt erfolgte die Messung an einer gleich hohen Wand mit Aufsatzelement. Besonderer Wert wurde daraufgelegt, dass im Test- und Referenzabschnitt gleiche Höhen vorhanden waren.

Die durchgeführten Messungen zeigen nach dem Einbau des Aufsatzelementes für Schallschutzwände im Vergleich zu einer SSW ohne Aufsatzelement eine Zusatzwirkung von ca. 1 dB(A) in den betrachteten gleisnahen Messpositionen. Mit zunehmendem Abstand zum Gleis nimmt die Zusatzwirkung des Aufsatzelementes weiter ab, so dass an den Messpunkten in 25 m eine vernachlässigbare Wirkung < 1 dB(A) gemessen wurde. Die Zusatzwirkung des Aufsatzelementes ist bei Zugvorbeifahrten im Gegengleis bei wandnahen Messpositionen geringfügig höher. Eine Modellierung des Aufsatzelementes kann nach den Algorithmen der Schall 03 nicht erfolgen und fand nicht statt, da die Berechnungsvorschrift Aufsatzelemente nicht berücksichtigt.

Im Rahmen der Erprobung wurde bei den Inspektionen keine Veränderungen nach dem Einbau am System festgestellt. Auf Grund der kurzen Liegedauer im Rahmen von I-LENA können aus technischer Sicht keine weiteren Aussagen hinsichtlich Konstruktion und Dauerhaftigkeit getroffen werden.

Auf Grund der minimalen zusätzlichen akustischen Wirksamkeit der Aufsatzelemente gegenüber der herkömmlichen Betonelementen wird aus technischer Sicht zukünftig die Möglichkeit gesehen, dass Aufsatzelement als Gestaltungselement auf dem Wandkopf der SSW einzusetzen.

---

#### **4.4 Maßnahmen an der Schwelle zur Minderung von Luft- und Körperschall**

Neben der Emission von Luftschall können durch die Vorbeifahrt eines Zuges auch Bodenschwingungen entstehen, die in Gebäuden in der Umgebung von Schienenwegen als fühlbare Erschütterungen oder als sekundärer Luftschall wahrgenommen werden. Zu den effektivsten Maßnahmen zur Minderung von sekundärem Luftschall zählt aktuell die elastische Lagerung des Gleises. Ansatzpunkte für den Einbau von elastischen Komponenten sind das Schienenlager, die Schwelle selbst oder die Kontaktfläche zwischen Schwelle und Schotter. Fünf Ansätze zur Reduzierung von Luft- und Körperschall wurden bei I-LENA zur Bewertung eingereicht und angenommen.

Eine Besonderheit bei Maßnahmen an der Schwelle ist, dass Schall- und Erschütterungsminderung oftmals im Konflikt zueinanderstehen. Beispielsweise reduziert eine elastische Entkopplung des Gleises den Eintrag von Erschütterungen in den Unterbau, gleichzeitig kann jedoch eine weiche Lagerung des Gleises zu einer Erhöhung der Schallemissionen führen.

■ **Maßnahme 12: Kombination einer elastischen Zwischenlage und einer Betonschwellenbesohlung**



Abbildung 26: Maßnahme 12 (Quelle: DB AG).

Auf einem Test-Abschnitt von 140 m Länge wurde eine elasto-plastische Schwellensohle, welche üblicherweise zur Minderung der Schotterbeanspruchung verwendet wird, in Kombination mit einer elastischen Zwischenlage Zw 700 mit erhöhter Steifigkeit ( $> 100 \text{ kN/mm}$ ) eingebaut. Im Vergleich zu dem Standard-Oberbau im Referenzabschnitt mit einer harten Zwischenlage Zw 687 wurde somit eine Kombination von zwei elastischen Schichten gewählt, um eine Reduktion der Immissionen zu erreichen.

Die Schwellensohlen und die Zwischenlagen Zw 700 werden im Zuge der Schwellenherstellung im Schwellenwerk vormontiert und haben auf die Einbaubarkeit der Schwellen mit Standardbauverfahren keinen Einfluss. Die gemessene Einsenkung der Schwellen liegt aufgrund der zusätzlichen Elastizität mit ca. 1,5 mm höher als die gemessene Einsenkung des Referenzabschnittes mit Standardschwellen B70 mit ca. 0,4 mm und liegt oberbautechnisch im Normbereich. Der gemessene Querverschiebewiderstand liegt mit ca. 10 kN (bei 2 mm Verschiebung) im für besohlte B70 Schwellen üblichen Bereich. Die Kombination der hier eingebauten Zwischenlagen und Schwellensohlen ist oberbautechnisch verträglich und mit bei der DB Netz AG bereits bestehenden Standardlösungen für besohlte Schwellen vergleichbar.

Beim Vergleich der Luftschallemission mit einem akustisch gleichwertigem Referenzabschnitt zeigten sich keine signifikanten Änderungen. Demnach hat die Schwellensohle erwartungsgemäß keinen Einfluss auf den abgestrahlten Luftschall.

Für den Erschütterungsschutz in Gebäuden liegt eine nutzbare Minderungswirkung nicht vor, wenn der Frequenzbereich unterhalb von 40 Hz betrachtet wird. Zumeist liegen die Deckeneigenfrequenzen von Wohngebäuden in diesem Bereich. Bei Frequenzen um 40 Hz wirkt die Kombination dieser Schwellensohle und Zwischenlage Zw 700 leicht pegelerhöhend. Eine Schutzwirkung vor sekundärem Luftschall in Gebäuden ist ab einer Frequenz von ca. 63 Hz nachweisbar; die Wirksamkeit schwankt allerdings sehr stark in Abhängigkeit von der Zuggattung und der betrachteten Frequenz.

Die Maßnahme 12 ist aufgrund der gemessenen Ergebnisse als Maßnahme zum Erschütterungsschutz nicht geeignet. Ein Einfluss auf die Schallemission ist nicht feststellbar.

### ■ **Maßnahme 13: Schwellenbesohlung**



Abbildung 27: Maßnahme 13 (Quelle: DB AG).

Eine weitere bezüglich der Steifigkeit angepasste besohlte Schwelle (Maßnahme 13), wurde auf einem Test-Abschnitt von 140 m Länge eingebaut. Im Vergleich dazu war im Referenzabschnitt gleicher Länge ein Standard-Oberbau ohne Schwellenbesohlung vorhanden.

Die besohlte Schwelle hatte auf die Einbaubarkeit mit Standardbauverfahren keinen Einfluss. Die gemessene Einsenkung der Schwellen liegt aufgrund der höheren Elastizität mit ca. 1,0 mm höher als die gemessenen Einsenkungen des Referenzabschnittes mit

Standardschwellen B70 mit ca. 0,4 mm. Der gemessene Querverschiebewiderstand liegt mit 10 kN (bei 2 mm Verschiebung) im für besohlte B70 Schwellen im üblichen Bereich. Die Maßnahme 13 ist oberbautechnisch verträglich und mit bei der DB Netz AG bereits bestehenden Standardlösungen vergleichbar.

