

SCHALLTECHN. OPTIMIERUNG VON FAHRBAHNÜBERGÄNGEN

Im Forschungsprojekt **SOFT** wurden die Möglichkeiten zur schalltechnischen Optimierung von Fahrbahnübergängen durch innovative Technologien untersucht. Dabei wurden mehrere messtechnische Parameter betrachtet.

Schallemissionen zufolge von Überfahrten über Fahrbahnübergänge beschreiben einen nicht unwesentlichen Anteil an der gesamten Schallabstrahlung einer Straße. Die Höhe der Schallabstrahlung wird unter anderem durch die Konstruktionsart, die Einbauqualität und den Zustand des Fahrbahnübergangs sowie der Brücke selbst bestimmt.

Der Hauptfokus des Projektes lag daher in der Untersuchung des Zusammenspiels von Fahrbahnübergang und Brückentragwerk und der Entwicklung möglichst effizienter und kostengünstiger lärmtechnischer Sanierungsmöglichkeiten von bereits in Betrieb befindlichen Fahrbahnübergängen. Dazu wurden u.a. Geräuschemissionsangaben im eingebauten Zustand benötigt, welche bereits durch diverse Vorprojekte in der Bietergemeinschaft vorhanden waren. Ergänzende Detailuntersuchungen wurden an gezielt ausgewählten Fahrbahnübergängen durchgeführt. Im Zuge dieser Untersuchungen wurden ergänzend zu Emissionsmessungen seitlich und unter dem Fahrbahnübergang auch Schallimmissionsmessungen an maßgebenden Immissionspunkten durchgeführt. Zusätzlich wurden die Schallpegel bei Überfahrt mittels genormten Rollgeräuschanhängers und die Schwingungen der Bauteile mit Hilfe von Schwingbeschleunigungsaufnehmern ermittelt.

Eine schalltechnische Bewertung von derzeit eingebauten Fahrbahnübergängen ist bereits Stand der Technik und wurde von den Projektpartnern im Zuge eines Vorprojektes entwickelt. Die Untersuchung schalltechnischer Auswirkungen wurde jedoch an ausgewählten, repräsentativen Übergangskonstruktionen im Detail weiter untersucht, wobei der wesentliche Schwerpunkt auf der Entwicklung von lärmtechnischen Sanierungsvorschlägen lag. Zusätzlich sollte eine Marktanalyse den derzeitigen Stand der Technik bzw. des Wissens aufzeigen und gleichzeitig die Wahl eines schalltechnisch geeigneten Fahrbahnüberganges für messtechnische Untersuchungen und zukünftige Projekte erleichtern.

Ziel des Forschungsvorhabens war die Untersuchung von derzeit eingebauten Fahrbahnübergängen bezüglich ihrer schalltechnischen Auswirkung, sowie die Entwicklung von innovativen lärmtechnischen Sanierungsvorschlägen, ohne den Fahrbahnübergang in seiner Gesamtheit tauschen zu müssen.

Facts:

- Laufzeit: 07/2015-12/2016
- Forschungskonsortium:
 - FCP
 - Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH
 - AIT – Austrian Institute of Technology GmbH
 - psiacoustic Umweltforschung und Engineering GmbH
 - Mageba GmbH
 - Mauerer Söhne Engineering GmbH & Co.KG

Kurzzusammenfassung

Problem

Die Lärmentwicklung von Fahrbahnübergängen muss in immer größerem Maße beachtet werden. Der Hauptfokus des Projektes lag auf der Entwicklung einer effizienten und kostengünstigen lärmtechnischen Sanierung von Fahrbahnübergangskonstruktionen. Dazu wurde u.a. die emissions- und immissionsseitige Schallsituation von FÜK gemessen und ausgewertet.

Gewählte Methodik

Eine schalltechnische Bewertung von derzeit eingebauten Fahrbahnübergängen ist bereits Stand der Technik und wurde von den Projektpartnern im Zuge eines Vorprojektes entwickelt. Die Untersuchung schalltechnischer Auswirkungen wurde jedoch an ausgewählten, repräsentativen Übergangskonstruktionen im Detail weiter untersucht. Zusätzlich sollen Marktanalysen den derzeitigen Stand der Technik bzw. des Wissens aufzeigen und gleichzeitig die Wahl eines schalltechnisch geeigneten Fahrbahnüberganges für die messtechnischen Untersuchungen und zukünftige Projekte erleichtern.

Ergebnisse

Der wesentliche Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung einer Handlungsanweisung, wie mit Fahrbahnübergangskonstruktionen umzugehen ist, sobald es anrainerseitig zu Lärmbeschwerden kommt. Mit der messtechnischen Bestimmung verschiedener Parameter soll so die bestmögliche Sanierungsvariante ermittelt werden.

Schlussfolgerungen

Im Verlauf des Projektes wurde festgestellt, dass es eine große Menge an Einflussfaktoren gibt, welche die Entwicklung einer „Patentlösung“ für alle Fahrbahnübergangskonstruktionen äußerst schwierig gestalten. Aus diesem Grund wurde dem Ansatz zur Entwicklung einer Handlungsanweisung der Vorzug gegeben.

English Abstract

The noise development of road joints must be increasingly considered. The main focus of the project therefore was on the development of an efficient and cost-effective refurbishment of road joints. For this purpose objective sound emissions and immissions of installed road joints had been measured and analysed. An analysis of the market from a noise technological view completed the project

Impressum:

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

DI Dr. Johann Horvatits
Abt. IV/ST 2 Technik und
Verkehrssicherheit
johann.horvatits@bmvit.gv.at

DI (FH) Andreas Blust
Abt. III/14 Mobilitäts- und
Verkehrstechnologien
andreas.blust@bmvit.gv.at
www.bmvit.gv.at

ASFINAG

DI Eva Hackl
Manager International Relations
und Innovation
eva.hackl@asfinag.at

DI (FH) René Moser
Leiter Strategie, Internationales
und Innovation
rene.moser@asfinag.at
www.asfinag.at

Österreichische Forschungs- förderungsgesellschaft mbH

DI Dr. Christian Pecharda
Programmleitung Mobilität
Sensengasse 1, 1090 Wien
christian.pecharda@ffg.at
www.ffg.at

Jänner, 2016

VIF 2014 – SOFT

Schalltechnische Optimierung von Fahrbahnübergängen durch innovative Technologien

FCP

psiacoustic



AIT
AUSTRIAN INSTITUTE
OF TECHNOLOGY

mageba

 **MAURER**

GZ 15/1161
Rev. 00
Wien. 05.04.2017

VIF 2014 – SOFT – Fahrbahnübergänge

5. Meilenstein – Ergebnisbericht

| Rev. | Anmerkungen | Datum | Erstellt | Geprüft | Freigegeben |
|------|-------------|------------|----------------|---------|-------------|
| 00 | Erstausgabe | 05.04.2017 | AIT/ FCP/ psia | | |
| 01 | | | | | |
| 02 | | | | | |
| 03 | | | | | |
| 04 | | | | | |
| 05 | | | | | |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Einleitung | 5 |
| 1.1 | Allgemeines | 5 |
| 1.2 | Zeitplan | 5 |
| 2. | Beschreibung der Arbeitspakete | 6 |
| 2.1 | AP 2 Analyse des Marktes aus lärmtechnischer Sicht | 6 |
| 2.1.1 | Ziele | 6 |
| 2.1.2 | Inhalte / Methode | 6 |
| 2.2 | AP 3 – Messstellenauswahl und messtechnische Untersuchungen | 6 |
| 2.2.1 | Ziele | 6 |
| 2.2.2 | Inhalte / Methode | 6 |
| 2.3 | AP 4: Erarbeitung von Sanierungsvorschlägen | 7 |
| 2.3.1 | Ziele | 7 |
| 2.3.2 | Inhalte / Methode | 7 |
| 2.4 | AP 5: Analyse der schalltechnischen Verbesserung nach Tausch | 8 |
| 2.4.1 | Ziele | 8 |
| 2.4.2 | Inhalte / Methode | 8 |
| 3. | Marktanalyse | 9 |
| 3.1 | Firma Maurer | 9 |
| 3.1.1 | Ein-profilige Übergangskonstruktionen | 9 |
| 3.1.2 | Mehr-profilige Übergangskonstruktionen | 13 |
| 3.2 | Firma mageba | 18 |
| 3.2.1 | Ein-profilige Übergangskonstruktionen | 18 |
| 3.2.2 | Mehr-profilige Übergangskonstruktionen | 21 |
| 4. | Theoretische Grundlagen | 24 |
| 4.1 | Schallpegelmessungen | 24 |
| 4.2 | Beschleunigungsmessungen | 25 |
| 4.3 | Rollgeräusch-Anhänger und Kraftmessfelge | 25 |
| 4.3.1 | Rollgeräusch-Anhänger | 25 |
| 4.3.2 | Kraftmessfelge | 25 |
| 5. | Messtechnische Untersuchungen | 26 |
| 5.1 | Fingerübergang A10_ Objekt L53 | 26 |
| 5.1.1 | Allgemeines | 26 |
| 5.1.2 | Versuchsaufbau | 26 |
| 5.1.3 | Messergebnisse | 30 |
| 5.1.4 | Zusammenfassung | 41 |
| 5.2 | Lamellenübergang S35 Murbrücke Frohnleiten_ Objekt 6781F3 | 42 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.2.1 | Allgemeines | 42 |
| 5.2.2 | Versuchsaufbau | 44 |
| 5.2.3 | Messergebnisse | 49 |
| 5.2.4 | Zusammenfassung..... | 59 |
| 5.3 | Mehrschlauchiger Lamellenübergang A21 Sattelbachbrücke_Objekt LH130 | 61 |
| 5.3.1 | Allgemeines | 61 |
| 5.3.2 | Versuchsaufbau | 62 |
| 5.3.3 | Messergebnisse | 66 |
| 5.3.4 | Zusammenfassung..... | 78 |
| 6. | Weitere Vorgehensweise | 79 |
| 6.1 | AP 4 & 5 – weitere Untersuchungen von FÜK und Sanierungsvorschläge | 79 |
| 6.2 | Handlungsanweisung | 79 |
| 6.2.1 | Schritt 1 - Überprüfung des Fahrbahnübergangs | 80 |
| 6.2.2 | Schritt 2 - Durchführen der Bestandsmessung | 80 |
| 6.2.3 | Schritt 3 - Dimensionierung von Maßnahmen..... | 83 |
| 6.2.4 | Schritt 4 – Prognose der Schallimmission beim Anrainer | 84 |
| 6.2.5 | Optionaler Schritt 5 – Verifikation der Wirksamkeit der Schallschutzmaßnahmen..... | 85 |
| 7. | Zusammenfassung..... | 86 |
| 7.1 | Motivation | 86 |
| 7.2 | Erkenntnisse..... | 86 |
| | Normative Grundlagen und Referenzen..... | 88 |

1. Einleitung

1.1 Allgemeines

Schallemissionen zufolge von Überfahrten über Fahrbahnübergänge beschreiben einen nicht unwesentlichen Anteil an der gesamten Schallabstrahlung einer Straße. Die Höhe der Schallabstrahlung wird unter anderem durch die Konstruktionsart, die Einbauqualität und den Zustand des Fahrbahnübergangs sowie der Brücke selbst bestimmt.

Der Hauptfokus des Projektes liegt daher in der Untersuchung des Zusammenspiels von Fahrbahnübergang und Brückentragwerk und der Entwicklung möglichst effizienter und kostengünstiger lärmtechnischer Sanierungsmöglichkeiten von bereits in Betrieb befindlichen Fahrbahnübergängen. Dazu werden u.a. Geräuschemissionsangaben im eingebauten Zustand benötigt, welche bereits durch diverse Vorprojekte in der Bietergemeinschaft vorhanden sind. Ergänzende Detailuntersuchungen sollen an gezielt ausgewählten und aussagekräftigen Fahrbahnübergängen durchgeführt werden. Im Zuge dieser Untersuchungen werden ergänzend zu emissionsseitigen Schallpegelmessungen seitlich und unter dem Fahrbahnübergang auch Schallimmissionsmessungen an maßgebenden Immissionspunkten durchgeführt. Zusätzlich werden die Schallpegel bei Überfahrt mittels genormten Rollgeräuschanhängers und die Schwingungen der Bauteile mit Hilfe von Schwingbeschleunigungs- bzw. Wegaufnehmern ermittelt.

Des Weiteren wird die Schallsituation bei geplanten Austauschvorhaben von Fahrbahnübergängen (z.B. aufgrund von Schäden, Verschleißerscheinungen, etc.) gemessen und analysiert, um die lärmtechnischen Auswirkungen vor und nach dem Umbau ermitteln zu können. Diese Messungen können weitere wichtige Erkenntnisse zu alters- oder verschleißbedingten Einflüssen liefern, welche wiederum in die Entwicklung der Sanierungsvorschläge einfließen.

Eine Analyse des Marktes aus lärmtechnischer Sicht rundet das Projekt ab, um im Falle eines Tausches oder Neubaus den schalltechnischen Aspekt berücksichtigen zu können. Als schwierig könnte sich dabei herausstellen, entsprechende Angaben der Hersteller zu erhalten und diese vergleichbar darzustellen. Dies ist unter anderem der Grund, weshalb gleich zwei in Österreich anerkannte Hersteller von Fahrbahnübergangskonstruktionen dieses Bieterkonsortium unterstützen

1.2 Zeitplan

Die nachfolgende Darstellung des Zeitplanes mit Hilfe des Gantt-Diagrammes zeigt die Projektdauer sowie die Verteilung der Arbeitspakete gemäß dem Projektantrag.

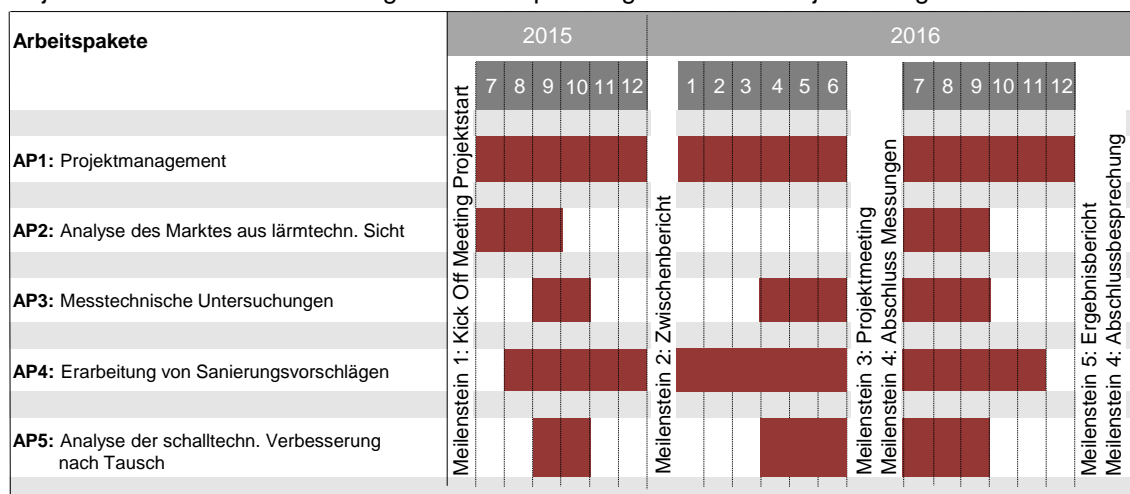


Abbildung 1-1: Gantt-Diagramm zum Zeitplan des Forschungsprojektes „SOFT“.

2. Beschreibung der Arbeitspakete

In diesem Kapitel werden die fachlich relevanten Arbeitspakete kurz beschrieben und zusammengefasst.

2.1 AP 2 Analyse des Marktes aus lärmtechnischer Sicht

2.1.1 Ziele

- Analyse der am Markt befindlichen Fahrbahnübergänge aus akustischer Sicht
- Herleitung und Darstellung von vergleichbaren schalltechnischen und sonstigen relevanten technischen und wirtschaftlich Parametern

2.1.2 Inhalte / Methode

Das bestehende Know-How der Partner wird zusammengetragen und mit einer Recherche über die schalltechnischen Angaben und sonstigen Informationen von verschiedenen Fahrbahnübergängen bzw. Herstellern ergänzt. In diesem Schritt sollen die beiden im Konsortium beteiligten Hersteller intensiv miteingebunden werden.

Sind keine schalltechnischen Daten vorhanden, sollen die akustischen Eigenschaften auf Basis der Bauart und vergleichbarer Konstruktionen abgeschätzt werden können. Ziel ist es, die akustischen sowie sonstige technische und wirtschaftlich relevante Eigenschaften der Fahrbahnübergänge einheitlich beschreiben und miteinander vergleichen zu können.

2.2 AP 3 – Messstellenauswahl und messtechnische Untersuchungen

2.2.1 Ziele

- Eines der Ziele ist die Erweiterung der bestehenden messtechnischen Daten in der ARGE durch zusätzliche Untersuchungen zweier repräsentativer Fahrbahnübergangskonstruktionen, um Lösungen für die lärmtechnische Sanierung und Optimierung vorschlagen sowie zukünftige Einbauten hinsichtlich des entstehenden Lärms besser auswählen und berücksichtigen zu können. Hierfür werden emissions- und immissionsseitige Schallpegelmessungen durchgeführt und im Bedarfsfall das Materialverhalten mit Hilfe der Schwingungsaufnehmern bzw. Wegaufnehmern untersucht und dokumentiert.
- Des Weiteren wird in diesem Arbeitspaket eine schalltechnische Bewertung von Fahrbahnübergangskonstruktionen verbessert, indem zusätzlich zu der bereits vorhandenen Beurteilung Messungen mit Hilfe eines mobilen Sensors durchgeführt werden. Diese Ergebnisse werden mit der herkömmlichen Methode verglichen, da eine mobile Messung den Aufwand erheblich verringern und die Beurteilung vor allem auch bei schlechter Zugänglichkeit wesentlich erleichtern würde.

2.2.2 Inhalte / Methode

Auswahl von zwei repräsentativen Fahrbahnübergangskonstruktionen (Finger- und Lamellenkonstruktion) und geeigneter Messstellen.

Emissions- und immissionsseitigen Schallpegelmessung zur Ergänzung der bestehenden Emissionsdaten.

Verbesserung der messtechnischen Beurteilung von Geräuscentwicklungen von FÜK mit Hilfe eines an einem Fahrzeug instrumentierten Sensors.

Die Schallemissionsmessungen erfolgen gem. RVS 15.04.52, die zeitgleich stattfindenden Schallimmissionsmessungen gem. ÖNORM S 5004.

Im Querschnitt des Fahrbahnüberganges wird ein Messpunkt in 3,75 m Entfernung von der Achse des ersten Fahrstreifens und in einer Höhe von 1,2 m über Belagsoberkante angeordnet. Zusätzlich zu diesem Messpunkt werden ein Referenzmesspunkt 30 m vor dem Übergang in 3,75 m Entfernung von der 1. Fahrstreifenachse und in derselben Höhe wie der Messpunkt im Querschnitt des Fahrbahnüberganges, sowie weitere Messpunkte im Messquerschnitt der Übergangskonstruktion unter der Brücke eingerichtet. Mit dem Referenzmesspunkt kann der Einfluss des Fahrbahnbelages auf die Höhe der gemessenen Geräuschemission der Übergangskonstruktion relativiert werden, die Messpunkte unterhalb der Brücke im Bereich des Auflagers geben Aufschluss darüber, ob und wie stark das Geräusch der Übergangskonstruktion nach unten abgestrahlt wird.

Im Zuge der Messungen werden alle vorbeifahrenden Fahrzeuge erhoben (Statistical Pass-By Messungen). Pro Fahrzeugübergang ist eine Messdauer von bis zu 6 Stunden vorgesehen, damit auch hier die Anforderungen gem. RVS 15.04.52 erfüllt werden können. Zeitgleich zu den Emissionsmessungen werden Immissionsmessungen an jeweils 2 maßgebenden Immissionspunkten durchgeführt (oberhalb bzw. auf Niveau des Überganges sowie unterhalb der Brücke), um die akustische Wirkung der Übergänge auch direkt im betroffenen Anrainerbereich dokumentieren zu können.

Zusätzliche Messungen werden mit einem Rollgeräuschanhänger sowie einer auf einem Messfahrzeug montierten Kraftmessfelge werden an definierten Strecken mit einer Vielzahl an Fahrbahnübergängen im Bereich Wien/Umgebung durchgeführt.

Gemessen wird hierbei jeweils auf der 1. Fahrspur welche durch die Einwirkung aus dem Schwerverkehr im Regelfall die höchsten Fahrbahnunebenheiten (Spurrinnen) aufweist und als maßgebend für die Schallemission eingestuft wird. Die Messungen inkludieren auch die mittels Pass-by Messungen gemessenen FÜK.

Diese Rollgeräuschmessungen liefern die folgenden Messwerte für die betrachteten Fahrbahnübergänge:

- Schallemission (nach ISO 11819-2 mit CPX Anhänger) auf der FÜK-Oberseite
- Höhenprofil/Textur FÜK
- Öffnungsweite FÜK
- Dynamische Achslast bei FÜK-Überfahrt (rechte Achsspur)

Diese Messwerte werden statistisch ausgewertet und soweit möglich Korrelationen zwischen Schallpegel (Oberseite), Höhenprofil, FÜK-Typ und Öffnungsweite dargestellt. Auch ein Abgleich mit den Ergebnissen aus Messungen gemäß RVS 15.04.52 wird durchgeführt.

2.3 AP 4: Erarbeitung von Sanierungsvorschlägen

2.3.1 Ziele

- Optimierung der schalltechnischen Sanierung für bestehende sowie zukünftige Einbauten hinsichtlich des entstehenden Lärms.
- Erarbeitung von Sanierungsvorschlägen von in Betrieb befindlichen Übergangskonstruktionen.
- Ausarbeitung von Maßnahmen (Prioritätenliste).

2.3.2 Inhalte / Methode

Die bei den Partnern vorhandenen Ergebnisse aus Vorprojekten und die im Zuge des gegenständlichen Forschungsprojekts durchzuführenden messtechnischen Untersuchungen sollen als Ausgangsbasis für die Entwicklung von Sanierungsvorschlägen dienen. Dafür werden

die Eigenschaften des Fahrbahnübergangs sowie des Brückentragwerks berücksichtigt, um technisch sowie wirtschaftlich optimale Lösungen zu entwickeln. Die Zugänglichkeit für Brückeninspektionen soll in jedem Fall weiter gegeben sein.

2.4 AP 5: Analyse der schalltechnischen Verbesserung nach Tausch

2.4.1 Ziele

- Ermittlung einer quantitativen Aussage über die schalltechnische Wirkung eines geplanten Austausches einer Fahrbahnübergangskonstruktion durch Messungen.

2.4.2 Inhalte / Methode

Wird eine Fahrbahnübergangskonstruktionen aufgrund von geplanten Erhaltungsmaßnahmen getauscht, werden begleitende akustische Messungen durchgeführt, um die schalltechnischen Auswirkungen dieses Tausches analysieren zu können. Für den Fall eines Tausches ist vorgesehen, zwei Messserien durchzuführen. Sowohl emissions- sowie immissionsseitige Informationen sollen einfließen und analysiert werden.

Die Schallemissionsmessungen erfolgen gemäß RVS 15.04.52 (drei Messpunkte, 2 davon in 1,2m über FOK und in einer Entfernung von 3,75m, ein Messpunkt unter der Übergangskonstruktion) und die Schallimmissionsmessungen an zwei maßgebenden Immissionspunkten gemäß ÖNORM S 5004. Pro Fahrbahnübergang ist eine Messdauer von bis zu 6 Stunden vorgesehen (SPB Methode), damit auch hier die Anforderungen gemäß RVS 15.04.52 erfüllt werden können (vgl. AP3).

Im Anschluss werden für die Untersuchung der akustischen Auswirkung die gemessenen Schallpegel jenen gegenübergestellt, welche vor dem Tausch erhoben wurden. Neben den Schalldruckpegeln können bei Bedarf auch Schwingungen (z.B. Beschleunigungsaufnehmer) oder Bewegungen (Wegaufnehmer) der Konstruktion aufgezeichnet und ausgewertet werden, wodurch zusätzlich Detailinformationen gewonnen werden können.

3. Marktanalyse

Seitens der Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG) werden Fahrbahnübergänge definiert [1], deren Zulassung in Österreich vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) geregelt werden [2]. In Anlehnung an die vorher genannten Referenzen werden Fahrbahnübergänge wie folgt kategorisiert:

- Elastische Belagsdehnfugen
- Fingerfugen
- Mattenkonstruktionen
- Profilkonstruktionen
- Unterflurkonstruktionen

Nähere Informationen der in Österreich verwendeter Produkte sowie deren Zulassungen können aus den vom BMVIT bereitgestellten Tabellenwerken [2] entnommen werden.

In den folgenden Abschnitten werden Produkte zur Reduzierung der Schallimmission bei Dehnfugen und Fahrbahnübergängen präsentiert. Es werden Fabrikate der Konsortialpartner Maurer und mageba vorgestellt.

Um die Funktionsweise der geräuschkindernden Übergangskonstruktionen zu verstehen ist es sinnvoll die Standard-Übergangskonstruktionen zu erläutern, die damit verbundenen Lärmquellen aufzuzeigen und anschließend konstruktive Umsetzungen zur Geräuschkinderung zu diskutieren.

3.1 Firma Maurer

Fahrbahnübergänge erhältlich bei Firma Maurer AG können zum Zeitpunkt des Erstellens der Marktanalyse (August 2016) wie folgt unterteilt werden:


|  MAURER | Standard Übergangskonstruktion | Geräuschkindernde Übergangskonstruktion |
|--|-----------------------------------|--|
| Ein-profilige Übergangskonstruktion | D80 ¹ | XL1, XW1 |
| Mehr-profilige Übergangskonstruktion | Trägerrost Schwenktraverse | XL XLS GU-f ² |

Tabelle 3-1: Gliederung der Fahrbahnübergangskonstruktionen der Firma Maurer AG.

3.1.1 Ein-profilige Übergangskonstruktionen

3.1.1.1 Standard Übergangskonstruktionen

Die herkömmliche Übergangskonstruktionen der Firma Maurer ist eine Belagsdehnfuge und wird mit den Akronym „D80“ bezeichnet (siehe schematische Darstellung in Abbildung 3-1 (a)). Eine wasserdichte Dehnfuge wird mittels des Bandprofils „B80 B“ [3] realisiert, wodurch Fahrbahnübergänge mit einer Spaltöffnung von bis zu 100 mm konstruktiv umgesetzt werden können. Es liegt daher auf der Hand, dass aufgrund des Spaltes bei Überqueren eines Kraftfahrzeugs ein Impuls auf die Brückenkonstruktion ausgeübt wird. Ein Großteil der

¹ Die Erstellung der Zulassung befindet sich in Arbeit [2].

² Zum jetzigen Zeitpunkt (August 2016) ist für diese System keine Regelprüfungen vorhanden, lediglich der Produktkatalog [3].

induzierten Energie wird durch abklingende Schwingungen des Brückentragwerks dissipiert, ein anderer Teil wird im vorwiegend hochfrequenten Bereich in Schall umgesetzt. Verbleibende Energieumwandlungen, wie beispielsweise zufolge Wärmeentwicklung, sind von marginaler Bedeutung und werden in diesem Kontext nicht weiter behandelt.

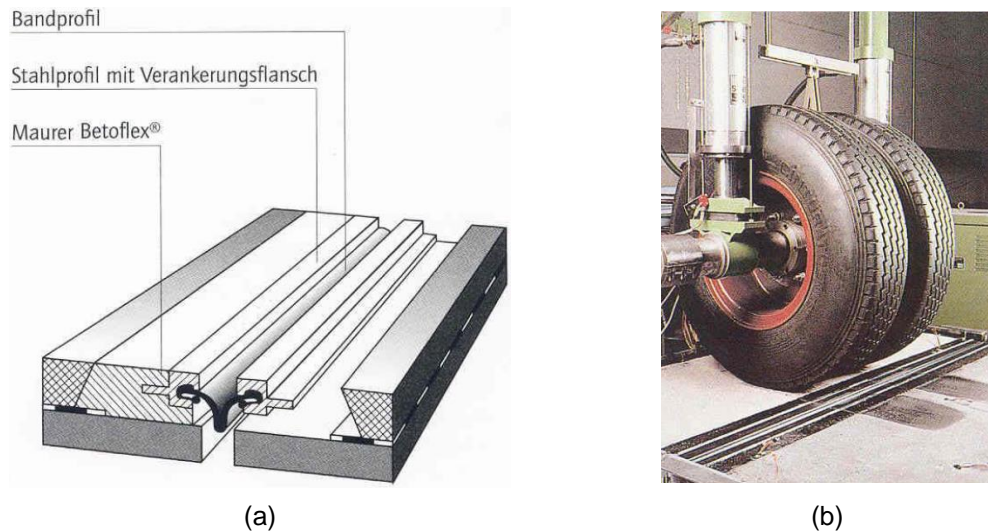


Abbildung 3-1: (a) Standard ein-profilige Übergangskonstruktion für Dehnfugen der Firma Maurer, sowie (b) Überrollversuch durchgeführt am Prüfstand der TU München [3].