Beim Vergleich der Luftschallemission mit einem akustisch gleichwertigem Referenzabschnitt zeigten sich keine Änderungen. Demnach hat die Schwellensohle erwartungsgemäß keinen Einfluss auf den abgestrahlten Luftschall.

Eine nutzbare Minderungswirkung bzgl. des Erschütterungsschutzes in Gebäuden liegt bedingt vor, wenn der übliche Bereich von Deckeneigenfrequenzen in Wohngebäuden betrachtet wird: Diese liegen zumeist zwischen 10 und 40 Hz. Bei Frequenzen um 50 Hz wirkt die besohlte Schwelle leicht pegelerhöhend. Eine Schutzwirkung vor sekundärem Luftschall in Gebäuden ist ab einer Frequenz von ca. 60 Hz nachweisbar: Die Wirksamkeit liegt fast durchweg über 5 dB(A).

Die Maßnahme 13 ist aufgrund der gemessenen Ergebnisse als Maßnahme zum Erschütterungsschutz nicht geeignet. Ein Einfluss auf die Schallemission ist nicht feststellbar.

#### ■ **Maßnahme 14: Besohlte Breitschwelle**

Der Hersteller stimmt einer gesamtheitlichen Veröffentlichung der Ergebnisse der Maßnahme 14 nicht zu.

## ■ Maßnahme 15: Kunststoffschwelle



Abbildung 28: Maßnahme 15 (Quelle: DB AG).

Auf einem Test-Abschnitt von 140 m Länge wurde eine Kunststoffschwelle mit harter Zwischenlage Zw 687a eingebaut. Im Referenzabschnitt war ein Standard-Oberbau mit gleicher Zwischenlage vorhanden. Kunststoffschwellen sind bei der DB Netz AG als Alternative für Holzschwellen vorgesehen. Die Maßnahme 15 entspricht geometrisch einer Holzschwelle und kann mit üblichen Standardbauverfahren eingebaut werden. Die gemessene Einsenkung der Schwellen liegt mit ca. 0,5 mm gleich wie die gemessenen Einsenkungen des Referenzabschnittes mit Standardschwellen B70 mit ca. 0,4 mm bzw. vergleichbaren Einsenkungswerten von Holzschwellen. Der gemessene Querverschiebewiderstand liegt mit ca. 7,0 kN (bei 2 mm Verschiebung) im für Holzschwellen im üblichen Bereich.

Die Auswertung der Schallmessungen ergibt eine geringfügige Erhöhung der betriebsbedingten Schallabstrahlung in allen pegelbestimmenden Frequenzbereichen. Im Vergleich der Summenpegel wird der abgestrahlte Luftschall um bis zu 1,4 dB(A) erhöht. Im für Erschütterungsschutz in Gebäuden relevanten Frequenzbereich unterhalb von 40 Hz ergibt sich bei einigen Frequenzen eine Minderungswirkung von 1 bis 2 dB(A). Bei

Frequenzen um 50 Hz wirkt der Einsatz der Kunststoffschwelle leicht pegelerhöhend. Eine Schutzwirkung vor sekundärem Luftschall in Gebäuden ist ab ca. 80 Hz nachweisbar; die Wirksamkeit schwankt allerdings stark in Abhängigkeit von der Zuggattung und der betrachteten Frequenz.

Die Maßnahme 15 ist grundsätzlich oberbautechnisch verträglich und mit bereits bei der DB Netz AG freigegebenen Standardlösungen für Kunststoffschwellen vergleichbar. Sie ist aufgrund der Ergebnisse zum Lärm- und Erschütterungsschutz nicht geeignet.

### ■ **Maßnahme 16: Schienenstegdämpfer (SSD) in Kombination mit einer elastischen Zwischenlage und Schwellensohle**



Abbildung 29: Maßnahme 16 (Quelle: DB AG).

Auf dem 140 m langen Test-Abschnitt zur Maßnahme 12 (elasto-plastische Schwellensohle mit Zwischenlage Zw 700) wurden zusätzlich SSD eingebaut. Im Referenzabschnitt ohne Schienenstegdämpfer und ohne Schwellenbesohlung war eine akustisch gleichwertige elastische Zwischenlage vorhanden.

Beim Luftschall werden die Schallpegel um ca. 3,5 dB(A) abgemindert. Aus einer vergleichenden Betrachtung von Test- und Referenzabschnitt folgt, dass eine Schwellensohle erwartungsgemäß keinen Einfluss auf den abgestrahlten Luftschall hat. Die Minderungswirkung ist daher ausschließlich auf die Wirkung der SSD zurückzuführen.

Die einzelnen Komponenten (Zw, Schwellensohle, SSD) sind mit bei der DB Netz AG bereits bestehenden Standardlösungen identisch oder zumindest vergleichbar und somit grundsätzlich oberbautechnisch verträglich. Die Maßnahme 16 ist grundsätzlich oberbautechnisch verträglich. Ein Zusatznutzen aus der Kombination mit einer Schwellensohle wurde nicht nachgewiesen.

---

## 4.5 Maßnahmen zur Reduzierung von Kurvenquietschen

Beim Durchfahren enger Kurven können zusätzlich zum Rollgeräusch sehr intensive tonale Geräusche im Bereich hoher Frequenzen (typischerweise oberhalb von 2000 Hz) als „Kurvenquietschen“ auftreten.

In Kurven ist ein ideales Abrollen der Räder nicht mehr möglich. Ursache hierfür sind Radachsen, welche nicht exakt in Richtung des Kurvenradius ausgerichtet sind, sowie die unterschiedlichen Kurvenradien von bogeninnerer und bogenäußerer Schiene bei starrer Kopplung der beiden Räder auf einer Achse. Dies bewirkt Schlupf im Rad-Schiene-Kontakt, was zu einer intensiven Anregung hochfrequenter Eigenschwingungen der Radscheibe führt. Damit ist Kurvenquietschen ein typisches Problem der Fahrzeug-Fahrweg-Interaktion. Infrastrukturbasierte Techniken zur Minderung waren daher grundsätzlich zur Aufnahme in das I-LENA Portfolio geeignet.

Eine etablierte Methode zur Minderung von Kurvenquietschen und Schallemissionen aus dem Spurkranzanlauf ist der Auftrag von Reibmodifikatoren. Dadurch wird der ‚Stick-Slip-Effekt‘, welcher durch eine stetige Abfolge von Gleit- und Haftvorgängen im Rad-Schiene-Kontakt der Radscheibe Schwingungsenergie zuführt, unterdrückt.

Neuland betreten wurde mit der Untersuchung, ob sich Schienenstegdämpfer (SSD) eignen, das Kurvenquietschen zu unterdrücken. Da die Reibungsverhältnisse (Schlupf) im Rad-Schiene-Kontakt auch von der Dynamik der Schiene abhängen, kann eine stärkere Dämpfung der Schiene möglicherweise auch das Entstehen von Quietschgeräuschen beeinflussen. Der Einbau von SSD kann zusätzlich eine Verminderung der Schallemission aus dem Spurkranzanlauf bewirken.