3.1.1.2 Geräushmindernde Übergangskonstruktionen

Maurer wirbt zur Reduktion von Schallemissionen bei ein-profiligen Fahrbahnübergängen mittels der Produkte „XL1“ sowie „XW1“.

System XL1:

Das System XL1 ist eine typische Fingerfugen Konstruktion (siehe Abbildung 3-2 (a)), welche eine Erweiterung des Systems „D80“ repräsentiert. Dabei werden die „Finger“ mittels Senkkopfschrauben am Stahlprofil befestigt, wie in Abbildung 3-2 (b) schematisch dargestellt ist. Im Vergleich zum System „D80“ wird aufgrund der geometrischen Ausbildung mittels der „Finger“ die Fahrbahnübergangskonstruktion nicht schlagartig belastet. In mechanischer Hinsicht wird die Impulsdauer erhöht respektive die Beanspruchung schonender auf das Brückentragwerk aufgebracht. Dies manifestiert sich in einer Reduktion des Schallpegels, wie im folgenden Abschnitt gezeigt wird.

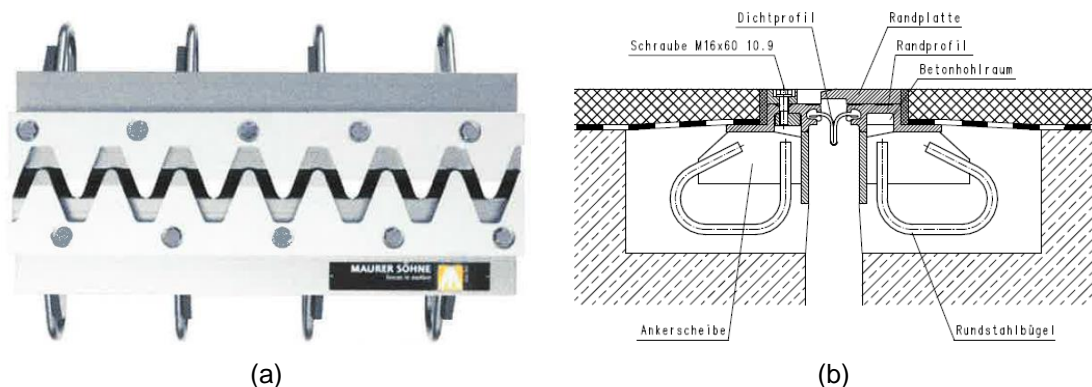


Abbildung 3-2: Geräushmindernde ein-profilige Übergangskonstruktion System „XL1“ für Dehnfugen der Firma Maurer. (a) Typisches Bauteil, sowie (b) Querschnitt durch Fahrbahnübergang [4].

System XW1:

Das System XW1 ist in den Tabellenwerken des BMVIT [2] derzeit nicht geregelt, verfügt jedoch über eine europäisch technische Zulassung (ETA) [5]. Durch Vergleich von Abbildung 3-2 (a) und Abbildung 3-3 (a) wird ersichtlich, dass die Motivation zur Schallemissionsreduktion beider Systeme affin ist. Ebenso sind die konstruktiven Ausbildungen beider Fahrbahnübergänge gleichwertig (vergleiche Abbildung 3-2 (a) und Abbildung 3-3 (b)). Aufgrund der wellenförmigen Durchbildung der Stahlprofile steigt, die Anforderung an den Anschluss des Fahrbahnbelages [6]. Durch den kontinuierlichen Übergang kann die Schallemission jedoch reduziert werden, wie im folgenden Paragraphen gezeigt wird.

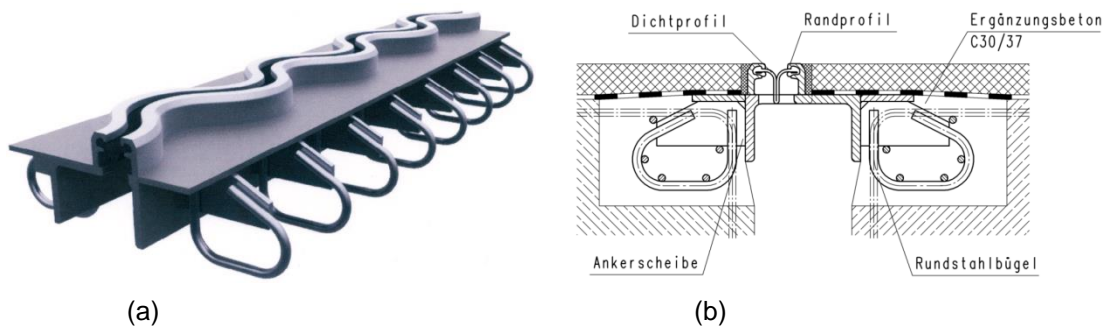


Abbildung 3-3: Geräuschkindernde ein-profilige Übergangskonstruktion System „XW1“ für Dehnfugen der Firma Maurer. (a) Typisches Bauteil, sowie (b) Querschnitt durch Fahrbahnübergang [7].

3.1.1.3 Quantifizierung der Reduktion der Schallemission

Anhand einer umfangreichen Studie der Firma Maurer AG in Zusammenarbeit mit der Universität der Bundeswehr München wurde die Wirksamkeit der geräuschkindernden Maßnahmen quantifiziert [8]. Abbildung 3-4 zeigt die Teststrecke auf welcher verschiedenste Fahrbahnübergangskonstruktionen durchbildet wurden. Dabei wurden zur Zuordnung der Lage der Systeme „XW1“, „D80“ und „XL1“ die Farben Grün, Orange sowie Rot verwendet.

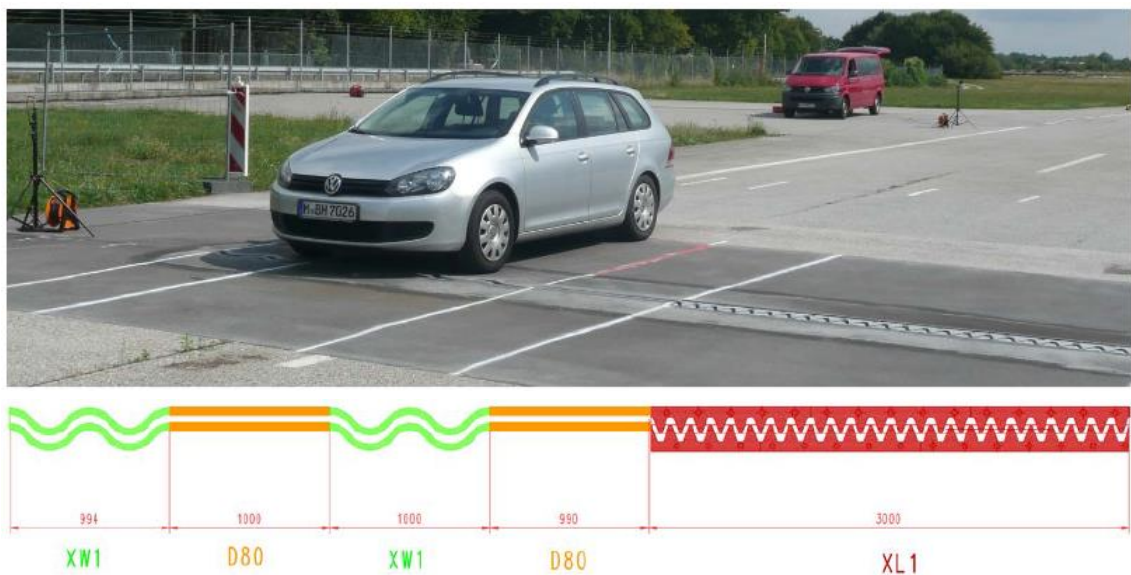


Abbildung 3-4: Setup zur Quantifizierung der Reduktion der Schallemission verschiedener Fahrbahnübergangskonstruktionen, Abbildung modifiziert von [8].

Übergangskonstruktionen wurden in einem Winkel von 90° überrollt mit konstanten Geschwindigkeiten von $v = 60, 80, 100, 120$ km/h. Um die Erhöhung der Geräuschemission zu quantifizieren ist es sinnvoll den Maximalpegel am Fahrbahnübergang (hier definiert mittels

Variable $L_{AF,max}$) in Relation zu einem Referenzpegel zu setzen. Als Bezugspegel eignet sich dabei der Maximalpegel der „normale“ Fahrbahn ($L_{AF,max}^{(ref)}$), welcher wie in [9] beschrieben, 30 m vor oder nach dem Fahrbahnübergang gemessen wird. In der Akustik ist es üblich den Schalldruck anhand der korrespondierenden Leistung zu charakterisieren, welche üblicherweise als Pegel ausgedrückt und logarithmisch skaliert wird. Somit ist die Differenz zwischen den beiden zuvor eingeführten Variablen ein Maß für die Erhöhung (bzw. Reduktion) der *relativen* Geräuschemission:

$$L_{AF,max}^{(ampl)} = L_{AF,max} - L_{AF,max}^{(ref)} \quad (1)$$

Per Definition [9] gilt ein Fahrbahnübergang als geräuscharm, falls die Erhöhung kleiner als 2 dB(A) ist, $L_{AF,max}^{(ampl)} \leq 2 \text{ dB}$. Die Ergebnisse der Studie sind in Abbildung 3-5 graphisch aufbereitet. Basierend auf dieser Studie sind folgende Schlüsse zu ziehen:

- Der herkömmliche Fahrbahnübergang „D80“ überschreitet den Grenzwert ab einer Geschwindigkeit von 80 km/h.
- Das geräuschemindernde System „XL1“ schneidet wider Erwarten schlechter ab als das herkömmliche System.
- Das System „XW1“ liefert befriedigenden Reduktionen der Schallemission.

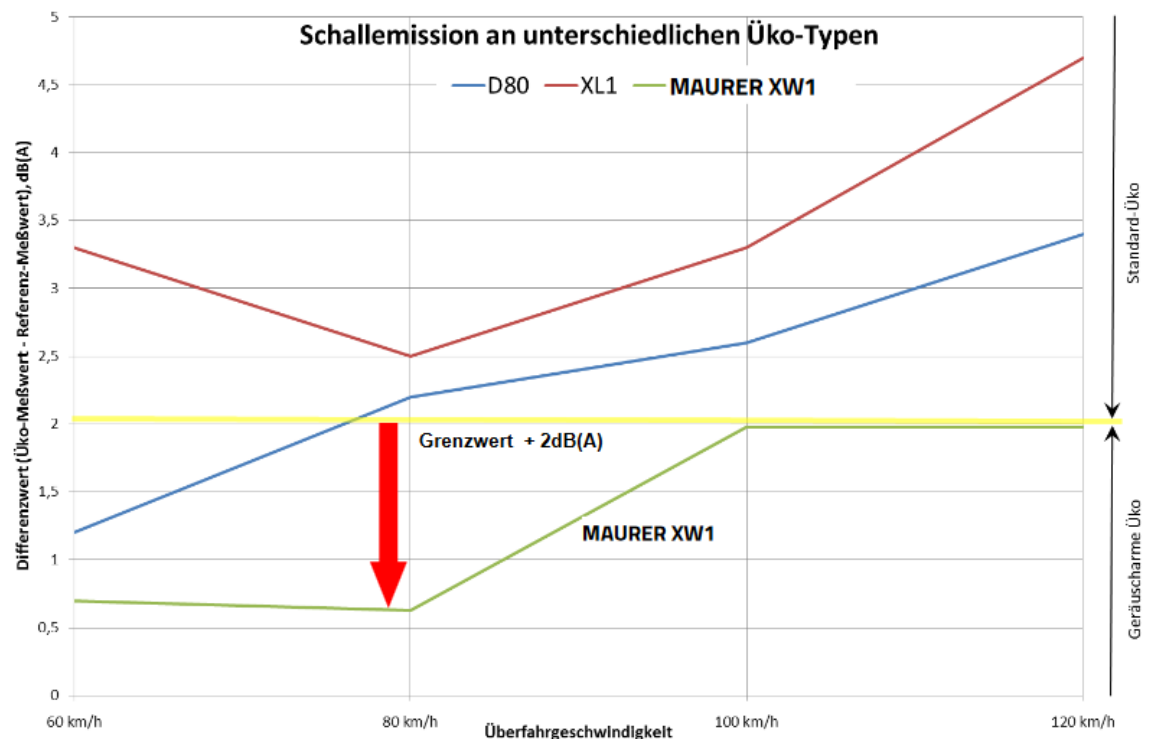


Abbildung 3-5: Schallemission verschiedener Fahrbahnübergangskonstruktionen [8].

Folgerung:

Leider können diese Erkenntnisse nur bedingt in das gegenständliche Forschungsvorhaben einfließen, da, wie in Abbildung 3-4 dargestellt, die Fahrbahnübergangskonstruktion nicht an einem Brückentragwerk befestigt wurde. Folge dessen können Schallemissionen unterhalb des Brückentragwerks nicht beurteilt werden.

3.1.2 Mehr-profilige Übergangskonstruktionen

3.1.2.1 Standard Übergangskonstruktionen

Mehr-profilige Fahrbahnübergangskonstruktionen (auch als „modulare Übergangskonstruktionen“ oder „Lamellenkonstruktionen“ bezeichnet) der Firma Maurer werden je nach Anforderungen als Trägerrost oder mittels Schwenktraverse konstruktiv realisiert.

Die Trägerrostkonstruktion der Firma Maurer ist in Abbildung 3-6 (a) schematisch dargestellt. Belastungen zufolge Überfahrten werden von Lamellen, welche I-förmige Walzprofile darstellen, über Traversen (orange Querträger) abgetragen. Anhand der gelb dargestellten Einlegeteile werden die hervorgerufenen vertikalen als auch horizontalen Kräfte konzentriert in die Brückenkonstruktion bzw. in das Widerlager eingeleitet. Der Querschnitt in Abbildung 3-6 (b) zeigt zusätzlich zu den lastabtragenden Elementen die erforderliche Bewehrungsführungen.

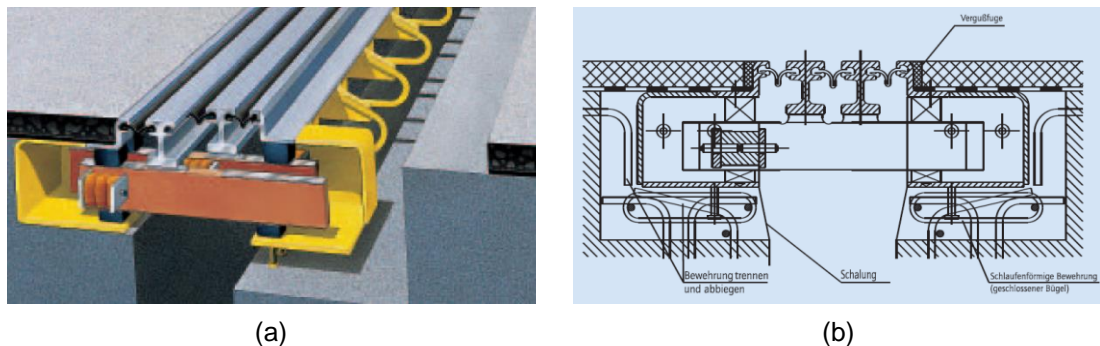


Abbildung 3-6: Trägerrostkonstruktion für Dehnfugen der Firma Maurer (a) als Visualisierung und (b) im Querschnitt. Abbildungen modifiziert von [10].

Elastische Dichtprofile, wie in Abbildung 3-7 schwarz dargestellt, dienen sowohl dem Schutz der Unterkonstruktion von Verunreinigungen auf der Straße als auch der Reduktion von Geräuschemissionen.



Abbildung 3-7: Lamellen (blau) und Dichtprofile (schwarz) [10].

Die Schwenktraversenkonstruktion ist in konstruktiver Hinsicht [11] eine erweiterte Trägerrostkonstruktion, siehe Abbildung 3-8. Die konstruktive Ausbildung der Querträger, sprich die Traverse, auf welcher die Lamellen lagern ermöglicht nahezu zwangsfreie Bewegungen des Brückentragwerks in alle Richtungen.

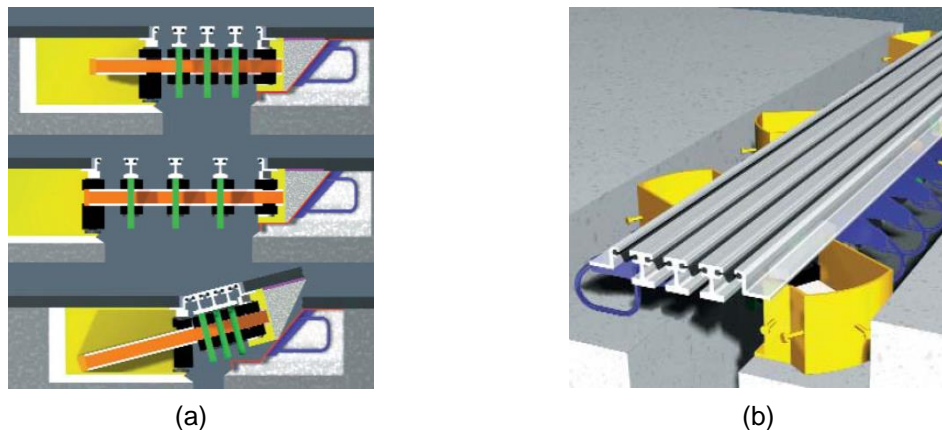


Abbildung 3-8: Schwenktraversenkonstruktion für Dehnfugen der Firma Maurer als (a) Visualisierung und (b) im Querschnitt. Abbildungen modifiziert von [11].

Ist mit Verschiebungen zu rechnen, die im Vergleich zur Regel-Spaltöffnung relativ groß sind, ist dieses System empfehlenswert. Praktische Anwendungsbeispiele sind konstruktive Umsetzungen in erdbebengefährdeten Gebieten oder aus wirtschaftlichen Gründen bei komplexen Brückentragwerken [11].

3.1.2.2 Geräuschkindernde Überganskonstruktionen

Die Funktionsweise der Schallemissions-Reduktionssysteme „XL“ und „XLS“ mehr-profiliger Fahrbahnübergänge ist ähnlich der des Systems „XL1“, siehe Abschnitt 3.1.1.2. Motivation ist durch die Ausbildung mittels rautenförmigen Blechen den Abrollvorgang eines Fahrzeuges zu verändern, um die Geräuschemission zu reduzieren. Abbildung 3-9 zeigt ein Foto des Systems „XLS“ [12] auf welchem die Traversen, Lamellen sowie die rautenförmigen Bleche ersichtlich sind. Die Funktionsweise und konstruktive Ausbildung wird durch den Schnitt in Abbildung 3-10 verdeutlicht. Das System „XL“ funktioniert auf ähnliche Weise [13], weshalb es nicht weiter angeführt wird. Gemäß Angaben der Firma Maurer [12, 13] wird bei Überfahrten rechtwinklig zur Längserstreckung der Lamellen eine Reduktion der Schallemission von 7 dB gegenüber der herkömmliche Trägerrostkonstruktion erzielt. Diese Reduktion gilt sowohl für PKW also auch LKW. Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass in den Regelprüfungen beider Systeme [12, 13] die Schallemission nach unten genannt wird, jedoch die Messung der Geräuschemission nicht explizit beschrieben wird. Es ist daher aus diesen Dokumenten nicht klar ersichtlich, ob die vorher genannte Reduktion von 7 dB sich auf Messungen auf oder unter dem Brückentragwerk beziehen.

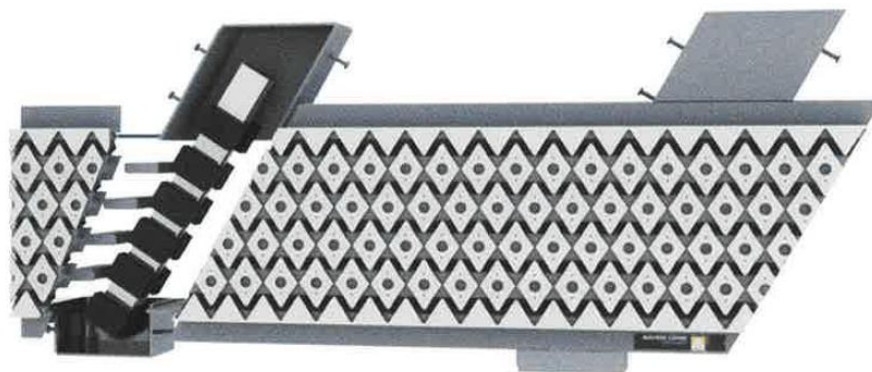


Abbildung 3-9: Darstellung der geräuschkindernden Übergangskonstruktion XLS der Firma Maurer [12].

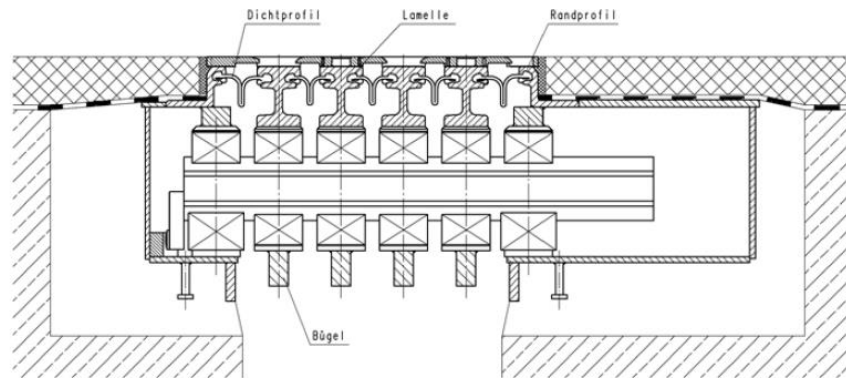
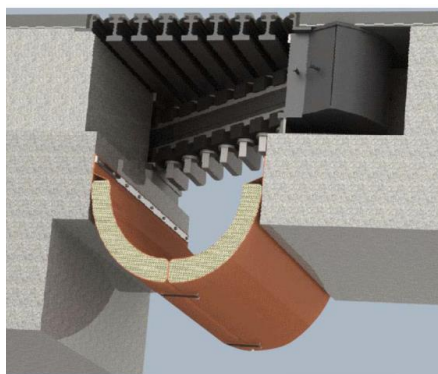


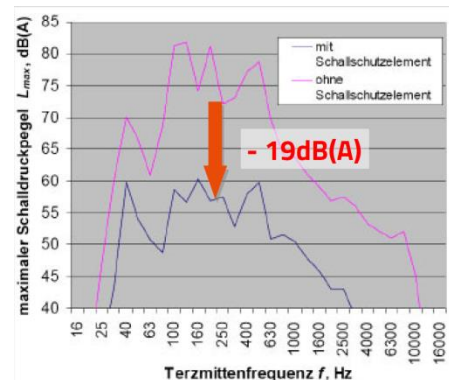
Abbildung 3-10: Schnitt durch die geräuschkindernde Übergangskonstruktion XLS der Firma Maurer [12].

3.1.2.3 Lärmschutzsystem für Übergangskonstruktionen

Um Schallemissionen nach unten zu reduzieren, wurde von Maurer das System „GU-f“ entwickelt [14], siehe Abbildung 3-11 (a). Zum Zeitpunkt (Stand August 2016) der Marktanalyse war keine Regelprüfung für dieses Produkt vorhanden, jedoch geht aus der Produktbeschreibung hervor, dass eine erhebliche Reduktion des Schalldruckpegels über den kompletten Frequenzbereich möglich ist, siehe Abbildung 3-11 (b). Dieses System kann auch für eine nachträgliche Sanierung von problematisch gewordenen Fahrbahnübergangskonstruktionen genutzt werden, sofern es die Platzverhältnisse vor Ort zulassen.



(a)



(b)

Abbildung 3-11: Lärmschutzsystem für Übergangskonstruktionen der Firma Maurer [14], (a) schematische Abbildung und (b) Reduktion der Schallemission.

3.1.2.4 Studien der Firma Maurer AG zur Reduktion der Schallemission

In einer umfangreichen Studie der Firma Maurer AG wurden verschiedenste Produkte zur Reduktion der Schallemission an modularen Fahrbahnübergangskonstruktionen evaluiert [15]. Die Produkte sowie die Ergebnisse werden nachfolgend vorgestellt.

Gummileisten und Fugenvergussmasse bis zur Fahrbahnoberfläche

Dabei erfolgt eine Nachbearbeitung der Fugenspalte durch Anbringen von Gummileisten sowie Vergießen der Fugen bis zur Fahrbahnoberkante, um eine ebene Fahrbahn herzustellen. Dies verbessert die Geräuschemission, mechanische sowie chemische Einwirkungen führen jedoch zu raschem Verschleiß der Fugenmasse wie in Abbildung 3-12 ersichtlich ist.

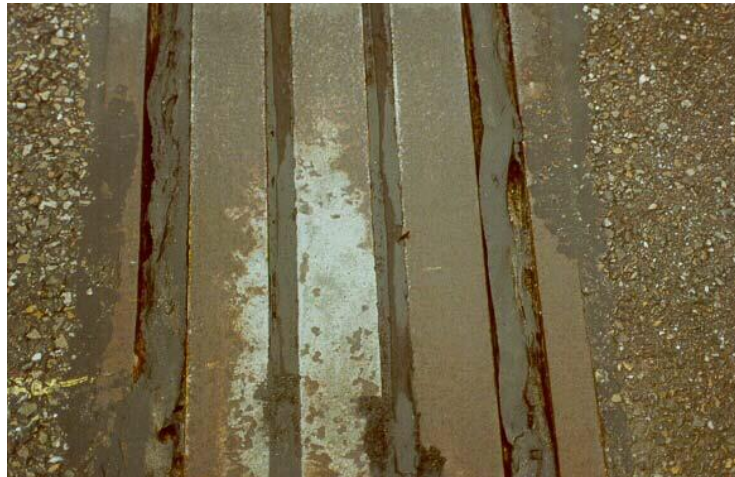


Abbildung 3-12: Gummileisten und Fugenvergussmasse [15].

Die Minderung des Maximalpegels $L_{AF,max}$ durch die Nachrüstung des Fahrbahnüberganges mit Gummileisten und Fugenvergussmasse beträgt rund 3 dB. Diese Reduktion ist unabhängig von Messungen erhoben bei PKWs mit einer Geschwindigkeit von $v = 120$ km/h bzw. bei LKWs mit einer Geschwindigkeit von $v = 80$ km/h. Im Vergleich zum Referenzpegel ergeben sich somit folgende Erhöhungen:

- Überfahrt eines PKWs bei einer Geschwindigkeit von $v = 120$ km/h: $L_{AF,max}^{(ampl)} = +6$ dB
- LKW bei einer Geschwindigkeit von $v = 80$ km/h: $L_{AF,max}^{(ampl)} = +1$ dB

Elastische Beschichtungen

Zusätzlich kann eine elastische Beschichtung der Lamellenoberfläche der bereits mit Gummiprofilen und Vergussmasse gefüllten Fugenspalte erfolgen.

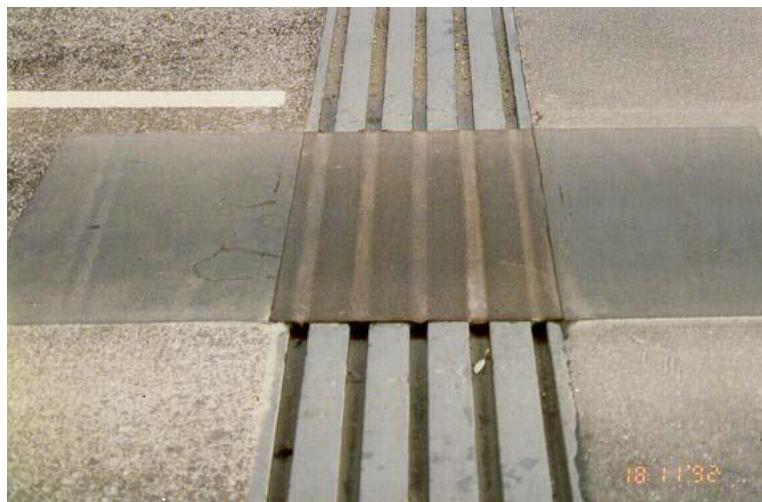


Abbildung 3-13: Elastische Beschichtung der Lamellenoberfläche [15].

Folgende Erkenntnisse können durch Einsatz der zusätzlichen Beschichtung gewonnen werden:

- Verringerung des Maximalpegels $L_{AF,max}$ von PKW Überfahrten um weitere 3 dB.
- Die Haltbarkeit der Beschichtung ist sehr begrenzt. Bereits nach wenigen Wochen treten erste Risse auf.

Rautenbleche ohne Auskragung

Abbildung 3-14 zeigt typische Rautenbleche ohne Auskragung, angebracht auf einer herkömmlichen Lamellenkonstruktion. In Bezug zum Referenzpegel der normalen Fahrbahn ergeben sich folgende Erhöhungen der Geräuschemissionen:

- Überfahrt eines PKWs bei einer Geschwindigkeit von $v = 120 \text{ km/h}$: $L_{AF,max}^{(ampl)} = +5 \text{ dB}$
- Überfahrt eines LKWs bei einer Geschwindigkeit von $v = 80 \text{ km/h}$: $L_{AF,max}^{(ampl)} = +1 \text{ dB}$

Im Vergleich zur Schallemission gemessen an derselben Lamellenkonstruktion ohne Rautenbleche ergeben sich folgende Abminderungen:

- Überfahrt eines PKWs bei einer Geschwindigkeit von $v = 120 \text{ km/h}$: $L_{AF,max}^{(ampl)} = -3 \text{ dB}$
- Überfahrt eines LKWs bei einer Geschwindigkeit von $v = 80 \text{ km/h}$: $L_{AF,max}^{(ampl)} = -3 \text{ dB}$

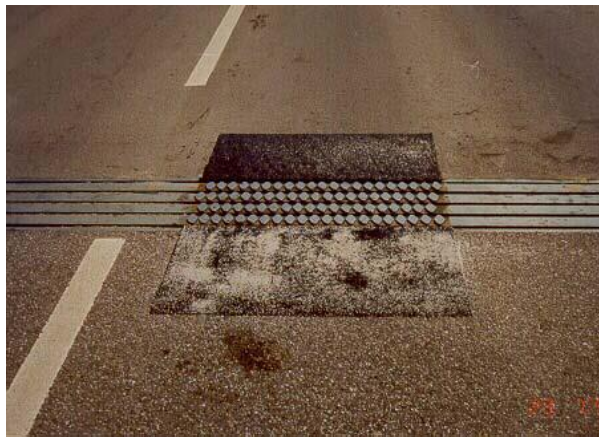


Abbildung 3-14: Rautenblech ohne Auskragung [15].

Wellenförmige Platten mit auskragenden Wellenspitzen

Durch das Anbringen von Wellenbleche (siehe Abbildung 3-15) ergibt sich.

- Überfahrt eines PKWs bei einer Geschwindigkeit von $v = 120 \text{ km/h}$: $L_{AF,max}^{(ampl)} = +2 \text{ dB}$
- Überfahrt eines LKWs bei einer Geschwindigkeit von $v = 80 \text{ km/h}$: $L_{AF,max}^{(ampl)} = \pm 0 \text{ dB}$

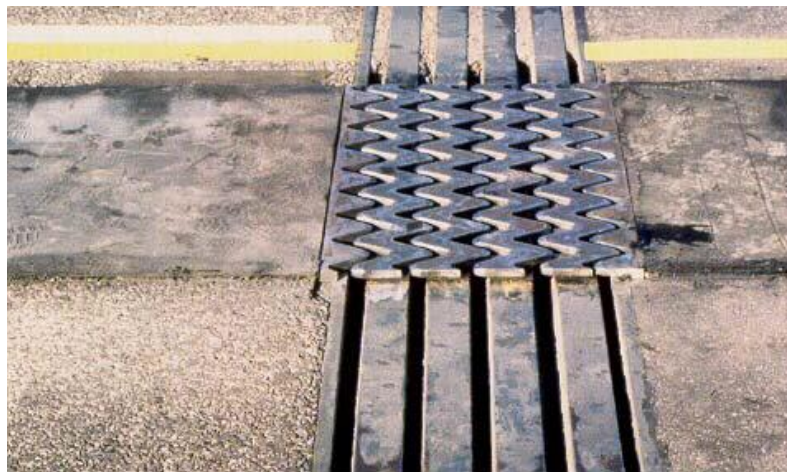


Abbildung 3-15: Wellenförmige Platten mit auskragenden Wellenspitzen (Quelle: Maurer AG) [15].

Auskragende Rautenbleche

Durch das Anbringen von auskragenden Rautenblechen (Abbildung 3-16) auf die Lamellenkonstruktion treten ähnliche Verringerung wie bei den wellenförmigen Platten auf:

- Überfahrt eines PKWs bei einer Geschwindigkeit von $v = 120 \text{ km/h}$: $L_{AF,max}^{(ampl)} = +2 \text{ dB}$
- Überfahrt eines LKWs bei einer Geschwindigkeit von $v = 80 \text{ km/h}$: $L_{AF,max}^{(ampl)} = \pm 0 \text{ dB}$

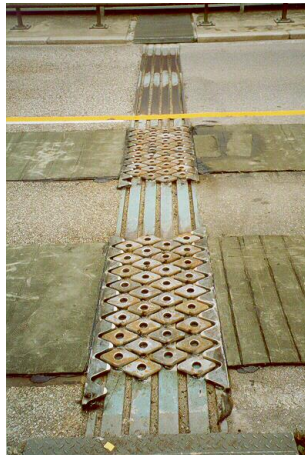


Abbildung 3-16: Auskragende Rautenbleche (Quelle: Maurer AG) [15].

3.2 Firma mageba

Fahrbahnübergänge erhältlich bei Firma mageba können zum Zeitpunkt des Erstellens der Marktanalyse (August 2016) wie folgt unterteilt werden:


|  Switzerland www.mageba.ch | Standard Übergangskonstruktion | Geräuschmindernde Übergangskonstruktion |
|---|-----------------------------------|---|
| Ein-profilige Übergangskonstruktion | RE | Belagsdehnfuge, GF, RC, RE-LS, RS-LS |
| Mehr-profilige Übergangskonstruktion | Modular LR | Modular LR-LS, Modular Silent ³ |

Tabelle 3-2: Gliederung der Fahrbahnübergangskonstruktionen der Firma mageba.

3.2.1 Ein-profilige Übergangskonstruktionen

3.2.1.1 Standard Übergangskonstruktion

Die herkömmliche ein-profilige Fahrbahnübergangskonstruktion der Firma mageba wird mit dem Akronym „RE“ bezeichnet [16]. Abbildung 3-17 (a) zeigt eine typische Dehnfuge durchbildet mit dem System „RE“. Durch den zugehörigen Schnitt in Abbildung 3-17 (b) ist ersichtlich, dass bei Überfahrten aufgrund des Spaltes Belastungen impulsartig auf das Brückentragwerk aufgebracht werden. Das Dichtprofil schützt den Bereich unter dem Fahrbahnübergang vor abstürzenden Verunreinigungen und Wasser am Brückendeck.

³ Zum jetzigen Zeitpunkt (Stand August 2016) sind seitens der Firma mageba für dieses Produkt Unterlagen an FCP ZT GmbH übermittelt worden, es sind jedoch im Internet keine Prospekte/Zulassungen vorhanden.

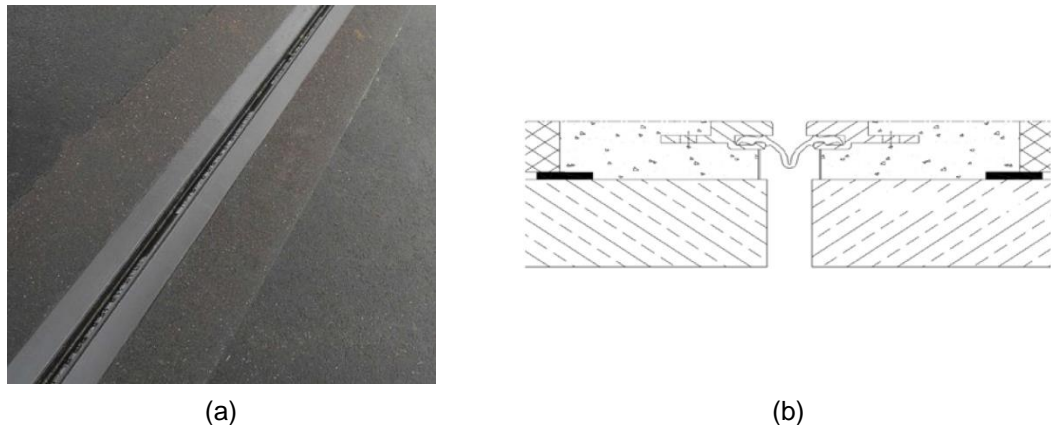


Abbildung 3-17: (a) Darstellung der standard ein-profiligen Übergangskonstruktion und (b) Schnitt durch die standard ein-profilige Übergangskonstruktion für Dehnfugen der Firma mageba [16].

3.2.1.2 Geräuschmindernde Übergangskonstruktionen

Die Reduktion der Schallemission ein-profiliger Übergangskonstruktionen mit Produkten der Firma mageba kann mittels Belagsdehnfugen und Gleitfingerkonstruktionen erreicht werden.

Belagsdehnfuge:

Das konstruktive Prinzip der mageba Belagsdehnfuge [17] ist aus der schematischen Darstellung in Abbildung 3-18 (a) ersichtlich. Durch den theoretisch stufenlosen Übergang zwischen Fahrbahn und Dehnfuge, siehe Abbildung 3-18 (b), werden Belastungen zufolge Überfahrten kontinuierlich in das Brückentragwerk respektive Widerlager eingeleitet. Laut Angaben des Herstellers entstehen *keine* zusätzlichen Lärmentwicklungen [17]. Dies ist in der Praxis jedoch nicht der Fall, da sowohl die Belagsdehnfuge als auch die Fahrbahn mit der Zeit verschleißern. Zudem bemerken Anrainer von Brückentragwerken erhebliche Schallemissionen von der Brücke nach unten.

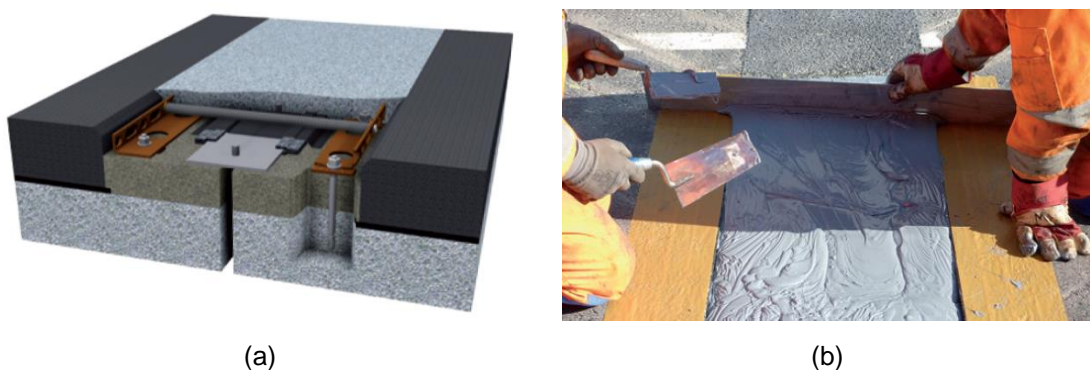


Abbildung 3-18: Belagsdehnfuge der Firma mageba [17]. (a) schematische Abbildung und (b) typischer Arbeiten beim Einbau stellt nahezu stufenlosen Übergang zwischen Fahrbahn und Dehnfuge sicher.

Gleitfingerkonstruktionen:

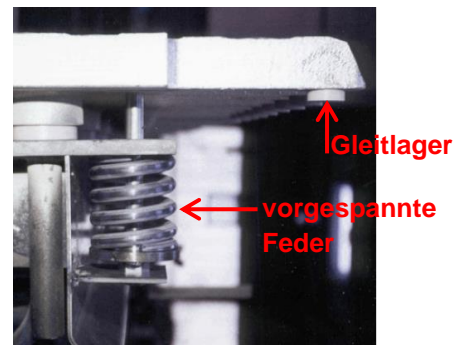
Die Gleitfingerkonstruktion der Firma mageba wird mittels des Akronyms „GF“ [18] bezeichnet und findet Anwendung vorwiegend bei Neubauten, das Produkt „RC“ [19] hingegen kann bei Sanierung von bereits bestehenden Übergangskonstruktionen verwendet werden. Hinsichtlich Schallemission sind beide Gleitfingerkonstruktionen aufgrund der konstruktiven Durchbildung

als gleichwertig anzusehen. Abbildung 3-19 (a) stellt einen typischen Fahrbahnübergang ausgebildet mit dem System „GF“ dar.

Durch die Verzahnung der einzelnen Gleitfinger soll das Abrollgeräusch abgemindert werden, woraus in weiterer Folge eine Reduktion der Schallemission resultiert. Die vorgespannte Feder, siehe Abbildung 3-19 (b), soll sicherstellen, dass bei Verdrehungen des Brückentragwerks (also Verdrehungen quer zur Fahrbahn bzw. um die Achse des Fahrbahnübergangs) der Spalt zwischen Übergangskonstruktion und Fahrbahn minimal ist. Geräusche zufolge impulsartiger Belastung werden dadurch reduziert und Beschädigungen durch Instandhaltungs- und Räumungsarbeiten (Stichwort Schneepflug) minimiert. Das Gleitlager an der Spitze des Fingers liegt auf der zugehörigen Gleitplatte an der Randkonstruktion auf.



(a)



(b)

Abbildung 3-19: Gleitfingerdehnfuge „GF“ der Firma mageba [18], (a) Ansicht und (b) Schnitt durch die Fingerkonstruktion mit vorgespannter Feder und Gleitlager.

3.2.1.3 Lärmindernde Übergangskonstruktionen

Die lärmindernden Übergangskonstruktionen „RE-LS“ [16] sowie „RS-LS“ [20] stellen Erweiterungen konventioneller Dehnfugen dar, welche sich lediglich durch die konstruktive Durchbildung des Fahrbahnüberganges unterscheiden. Im Hinblick auf die Schallemission sind beide Produkte gleichwertig anzusehen. Durch sinusförmige Stahlplatten (Erweiterung „-LS“) wird eine Verzahnung erreicht, welche das Abrollgeräusch respektive die Schallemission reduziert.

Abbildung 3-20 (a) zeigt schematisch das System „RS-LS“ [20], wobei hier den sinusförmigen Fahrbahnübergängen Beachtung zu schenken ist, die restlichen Elemente dienen der konstruktiven Durchbildung, jedoch nicht der Reduktion der Schallemission. Ein Vergleich der Schnitte der Systeme „RE-LS“ (Abbildung 3-20 (b)) und „RE“ (Abbildung 3-17 (b)) verdeutlicht die grundlegende Idee der sinusförmigen Stahlplatten. Der Spalt am Fahrbahnübergang ist nahezu geschlossen, die Kinematik des Überganges wird jedoch nicht verändert.

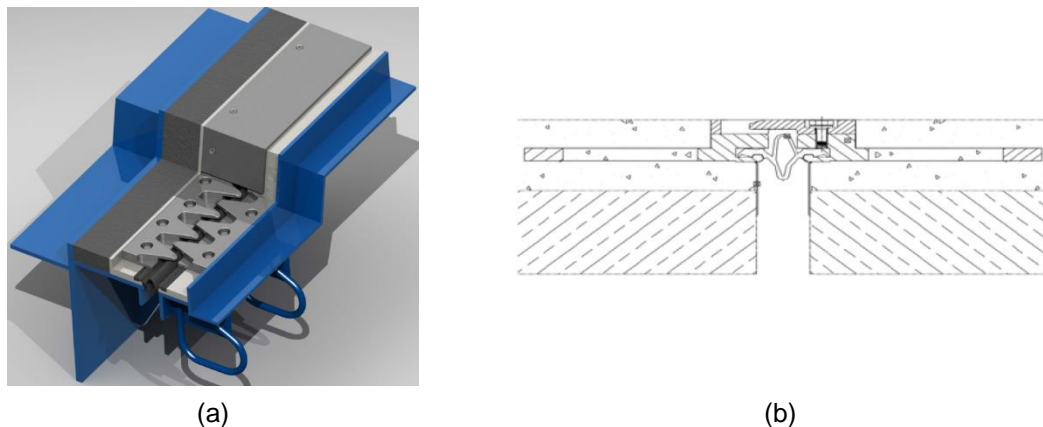


Abbildung 3-20: Lärmindernde Übergangskonstruktionen (a) „RS-LS“ sowie (b) „RE-LS“ der Firma mageba [20].

3.2.2 Mehr-profilige Übergangskonstruktionen

3.2.2.1 Standard Übergangskonstruktionen

Die konventionelle Fahrbahnübergangskonstruktion der Firma mageba wird mittels „Modular LR“ bezeichnet [21] und ist schematisch in Abbildung 3-21 dargestellt. Die vertikale Lastabtragung erfolgt von den Lamellen (gewalzte I-Profile) über Querträger (auch Traversen genannt) in das Brückentragwerk. Dichtprofile werden zwischen den Lamellen vorgesehen, welche abstürzende Verunreinigungen sowie Wasser am Brückentragwerk abfangen.

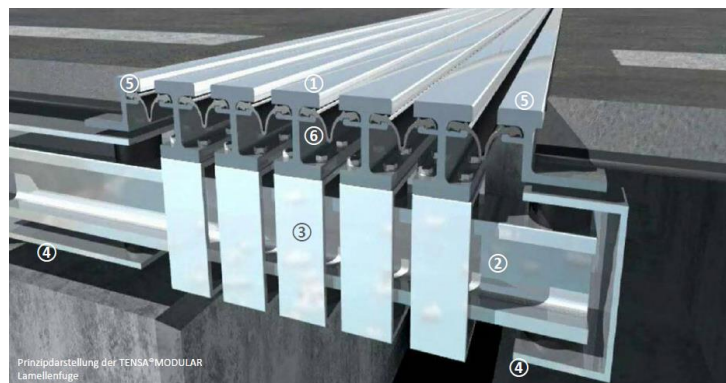


Abbildung 3-21: Standard Übergangskonstruktionen „Modular LR“ der Firma mageba [21].

Durch die konstruktive Durchbildung sind sowohl Rotationen als auch Translationen des Brückentragwerks relativ zum Widerlager möglich. Um dies zu verdeutlichen sind Rotationen um die Achse der Lamellen (Abbildung 3-22 (a)), sowie um die Achse senkrecht zum Fahrbahnübergang (Abbildung 3-22 (b)) schematisch dargestellt. Translationen, erlaubt die Traversenkonstruktion, welche durch den roten Pfeil in Abbildung 3-23 angedeutet sind. Somit werden keine Zwänge dem Brückentragwerk oder dem Widerlager eingeprägt.

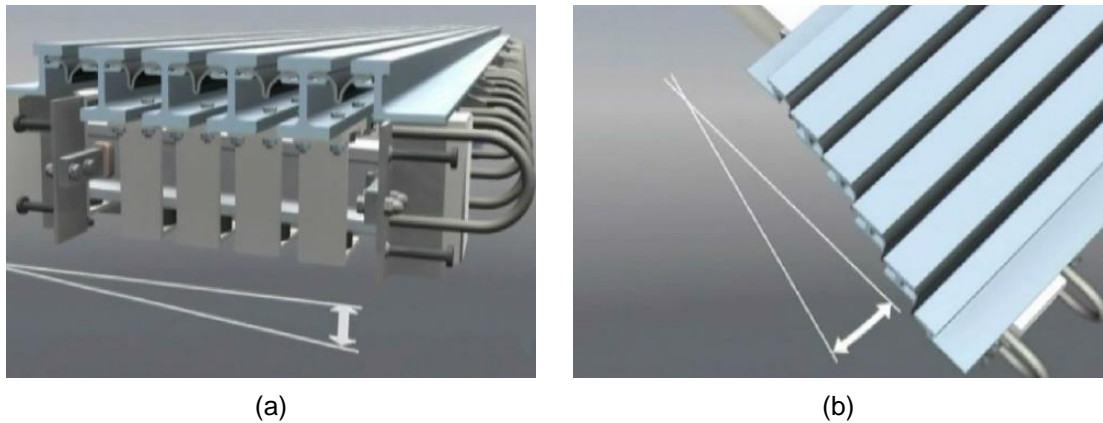


Abbildung 3-22: Mögliche Verdrehungen der Standard Übergangskonstruktionen „Modular LR“ der Firma mageba [21].
Verdrehung (a) um die Achse der Lamellen und (b) um die Achse senkrecht zum Fahrbahnübergang.

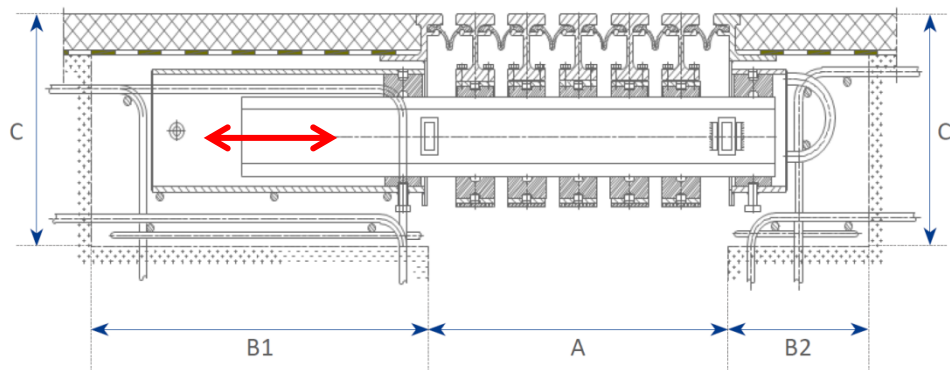


Abbildung 3-23: Schnitt durch die Fahrbahnübergangskonstruktion „Modular LR“ der Firma mageba [21].

3.2.2.2 Geräuschemindernde Übergangskonstruktionen

Reduktionen der Schallemission können durch Verwendung sinusförmiger Stahlbleche auf den Lamellen verwendet werden. Deren Wirkungsweise wurde bereits ausführlich in Abschnitt 3.2.1.3 beschrieben.

Alternativ bietet mageba das Produkt „Silent“ an, wobei ein kurzer Abschnitt zur Illustration in Abbildung 3-24 (a) dargestellt ist. Motivation ist, durch die relative flexible Matte Schallemissionen zu absorbieren. Nach Einbau ist der Spalt zwischen Brückentragwerk und Widerlager komplett geschlossen, siehe Abbildung 3-24 (b). Ein typischer Schnitt durch die Lamellenkonstruktion ist in Abbildung 3-24 dargestellt [22]⁴.

⁴ Dieses Produkt auf der Internetpräsenz der Firma mageba noch nicht ersichtlich, Referenz [21] wurde der Firma FCP im Zuge des Forschungsvorhabens zur Verfügung gestellt.



(a)

(b)

Abbildung 3-24: Lärmindernde Unterkonstruktion „Silent“ der Firma mageba. (a) Ansicht des Produkts im Querschnitt und (b) Produkt im eingebauten Zustand. Fotos wurden im Zuge des Projekts an FCP überstellt.

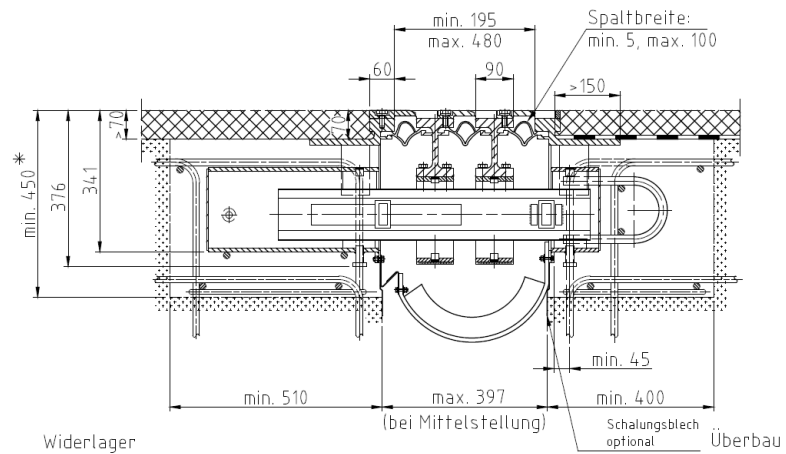


Abbildung 3-25: Schnitt durch eine Fahrbahnübergangskonstruktion „Modular LR“ inklusive dem Produkt „Silent“ der Firma mageba [21, 22].

4. Theoretische Grundlagen

4.1 Schallpegelmessungen

Die schalltechnischen Untersuchungen der ausgewählten Fahrbahnübergänge wurden nach nachstehenden Normen und Richtlinien durchgeführt:

- Schallemissionsmessung gem. RVS 15.04.52
- Immissionsmessungen gem. ÖNORM S 5004

Beurteilungskriterium

Als Beurteilungskriterium wurde gem. RVS 15.04.52 der A-bewertete Schallereignispegel $L_{A,E}$ [dB(A)] herangezogen.

Es wurden statistical Pass-By (SPB-Messungen) durchgeführt und 2 Fahrzeugkategorien unterschieden:

- PKW, Kombis, Lieferwagen (ohne Zwillingreifen):
- sLKW, LKW mit Anhänger, Sattelfahrzeuge, Linien- und Reisebusse mit mehr als zwei Achsen

Ergänzend wurden für ausgewählte Fahrten Terzpegelanalysen in allen (emissionsseitigen) Mikrofonpositionen durchgeführt. Mittels dieser Methode ist es möglich, Tonhaltigkeiten in den entsprechenden Terzpegelverläufen bzw. signifikante Anstiege in den einzelnen Terzpegeln darstellen und beurteilen zu können. Nur bei Kenntnis solcher Frequenzmaxima ist eine Optimierung der schalltechnischen Maßnahme (und des einzusetzenden Materials) möglich.

Für jede Vorbeifahrt wurde in allen Mikrofonpositionen der A-bewertete Vorbeifahrtpegel aufgezeichnet und in weiterer Folge der entsprechende Schallereignispegel $L_{A,E}$ je Fahrzeug (kategorieabhängig) gebildet. Das 10dB Kriterium wurde berücksichtigt. Zur Unterscheidung der jeweiligen Fahrzeugkategorie wurde ein spezifischer Fahrzeug-Trigger beim Passieren des Mikrofonquerschnittes (Querschnitt im Übergang) gesetzt.

Die Geschwindigkeitsmessung erfolgte mittels Radarpistole, zusätzlich wurden die meteorologischen Bedingungen (Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte) erhoben und dokumentiert.

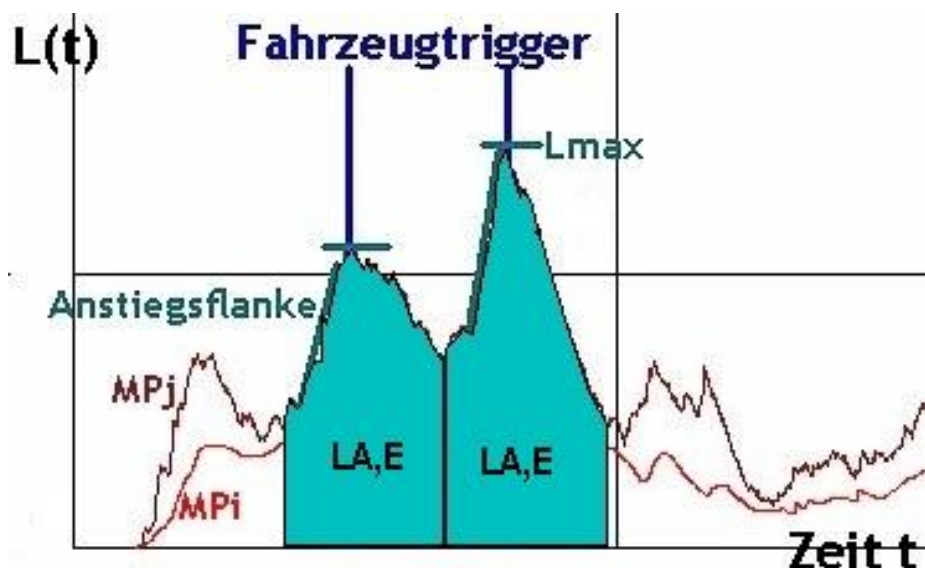


Abbildung 4-1: Systembild, $L_{A,max}$ und $L_{A,E}$

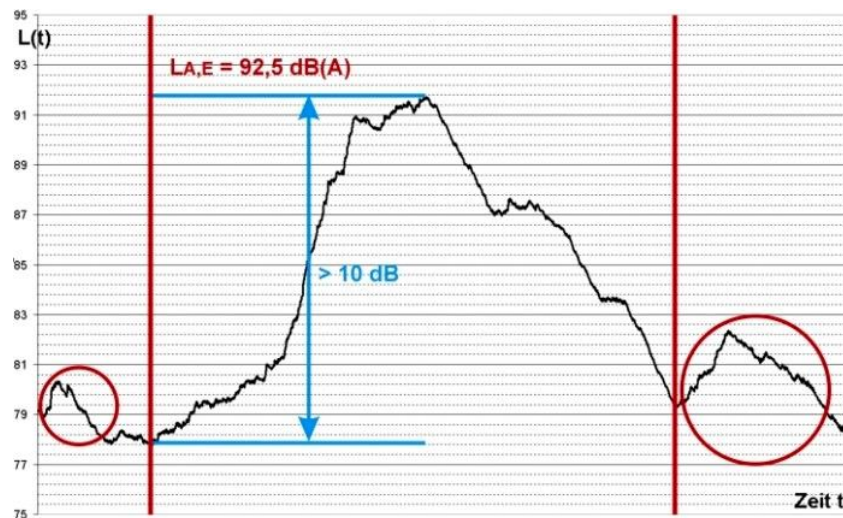


Abbildung 4-2: 10dB Kriterium

4.2 Beschleunigungsmessungen

Die Beschleunigungsmessungen erfolgen bei allen Übergängen direkt auf dem Übergang. Die Messpunkte wurden je nach Übergang so gewählt, dass die Sensoren möglichst in der Mitte der Fahrspur angeordnet sind. Die Auswertung erfolgt über die Mitprotokollierung der Schallpegelmessung. Die Messergebnisse werden in einem „maximale Beschleunigung / Geschwindigkeit der Vorbeifahrt“ Diagramm dargestellt.