Die Untersuchungen zur Reduzierung von Kurvenquietschen wurden an vier separaten Testabschnitten durchgeführt.



Abbildung 30: Messaufbau am Testabschnitt SSD gegen Kurvenquietschen an der Teststrecke 3436 bei Wachenheim (Quelle: DB AG).

Für die Bewertung von Quietschgeräuschen aus dem Schienenverkehr und damit zusammenhängend der Wirksamkeit von Maßnahmen existiert bislang kein allgemein anerkanntes, standardisiertes Verfahren. Oftmals wird der subjektive Höreindruck als alleiniges Kriterium herangezogen. Dies ist problematisch, da Kurvenquietschen im Gegensatz zum Rollgeräusch nicht als zeitlich konstantes Schallereignis auftritt und sowohl in der Höhe als auch in der Tonhaltigkeit stark variieren kann. Die Wirkung einer Maßnahme zur Minderung des Kurvenquietschens kann daher in der Verminderung der Häufigkeit des Auftretens und in der Reduzierung der Pegelhöhe liegen.

Um das I-LENA Ziel einer objektiven Bewertung von Maßnahmen zur Lärminderung zu erreichen, wurde auf Mess- und Auswerteverfahren zurückgegriffen, die im UIC- Projekt 'Combating Curve Squeal' vor ca. 15 Jahren entwickelt und im Rahmen von I-LENA weiterentwickelt wurden. An den vier Testabschnitten wurden im Bereich der Einwirkung der getesteten Maßnahmen Schienenkonditionierung und Schienenstegdämpfung über eine Strecke von jeweils ca. 150 m Mikrofone nahe am Gleis in einem Abstand untereinander von jeweils 20 m positioniert (siehe Abbildung 30). Damit konnten Quietschgeräusche während der Vorbeifahrt von Regelzügen erfasst werden, auch wenn sie an unterschiedlichen Positionen entlang des Bogens auftraten. Die quantitative Bewertung des Auftretens von Quietschgeräuschen erfolgte auf Basis des ‚Squeal-Indikator (Sql)‘, der als dimensionsloser Einzahlwert die Häufigkeit des Auftretens sehr hoher Schallpegel im Frequenzbereich oberhalb von 1600 Hz angibt.

## ■ Maßnahme 17: Schienenschmiereinrichtung (SSE)



Abbildung 31: Maßnahme 17 (Quelle: DB AG).

Getestet wurde die Maßnahme 17, welche nach dem Prinzip der Flankenschmierung arbeitet. Der Ein- und Ausbau der kompakten Anlage war unkompliziert. Das Betriebsmittel konnte punktgenau an der Schienenflanke dosiert und einfach getauscht werden. Die Energieversorgung erfolgte mit 230 V, ein Betrieb mit Akku/ Solar wäre möglich gewesen. Der Wartungsaufwand war gering. Bei Arbeiten am Gleis (Schleifen, Fräsen, Hobeln, Stopfen) muss die Anlage demontiert werden.

Sowohl der subjektive Höreindruck als auch die quantitative Analyse der Mikrofonmessungen auf Basis des S<sub>q</sub>l (Squeal-Indikator) ergaben, dass durch die Anlage keine Minderung der Quietschgeräusche eingetreten ist. Auch die nach der ersten Effektmessung durchgeführten Modifikationen der Schmiereinrichtung hatten keine nachhaltige Wirkung. Ursache hierfür war, dass das Konditioniermittel nicht ausreichend von der Schienenflanke auf die Fahrfläche der Schiene transportiert wurde.

## ■ Maßnahme 18: Schienenschmier- und Schienenkonditionieranlage (SSKA)



Abbildung 32: Maßnahme 18 (Quelle: DB AG).

Getestet wurde die Maßnahme 18, welche auf dem Prinzip der Flankenschmierung und Schienenkopfkonditionierung arbeitet. Hierbei werden die Mittel punktgenau auf die Schienenflanke bzw. auf den Schienenkopf aufgetragen. Die Anlage kann an ein lokales Stromnetz 230 V oder autark mit Akku und Solar betrieben werden. Die Montage war unkompliziert und der Wartungsaufwand gering. Alle Anlagenteile waren kompakt und in der Praxis gut zu bedienen. Bei Arbeiten am Gleis (Schleifen, Fräsen, Hobeln, Stopfen) muss die Anlage demontiert werden.

Durch die Maßnahme 18 wurden sowohl im Bereich einer Weichenstraße als auch in einem anschließenden Gleisbogen die auftretenden Quietschgeräusche deutlich reduziert. Dies bestätigt die quantitative Analyse auf Basis des Sqi (Squeal-Indicator) und auch der subjektive Höreindruck.

■ **Maßnahme 19: Schienenstegdämpfer (SSD) zur Reduzierung des Kurvenquietschens**



Abbildung 33: Maßnahme 19 (Quelle: DB AG).

Getestet wurden SSD in einem Gleisbogen auf einer Länge von 150 m.

Das Produkt ist mit bei der DB Netz AG bereits bestehenden Standardlösungen identisch und somit grundsätzlich oberbautechnisch verträglich.

Sowohl der subjektive Höreindruck als auch die quantitative Analyse der Mikrofonmessungen auf Basis des Sqi (Squeal-Indicator) ergaben, dass durch die Installation der SSD keine nachweisbare Minderung der Quietschgeräusche eintraten.

## ■ Maßnahme 20: Schienenstegdämpfer (SSD) zur Reduzierung des Kurvenquietschens



Abbildung 34: Maßnahme 20 (Quelle: DB AG).

Getestet wurden SSD in einem Gleisbogen auf einer Länge von 140 m.

Die Maßnahme 20 ist eine Weiterentwicklung der Maßnahme 4. Maßgebende Änderungen sind neu angebrachte Begrenzungsrippen auf der Dämpfungsplatte, die Optimierung der Federklammern sowie eine Längenanpassung der Produkte. Für eine oberbautechnische Bewertung, insbesondere der Überprüfung der Lagesicherheit der Produkte, war die Liegezeit im Gleis zu kurz.

Sowohl der subjektive Höreindruck als auch die quantitative Analyse der Mikrofonmessungen auf Basis des Sqi (Squeal-Indicator) ergaben eine geringe Minderung der Quietschgeräusche.

---

### 4.6 Maßnahme zur Brückendröhnung

Beim Überfahren von Brücken tritt zusätzlich zum normalen Rollgeräusch ein niederfrequentes „Brückendröhnen“ im Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 150 Hz auf. Ursache hierfür ist die Schallabstrahlung durch die Brückenkonstruktion, angeregt durch die Rauheit der Schienenfahrflächen, Steifigkeitswechsel des Fahrwegs am Übergang von freier Strecke zur Brücke und periodische Steifigkeitswechsel durch die diskrete Lagerung des Gleises. Besonders

ausgeprägt ist das Brückendröhnen bei Stahl-Hohlkastenbrücken ohne Schotterbett. Die in I-LENA getestete Maßnahme verfolgte den Ansatz, das Brückendröhnen durch die Dämpfung schwingender Bauteile zu mindern.