Über eine gleitende Integration werden folgende zusätzliche Messgrößen ermittelt:

- Maximale Geschwindigkeit
- Maximale Auslenkung

Durch eine Terzband- oder FFT-Analyse werden die Beschleunigungen der Vorbeifahrten auch als Terzbandspektrum oder Schmalband-Spektrum dargestellt. Hierbei werden die Beschleunigungen mittels linearer Regression für die Geschwindigkeiten 60, 80, und 100 km/h ermittelt und verglichen

4.3 Rollgeräusch-Anhänger und Kraftmessfelge

4.3.1 Rollgeräusch-Anhänger

Mit Hilfe eines Rollgeräusch-Anhängers nach ISO 11819-2 („Close Proximity Method“ - CPX Methode) wird die Reifen-Fahrbahn Interaktion mit Hilfe zweier Mikrophone während der Fahrt gemessen.

Zusätzlich ist ein Texturscanner in der Fahrspur montiert, mit dem alle 0,4 mm bei 100 km/h Höheninformationen aufgezeichnet werden. Dadurch ist es möglich das Rollgeräusch bzw. den entstehenden Schall bei der FÜK mit der Geometrie der FÜK in Verbindung zu bringen.

Da die Dauer der Überfahrt ist sehr kurz ist ($t \sim 20$ ms) und die „fast“ Zeitbewertung ($\tau=1/8$ s bei Mittelungszeit von $1/4$ s) die Schwankungen herausmittelt, wird eine „exponential“ Zeitbewertung mit $\tau=1/64$ s und einer Mittelungszeit von $1/32$ s verwendet.

4.3.2 Kraftmessfelge

Die Kraftmessfelge ist ein Messsystem basierend auf Dehnungsmessstreifen (DMS), die mittels Hochgeschwindigkeits A/D-Wandlern mit DSP ausgelesen werden. Über das DSP werden die Kräfte in x, y und z-Richtung zu jedem Messzeitpunkt ausgegeben, wodurch die Interaktion vom Messreifen mit der FÜK ermittelt wird. Um eine PKW-Überfahrt nachzustellen wird die Felge mit einem Anpressdruck von 3800N betrieben.

5. Messtechnische Untersuchungen

5.1 Fingerübergang A10_ Objekt L53

5.1.1 Allgemeines

Im Rahmen des Kick Off Meetings wurde durch das Konsortium vorgeschlagen, zwei Fahrbahnübergänge aus dem Vorgängerprojekt zu untersuchen, sofern diese zwischenzeitlich nicht bereits getauscht wurden. Eine entsprechende Recherche zeigte, dass alle vom Konsortium präferierten Fahrbahnübergänge noch verfügbar wären. Daher wurde mit Herrn Bauer, dem Projektverantwortlichen seitens ASFINAG, abgesprochen, welche Konstruktionen bevorzugt zu untersuchen wären, da sie am repräsentativsten für das ASFINAG – Netz sind.

Die Wahl fiel auf einen auskragenden Fingerübergang an der A10 in Kärnten sowie eine mehrschläuchige Lamellenkonstruktion mit Rautenplatten an der A8 beim Grenzübergang Suben. Im Herbst 2015 konnte dann jedoch nur der Fahrbahnübergang in Kärnten gemessen werden, da es aufgrund der Flüchtlingswelle Richtung Deutschland zu Wiedereinführung von Grenzkontrollen und somit Verzögerungen an der Grenze gekommen ist, die eine standardisierte statistical Pass-by Messung aufgrund der Verkehrsverhältnisse unmöglich gemacht hätte.

5.1.2 Versuchsaufbau

5.1.2.1 Schallpegelmessungen

Der untersuchte Fahrbahnübergang befindet sich auf der A10 bei km 141 am Objekt L53 in Fahrtrichtung Villach. Es handelt sich um einen auskragenden Fingerübergang von RWE. Am Tag der Messung (17. November 2015) betrug die Öffnungsbreite 13 cm, die Länge der gesamten Konstruktion betrug 55,1 cm. Die Fahrbahn hat in diesem Bereich 2 Fahrspuren und einen Standstreifen, beim Fahrbahnbelag handelt es sich um den lärmindernden SMA11-Im. Es wurden ausschließlich Fahrten auf FS 1 gemessen.

Am 23. August 2007 wurden im Zuge des Projektes „Lärmentwicklung von Fahrbahnübergängen“ (Projektlaufzeit: 2007 bis 2008) an derselben FÜK Schallpegelmessungen gem. RVS 15.04.52 durchgeführt. Da bis heute keine baulichen Maßnahmen/Änderungen stattgefunden haben, konnten die Ergebnisse direkt einander gegenübergestellt, und Aussagen darüber getroffen werden, inwieweit sich die akustische Situation geändert hat.

Im Zuge des gegenständlichen Projektes wurden statistical Pass-By (SPB-Messungen) durchgeführt und 2 Fahrzeugkategorien unterschieden:

- PKW, Kombis, Lieferwagen (ohne Zwillingsreifen): 147 PKW/FS1
- sLKW, LKW mit Anhänger, Sattelfahrzeuge, Linien- und Reisebusse mit mehr als zwei Achsen: 83 sLKW/FS1

Des Weiteren wurden für ausgewählte Fahrten Terzpegelanalysen in allen (emissionsseitigen) Mikrofonpositionen durchgeführt.



Abbildung 5-1: FÜK (Fingerübergang-auskragend), A10, km 141, Brückenobjekt L53



Abbildung 5-2: FÜK (Fingerübergang-auskragend), A10, km 141. Öffnungsbreite: 13cm / DL = 55,1cm, 17.11.2015

Die Messpunkte wurden gem. RVS 15.04.52 installiert:

- Referenzmesspunkt auf Fahrbahn: $d=3,75\text{m}$ / $h=1,2\text{m}$
- Messpunkt im Übergang: $d=3,75\text{m}$ / $h=1,2\text{m}$
- Messpunkt unter der Brücke/FÜK



Abbildung 5-3: Messort A 10, km 141, Referenzmesspunkt und Messpunkt im Übergang ($d=3,75\text{m}$ / $h=1,2\text{m}$)



Abbildung 5-4: Messort A 10, km 141, Messpunkt unter der Brücke/FÜK

Zusätzlich zu den Schallpegelmessungen gem. RVS 15.04.52 wurden während desselben Tages im Bereich des gegenständlichen Brückenobjektes ergänzende Schallimmissionsmessungen gem. ÖNORM S 5004 in ausgewählten Immissionspunkten durchgeführt.

5.1.2.2 Beschleunigungsmessung

Der Versuchsaufbau der Beschleunigungsmessung ist ebenfalls mit dem Versuchsaufbau vom 23.08.2007 ident und wie in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt aufgebaut. Es wurden dafür 1-dimensionale Beschleunigungssensoren mit Magnethalterungen an der Unterseite der auskragenden Finger befestigt. Dabei wurden zwei Finger der Widerlagerseite und ein Finger der Brückentragwerkseite instrumentiert.

A10 - km 141

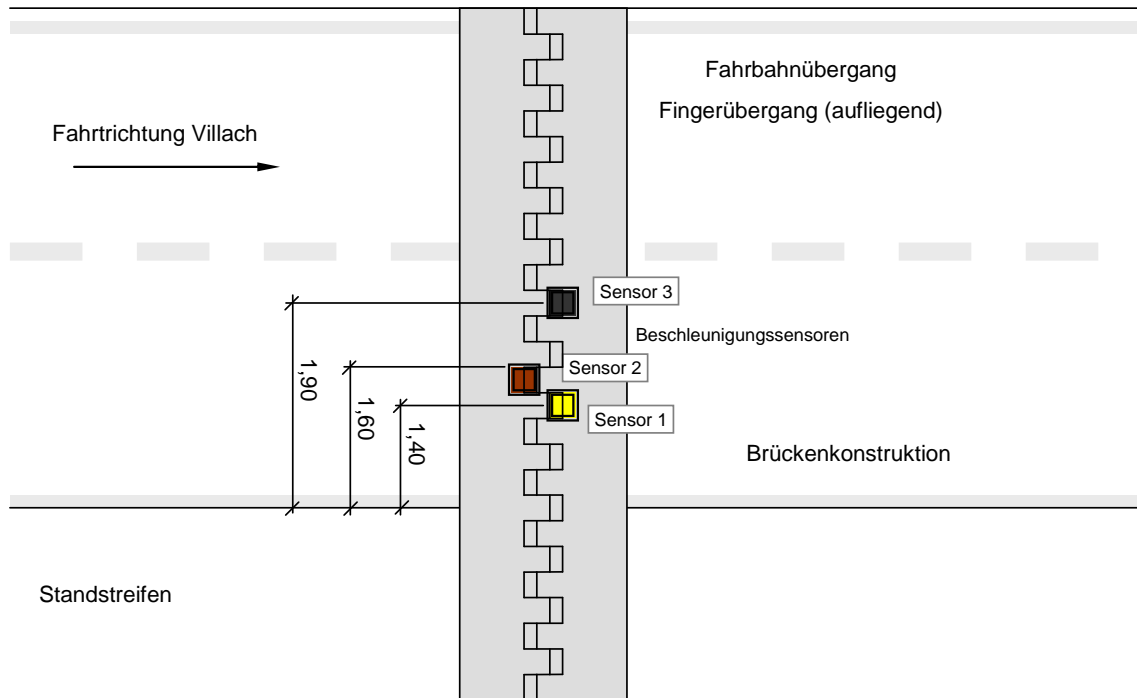


Abbildung 5-5: Draufsicht Positionen Beschleunigungssensoren A10 – km 141

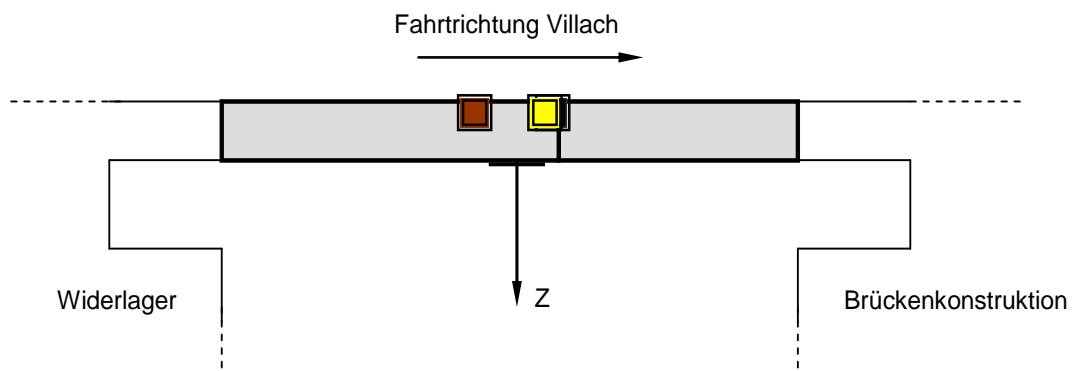


Abbildung 5-6: Querschnitt Positionen Beschleunigungssensoren A10 – km 141

Die Schwingungsmessungen wurden gleichzeitig mit den Schallmessungen aufgezeichnet. Als Anregung des Fahrbahnüberganges wird, im Gegensatz zum Versuch aus dem Jahr 2007, der übliche Verkehr auf der A10 herangezogen.

Mittels eines Trigger-Eingangs und einer Mitprotokollierung der Vorbeifahrten wurden die KFZ zeitrichtig erfasst. Es fand auch wieder eine Unterteilung in PKW, Leicht-LKW, und Schwer-LKW statt. Gleichzeitig wurde mittels Radar die Geschwindigkeit erfasst und ebenfalls protokolliert.

5.1.2.3 Rollgeräusch-Anhänger/Kraftmessfelge

Im Rahmen der Untersuchungen wurden auch Rollgeräuschmessungen mit dem CPX-Messanhänger auf der Messstelle A10, RFB Villach und Salzburg bei km 141 – Objekt L53, D4 und D5 durchgeführt.

Um eine größere Aussagekraft und Vergleichsdaten zu haben wurden auf dem Weg dorthin zusätzlich ca. 70 FÜK auf der S6 mit Rollgeräusch-Anhänger und Texturscanner gemessen. Da im Rahmen des Projektes auch die Kraftmessfelge zum Einsatz kommen soll kam es hier in einem ersten Schritt zur Untersuchungen eines mit Herrn Bauer abgestimmten Abschnittes auf der A23 und der A21 zu Messungen mit dem CPX-Anhänger und der zusätzlich darauf montierten Kraftmessfelge.

5.1.3 Messergebnisse

Nachfolgend sind die Ergebnisse der ersten messtechnischen Untersuchungen rund um den auskragenden Fingerübergang an der A10 in Fahrtrichtung Villach dargestellt.

5.1.3.1 Schallpegelmessungen

Schallereignispegel $L_{A,E}$ [dB(A)]

Die geschwindigkeitsabhängigen, A-bewerteten Schallereignispegel im Referenzquerschnitt entsprechen in ihrer Größenordnung jenen des Querschnittes der FÜK. Sie weisen tendenziell sogar minimal höhere Werte auf (kaum wahrnehmbare Geräusche zufolge der Übergangskonstruktion). Diese Feststellung gilt für beide Kategorien (PKW und sLKW). Unter der Brücke/FÜK reduzieren sich die Schallereignispegel im Mittel um 10dB bis 12dB (PKW) und um rund 8dB (sLKW).

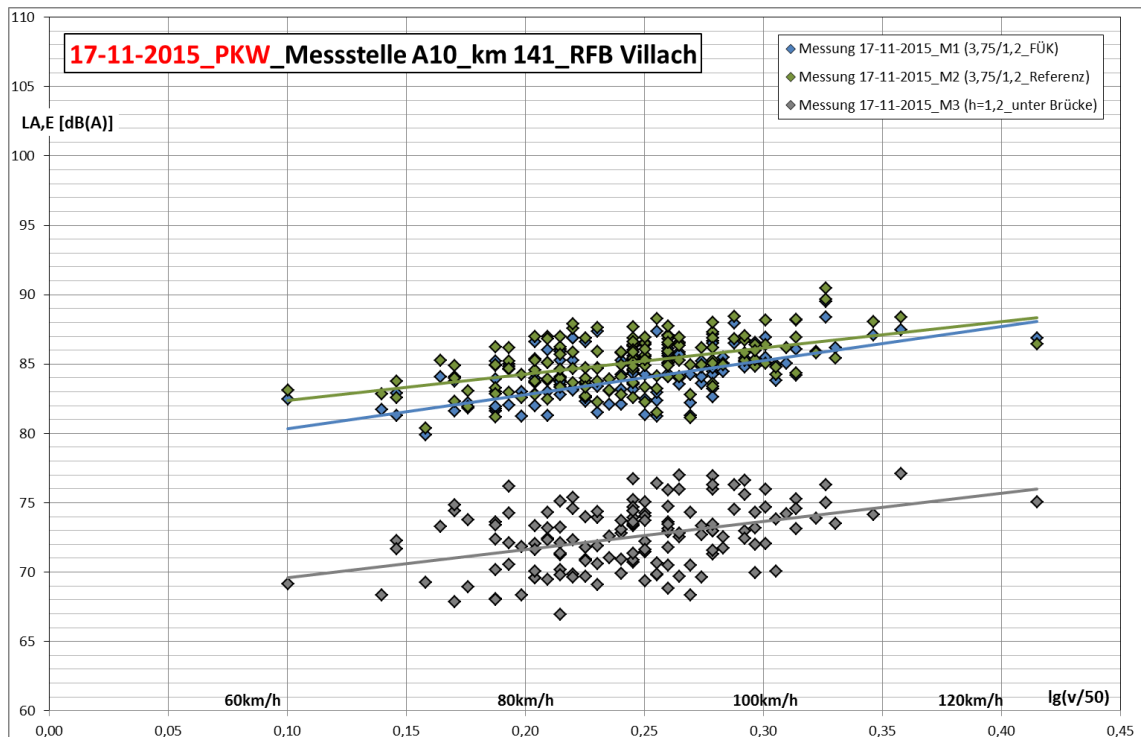


Abbildung 5-7: Geschwindigkeitsabhängige Schallereignispegel für die Kategorie PKW

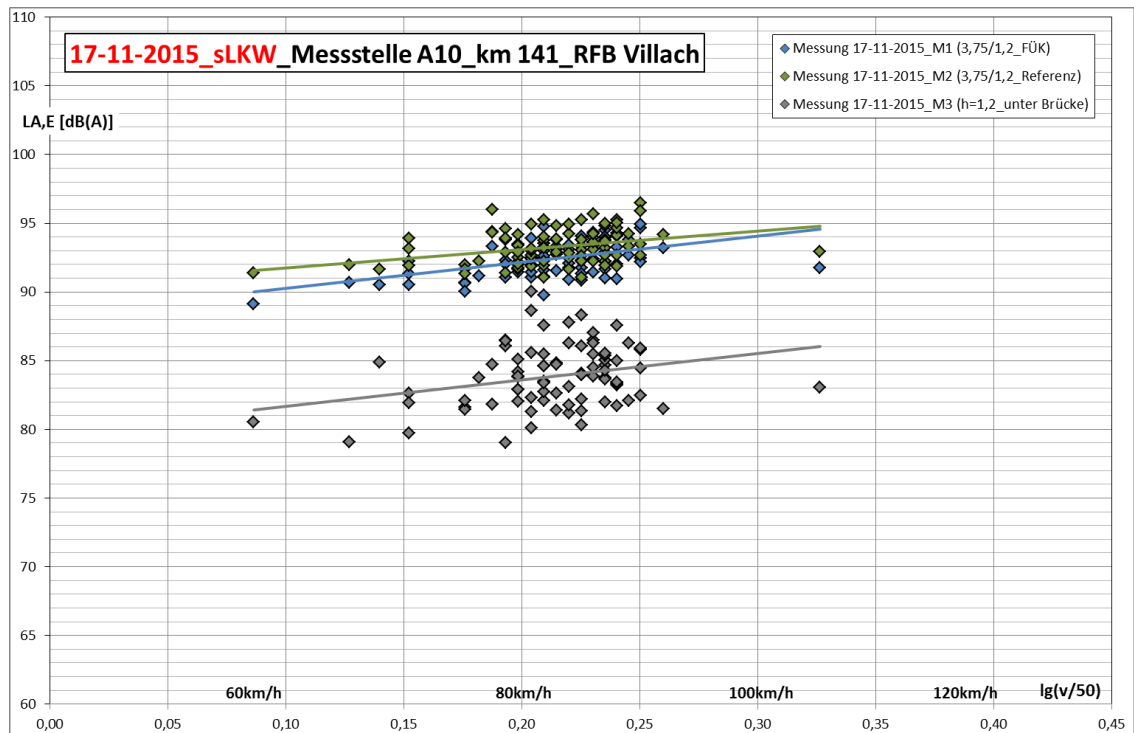


Abbildung 5-8: Geschwindigkeitsabhängige Schallereignispegel für die Kategorie sLKW

Maximalpegel LA,max [dB(A)]

Die geschwindigkeitsabhängigen, A-bewerteten Maximalpegel im Referenzquerschnitt weisen im Mittel dieselben Werte auf wie im Querschnittes der FÜK (PKW). Unter der Brücke/FÜK reduzieren sich die Maximalpegel um rund 8dB (PKW).

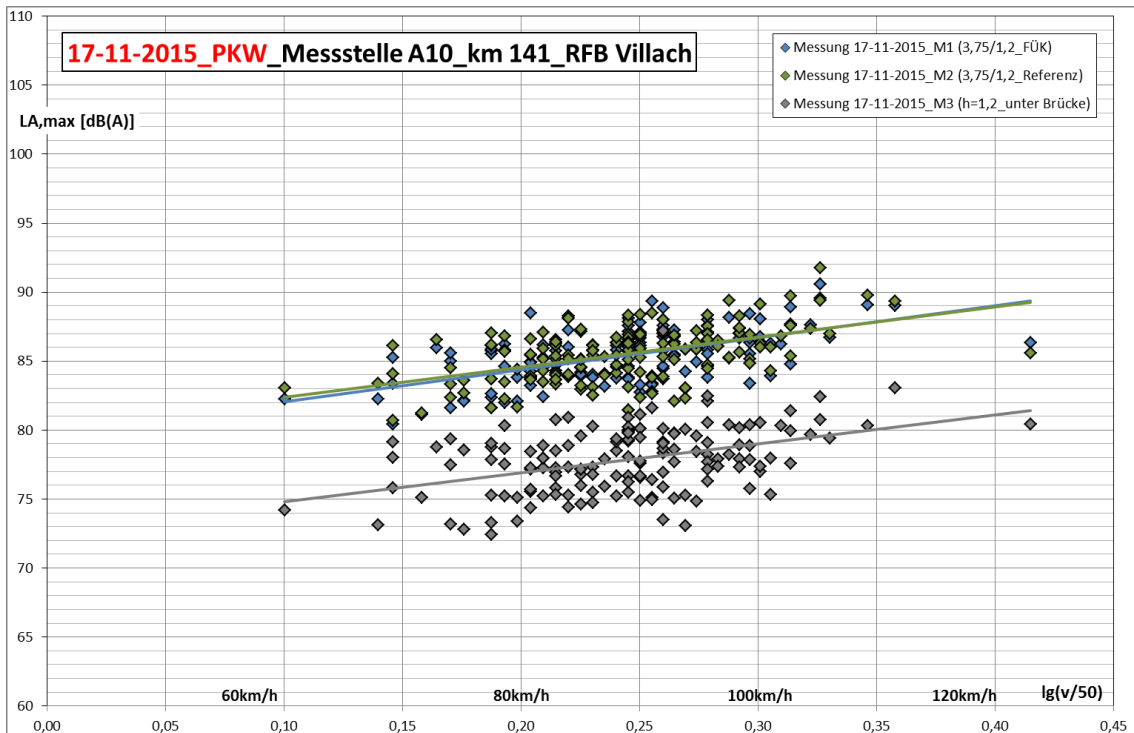


Abbildung 5-9: Geschwindigkeitsabhängige Maximalpegel für die Kategorie PKW

Terzpegelspektren [dB(A)]

Informationen über die Geräuschzusammensetzung unter der Brücke ermöglichen es, gezielte und frequenzoptimierte schalltechnische Maßnahmen zu setzen.

Das gemittelte PKW - Terzpegelspektrum im Querschnitt der FÜK entspricht jenem des Referenzquerschnittes. Beide Spektren weisen im Frequenzbereich von 630Hz bis 2000Hz höhere Werte auf, mit lokalen Maxima bei 800Hz und 1000Hz. Das gemittelte PKW - Terzpegelspektrum im Mikrophon unter der Brücke zeigt bei Frequenzen < 250Hz erhöhte Werte. Lokale Maxima sind bei den Frequenzen von 200Hz, 160Hz, 80Hz und 40/25Hz nachweisbar.

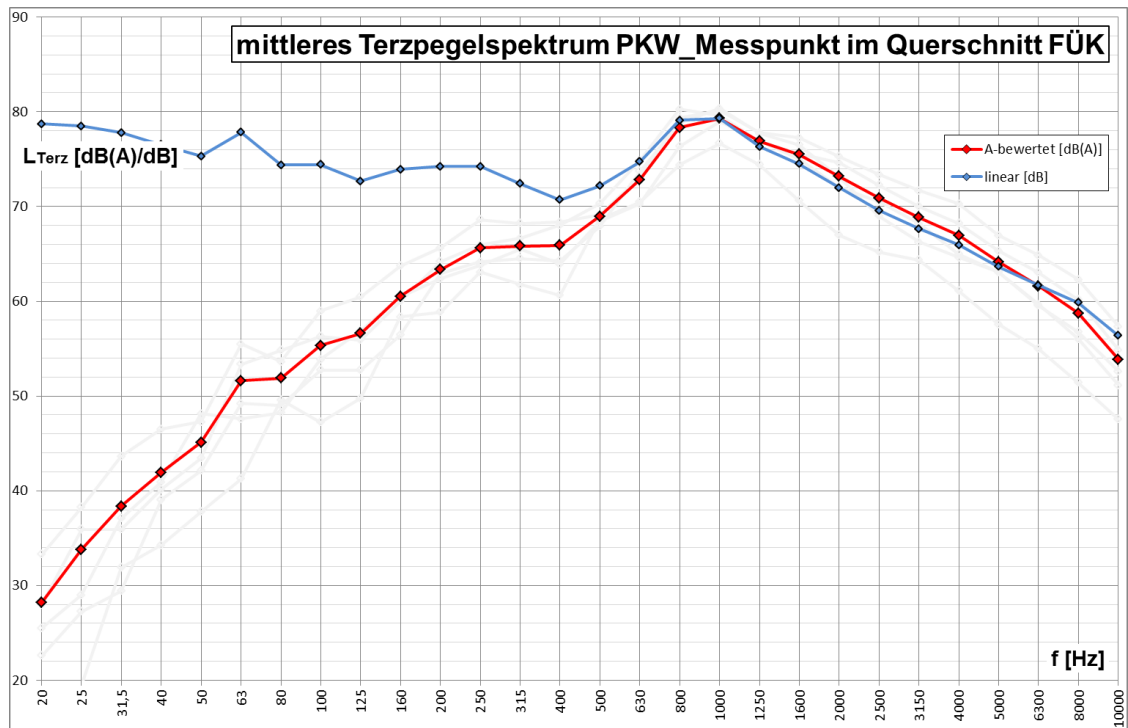


Abbildung 5-10: mittlere Terzpegelspektren im Querschnitt der Fahrbahnübergangskonstruktion (Kategorie PKW)

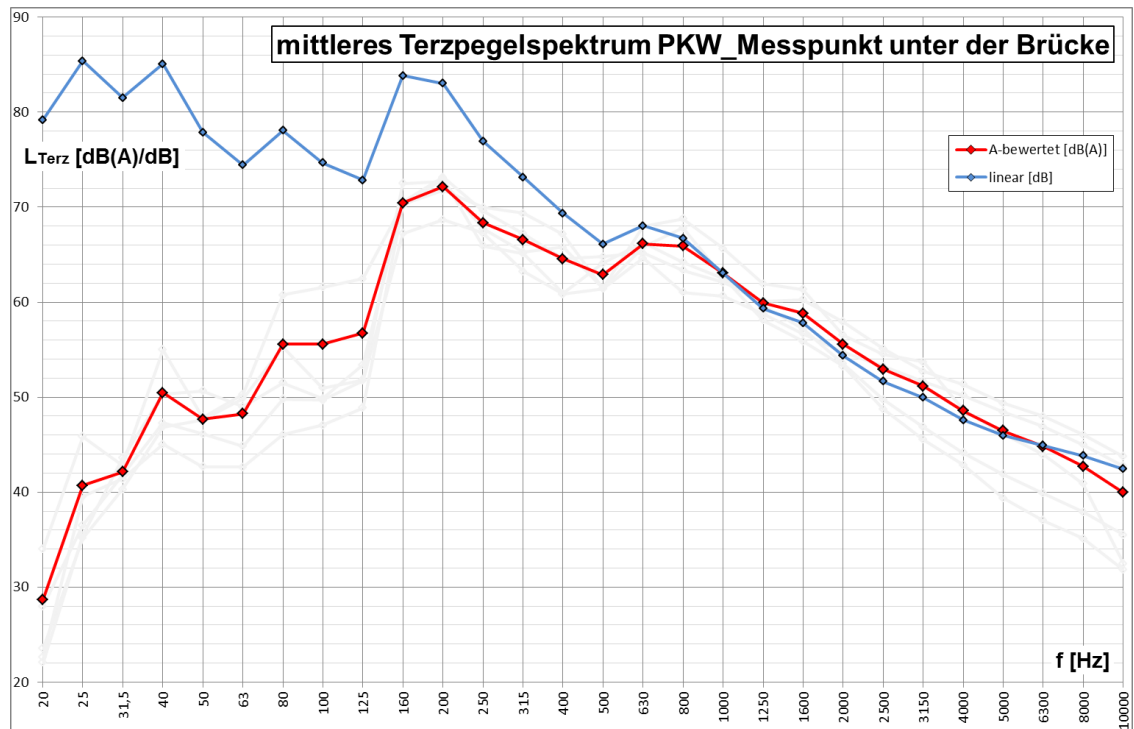


Abbildung 5-11: mittlere Terzpegelspektren unter der Brücke/FÜK (Kategorie PKW)

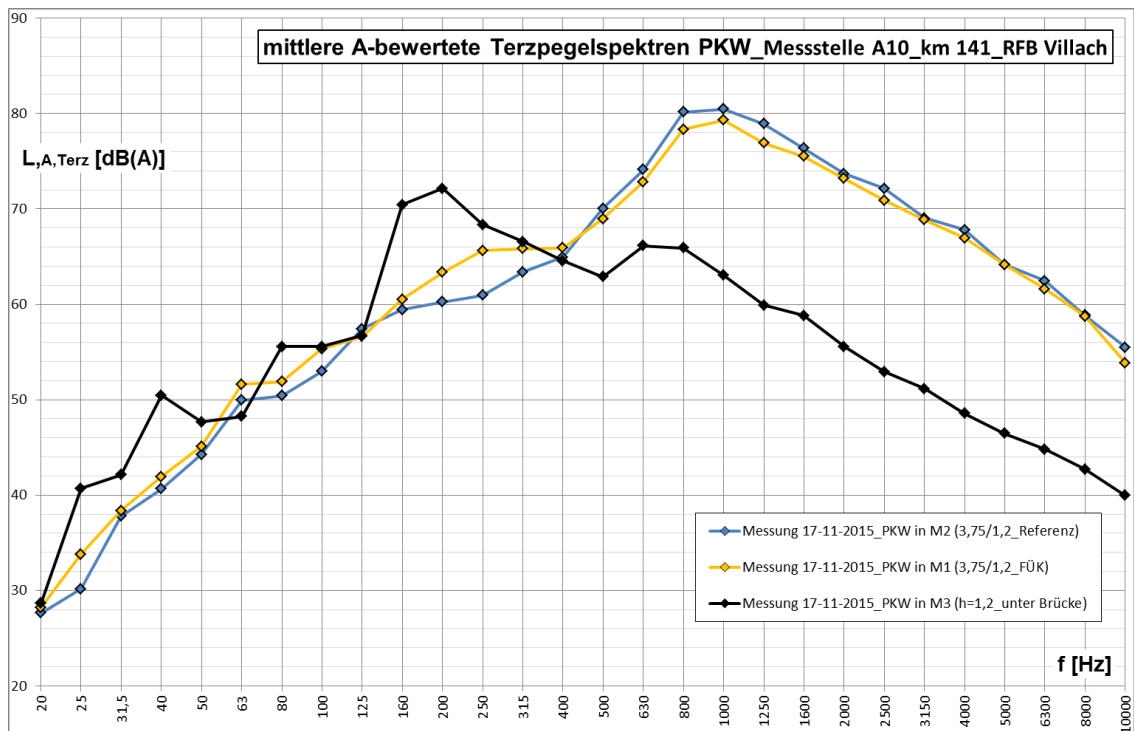


Abbildung 5-12: A-bewertete, mittlere Terzpegelspektren der gegenständlichen Messstelle (Kategorie PKW)

Gegenüberstellung der Messungen aus 2015 und 2007

Ein Vergleich der Öffnungsbreiten der Konstruktion zeigt, dass Spaltbreite 2007 geringfügig kleiner war, obwohl die Messung damals im Sommer stattgefunden hat:

- $\Delta L = 55,1\text{cm}$ (17.11.2015) und $\Delta L = 56,2\text{cm}$ (23.8.2007)

Die Betrachtung der Ergebnisse im Referenzquerschnitt (Belagsmessquerschnitt) liefert nahezu unveränderte Werte im Jahr 2015. Am Messquerschnitt direkt über der Fahrbahnübergangs-

konstruktion kommt es 2015 im Schnitt zu ca. 2 dB Verbesserung gegenüber 2007. Dies könnte auf die geringere Spaltöffnung zurück zu führen sein.