### ■ **Maßnahme 21: Dämpfungsfolie zur Verminderung des Brückendröhns**



Abbildung 35: Maßnahme 21 (Quelle: DB AG).

An einer direktbefahrenen Vollwandträgerbrücke mit einer lichten Weite von 8 m wurden Dämpfungsfolien zur Minderung der tieffrequenten Schallabstrahlung bei der Überfahrt von Zügen erprobt. Bei dem Produkt handelt es sich um eine zweilagige Dämpfungsfolie bestehend aus einer 0,5 mm dicken selbstklebenden Harzschicht und einer 0,8 mm dicken Metallschicht. Die Folien wurden auf die schallabstrahlenden Flächen der Brücke aufgeklebt, um die Dämpfung zu erhöhen und damit die Schallabstrahlung der stählernen Brückenteile zu reduzieren.

Zur Bewertung der Maßnahmen erfolgten Körperschall- und Luftschallmessungen an der Brücke und der freien Strecke während der Vorbeifahrt von Regelzügen. Ergänzend erfolgten Messungen der Schienenrauheiten, der kombinierten Schienen- und Radrauheiten sowie des Verlustfaktors an der Brückenkonstruktion. Anstelle der sonst verwendeten A-Bewertung der Luftschallspektren wurden im vorliegenden Fall unbewertete Spektren (Z-Bewertung) analysiert, um die tieffrequenten Anteile stärker zu gewichten.

Die durchgeführten Messungen zeigen nach dem Einbau der Dämpfungsfolien eine geringfügige Reduktion des Brückendröhns in der Größenordnung von 1 dB. Der Effekt liegt damit unter der Hörbarkeitsschwelle.

## 4.7 Maßnahmen zur Reduzierung von Baustellenlärm

Lärmschutz bei Baumaßnahmen wird zunehmend zu einer Herausforderung bei Neubau, Ausbau und Instandhaltung der Strecken. Anwohner im Umfunde der Baumaßnahmen fühlen sich durch den Baulärm gestört, besonders nachts. Aufgrund des höheren Schutzanspruchs im Nachtzeitraum sind für nächtliches Bauen die Beschränkungen der Bautätigkeit erheblich. Der Einsatz von mobilen Schallschutzwänden (moSSW) kann somit zur Verringerung der von Baustellen ausgehenden Lärmbelastigungen beitragen.

Grundsätzlich handelt es sich bei moSSW um Systeme, die temporär projiziert werden. Daher gibt es für diese System kein Zulassungsverfahren wie bei herkömmlichen SSW.

MoSSW können außerhalb des Bahnbetriebes z.B. als Baustelleneinfriedung oder wenn diese nicht im Einflussbereich der Gleise liegen eingebaut werden. An Gleisen im Rahmen einer Gleisperrung können die moSSW temporär eingebaut werden, jedoch sind vor Aufhebung einer Gleisperrung und Aufnahme des Zugbetriebes die moSSW wieder rückzubauen.

Die unterschiedlichen Ausführungsvarianten zeichnen sich durch besondere Leichtbauweise und Dämmmatten unterschiedlicher Bauart aus.

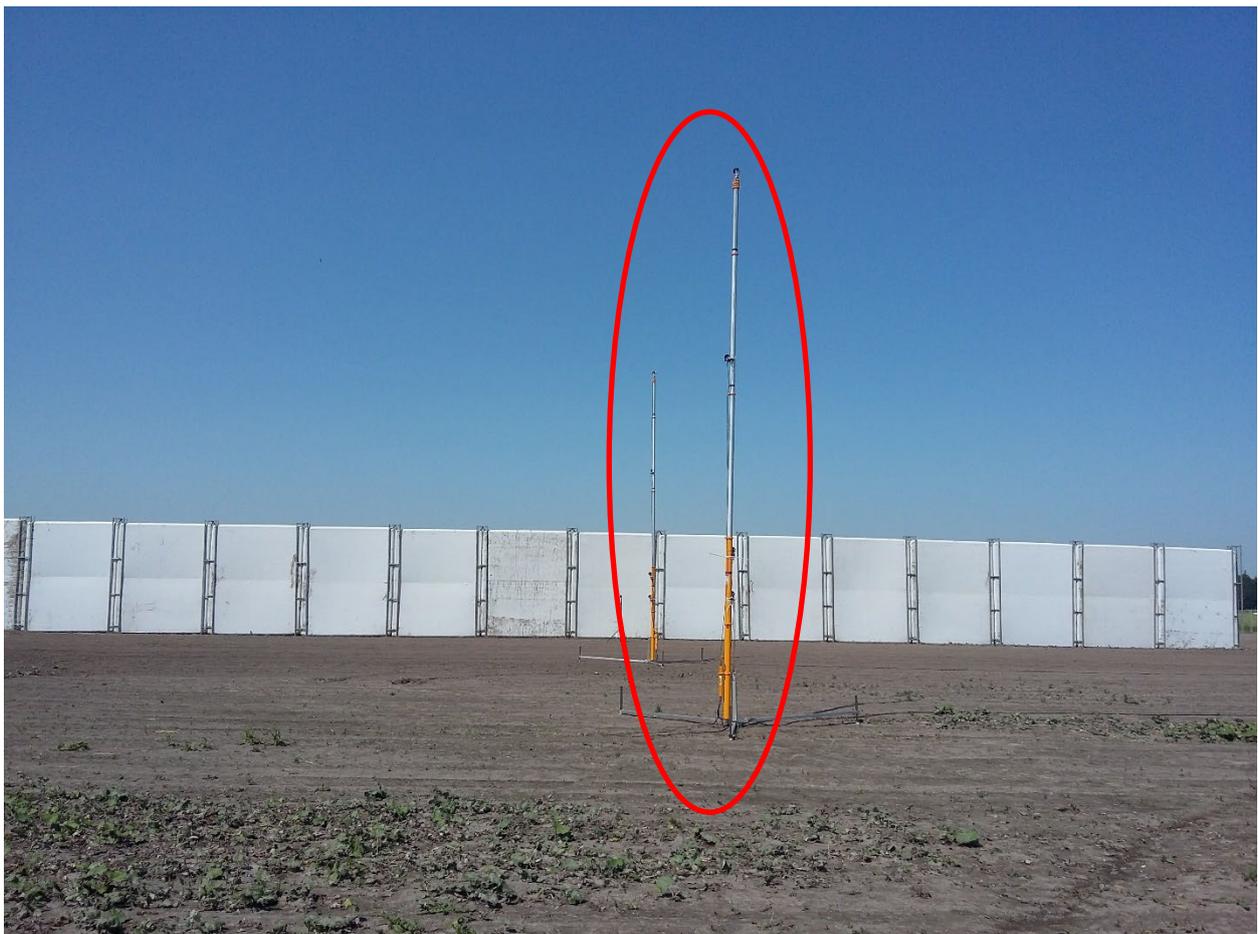


Abbildung 36: Messaufbau an einer mobilen Schallschutzwand auf dem Testfeld bei Tüßling (Quelle: DB AG).

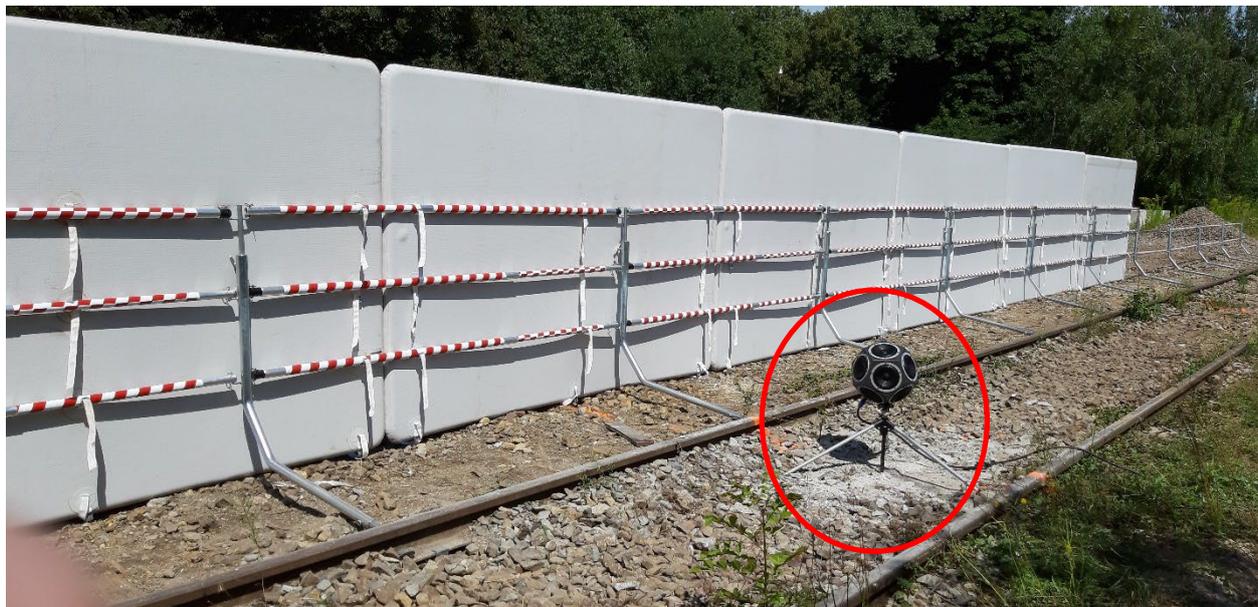


Abbildung 37: Künstliche Schallquelle an einer festen Abspernung bei München Riem (Quelle: DB AG).

Um eine hohe Flexibilität bei der Durchführung der akustischen Untersuchungen zu haben, wurden die moSSW auf einem freien Versuchsfeld ohne räumliche Nähe zu einer Bahnstrecke verortet.

Der Aufbau erfolgte so, dass die Höhe der moSSW-Oberkante über dem Bodenniveau für alle gemessenen moSSW ungefähr gleich war.

Zur Ermittlung der akustischen Wirksamkeit auf einem Testfeld wurden auf einer Seite der Wände (Emissionsort) eine künstliche Lärmquelle und mehrere technische Quellen mit unterschiedlichen Geräuschcharakteristiken eingesetzt, um reale Bedingungen abzubilden. Dazu gehörten u.a. ein Stromaggregat, eine ATWS (akustische Warneinrichtung), ein Bagger mit Vibrationsramme sowie Spitzmeißel, eine Vibrationswalze und ein nachgebildeter Schotterumschlagplatz.

Auf der anderen Seite der Wände (Immissionsort) wurde der Luftschallpegel in unterschiedlichen Abständen und Höhen erfasst. Zum Vergleich wurde unter gleichen Bedingungen an einer Referenzstelle ohne moSSW gemessen. Ebenfalls fanden In-Situ-Messungen zur Ermittlung der Luftschalldämmung am gleichen Messort statt.

Für die Analyse wurden jeweils die Differenzen zwischen den gemessenen A-bewerteten energieäquivalenten Schallpegel der einzelnen Szenarien und Messpositionen vor dem Testobjekt und der Referenzmessstelle berechnet. Die beiden psychoakustischen Parameter Impulshaltigkeit und Tonhaltigkeit der technischen Geräuschquellen im Zusammenspiel mit der Position der Schallschutzwand und der Immissionsorte untersucht.

Aus bautechnischer Sicht war darauf zu achten, dass die Trägergerüste wegen der entstehenden Wind- und Sogkräfte ausreichend statisch dimensioniert wurden. Aus akustischer Sicht ist zu beachten, dass die Wandflächen und der ebenerdige Abschluss möglichst komplett geschlossen sind. Abschließende Erkenntnisse und Rückschlüsse auf die Materialien für z.B.

Witterungsbeständigkeiten konnten im Rahmen von I-LENA aufgrund der kurzen Dauer nicht ausreichend gewonnen werden.

Folgende Systeme wurden im Zuge von I-LENA auf einem Versuchsfeld getestet:

### ■ **Maßnahme 22: Mobile Schallschutzwand (moSSW)**



Abbildung 38: Maßnahme 22 (Quelle: DB AG).

Die moSSW, Maßnahme 22, war ca. 4,15 m hoch und bestand aus doppelwandigen luftgefüllten Elementen, die von senkrechten Metallgestängen gestützt wurden.

Der Aufbau erfolgte auf einer planierten und ebenen Fläche. Nach dem Aufstellen der Stützkonstruktion wurden die luftgefüllten Membrankissen eingesetzt. Während der Erprobungsphase verloren die Elemente zwar ihren Luftdruck, konnten aber im eingebauten Zustand nachträglich wieder aufgepumpt werden.

Das gemessene Schalldämm-Maß nach DIN EN 16272-3-2 betrug ca. 18 dB(A). Die Messergebnisse zeigten, dass hohe Frequenzen stärker gedämmt wurden als Geräusche im niedrigen Frequenzbereich, wie z. B. die klirrenden Anteile beim Einsatz eines Baggers mit Spitzmeißel. Trotzdem erzielte die Wand auch bei Quellen mit tiefen Geräuschanteilen, insbesondere beim Bagger mit Ramme im Bereich unter 500 Hz, dem Stromaggregat und der Vibrationswalze gute Resultate. Eine zur Wand sehr nah stehende Quelle begünstigte ebenfalls die Pegelreduzierung. Aufgrund des durch die In-Situ-Messung festgestellten

geringen Schalldämm-Maßes bei 1250 Hz fiel jedoch die Wirkung bei Quellen, die in diesem Frequenzband ein hohen Geräuschanteil besaßen, deutlich niedriger aus (z. B. bei der ATWS).

Der Einsatz dieser moSSW kann unter Berücksichtigung der Geräuschart sowie Quellenposition optimiert werden.

### ■ **Maßnahme 23: Mobile Schallschutzwand (moSSW)**



Abbildung 39: Maßnahme 23 (Quelle: DB AG).