Der Vergleich der Messwerte unter der Brücke zeigt im Mittel 1-2dB Verbesserung der Schallpegel gegenüber der Messung 2007.

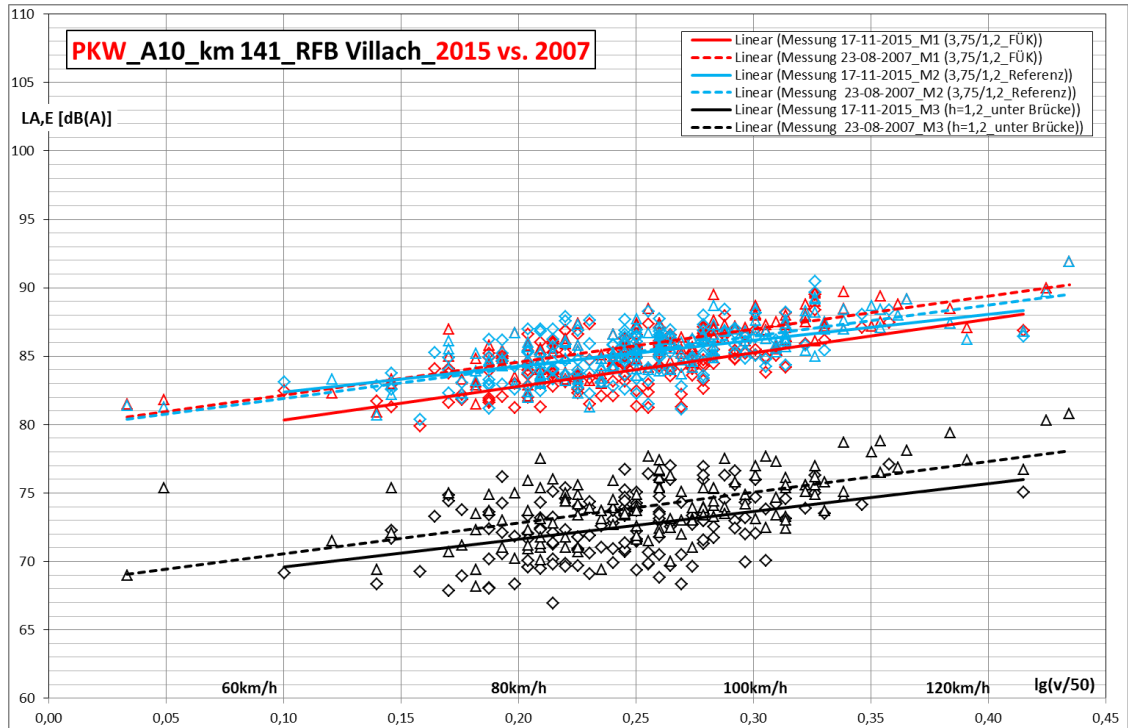


Abbildung 5-13: Geschwindigkeitsabhängige Schallereignispegel für die Kategorie PKW, Messungen 2015 vs. 2007

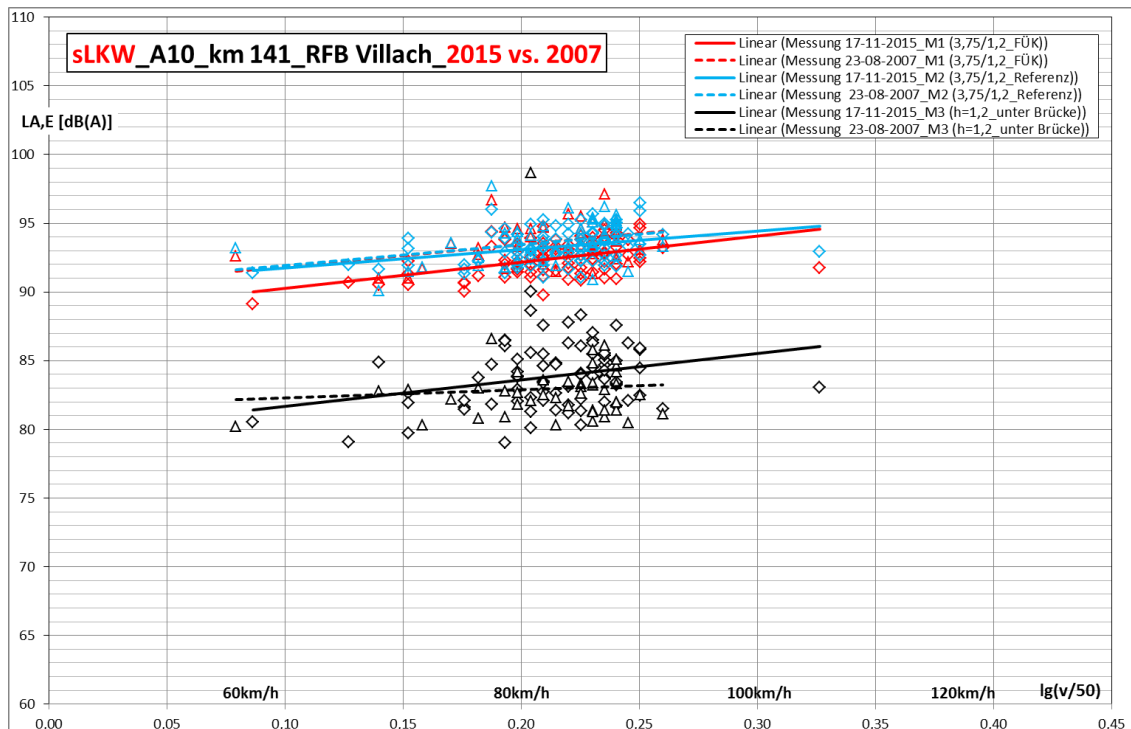


Abbildung 5-14: Geschwindigkeitsabhängige Schallereignispegel für die Kategorie sLKW, Messungen 2015 vs. 2007

Schallimmissionsmessungen gem. ÖNORM S 5004

Bei den Messungen 2015 wurden zusätzlich zu den Schallemissionsmessungen auf und unter der Fahrbahn auch Schallimmissionsmessungen durchgeführt. Dabei wurde einerseits ein Punkt ca. 10 Meter über der Fahrbahn und in ca. 30 Meter Entfernung instrumentiert (MP1). Hier waren die Geräusche des KFZ-Verkehrs auf der A10 zu hören, die Übergangskonstruktion selbst konnte nicht wahrgenommen werden.



Abbildung 5-15: Lage des Schallimmissionspunktes MP1 oberhalb der Fahrbahnübergangskonstruktion

Als zweiter Immissionspunkt wurde ein Messpunkt unterhalb der Brücke gewählt (MP2). Hier waren die Verkehrsgeräusche im Kreuzungsbereich prägend, das Geräusch der A10 konnte kaum wahrgenommen werden (hoher Pegel der Ortsüblichkeit).



Abbildung 5-16: Lage des Schallimmissionspunktes MP2 unterhalb der Fahrbahnübergangskonstruktion.

Messpunkte und Meteorologie:

- MP1 oberhalb vom Referenzmesspunkt, h=1,5m (Hanglage 10m über FB, d = 30m), T= 4°C bis 6°C, v_{wind} < 5km/h
- MP2 unterhalb der Brücke, h=1,5m (Kreuzungsbereich), 9°C bis 12°C, v_{wind} < 8km/h, leicht bewölkt

Messergebnisse:

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Messergebnisse im Detail:

| Messergebnisse im MP1 (gem. ÖNORM S 5004) | | | | | | | | |
|--|-----------------|-------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|------------------|--|-------------------|
| Datum | Zeit | Höhe [m] | Dauer [Min.] | LA,min [dB(A)] | Basispegel LA,95 [dB(A)] | LA,eq [dB(A)] | Mittlerer Spitzenpegel LA,01 [dB(A)] | LA,max [dB(A)] |
| 17.11.2015 | 10:00- 10:50 | 1,5 | 50 | 54,2 | 59,5 | 69,5 | 78,2 | 80,6 |
| 17.11.2015 | 11:00- 12:00 | 1,5 | 60 | 51,6 | 58,9 | 69,5 | 78,5 | 81,1 |

| Messergebnisse im MP2 (gem. ÖNORM S 5004) | | | | | | | | |
|--|-----------------|-------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|------------------|--|-------------------|
| Datum | Zeit | Höhe [m] | Dauer [Min.] | LA,min [dB(A)] | Basispegel LA,95 [dB(A)] | LA,eq [dB(A)] | Mittlerer Spitzenpegel LA,01 [dB(A)] | LA,max [dB(A)] |
| 17.11.2015 | 12:40- 13:40 | 1,5 | 60 | 58,5 | 61,0 | 65,9 | 78,8 | 88,3 |

Tabelle 5-1: Ergebnisse der Schallimmissionsmessung Fingerübergang A10 (ONORM S 5004)

5.1.3.2 Beschleunigungsmessung

Es wurde die Beschleunigung an den Sensoren während der Überfahrten aufgezeichnet und ausgewertet. Mittels Datenanalyse wurden folgende Werte bestimmt:

- A-bewerteter Beschleunigungspegel
- A-bewerteter Flächenbezogener Schalleistungspegel des Fahrbahnüberganges inkl. Frequenzen
- Maximale Beschleunigung
- Maximale Schwinggeschwindigkeit
- Auslenkung des Überganges
- Eigenfrequenz

Es werden folgend einzelne Werte als Diagramm dargestellt und die Erkenntnisse aus der Messung genauer beschrieben:

A-bewerteter Flächenbezogener Schalleistungspegel des Übergangs:

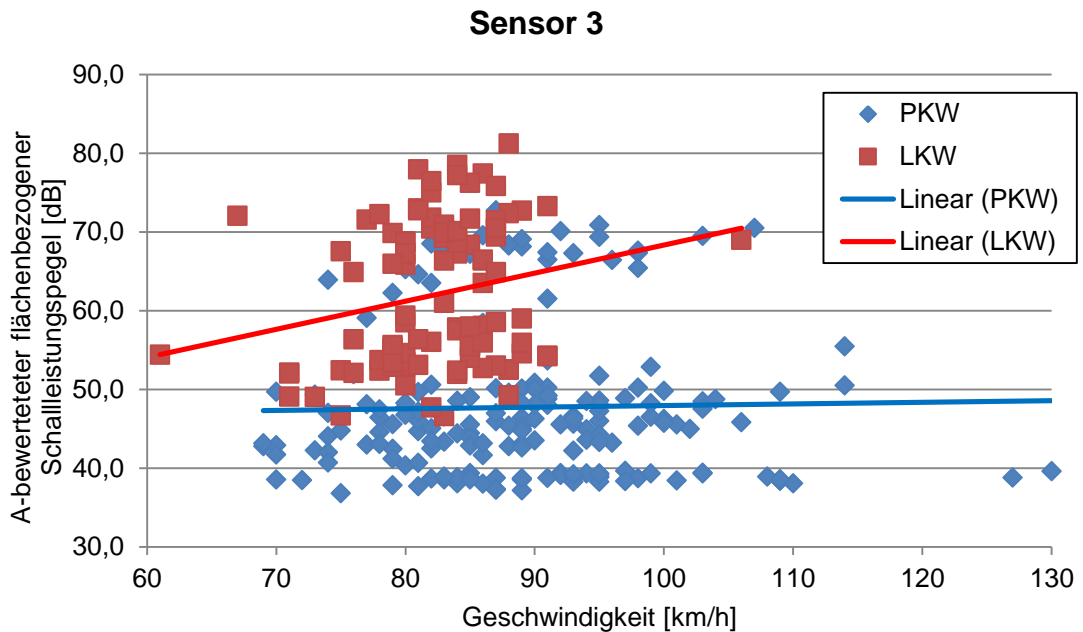


Abbildung 5-17: A-bewerteter Flächenbezogener Schalleistungspegel A10 – km 141

Anhand der Auswertung können folgende Aussagen getätigt werden:

- Die Streubreite im Vergleich zu kontrollierten Überfahrten des Vorprojekts mittels Norm-PKW und Norm-LKW ist um ein vielfaches größer
- Der Fahrbahnübergang selbst ist nicht die Geräuschquelle, da bereits der Schalleistungspegel des Übergangs im Vergleich zu einem PKW eine sehr untergeordnete Rolle spielt.
- Statistisch gesehen nimmt die Schalleistung bei PKW kaum mit der Geschwindigkeit zu. Bei den LKW ist dies jedoch eindeutig der Fall.

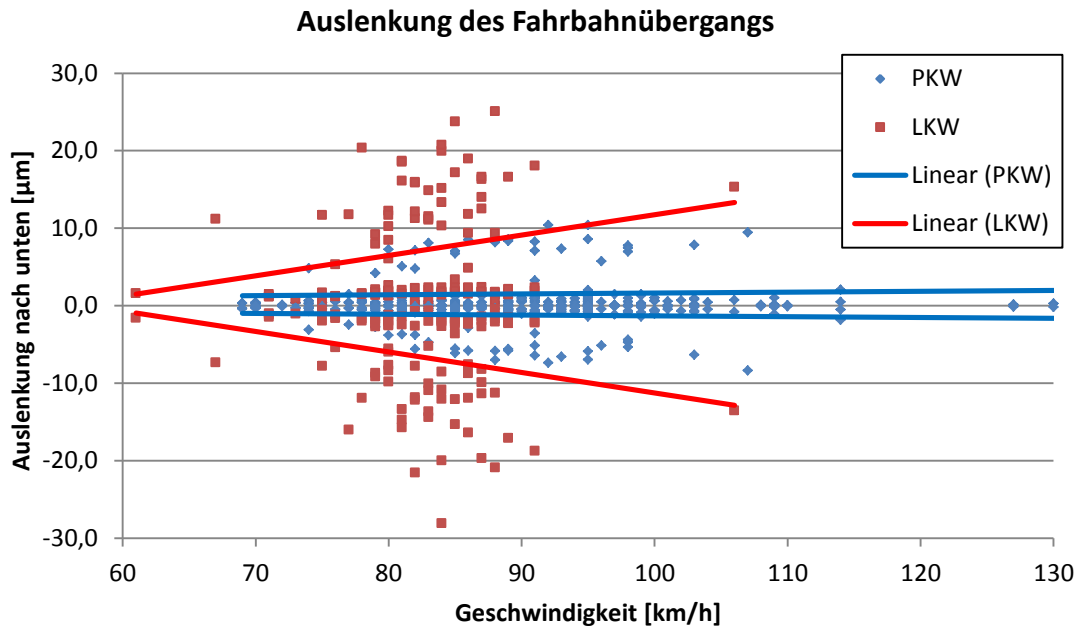


Abbildung 5-18: Auslenkung A10 – km 141

Durch 2-fache gleitende Integration der aufgezeichnet Beschleunigung kann die maximale Auslenkung bestimmt werden. Hierbei können ähnliche Beobachtungen gemacht werden, wie bei der Beschleunigung. Die Auslenkung ist bei LKW geschwindigkeitsabhängig. Die Auslenkung der PKW ist immer sehr ähnlich.

Zusätzlich kann angemerkt werden, dass die Auslenkung nur wenige Mikrometer beträgt und es sich somit um einen sehr stabilen Übergang handelt. Dies kann auf die kompakte Geometrie der Finger zurückgeführt werden.

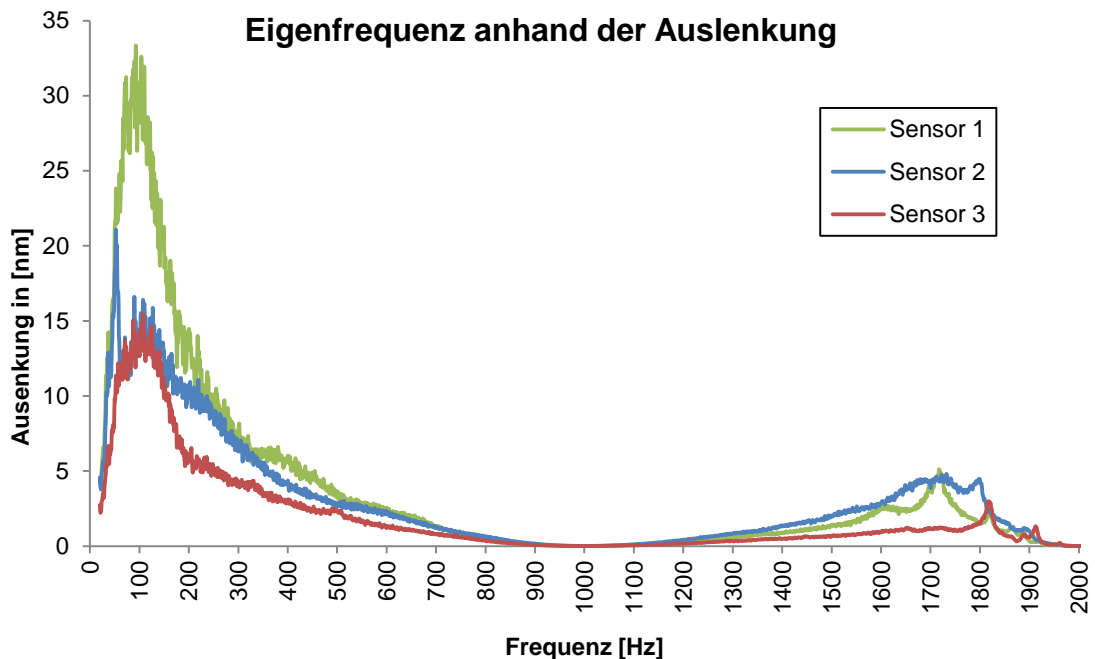


Abbildung 5-19: Eigenfrequenz A10 – km 141

Durch das Diagramm ist ersichtlich, dass die Eigenfrequenz des Übergangs bei ca. 100 Hz liegt.

5.1.3.3 Rollgeräuschanhänger/Kraftmessfelge

In den nachfolgenden Abbildungen sind beispielhaft CPX-Messungen auf der A10: L53V (km141, Richtung Villach) und L53S (km141, Richtung Salzburg) dargestellt. Im oberen Teil sind die Schalldruckpegel mit unterschiedlichen Zeitbewertungen, in der Mitte die Textur und unten die Textur mit einem Hochpassfilter abgebildet. Die FÜK ist von ca. 1,5 m bis 2,0 m bzw. 0,7 m und 1,2 m sichtbar und auch die Erhöhung im Schalldruckpegel vor und nach dem FÜK. Die Absenkung der Textur (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Mitte und unten) vor und nach dem FÜK deutet auf einen geringeren Verdichtungsgrad des Asphalts hin und resultiert in einem erhöhten Schalldruckpegel, da der Reifen einen zusätzlichen Widerstand beim Überfahren der Kante der FÜK erfährt.

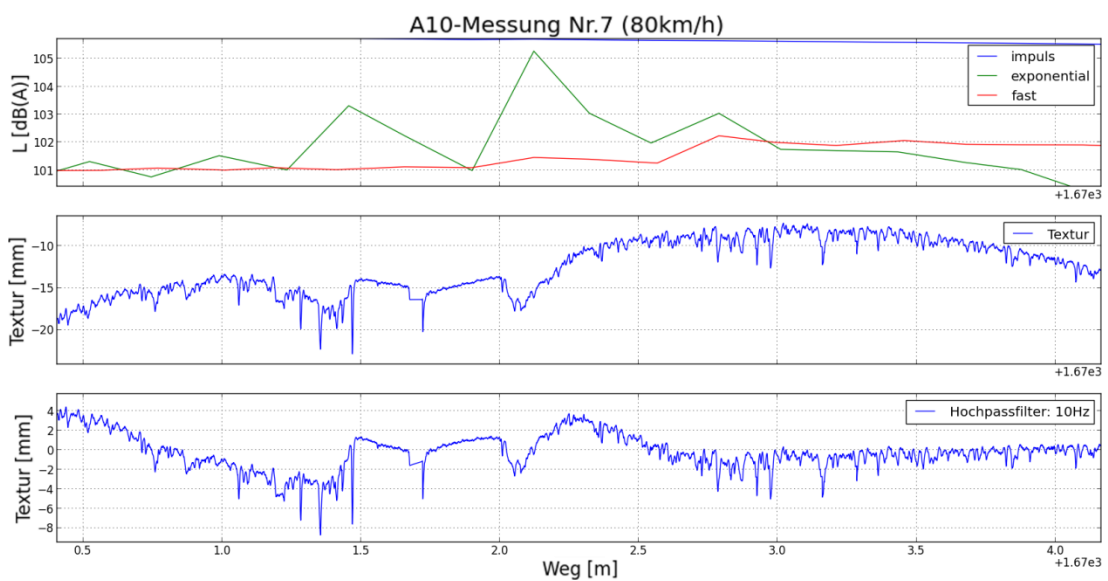


Abbildung 5-20: CPX und Texturmessung auf der A10 – Richtung Villach

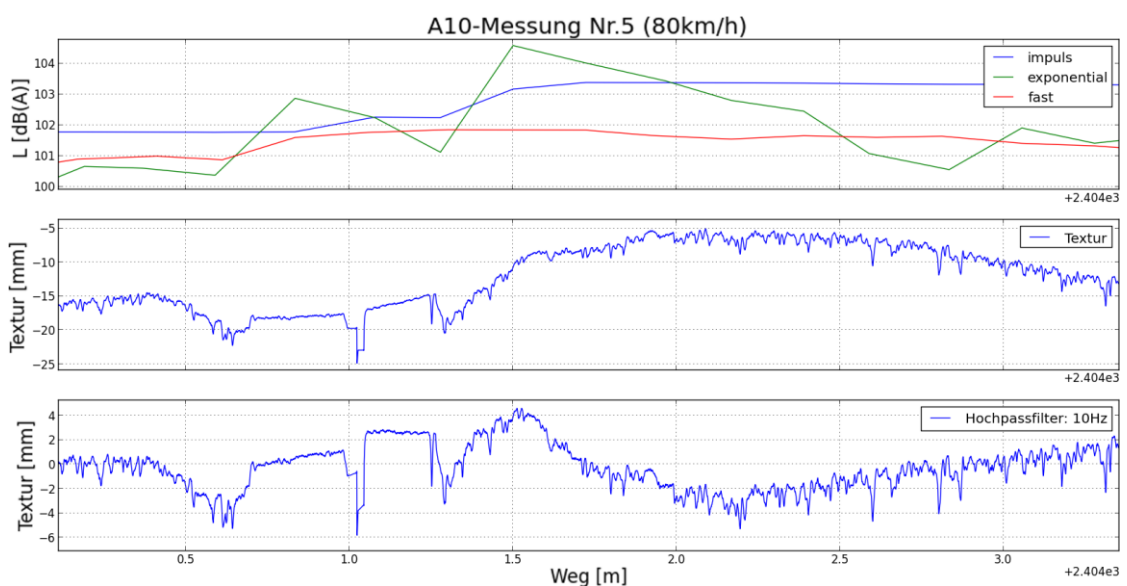


Abbildung 5-21: CPX und Texturmessung auf der A10 – Richtung Salzburg

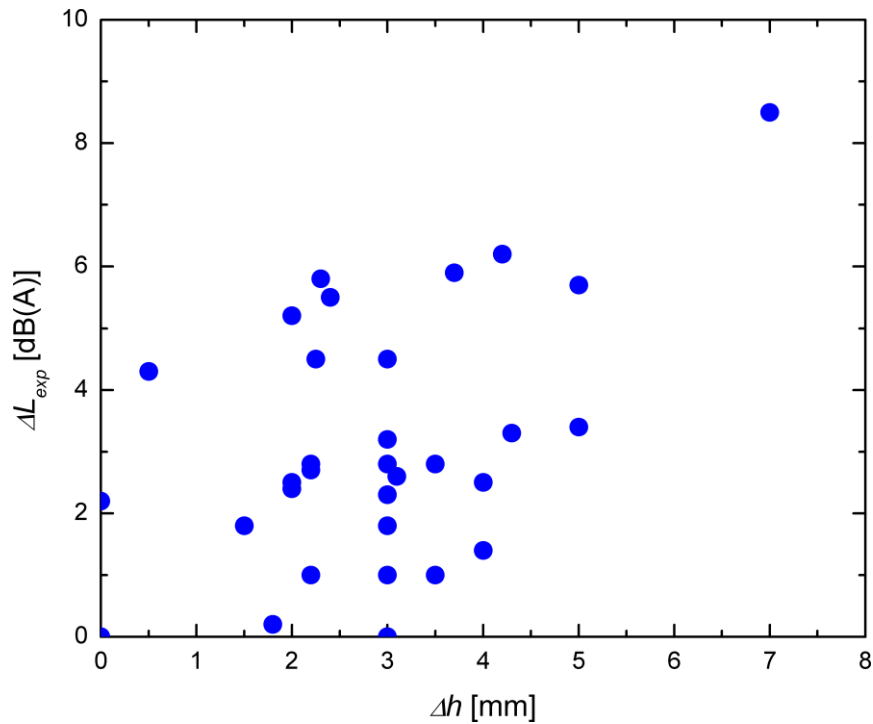


Abbildung 5-22: Erhöhung des Schalldruckpegels als Funktion der Stufe in der FÜK

In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist der generelle Zusammenhang der Erhöhung des Schalldruckpegels als Funktion der Stufe in der Textur vor und nach der FÜK dargestellt. Es zeigt sich der erwartete Trend, dass eine größere Stufe einen höheren Schalldruckpegel erzeugt. Da jedoch auch andere Faktoren den Schalldruckpegel maßgeblich beeinflussen können ist hier eine große Streuung vorhanden.

Die Ergebnisse der Kraftmessfelge liefern die Kräfte, die sowohl auf der FÜK, als auch auf den Reifen wirken, wie in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ersichtlich. Die Kraft in x-Richtung entspricht dem Widerstand des Reifens in Fahrrichtung. Bei einer Kante (wie z.B. durch eine schadhafte FÜK) bekommt der Reifen einen „Schlag“ und fängt zu oszillieren an (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Diese Oszillation ist auch in der Aufstandskraft (z-Richtung) sichtbar, allerdings bedingt durch die Stoßdämpfer in einem anderen Frequenzbereich.