Die moSSW, Maßnahme 23, war ca. 4,00 m über Gelände und bestand aus mit Luft gefüllten Membrankissen aus Kunststoff, die von senkrechten angeordneten Metallgestängen an den Trennstellen gestützt wurden.

Der Aufbau erfolgte auf einer planierten und ebenen Fläche. Nach dem Aufstellen der Stützkonstruktion wurden die luftgefüllten Membrankissen eingesetzt. Während der Erprobungsphase verloren die Elemente zwar ihren Luftdruck, konnten aber im eingebauten Zustand nachträglich wieder aufgepumpt werden.

Das gemessene Schalldämm-Maß nach DIN EN 16272-3-2 betrug ca. 19 dB(A). Die Messergebnisse zeigten, dass hohe Frequenzen stärker gedämmt wurden als Geräusche im niedrigen Frequenzbereich, wie z. B. die klirrenden Anteile beim Einsatz eines Baggers mit Spitzmeißel. Trotzdem erzielte die Wand auch bei Quellen mit tiefen Geräuschanteilen, wie beispielsweise das Stromaggregat, der Bagger mit Ramme und die Walze gute Resultate.

Eine zur Wand sehr nah stehende Quelle begünstigte ebenfalls die Pegelreduzierung. Aufgrund des durch die In-Situ-Messung festgestellten geringen Schalldämm-Maßes bei 1000 Hz bis 1250 Hz fiel jedoch die Wirkung bei Quellen, die in diesem Frequenzband ein hohen Geräuschanteil besaßen, deutlich niedriger aus (z. B. bei der ATWS).

Der Einsatz dieser moSSW kann unter Berücksichtigung der Geräuschart sowie Quellenposition optimiert werden.

#### ■ **Maßnahme 24: Mobile Schallschutzwand (moSSW)**



Abbildung 40: Maßnahme 24 (Quelle: DB AG).

Die moSSW, Maßnahme 24, war ca. 4,10 m hoch und bestand aus Wandtafeln, gefertigt aus Aluminium-Trapezblechen mit einseitig beklebtem Dämmmaterial, die zweireihig übereinander mit schräg gestellten Stahlprofilrahmen gestützt und durch Hohlprofilrahmen/Knotenbleche zusammengehalten wurden.

Der Aufbau erfolgte auf einer planierten und ebenen Fläche. Die Stützrahmen mit den vorinstallierten Wandtafeln wurden sukzessive aufgestellt und mit Querverstrebungen gesichert.

Das gemessene Schalldämm-Maß nach DIN EN 16272-3-2 betrug ca. 18 dB(A). Die Messergebnisse zeigten, dass im Einzelnen für die Geräuschquellen "ATWS" und "Stromaggregat" gute Wirkungen nachgewiesen werden konnten. Deutlich geringere Wirkungen für tieffrequente Geräuschanteile wurden bei den Quellen "Bagger/Ramme" im

Frequenzbereich um 125 Hz bis 250 Hz und beim Szenario "Schotterumschlag" im Frequenzbereich um 315 Hz bis 600 Hz ermittelt.

Der Einsatz dieser moSSW kann unter Berücksichtigung der Geräuschart sowie Quellenposition optimiert werden.

### ■ **Maßnahme 25: Mobile Schallschutzwand (moSSW)**



Abbildung 41: Maßnahme 25 (Quelle: DB AG).

Die moSSW, Maßnahme 25, war ca. 4,18 m hoch und bestand aus witterungsbeständigen Schwermatten.

Diese ca. 3 m breiten Matten wurden mittels Laschen an ein Traggerüst befestigt.

Das gemessene Schalldämm-Maß nach DIN EN 16272-3-2 betrug ca. 19 dB(A). Die Messergebnisse zeigten, dass die moSSW eine gute Wirkung über den gesamten Frequenzbereich beim Einsatzfall "Schotterumschlag" erzielte. Die Pegelreduzierung bei Verwendung der ATWS war insbesondere bei der wandnahen Position wirksam. Beim Einsatz des Baggers mit Ramme, dem Stromaggregat und der Vibrationswalze wurden jedoch nur geringe Dämpfungswirkungen erzielt, was damit zu begründen war, dass sehr niedrige und auch hohe Frequenzen durch die mobile Wand nur sehr wenig gedämpft wurden.

Der Einsatz dieser moSSW kann unter Berücksichtigung der Geräuschart sowie Quellenposition optimiert werden.

## ■ Maßnahme 26: Mobile Schallschutzwand (moSSW)



Abbildung 42: Maßnahme 26 (Quelle: DB AG).

Die moSSW, Maßnahme 26, war ca. 4,35 m hoch. Sie bestand aus einer textilen Konstruktion aus mehrlagigem Polyestergewebe, die zur Aufnahme eines Füllmediums zu Taschen verbunden waren.

Die Einzelelemente wurden mittels Schlaufen an einem freistehenden Baugerüst als Traggerüst mit Schlaufen befestigt.

Das gemessene Schalldämm-Maß nach DIN EN 16272-3-2 betrug ca. 16 dB(A). Die Messergebnisse zeigten, dass die moSSW eine hohe Wirkung, insbesondere bei den wandnahen Quellenpositionen, beim Einsatz der ATWS erzielte. Die schallpegelmindernde Wirkung beim Testszenario "Schotterumschlag" fällt eher gering aus aufgrund des verringerten Dämmmaßes im Frequenzbereich um 315 Hz bis 630 Hz. Gleichermäßen traf dies auch auf den Einsatz des Baggers mit Spitzmeißel zu.

Der Einsatz dieser moSSW kann unter Berücksichtigung der Geräuschart sowie Quellenposition optimiert werden.

## ■ Maßnahme 27 und 28: Lärmschutzmatten an einer festen Absperrung



Abbildung 43: Maßnahme 27 (Quelle: DB AG).      Abbildung 44: Maßnahme 28 (Quelle: DB AG).

Geprüft wurden zwei Schallschutzelemente, deren Grundform aufblasbare Membrankissen in einer Höhe von ca. 1 m (Maßnahme 27) und ca. 2 m (Maßnahme 28) aus kunststoffbeschichteten Textilmembranen bestehen.

Die aufgeblasenen Elemente werden mittels Laschen an einer festen Absperrung als Tragkonstruktion angebracht. Ein nachträgliches Aufpumpen bei Druckverlust in den Elementen ist zwar grundsätzlich möglich, wurde aber über den Erprobungszeitraum nicht notwendig.

Das höhere der beiden Testobjekte hatte naturgemäß die bessere schallpegelreduzierende Wirkung. Damit konnten niedrig liegende Emissionsquellen, wie z. B. das Stromaggregat oder der Trennschleifer gut abgeschirmt werden. Die hohen Quellen, wie z. B. der Motor des Kettenbaggers jedoch nicht. Auch die Schallemissionen der Geräuschquelle ATWS, welche weiter entfernt zur festen Absperrung mit Schallschutzelementen stand, konnten durch die höhere der beiden Wände deutlich besser reduziert werden.