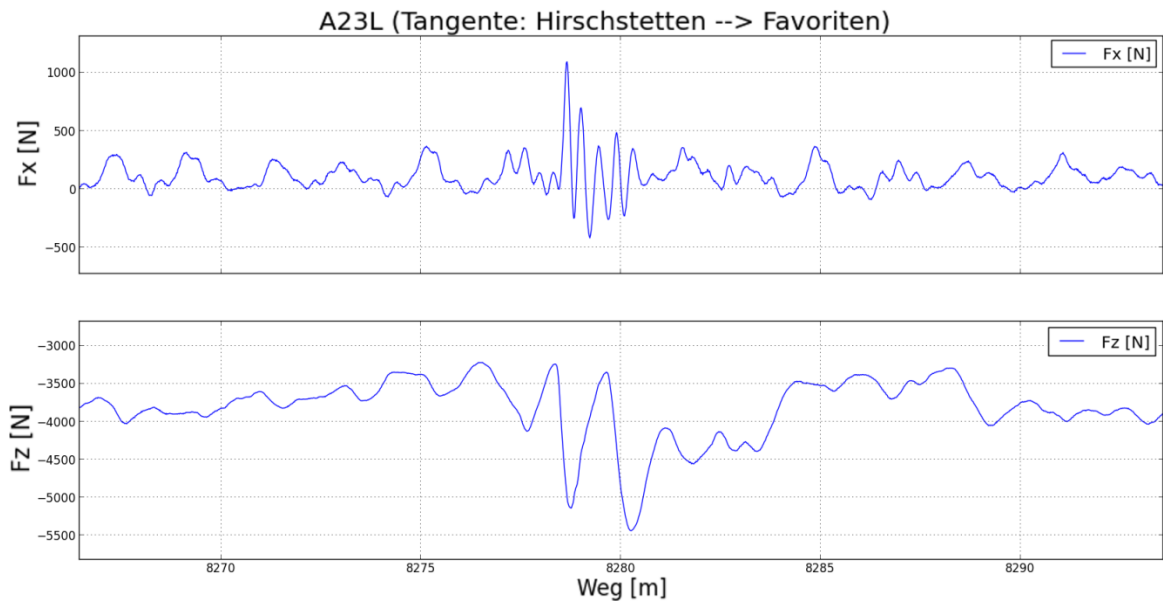


Abbildung 5-23: Messergebnisse der Kraftmessfelge auf der A23 in X- und Z-Richtung

5.1.4 Zusammenfassung

Die Untersuchungen und der Vergleich der Messergebnisse aus den Schallpegelmessungen haben gezeigt, dass der untersuchte Fahrbahnübergang im Jahr 2015 nahezu unveränderte bzw. sogar leicht verbesserte Messwerte zeigt als bei der Erstuntersuchung im Jahr 2007

Am Messquerschnitt direkt über der Fahrbahnübergangskonstruktion konnte eine Verbesserung von rund 2 dB, unter der Brücke im Mittel eine Verbesserung von rund 1-2dB gegenüber 2007 nachgewiesen werden.

Das gemittelte PKW - Terzpegelspektrum im Mikrofon unter der Brücke zeigte bei Frequenzen kleiner 250Hz leicht erhöhte Werte, lokale Maxima konnten bei den Frequenzen von 200Hz, 160Hz, 80Hz und 40/25Hz nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse gelten für den Zustand 2015.

Die aufgenommene Öffnungsbreite der Konstruktion zeigt, dass die Fuge 2007 geringfügig weiter geöffnet war.

Die Untersuchungen mit dem Texturscanner lassen vermuten, dass es eventuell zu einer Verschiebung im Brückenlager gekommen ist. Darauf wird anhand der Darstellung von leicht schief zueinander stehenden Platten aus dem Texturscan geschlossen und würde den Widerspruch erklären, dass die Fuge bei niedrigeren Temperaturen weiter geöffnet war, als bei höheren Temperaturen.

Im Rahmen der Beschleunigungsmessungen wurde festgestellt dass die Auslenkung der Finger lediglich im Mikrometer-Bereich auftritt, was der kompakten Geometrie der Finger geschuldet ist. Dadurch ist lediglich bei LKW-Verkehr ein Zusammenhang zwischen Fahrgeschwindigkeit und Auslenkung zu erkennen.

Abschließend kann gesagt werden, dass es sich bei der untersuchten FÜK um eine Konstruktion in sehr gutem Zustand handelt.

5.2 Lamellenübergang S35 Murbrücke Frohnleiten_Objekt 6781F3

5.2.1 Allgemeines

Am 25. Okt. 2016 wurde ein weiterer Fahrbahnübergang untersucht, bei dem bereits eine Sanierungsmaßnahme durchgeführt wurde, welche jedoch nicht den erhofften Erfolg gebracht hat. Dabei handelt es sich um eine Übergangskonstruktion an der Murbrücke Frohnleiten (S36, km 24,3) in Fahrtrichtung Graz. Dabei wurde der Lagerbereich des Tragwerkes über einer Stütze mittels einer Mauer eingehaust. Die Schallabstrahlung nach unten wird dadurch zwar deutlich reduziert, nach oben hingegen kommt es zu einer zusätzlichen Belastung, da das abgeschlossene Raumvolumen unterhalb der Konstruktion eine Verstärkung der Schallenergie bewirkt. Bei der Brücke selbst handelt es sich um eine Stahlbeton-Massivbrücke.



Abbildung 5-24: Murbrücke Frohnleiten der Brucker Schnellstraße S35.

Bei der gegenständlichen Brücke handelt es sich um eine Stahlbeton-Verbundkonstruktion, welche auf Betonstützen gelagert ist. Der FÜG der Brücke ist in Abbildung 5-25 dargestellt. Während die Brücke mittig nur punktuell abgestützt ist, wird der Berührungspunkt zw. Brücke und fester Fahrbahn auf einem festen begehbaren Element gelagert, über welches der FÜG erschlossen wird. In Abbildung 5-25 ist zu sehen, dass der FÜG aus fünf Lamellen besteht, welche teilweise gegeneinander, sowie auf der Brücke und der Fahrbahn elastisch gelagert sind.



Abbildung 5-25: Darstellung des Fahrbahnüberganges der S35 Brücke Frohnleiten.



Abbildung 5-26: Aufbau Luftschall- und Erschütterungsmessung.

Abbildung 5-26 zeigt die Instrumentierung unterhalb des Fahrbahnüberganges. Die Mikrofone sind auf Stativen unterhalb des Übergangs montiert, die Beschleunigungen wurden direkt auf den Lamellen gemessen.

5.2.2 Versuchsaufbau

5.2.2.1 Schallpegelmessungen

Der untersuchte Fahrbahnübergang befindet sich auf der S34 bei km 24,3 am Objekt 6781F3 in Fahrtrichtung Graz. Es handelt sich um eine Trägerrostdehnfuge mit 2 Randprofilen und 5 Mittelträgern (Lamellenübergang, Firma Maurer). Am Tag der Messung (25. Oktober 2016) betrug die Öffnungsbreite 77 cm. Die Fahrbahn hat in diesem Bereich 2 Fahrspuren, beim Fahrbahnbelag handelt es sich um bituminösen Belag. Im Zuge der Messung wurde der 1. Fahrstreifen gesperrt, die Fahrten wurden somit ausschließlich auf FS 2 gemessen.

Es wurden statistical Pass-By (SPB-Messungen) durchgeführt und 2 Fahrzeugkategorien unterschieden:

- PKW, Kombis, Lieferwagen (ohne Zwillingsreifen): 69 PKW/FS2
- sLKW, LKW mit Anhänger, Sattelfahrzeuge, Linien- und Reisebusse mit mehr als zwei Achsen: 64 sLKW/FS2

Des Weiteren wurden für ausgewählte Fahrten Terzpegelanalysen in allen (emissionsseitigen) Mikrofonpositionen, sowie ergänzende Schallimmissionsmessungen gem. ÖNORM S 5004 in 2 Messpunkten durchgeführt.

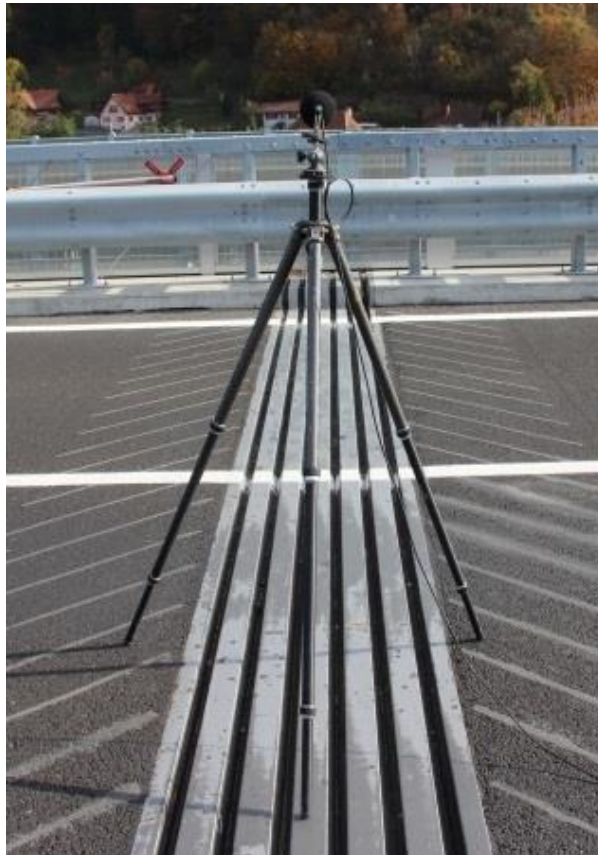


Abbildung 5-27: FÜK (Trägerrostdehnfuge mit 2 Randprofilen und 5 Mittelträgern), S34, km 24,3 Objekt 6781F3



Abbildung 5-28: FÜK (Trägerrostdehnfuge mit 2 Randprofilen und 5 Mittelträgern), S34, km 24,3 Objekt 6781F3

Die Messpunkte wurden gem. RVS 15.04.52 installiert:

- Referenzmesspunkt (FS2): $d=3,75\text{m}$ / $h=1,2\text{m}$
- Messpunkt im Übergang (FS 2): $d=3,75\text{m}$ / $h=1,2\text{m}$
- 2 Messpunkte unter der FÜK



Abbildung 5-29: S34, km 24,3 Objekt 6781F3, Messpunkt im Übergang ($d=3,75\text{m}$ / $h=1,2\text{m}$)



Abbildung 5-30: S34, km 24,3 Objekt 6781F3, Messpunkt im Referenzquerschnitt ($d=3,75\text{m}$ / $h=1,2\text{m}$)



Abbildung 5-31: S34, km 24,3 Objekt 6781F3, Messpunkt2 unter der Brücke/FÜK

Schalltechnische Maßnahme: Einhausung

Der Bereich unter dem FÜG wurde mittels einer Mauer ein gehaust. Die Schallabstrahlung nach unten konnte dadurch erwartungsgemäß deutlich reduziert werden, nach oben hingegen kommt es zu einer zusätzlichen Belastung, da das abgeschlossene Raumvolumen unterhalb der Konstruktion eine verstärkende Wirkung und damit eine Erhöhung der Schallenergie bewirkt.



Abbildung 5-32: S34, km 24,3 Objekt 6781F3, Einhausung

5.2.2.2 Aufbau Erschütterungsmessung

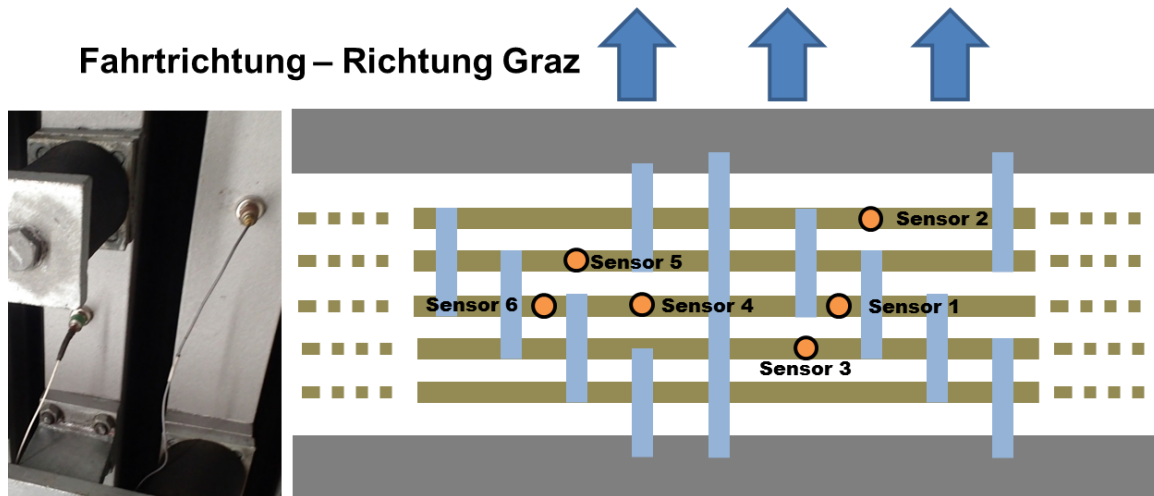


Abbildung 5-33: Instrumentierung der Beschleunigungsaufnehmer auf der Unterseite des Fahrbahnübergangs bei Betrachtung von unten.

Es werden eindimensionale Beschleunigungssensoren der Firma Kistler verwendet, die mittels Magnetfüßen direkt auf der Unterseite der Lamellen befestigt werden. Insgesamt wurden sechs Sensoren an der Unterseite instrumentiert, die Verteilung ist in Abbildung 5-33 ersichtlich. Hauptaugenmerk lag dabei an der Instrumentierung der mittleren Lamelle, die vermutlich bei den Überfahrten die größte Auslenkung erreicht.

Die Beschleunigungssensoren wurden auf und unmittelbar neben der Fahrspur positioniert um sicher zu stellen, dass sich bei jeder Vorbeifahrt ein Sensor unterhalb des Reifens befindet.

Die Sensoren messen die Beschleunigung, durch Integration werden daraus Geschwindigkeit und Auslenkung berechnet.

5.2.2.3 Aufbau Rollwagen/Kraftmessfelge

Mit Hilfe eines Rollgeräusch-Anhängers nach ISO 11819-2 („Close Proximity Method“ - CPX Methode) wird die Reifen-Fahrbahn Interaktion mit Hilfe zweier Mikrophone während der Fahrt gemessen. Zusätzlich ist ein Texturscanner in der Fahrspur montiert, mit dem alle 0,4 mm bei 100 km/h Höheninformationen aufgezeichnet werden. Dadurch ist es möglich das Rollgeräusch bzw. den entstehenden Schall bei der FÜK mit der Geometrie der FÜK in Verbindung zu bringen.

5.2.2.4 Anregung

Als Anregung wurde der natürliche Straßenverkehr auf der S35 verwendet. Über eine Dauer von drei Stunden wurden Überfahrten protokolliert, welche dann für die Auswertung geschnitten und in Verbindung mit der mitgemessenen Geschwindigkeit ausgewertet wurden.

Für die Auswertung wurden solche Überfahrten ausgewählt, die folgenden Bedingungen genühten:

- Überfahrt wurde nicht durch eine Überfahrt am zweiten Fahrstreifen beeinflusst.
- Das Fahrzeug überquerte den FÜG über den instrumentierten Sensoren.
- Die Geschwindigkeit wurde korrekt gemessen und protokolliert.

Die Überfahrten wurden in zwei Kategorien geteilt:

- Schwere LKWs
- Standard PKW

Es wurde versucht herausstechende Fahrzeuge (ev. mit hoher Beladung, etc.) herauszufiltern.

5.2.3 Messergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Schallpegel- bzw. Erschütterungsmessungen dargestellt.

5.2.3.1 Schallpegelmessungen

Schallereignispegel $L_{A,E}$ [dB(A)]

Die geschwindigkeitsabhängigen, A-bewerteten Schallereignispegel im Referenzquerschnitt liegen im Mittel um rund 6dB (PKW) bzw. 2dB bis 3dB (sLKW) unter den entsprechenden Werten, welche im Querschnitt der FÜK ermittelt wurden. Im Übergang konnten bei einer Geschwindigkeit von $v = 80\text{km/h}$ ein mittlerer $L_{A,E}$ von 89dB (PKW) bzw. von 95dB (sLKW) nachgewiesen werden. Unter der Brücke/FÜK reduzieren sich die Schallereignispegel gegenüber jenen im Querschnitt des Übergangs im Mittel um 8dB (PKW) und um rund 4dB bis 5dB für die Kategorie des sLKW. Damit kann gesagt werden, dass die Pegel unter der FÜK (innerhalb der Einhausung) relativ gesehen sehr hohe Werte aufweisen.

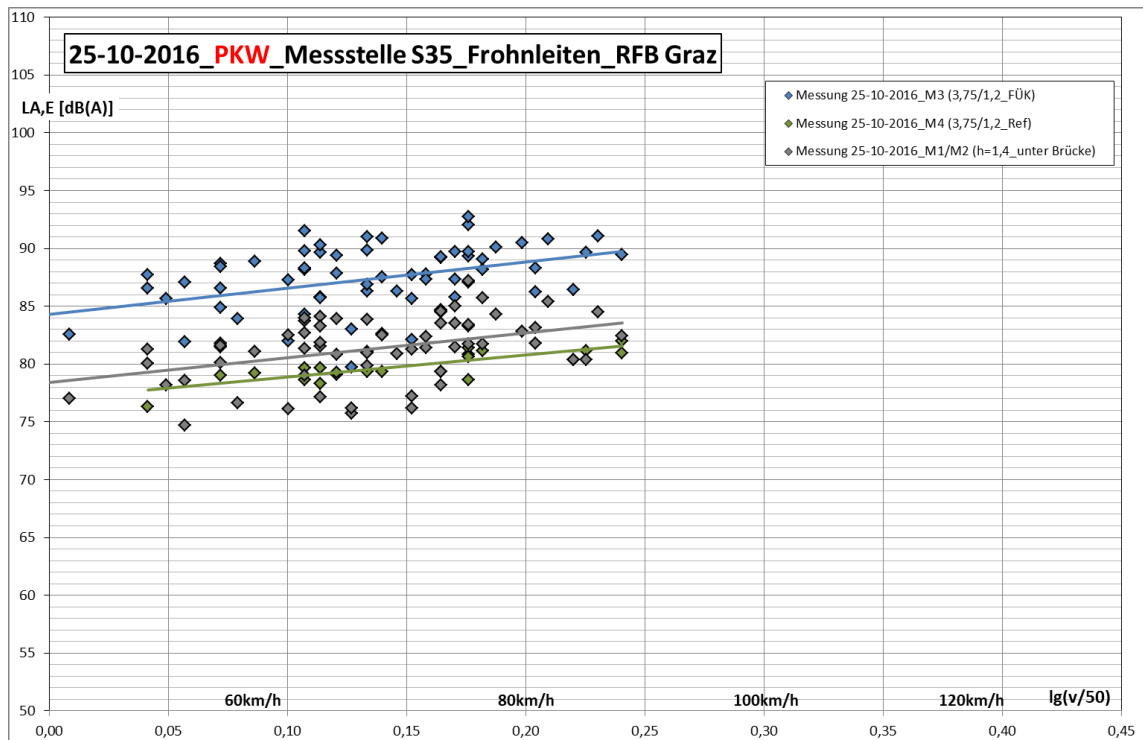


Abbildung 5-34: Geschwindigkeitsabhängige Schallereignispegel für die Kategorie PKW

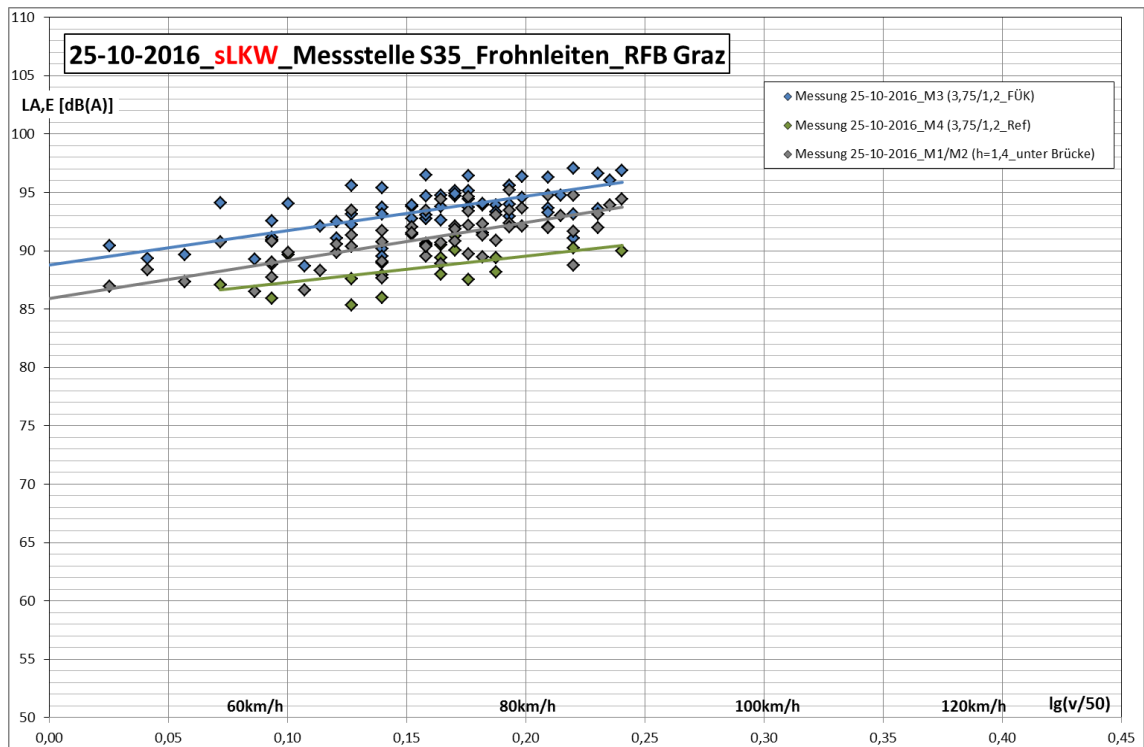


Abbildung 5-35: Geschwindigkeitsabhängige Schallereignispegel für die Kategorie sLKW

Terzpegelspektren [dB(A)]

Das gemittelte PKW - Terzpegelspektrum für die Mikrofonpositionen unter der Brücke/FÜK zeigt im Frequenzbereich von 80Hz bis 250Hz deutlich erhöhte Werte gegenüber der Situation oberhalb der FÜK. Das Frequenzmaximum liegt bei 125Hz. Diese Feststellung ist darauf zurückzuführen, dass aufgrund der Einhausung (verstärkende Wirkung der Schallemissionen) die Schallenergie innerhalb dieses Bereiches deutlich erhöht, und zusätzlich nach oben abgestrahlt wird. Noch deutlicher zeigt sich dieses Phänomen für die Kategorie des sLKW.

Des Weiteren kann für beide Kategorien bei einer Terzmittenfrequenz von 500Hz ein deutlicher Anstieg im Terzpegelverlauf nachgewiesen werden. Auch hier kommt es zu einer zusätzlichen Abstrahlung nach oben, wie anhand der (beeinflussten) Terzpegelspektren (im Querschnitt der FÜK, rote Linien) gezeigt werden kann.

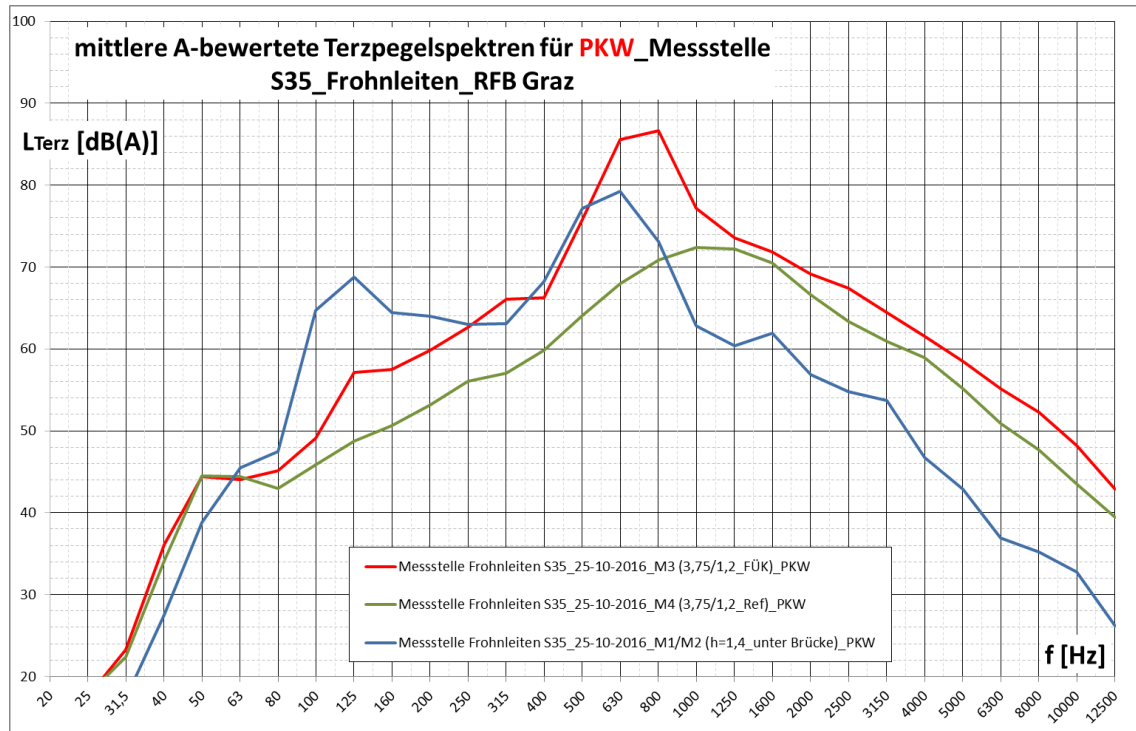


Abbildung 5-36: mittlere Terzpegelspektren (Kategorie PKW)

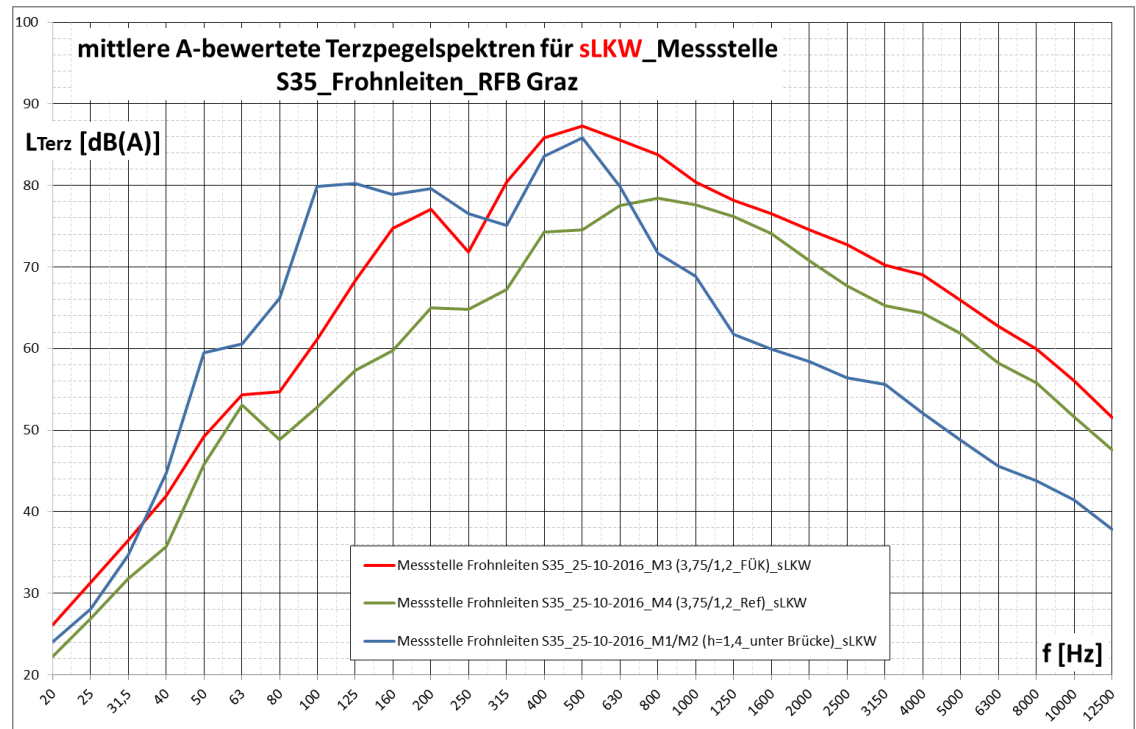


Abbildung 5-37: mittlere Terzpegelspektren (Kategorie sLKW)

Schallimmissionsmessungen gem. ÖNORM S 5004

Zusätzlich zu den emissionsseitigen Schallpegelmessungen wurden Schallemissionsmessungen im Nahbereich des gegenständlichen Fahrbahnübergangs durchgeführt. Dabei wurde einerseits ein Messpunkt direkt beim Brückenpfeiler in 1,8 m Höhe instrumentiert (MP1). Hier waren die Geräusche des KFZ-Verkehrs auf der S35 zu hören, die Übergangskonstruktion selbst konnte ebenso wahrgenommen werden und stellte das dominante Geräusch dar.



Abbildung 5-38: Lage des Schallimmissionspunktes MP1 direkt beim Brückenpfeiler

Als zweiter Immissionspunkt wurde ein Messpunkt an der Grundstücksgrenze des nächstgelegenen Anrainers in 1,8 m Höhe gewählt (MP2, Josef Ortis Straße 28). Auch hier stellte die FÜK das dominierende Geräusch dar.