Von den beiden geprüften Schallschutzsystemen hatte insbesondere die Maßnahme 28 das Potential Lärmgeräusche wirkungsvoll abzuschirmen, sofern sich die Schallquelle unterhalb der Sichtkante Schallschutzwand - Immissionsort befand. Die beiden Systeme eignen sich

besonders dort, wo andere mobile Schallschutzwände nicht zum Einsatz kommen können, z.  
B. zwischen einzelnen Gleisen in einem Bahnhofsbereich oder auf einem Bahndamm.

## 5 Gesamtfazit Projekt I-LENA

Im abschließenden Gesamtfazit zum Projekt I-LENA werden im Folgenden die einzelnen Projektphasen eingehend bewertet.

Das erklärte Projektziel, innovative Technologien im realen Eisenbahnbetrieb zu testen, stellte hohe, zumeist sicherheitsrelevante, Anforderungen, wie z.B. die Erlangung der notwendigen Zulassungen an die von den Herstellern zur Verfügung zustellenden Prototypen. So konnten überwiegend etablierte Hersteller diese Anforderungen erfüllen. Die eingereichten Prototypen stellten daher zum größten Teil Weiterentwicklungen und Optimierungen von bereits eingesetzten Technologien dar.

Im Ergebnis konnte ein Portfolio von 28 Maßnahmen zusammengestellt werden, welches ein breites Spektrum an Technologien abdeckte und in der Projektlaufzeit von I-LENA umsetzbar war.

Für die ausgewählten Maßnahmen mussten die notwendigen projektspezifischen Zulassungen durch das EBA und die notwendigen Produktfreigaben der DB Netz AG erarbeitet und eingeholt werden. In Anbetracht des engen Zeitrahmens bis zum Einbau muss hier das gute Zusammenspiel zwischen Bund, der DB Netz AG und den Herstellern besonders hervorgehoben werden. Die Erteilungen der Zulassungen erfolgten fristgerecht bis zum Einbau der jeweiligen Maßnahme.

Elementarer Bestandteil des Projektes I-LENA war die Nachweisführung zur akustischen Wirksamkeit der Maßnahmen. Drei Elemente haben in den vergangenen zwei Jahrzehnten den Lärmschutz im Schienenverkehr geprägt: Der Bau von Schallschutzwänden im Rahmen von Lärmsanierung und Lärmvorsorge, die Umstellung des Personenverkehrs auf Fahrzeuge mit Scheibenbremsen und die Einführung der Verbundstoff-Bremssohle als Alternative zur Grauguss-Bremssohle im Güterverkehr. Nicht absehbar sind derzeit innovative Technologien im Schallschutz, die als Einzelmaßnahme eine ähnlich hohe Wirkung erzielen. Zukünftig wird es darauf ankommen, Maßnahmen mit kleinerer Wirkung zu volks- und betriebswirtschaftlich vertretbaren Kosten umzusetzen und gegebenenfalls auch miteinander zu kombinieren. Dies spiegelt sich auch deutlich im I-LENA Portfolio wider. Entsprechend wurde im Test- und Messkonzept großer Wert daraufgelegt, Maßnahmen bewerten zu können, deren Minderungswirkung im Bereich weniger dB liegt. Gleichzeitig war es der Anspruch von I-LENA, das Lärminderungspotenzial an nur einem Einbauort pro Maßnahme reproduzierbar und beispielgebend für andere Einbausituationen ermitteln zu können. Der Entfall redundanter Teststrecken führt zu großer Kosten- und Zeitersparnis im Innovationszyklus.

Bei der Auswahl und Vorbereitung der Teststrecken wurde großer Wert auf bestmögliche Bedingungen für akustische Messungen gelegt. Bedingt durch die Vielzahl der Anforderungen an Topographie, Betriebsprogramm und Infrastruktur war es eine Herausforderung, entsprechende

Abschnitte ausfindig zu machen. In Zusammenarbeit mit den regionalen Verantwortlichen der DB Netz AG konnten die im Kapitel 2.4 aufgezählten Abschnitte identifiziert und Ressourcen für das Projekt bereitgestellt werden. Die Standorte lagen ‚auf der grünen Wiese‘ abseits von Lärm Hot-Spots. Zu allen Testabschnitten wurden in unmittelbarer räumlicher Nachbarschaft akustisch äquivalente Referenzabschnitte eingerichtet. Das Messkonzept bestand aus einem Standard-Grundgerüst, welches möglichst an allen Einbauorten umgesetzt und im Einzelfall individuell auf das Testobjekt abgestimmt ergänzt wurde. Neben Messungen zur Schallemission wurden erforderliche weitere Parameter ermittelt, die Einfluss auf die Messergebnisse haben können (Rauheit, Schwingungsverhalten der Schiene etc.) und zu einer gesamthaften Bewertung jeder getesteten Technologie zusammengeführt. Dieses Messkonzept hat wesentlich zum Erfolg von I-LENA beigetragen. Auch andere europäische Infrastrukturbetreiber sind an einem Austausch zur Methodik sehr interessiert. Insofern besteht die Chance, dass sich das I-LENA Messkonzept möglicherweise zukünftig als Standard für die Bewertung innovativer Maßnahmen zum Schall- und Erschütterungsschutz etabliert.

Vor dem Hintergrund der guten Erfahrungen des Projektes mit geeigneten Testabschnitten, ist es wünschenswert, langfristig ein permanentes Testfeld für die Erprobung von Lärmschutztechnologien zur Verfügung zu haben. Dies soll im Rahmen des LärmLab 21, wie es derzeit vom Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF) geplant wird, umgesetzt werden.

Nach Verteilung der Maßnahmen auf die jeweiligen Teststreckenabschnitte wurden die bahninternen Projektaufträge zur Umsetzung der Infrastrukturmaßnahmen erteilt. Die Finanzierung seitens des Bundes erfolgte im Rahmen der Sammelfinanzierung SV 50/2016.

Eine besondere Herausforderung war der Einbau der Maßnahmen in Betriebsgleisen „unter dem rollenden Rad“. Es galt die rechtlich vorgegebenen Prozesse des geltenden Regelwerks mit den zeitlichen Vorgaben des I-LENA Projektes in Einklang zu bringen. Viele Ausnahmeregelungen mussten beantragt und genehmigt werden. Zum Beispiel konnten die notwendigen Sperrpausen nur außerhalb von Regelfristen angemeldet und genehmigt werden. Die akustische Bewertung für alle Maßnahmen konnte innerhalb der Projektlaufzeit erfolgen. Eine bautechnische Bewertung der Maßnahmen war innerhalb der verfügbaren Liegedauer im Rahmen des I-LENA Projektes nur bedingt möglich.

Bezogen auf die einzelnen Maßnahmencluster ergeben sich nachfolgende Erkenntnisse:

Von den drei getesteten Maßnahmen zur Schienenbearbeitung hat keine die Anforderungen an das Schleifen des besonders überwachten Gleises (BüG) erfüllt.