Abbildung 5-39: Lage des Messpunktes MP2 an der Grundstücksgrenze - Josef Ortis Straße 28.

Messpunkte und Meteorologie:

- MP1 direkt beim Brückenpfeiler, h=1,8 m
- MP2 an der Grundstücksgrenze - Josef Ortis Straße 28, h=1,8 m
- T = 16°C bis 18°C, v_{wind} < 5km/h, bewölkt (12:00 bis 14:00)

Verkehrszählung:

- Verkehr auf Josef Ortis Straße (12:00 bis 13:00): 104 PKW / 4 LKW / 2 KRAD
- Verkehr auf Josef Ortis Straße (13:00 bis 14:00): 103 PKW / 4 LKW / 2 KRAD

Messergebnisse:

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Messergebnisse im Detail:

| Messergebnisse im MP1 (gem. ÖNORM S 5004) | | | | | | | | |
|--|-----------------|-------------|-----------------|------------------|-----------------------------|------------------|--|-------------------|
| Datum | Zeit | Höhe [m] | Dauer [Min.] | LA,50 [dB(A)] | Basispegel LA,95 [dB(A)] | LA,eq [dB(A)] | Mittlerer Spitzenpegel LA,01 [dB(A)] | LA,max [dB(A)] |
| 25.10.2016 | 10:51- 11:51 | 1,8 | 60 | 59,1 | 52,5 | 63,5 | 73,6 | 79,6 |
| | 12:00- 13:00 | 1,8 | 60 | 59,6 | 53,2 | 64,4 | 75,0 | 84,5 |

| Messergebnisse im MP2 (gem. ÖNORM S 5004) | | | | | | | | |
|--|-----------------|-------------|-----------------|------------------|-----------------------------|------------------|--|-------------------|
| Datum | Zeit | Höhe [m] | Dauer [Min.] | LA,50 [dB(A)] | Basispegel LA,95 [dB(A)] | LA,eq [dB(A)] | Mittlerer Spitzenpegel LA,01 [dB(A)] | LA,max [dB(A)] |
| 25.10.2016 | 13:00- 14:00 | 1,8 | 60 | 56,5 | 50,3 | 58,6 | 66,2 | 74,3 |

Tabelle 5-2: Ergebnisse der Schallimmissionsmessung Murbrücke S35 (ÖNORM S 5004)

5.2.3.2 Erschütterungsmessungen

In den folgenden Darstellungen stellt jeder Datenpunkt ein Überfahrtsereignis dar. Auf Basis der einzelnen Punkte wird für jeden Wert eine Regressionsgerade gebildet.

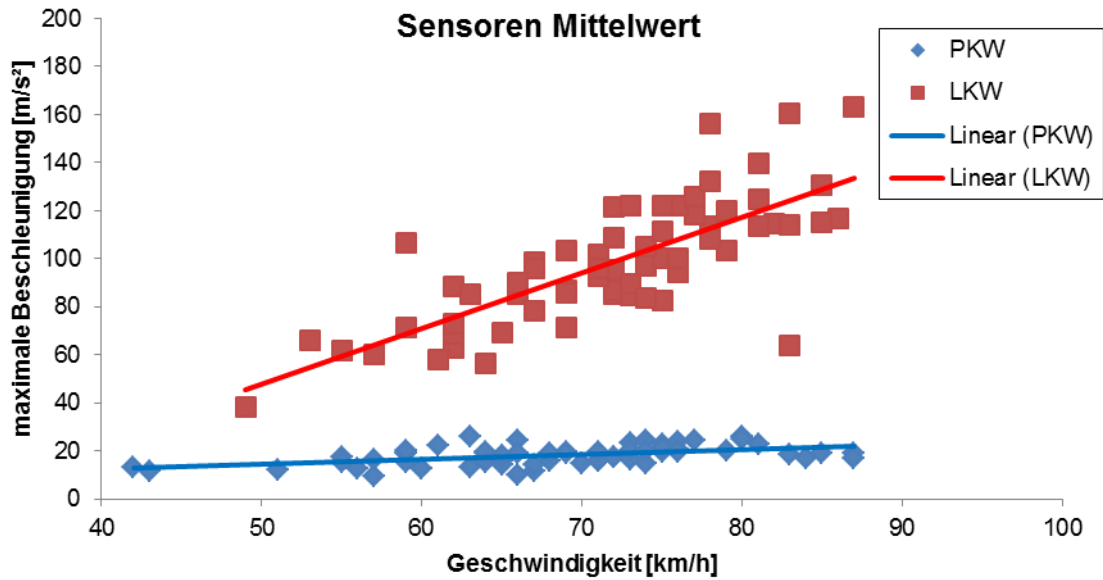


Abbildung 5-40: Beschleunigungsspitze der Lamellen für jede Überfahrt (Mittelwert über alle Sensoren).

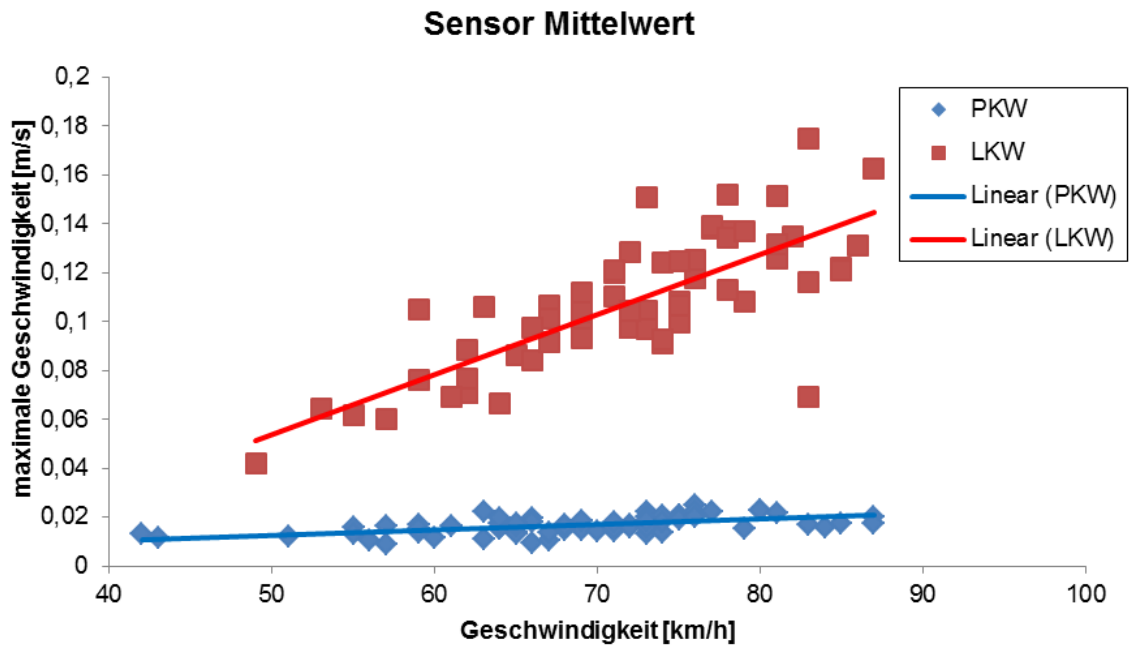


Abbildung 5-41: Geschwindigkeitsspitze der Lamellen für jede Überfahrt (Mittelwert über alle Sensoren).

Abbildung 5-40 und Abbildung 5-41 zeigen die Spitzenwerte der Geschwindigkeit bzw. der Beschleunigung der Lamellen. Es wurde dabei über alle Sensoren gemittelt. Folgendes ist ersichtlich:

- Sowohl Geschwindigkeit als auch Beschleunigung nehmen mit steigender Geschwindigkeit zu.
- Bei den Überfahrten der LKWs sind die Werte vor allem bei hohen Geschwindigkeiten ca. 5-6 x so größer als die Werte für PKWs.

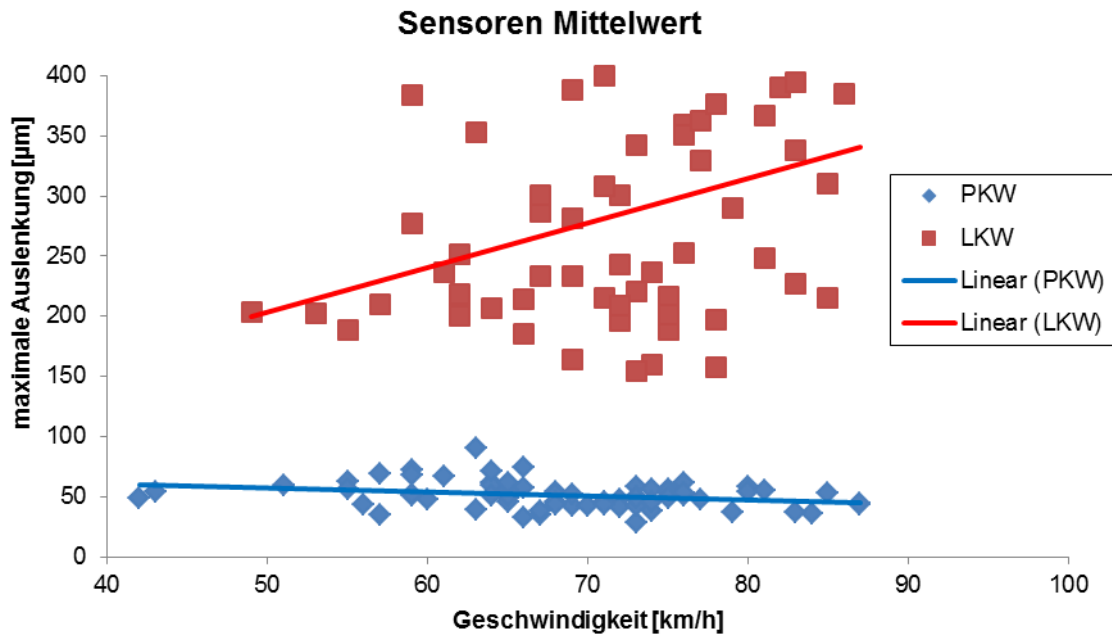


Abbildung 5-42: Maximale Auslenkung der Lamellen für jede Überfahrt (Mittelwert über alle Sensoren).

Abbildung 5-42 zeigt die maximale Auslenkung der Lamellen:

- Bei den Überfahrten der LKWs werden die Lamellen bis zu einem halben Millimeter ausgelenkt.
- Bei den PKWs liegt die Auslenkung im Bereich weniger µm.
- Es ist erstaunlich, dass bei den LKWs die Auslenkung zunimmt, wie es auch bei Geschwindigkeit und Beschleunigung beobachtbar ist.
- Im Gegensatz dazu nimmt die Einsenkung der Lamellen bei den Überfahrten der PKWs mit steigender Geschwindigkeit ab. Dieses Phänomen ist damit zu erklären, dass die PKWs mit steigender Geschwindigkeit quasi leichter über den FBÜ „fliegen“.
- LKWs demgegenüber „fliegen“ nicht über den FBÜ. Vermutlich ist die im Reifen elastisch gespeicherte Druckkraft dafür verantwortlich dass der Reifen auch bei schneller Überfahrt quasi instant an die Gewichtskraft an den FBÜ weitergibt.

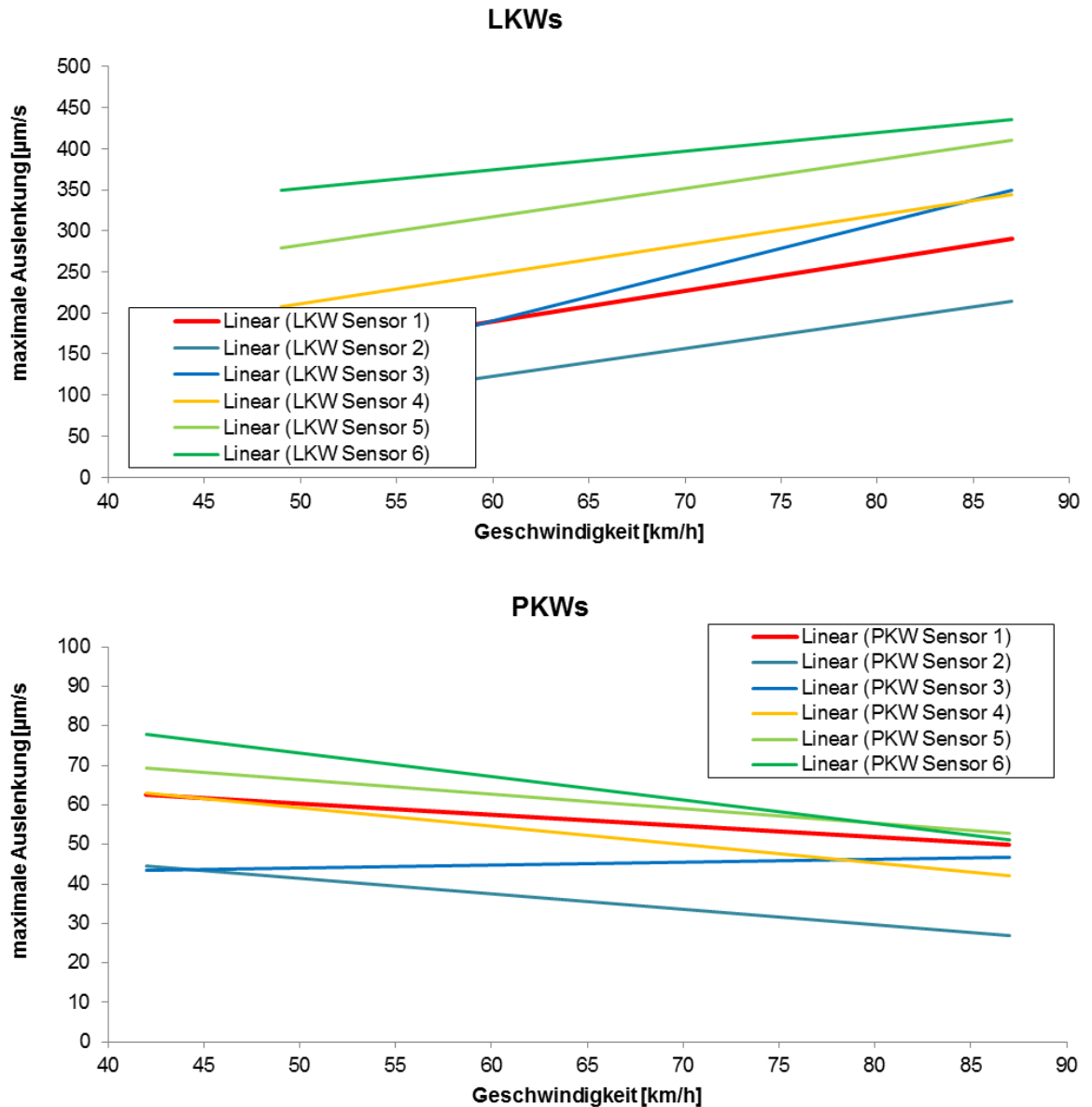


Abbildung 5-43: Regressionsgeraden der maximalen Einsenkung der Lamellen bei den Überfahrten von PKWs und LKWs.

In Abbildung 5-43 sind die Regressionsgeraden der maximalen Einsenkung für jeden Sensor separat dargestellt. Man erkennt folgendes:

- Die Tendenz, dass bei PKWs mit steigender Geschwindigkeit die Einsenkung abnimmt, ist bei allen bis auf einen Sensor sichtbar. Bei den LKWs ist die Tendenz steigender Einsenkung an allen Sensoren sichtbar.
- Die Einsenkung ist bei den Sensoren 5 und 6 am größten, der am stärksten ausgelenkte Sensor 6 ist dabei auf der mittleren Lamelle befestigt.
- Die Auslenkung ist, wie zu erwarten war, bei den Lamellen am Rand am geringsten.

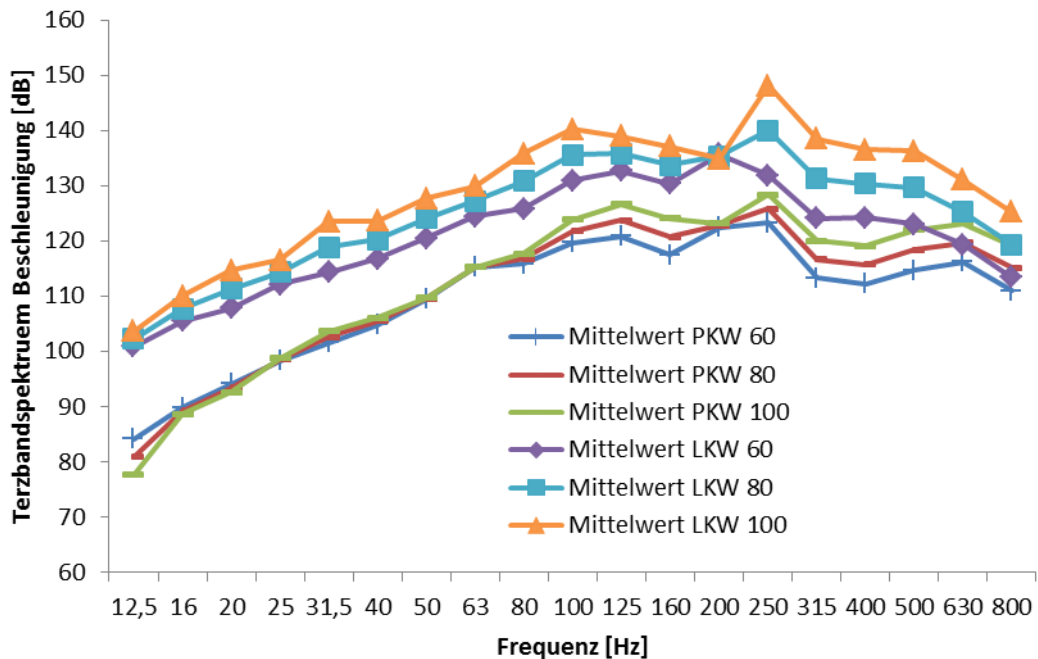


Abbildung 5-44: Spektren der Beschleunigung der beiden Fahrzeugtypen bei verschiedenen Geschwindigkeiten.

Abbildung 5-44 zeigt die Spektren der Beschleunigungen. Es wurde hier die Regressionsgerade bei der entsprechenden Geschwindigkeit ausgewertet. Man erkennt folgenden wesentlichen Unterschied zwischen den Überfahrten von PKWs und LKWs:

- Bei den LKWs verschiebt sich das Spektrum der Beschleunigungen bei steigenden Geschwindigkeiten in allen Frequenzbereichen in ähnlicher Weise nach oben.
- Dem gegenüber sind bei den Überfahrten der PKWs die Komponenten unter 80 Hz annähernd unabhängig von der Geschwindigkeit. Im hohen Frequenzbereich über 100 Hz nehmen die spektralen Komponenten mit steigender Geschwindigkeit zu.
- Dieser grundlegende Unterschied hängt vermutlich mit der Eigenschaft der abnehmenden Einsenkung bei hohen Geschwindigkeiten – dem „Überfliegen des FBÜ“ – zusammen.

5.2.3.3 Rollgeräuschanhänger/Kraftmessfelge

Die betreffende FÜK wurde jeweils bei drei Geschwindigkeiten (60, 80 und 100 km/h) mit dem Rollgeräuschanhänger je drei Mal gemessen.

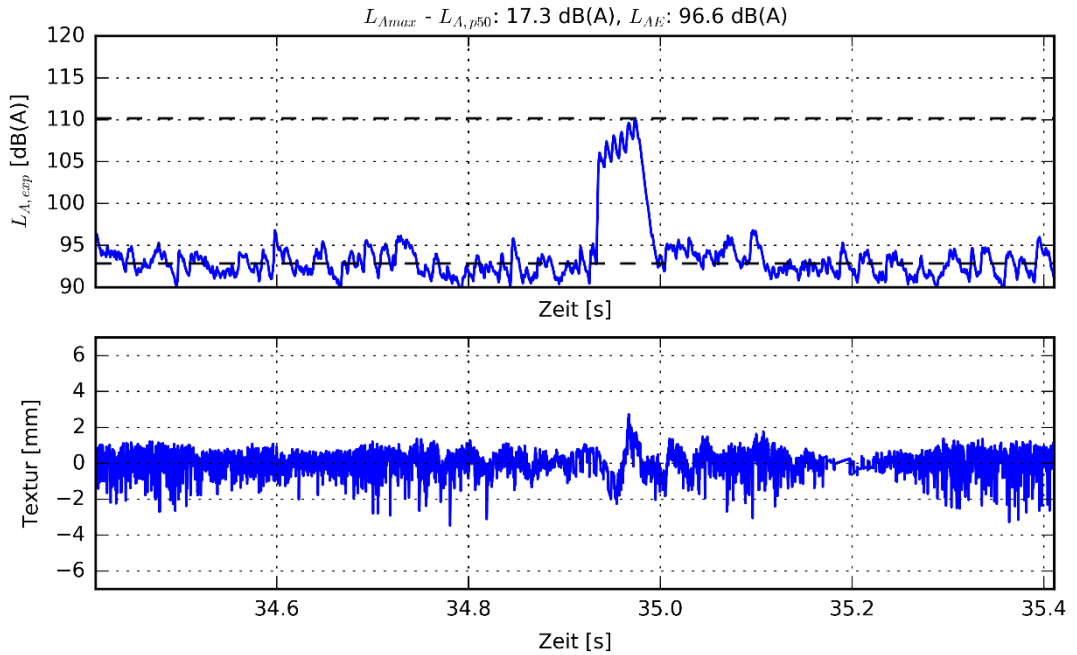


Abbildung 5-45: CPX- und Textur-Messung bei 60km/h an Objekt F3 Murbrücke Frohnleiten, RFB Graz bei km24,3.

In Abbildung 5-45 ist eine Messung der Textur mit dem Rollgeräusch bei 60 km/h gezeigt. Bei der Überfahrt der Lamellen-FÜK gerät der Reifen in Schwingung und emittiert um ca. 17 dB(A) mehr Schall als das Rollgeräusch der Fahrbahnoberfläche. Um diese zusätzliche Schallemission quantitativ zu erfassen wurde die Schallenergie L_{AE} in [dB(A)] der Überfahrt durch Integration des Messsignals über eine Sekunde ermittelt.

Die Schallenergie L_{AE} wurde in Abbildung 5-46 als Funktion der Überfahrtsgeschwindigkeit des CPX-Anhängers aufgetragen. Im Prinzip kann eine Ausgleichsgerade durch diese Messpunkte gelegt werden und die Steigung kann als Maß für die akustische Qualität der FÜK herangezogen werden.

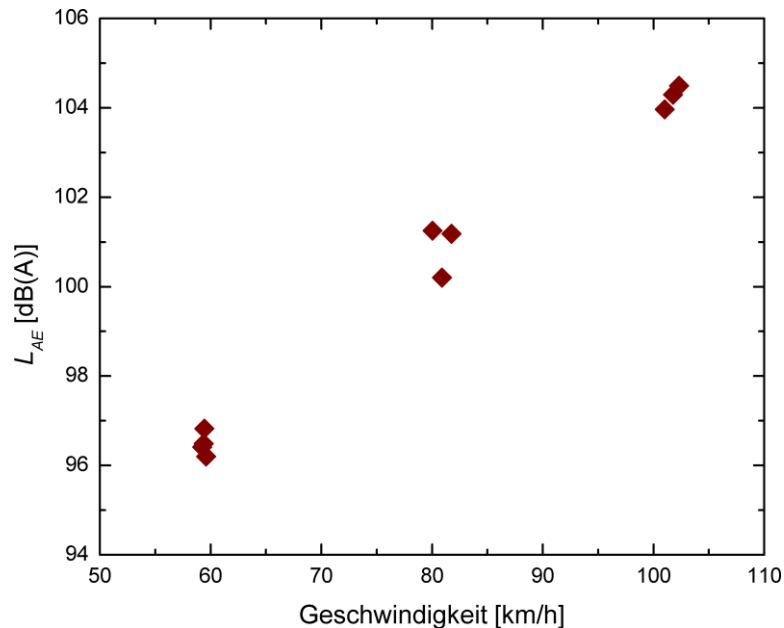


Abbildung 5-46: Schallenergie L_{AE} in [dB(A)] als Funktion der Überfahrtsgeschwindigkeit für alle CPX-Messungen an Objekt F3 Murbrücke Frohnleiten

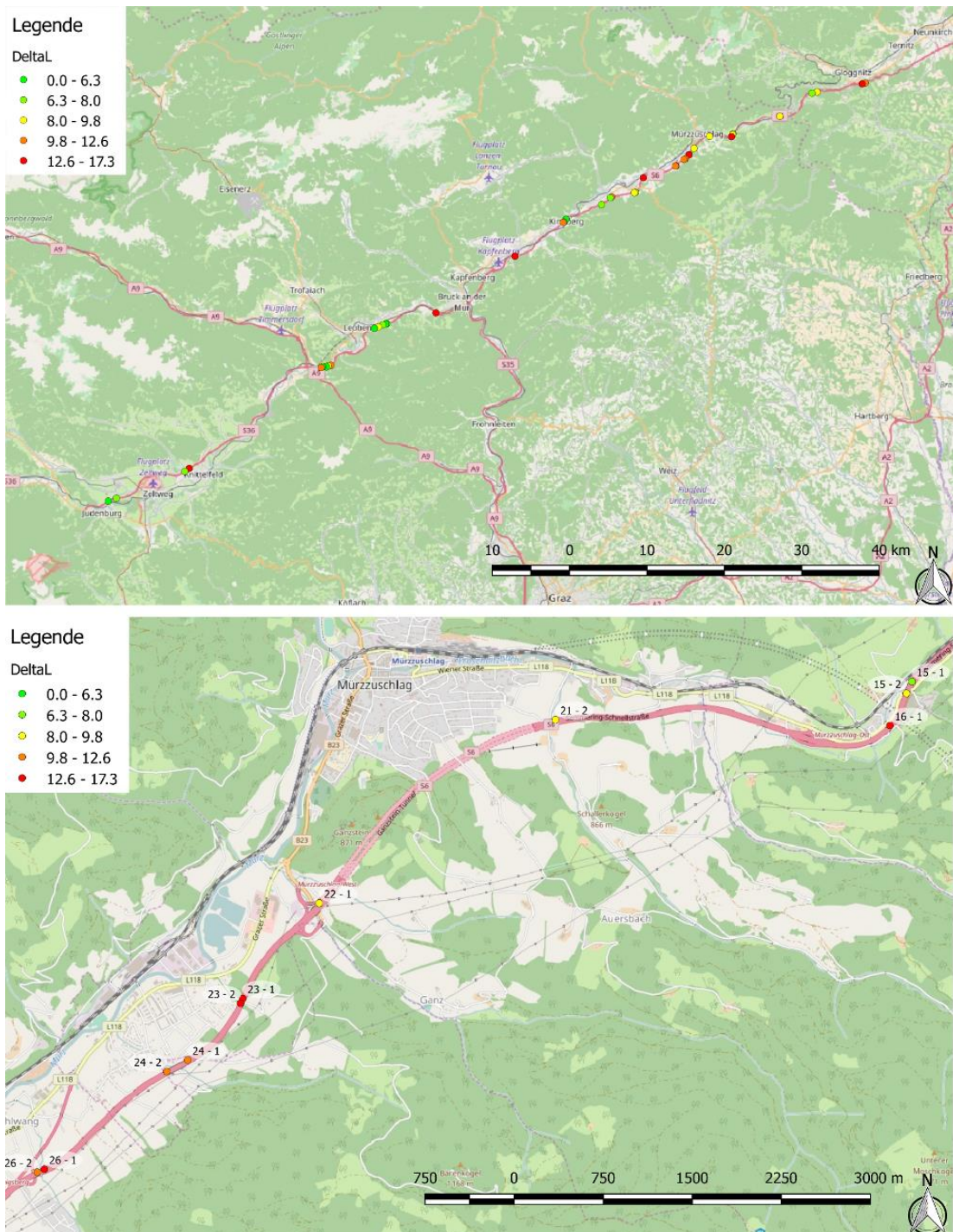


Abbildung 5-47: GPS-verortete Messungen mit dem CPX-Mess-Anhänger

5.2.4 Zusammenfassung

- Der Lagerbereich unter dem FÜG wurde mittels einer Mauer eingegast. Die Schallabstrahlung nach unten konnte dadurch erwartungsgemäß deutlich reduziert werden, nach oben hingegen kommt es zu einer zusätzlichen Belastung, da das abgeschlossene, ungedämmte Raumvolumen unterhalb der Konstruktion eine verstärkende Wirkung und damit eine Erhöhung der Schallenergie bewirkt.