Die Maßnahmen an der Schiene haben ein begrenztes Potential zur Lärminderung aufgezeigt, das jedoch nicht signifikant über bereits verfügbare Produkte hinausgeht. Die Ergebnisse und Erkenntnisse können für eine zielgerichtete Weiterentwicklung der Produkte verwendet werden.

Unterschiedlich bewertet werden die Produkte zur Lärminderung auf dem Ausbreitungsweg. Während in einigen Fällen mit bereits verfügbaren Produkten vergleichbare Wirkungen ermittelt wurden, die auch mit den Prognosen aus der Schall 03 übereinstimmen, wird insbesondere bei den Aufsätzen auf Schallschutzwände und bei der Mini-Schallschutzwand (mSSW) die Notwendigkeit – aber auch das Potenzial – für eine deutliche Steigerung der Wirksamkeit gesehen. Die Weiterentwicklung obliegt den Herstellern. Um langfristig in das Portfolio der Produkte zum Schallschutz aufgenommen werden zu können, ist es erforderlich, parallel zur Weiterentwicklung auch eine Möglichkeit zur Aufnahme in die Schall 03 zu erarbeiten.

Da das Rollgeräusch überwiegend durch Schallabstrahlung von Rad und Schiene erzeugt wird, trägt die Schwelle nur einen geringen Teil zur Schallemission bei und daher ist das Potential, durch Maßnahmen an der Schwelle den Luftschall signifikant zu mindern, gering. Dies wurde durch die Messergebnisse bestätigt. Für die besohlte Breitschwelle konnte gezeigt werden, dass sie sich akustisch äquivalent zur festen Fahrbahn verhält. Im Frequenzbereich der fühlbaren Erschütterungen (unterhalb von ca. 50 Hz) wurden keine Minderungswirkung nachgewiesen, jedoch haben die Maßnahmen eine positive Wirkung auf den sekundären Luftschall (oberhalb von ca. 60 – 80 Hz). In der Praxis ist der Anwendungsfall jedoch für fühlbaren Erschütterungen und sekundären Luftschall gleichermaßen erforderlich.

Für den Anwendungsfall Kurvenquietschen in engen Bögen wurde die grundsätzliche Wirksamkeit von Schmieranlagen im Feldversuch nachgewiesen. Kritischer Punkt ist hierbei die korrekte Dosierung des Reibmittels auf dem Schienenkopf. Die Wirkung von Schienenstegdämpfer (SSD) auf das Auftreten von Quietschgeräuschen ist noch unklar. Die Feldversuche in I-LENA ergaben nur einen geringen Einfluss. Die Technologie ist noch nicht anwendungsreif, sodass ein praktischer Einsatz derzeit noch nicht sinnvoll ist. Die I-LENA Ergebnisse können Basis für ein tieferes Verständnis der Rückwirkung von SSD auf die Anregung von Radschwingung sein. Daraus ergibt sich ggf. ein Optimierungspotential. Für die quantitative Bewertung von Quietschgeräuschen bzw. für die Bewertung von Maßnahmen zur deren Minderung wurde ein Mess- und Auswertverfahren entwickelt und in der praktischen Anwendung verifiziert.

Eine ähnlich hohe Belästigungswirkung, wie sie Quietschgeräusche beim Durchfahren enger Bögen bei hohen Frequenzen erzeugen, kann durch das Brückendröhnen beim Überfahren von Stahlbrücken bei tiefen Frequenzen hervorgerufen werden. Die in I-LENA getesteten Dämpfungsfolien, die auf die schallabstrahlenden Brückenkonstruktion aufgeklebt wurden, bewirkten nur einen geringen Effekt unterhalb der Hörbarkeitsschwelle. Somit stellt diese Technologie nach aktuellem Stand keine Erweiterung des Lärmschutzportfolios dar.

Einen grundsätzlich anderen Anwendungsfall stellen Maßnahmen gegen die Lärmbelastigungen von Baustellen dar. Getestet wurden unterschiedliche mobile Lärmschutztechnologien. Alle Testobjekte führten zu einer deutlichen Reduzierung der Lärmimmission aus den verwendeten

technischen Schallquellen. Die I-LENA Ergebnisse können zukünftig für eine Optimierung der Schallschutzmaßnahmen im Bereich von Baustellen herangezogen werden.

Gesamthaft zeigt das Ergebnis von I-LENA, dass neben dem vereinbarten Projektziel der Erprobung von innovativen Lärminderungstechnologien an der Infrastruktur, auch vor- und nachgelagerte, in sich eigenständige, Prozessschritte für die erfolgreiche Generierung weiterer Technologien notwendig sind. So ist der Sektor auf weitere Forschungsarbeit angewiesen, die mögliche neue Ansätze zur Lärminderung identifiziert. Diese sollten gemeinsam im Sektor vorangetrieben werden, so dass neue Prototypen und Produkte entstehen können. Die DB AG kann den Entwicklungsbedarf und die Anforderung aus Anwendersicht formulieren, sowie Testmöglichkeiten zur Verfügung stellen. Eine allgemeine Freigabe innovativer Produkte kann nur nach einer ausreichend langen Liegedauer erteilt werden. Als Voraussetzung für den Einsatz in Lärmvorsorge und Lärmsanierung ist sicherzustellen, dass neue Technologien in Schallgutachten berücksichtigt werden können. Dazu ist es erforderlich, dass diese Technologien mit ihrer Wirkung in die Schall 03 aufgenommen worden sind.

## 6 Abkürzungsverzeichnis

<b>Abkürzung</b>	<b>Langname</b>
BüG	Besonders überwachtes Gleis
dB(A)	Dezibel (A-Bewertet)
DB AG	Deutsche Bahn AG
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
Hz	Hertz (Maßeinheit für Frequenz)
I-LENA	Initiative Lärmschutzerprobung neu und anwendungsorientiert
moSSW	Mobile Schallschutzwand
SMW	Schallmesswagen
Sql	Squeal-Indikator, einheitenloser Einzahlwert zur Bewertung einer Maßnahme gegen Kurvenquietschen
SSA	Schienenstegabschirmung
SSD	Schienenstegdämpfer
SSE	Schienenschmiereinrichtung
SSW	Schallschutzwand
SV 50/2016	Sammelvereinbarung Nr. 50
TP	Teilprojekt
ZIP	Zukunftsinvestitionsprogramm

# Anhang 1 Maßnahmenbezogene Auswertungen der akustischen Messungen



Anhang 1 zum Abschlussbericht I-LENA zur  
Veröffentlichung  
**Maßnahmenbezogene Auswertungen der  
akustischen Messungen**



## Anhang 2 Grundlegende Anforderungen an die Nachweismessungen zur Bewertung von innovativen Maßnahmen zur Minderung des Schienenlärms im Rahmen des ZIP-Projektes I-LENA



### Grundlegende Anforderungen an die Nachweismessungen zur Bewertung von innovativen Maßnahmen zur Minderung des Schienenlärms im Rahmen des ZIP-Projekts I-LENA (Anlage 2)

Maßnahmen zur Minderung des Rollgeräuschs

---

DB Netz AG

---

LNVS4

---

Dr. Bernd Asmussen

---