- Die Schallereignispegel im Referenzquerschnitt liegen im Mittel um rund 6 dB (PKW) bzw. bis 3 dB (sLKW) unter den entsprechenden Werten, welche im Querschnitt der FÜK ermittelt wurden. Im Übergang konnten bei einer Geschwindigkeit von $v = 80$ km/h ein mittlerer $L_{A,E}$ von 89 dB (PKW) bzw. von 95 dB (sLKW) nachgewiesen werden.
- Unter der Brücke/FÜK reduzieren sich die Schallereignispegel gegenüber jenen im Querschnitt des Übergangs im Mittel um 8 dB (PKW) und um bis zu 5 dB für die Kategorie des sLKW. Damit kann gesagt werden, dass die Pegel unter der FÜK (innerhalb der Einhausung) relativ gesehen sehr hohe Werte aufweisen.
- Die gemittelten Terzpegelspektren unter der Brücke/FÜK zeigen im Frequenzbereich von 80 Hz bis 250 Hz deutlich erhöhte Werte gegenüber der Situation oberhalb der FÜK. Das Frequenzmaximum liegt bei 125 Hz. Diese Feststellung ist darauf zurückzuführen, dass aufgrund der Einhausung (verstärkende Wirkung der Schallemissionen) die Schallenergie innerhalb dieses Bereiches deutlich erhöht, und zusätzlich nach oben abgestrahlt wird.
- Des Weiteren kann für beide Kategorien bei einer Terzmittenfrequenz von 500Hz ein deutlicher Anstieg im Terzpegelverlauf nachgewiesen werden. Auch hier kommt es zu einer zusätzlichen Abstrahlung nach oben.
- Anhand der rückgerechneten Auslenkung der Lamellen bei Überfahrt konnte bei den PKWs nachgewiesen werden, dass diese mit zunehmender Geschwindigkeit über die FÜK „fliegen“. Bei sLKWs tritt dieses Phänomen nicht auf.
- Bei den Beschleunigungsspektren konnte beobachtet werden, dass bei den PKW-Überfahrten die Komponenten unter 80 Hz annähernd unabhängig von der Geschwindigkeit sind. Im hohen Frequenzbereich über 100 Hz nehmen die spektralen Komponenten mit steigender Geschwindigkeit zu.
- Die Messmethode mit dem CPX-Rollgeräusch-Anhänger eignet sich hervorragend, um die Schallabstrahlung oberhalb der FÜK zu bewerten. Damit ist es möglich mit einer Messfahrt mehrere FÜK zu messen, zu verorten und zu bewerten. In Abbildung 5-47 ist die Auswertung der Befahrung der S6 zu sehen. Die Legende zeigt die Pegeldifferenz zur umgebenden Fahrbahn (wie in Abbildung 5-45). Diese Daten können in Verbindung mit einer Schallimmissions-Software Problem-FÜK aufzeigen. Des Weiteren ist die Überwachung der Degradation einer FÜK über längere Zeiträume möglich.

5.3 Mehrschlauchiger Lamellenübergang A21 Sattelbachbrücke_Objekt LH130

5.3.1 Allgemeines

Im Verlauf des Forschungsprojekts wurde auf Basis der Messergebnisse erkannt, dass sich die Lösungen von Lärmproblemen (bzw. deren Herangehensweise) bei unterschiedlichen Übergangskonstruktionen wesentlich unterscheiden können. Es wurde somit vorgeschlagen, bei einem Objekt, für welches bereits Schallschutzmaßnahmen gesetzt wurden, eine Analyse der akustischen Wirksamkeit der entsprechenden Maßnahme durchzuführen.

Hierfür wurde ein mehrschlauchiger Lamellenübergang auf der A21, Objekt LH130/Sattelbachbrücke (km 19,57) gewählt. Bei diesem Übergang war der Bereich der Auflagerbank/Widerlager bereits mit mineralischen Dämmmatten ausgefüllt (Ausführung mit Schallschutzmaßnahme, vollflächig verklebt und z.T. zusätzlich verschraubt).



Abbildung 5-48: Sattelbachbrücke A21

Die erste Messserie, wurde am 20.07.2016 durchgeführt. An diesem Tag waren die Dämmmatten vollflächig eingebaut. Bei Besichtigung der Messstelle konnte festgestellt werden, dass eine Beschleunigungsmessung aufgrund der Zugänglichkeit des Übergangs nicht möglich war, somit wurden ausschließlich Schallpegelmessungen durchgeführt. Die

akustischen Messungen für den Zustand mit (temporär) entferntem Dämmmaterial wurden am 14.10.2016 durchgeführt.



Abbildung 5-49: Mit Dämmmatten (Links) / ohne Dämmmatten (Rechts)

5.3.2 Versuchsaufbau

5.3.2.1 Schallpegelmessungen

Der untersuchte Fahrbahnübergang befindet sich auf der A21 bei km 19,57 am Objekt LH130/Sattelbachbrücke in Fahrtrichtung St. Pölten. Es handelt sich um einen Lamellenübergang. Die Dehnfuge besteht aus 2 Randprofilen und 2 Mittelträgern (Lamellen) mit dazwischen geschalteten 3 Dichtprofilen. Bei der Brücke selbst handelt es sich um eine Hohlkastenkonstruktion.

An den Tagen der Messungen betragen die Öffnungsbreiten jeweils 35,8cm. Die Fahrbahn weist im Bereich des gegenständlichen Übergangs 2 Fahrspuren und einen Standstreifen auf, beim Fahrbahnbelag handelt es sich um einen bituminösen Belag. An beiden Messtagen wurden ausschließlich Fahrten auf FS 1 gemessen (SPB-Messungen) und in 2 Fahrzeugkategorien unterschieden.

- PKW, Kombis, Lieferwagen (ohne Zwillingsreifen): 80 PKW (20.07.2016) bzw. 90 PKW (14.10.2016)
- sLKW, LKW mit Anhänger, Sattelfahrzeuge: 60 sLKW (20.07.2016) bzw. 55 sLKW (14.10.2016)



Abbildung 5-50: FÜK (Lamellenübergang), A21, km 19,57, Öffnungsbreite: 35,8cm, 20.07.2016

Die Messpunkte wurden gem. RVS 15.04.52 installiert:

- Referenzmesspunkt auf Fahrbahn: $d=3,75\text{m}$ / $h=1,2\text{m}$ (nur Messung am 20.07.2016)

- Messpunkt im Übergang: $d=3,75\text{m}$ / $h=1,2\text{m}$ (beide Messtage)
- Messpunkte unter der Brücke/FÜK im Bereich der Widerlager/FS1 (beide Messtage)



Abbildung 5-51: Messort A 21, km 19,57, Messpunkt im Übergang ($d=3,75\text{m}$ / $h=1,2\text{m}$) sowie Messpunkte unter der Brücke (Zustand mit Dämmmaterial am 20.07.2016)



Abbildung 5-52: Messort A 21, km 19,57, Messpunkt im Übergang ($d=3,75\text{m}$ / $h=1,2\text{m}$) sowie Messpunkte unter der Brücke (Zustand ohne Dämmmaterial am 14.10.2016). Die Dämmmatten wurden unterhalb von FS1 temporär entfernt.



Abbildung 5-53: Die Dämmmatten im Bereich der Auflagerbank konnten seitlich (hochgezogen) nicht zur Gänze entfernt werden (14.10.2016)

Zusätzlich zu den Schallpegelmessungen gem. RVS 15.04.52 wurden an beiden Messtagen im Bereich des gegenständlichen Brückenobjektes ergänzende Schallimmissionsmessungen gem. ÖNORM S 5004 in zwei Immissionspunkten (20.07.2016) bzw. in einem IP (14.10.2016) durchgeführt.

5.3.2.2 Aufbau Beschleunigungsmessung

Aufgrund der erschwerten Zugänglichkeit des Lamellenübergangs wurden keine Beschleunigungsmessung an diesem Objekt durchgeführt.

5.3.2.3 Aufbau Rollwagen/Kraftmessfelge

5.3.2.4 Anregung

Als Anregung wurde der natürliche Straßenverkehr auf der A21 verwendet. Über eine Dauer von drei Stunden wurden Überfahrten protokolliert, welche dann für die Auswertung geschnitten und in Verbindung mit der mitgemessenen Geschwindigkeit ausgewertet wurden.

Für die Auswertung wurden solche Überfahrten ausgewählt, die folgenden Bedingungen genügten:

- Überfahrt wurde nicht durch eine Überfahrt am zweiten Fahrstreifen beeinflusst.
- Das Fahrzeug überquerte den FÜG über den instrumentierten Sensoren.

- Die Geschwindigkeit wurde korrekt gemessen und protokolliert.

Die Überfahrten wurden in zwei Kategorien geteilt:

- Schwere LKWs
- Standard PKW

Es wurde versucht herausstechende Fahrzeuge (ev. mit hoher Beladung, etc.) herauszufiltern.

5.3.3 Messergebnisse

5.3.3.1 Schallpegelmessungen

Schallereignispegel $L_{A,E}$ [dB(A)], Messung am 20.07.2016 (mit Dämmmatten)

Die geschwindigkeitsabhängigen, A-bewerteten Schallereignispegel im Querschnitt der FÜK liegen im Mittel um 3dB bis 4dB über jenen im Referenzquerschnitt. Diese Feststellung gilt für die Kategorie der PKW. Für die sLKW erhöht sich die entsprechende Pegeldifferenz um bis zu 5dB. Unter der Brücke/FÜK reduzieren sich die Schallereignispegel (im Vergleich zum Querschnitt der FÜK, über Fahrbahn) im Mittel um rund 30dB (PKW) und um 28dB (sLKW).

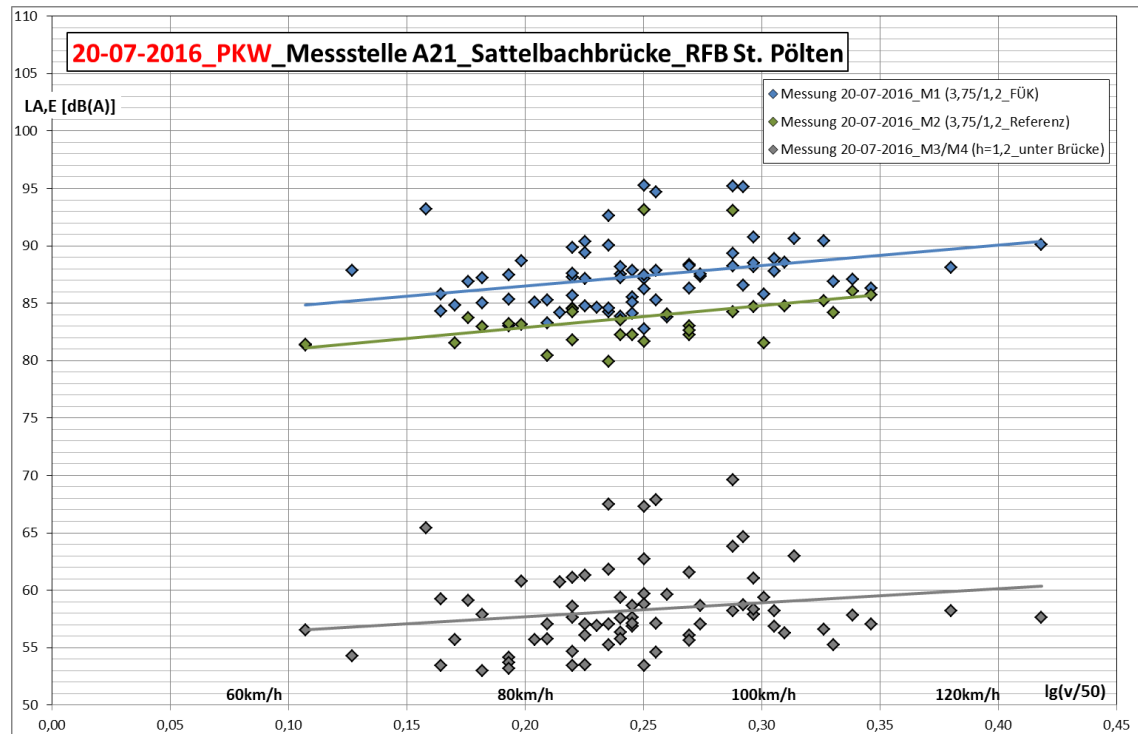


Abbildung 5-54: Messung am 20.07.2016 (mit Dämmmatten)_Geschwindigkeitsabhängige Schallereignispegel (PKW)

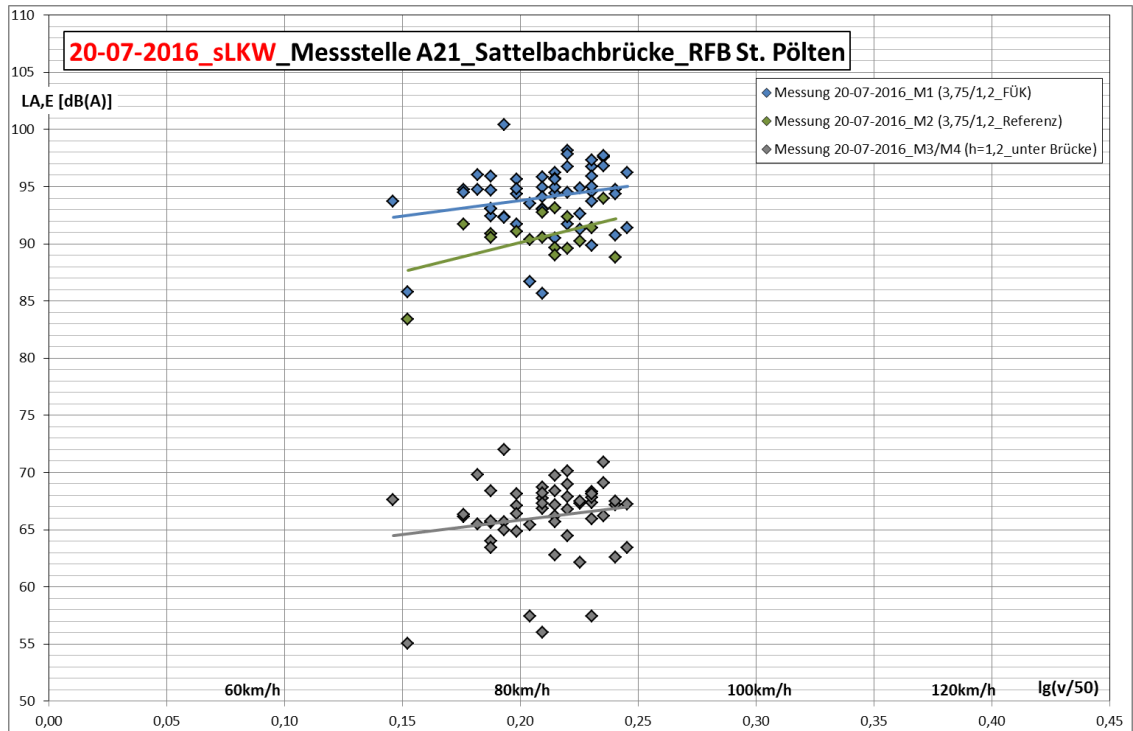


Abbildung 5-55: Messung am 20.07.2016 (mit Dämmmatten)_Geschwindigkeitsabhängige Schallereignispegel (sLKW)

Schallereignispegel $L_{A,E}$ [dB(A)], Messung am 14.10.2016 (ohne Dämmmatten)

Unter der Brücke/FÜK reduzieren sich die geschwindigkeitsabhängigen, A-bewerteten Schallereignispegel (im Vergleich zum Querschnitt der FÜK, über Fahrbahn) im Mittel um 24dB bis 27dB (PKW) und um 24dB bis 25dB (sLKW).

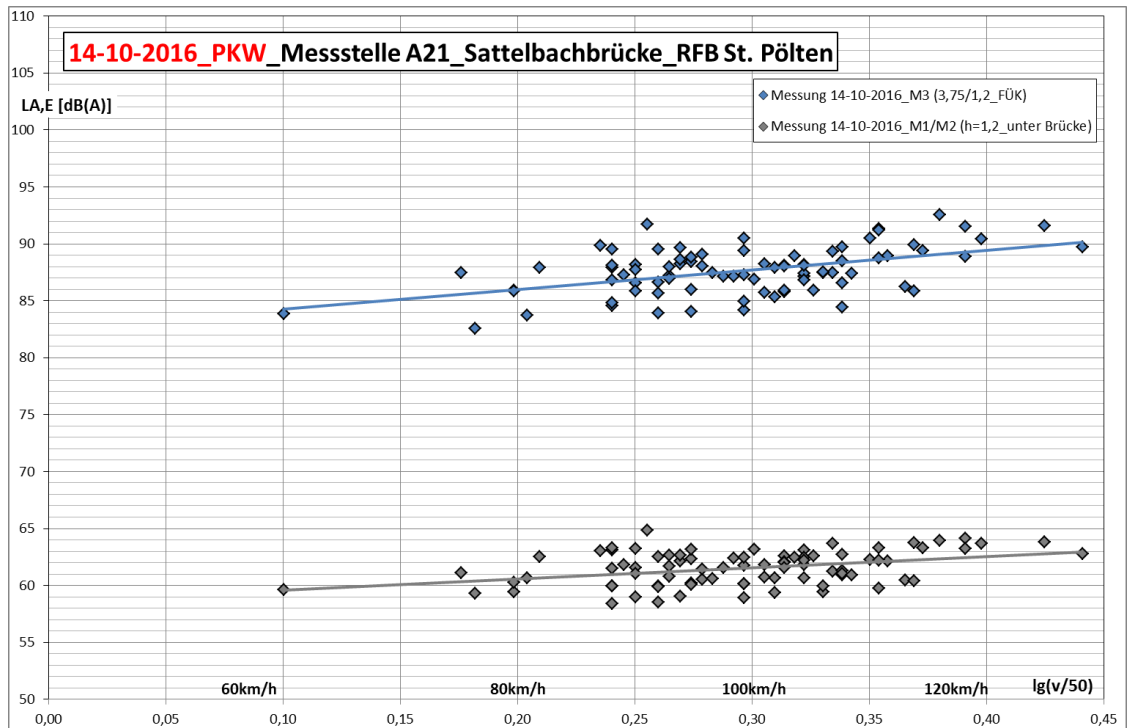


Abbildung 5-56: Messung am 14.10.2016 (ohne Dämmmatten)_Geschwindigkeitsabhängige Schallereignispegel (sLKW)

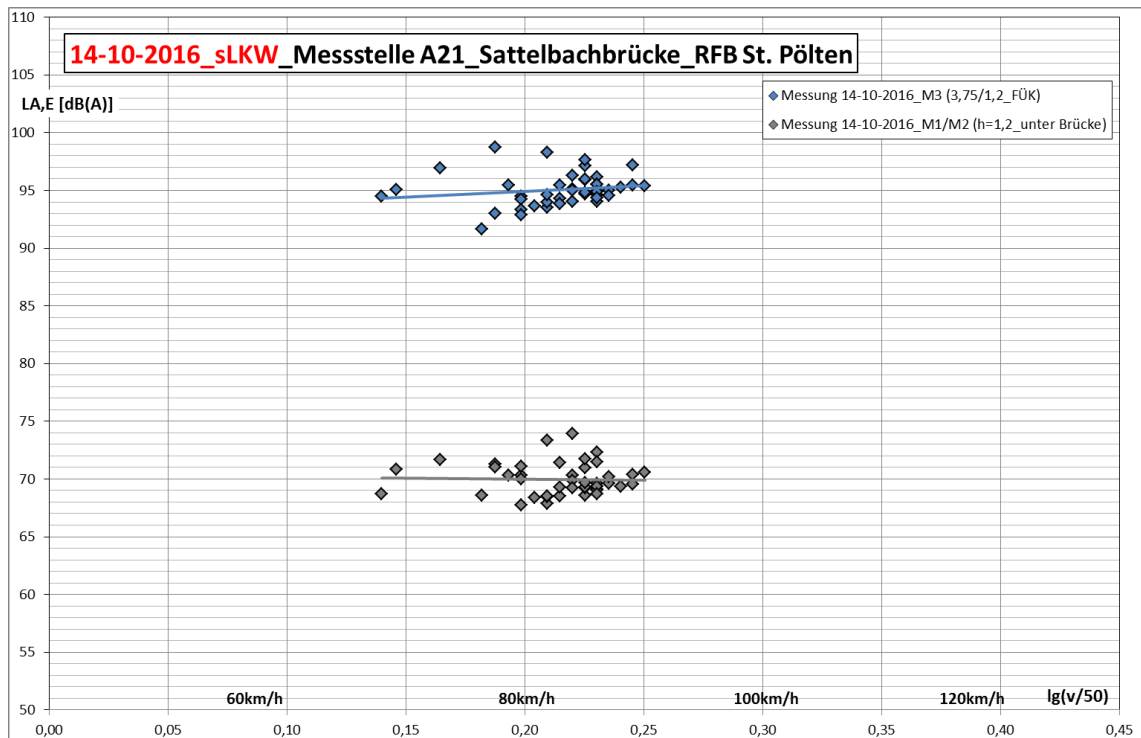


Abbildung 5-57: Messung am 14.10.2016 (ohne Dämmmatten)_Geschwindigkeitsabhängige Schallereignispegel (sLKW)

Gegenüberstellung der Messungen Sattelbachbrücke (LA,E mit und ohne Dämmmatten)

Die Öffnungsbreite der Konstruktion war an beiden Messtagen ident und betrug jeweils 35,8cm. Die geschwindigkeitsabhängigen, A-bewerteten Schallereignispegel im Querschnitt der FÜK weisen an beiden Messtagen nahezu dieselben Werte auf (PKW), das bedeutet, das Dämmmaterial im Bereich der Auflagerbank hat erwartungsgemäß keinen Einfluss auf die Schallabstrahlung oberhalb der Brücke. Bei der Kategorie des sLKW hingegen kommt es zu Pegeldifferenzen, welche aber nicht auf das Dämmmaterial zurückzuführen sind, sondern auf einzelne (schalltechnische) Ausreißer bei den erhobenen sLKW-Vorbeifahrten.

Für die Messpunkte unter der Brücke zeigte sich, dass durch den Einsatz der mineralischen Dämmmatten eine Verbesserung von 2dB bis 3dB (PKW) bzw. 3dB bis 5dB (sLKW) erreicht werden kann. Diese Aussage gilt ausschließlich für die untersuchte Konstruktion der Sattelbachbrücke und darf nicht als allgemeine Aussage verstanden werden.

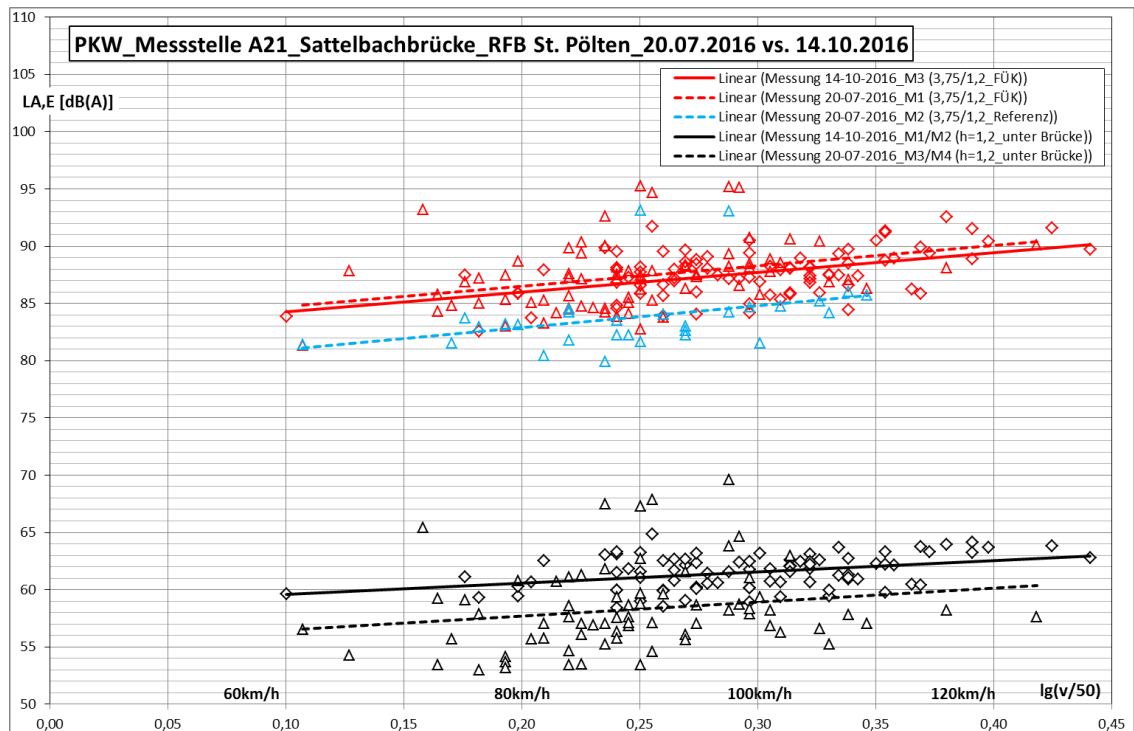


Abbildung 5-58: Messstelle Sattelbachbrücke_Gegenüberstellung der geschwindigkeitsabhängigen Schallereignispegel (PKW)

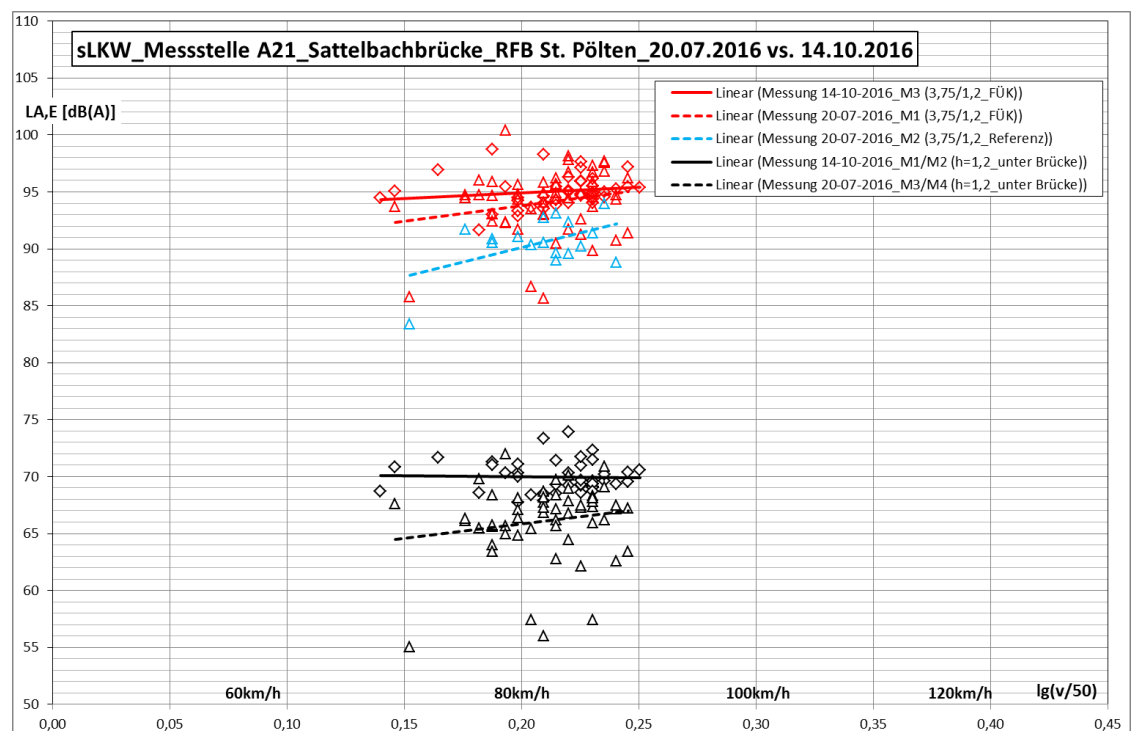


Abbildung 5-59: Messstelle Sattelbachbrücke_Gegenüberstellung der geschwindigkeitsabhängigen Schallereignispegel (sLKW)

Gegenüberstellung der Messungen Sattelbachbrücke (mit Dämmmatten) und A10 (LA,E)

Wie unterschiedlich die Schallemissionen unterhalb der Brücke/der FÜK ausfallen können, soll anschließender Vergleich darstellen. Hierfür sind die Ergebnisse der Messung auf der A10, km 141/Objekt L53 (17.11.2015) jenen der Messung vom 20.07.2016 (Sattelbachbrücke mit Dämmmatten) gegenübergestellt. Die Zusammenhänge sind für die Kategorie der PKW dargestellt.

Die geschwindigkeitsabhängigen, A-bewerteten Schallereignispegel in den beiden Referenzquerschnitten lassen erkennen, dass die Belagsmessstelle Sattelbachbrücke um knapp 2dB leiser ist, als jene auf der A10. Anders verhält es sich im Querschnitt der Übergangskonstruktion. Für diese Messquerschnitte kann nachgewiesen werden, dass der Lamellenübergang auf der Sattelbachbrücke im Mittel um 2dB bis 4dB höhere Schallereignispegel aufweist, als der auskragende Fingerübergang auf der A10.

Die größten Unterschiede zeigen sich aber unterhalb der Brücke/der FÜK. Bei dem Übergang auf der A10 reduzieren sich die Pegel unter der Brücke gegenüber jenen im Querschnitt der FÜK um 10dB bis 12dB, bei der Messstelle auf der Sattelbachbrücke im Mittel um rund 30dB. Somit kann gezeigt werden, dass die Schallabstrahlung unter der Sattelbachbrücke (mit Dämmmaterial) um rund 15dB geringere Emissionen aufweist als auf der A10.

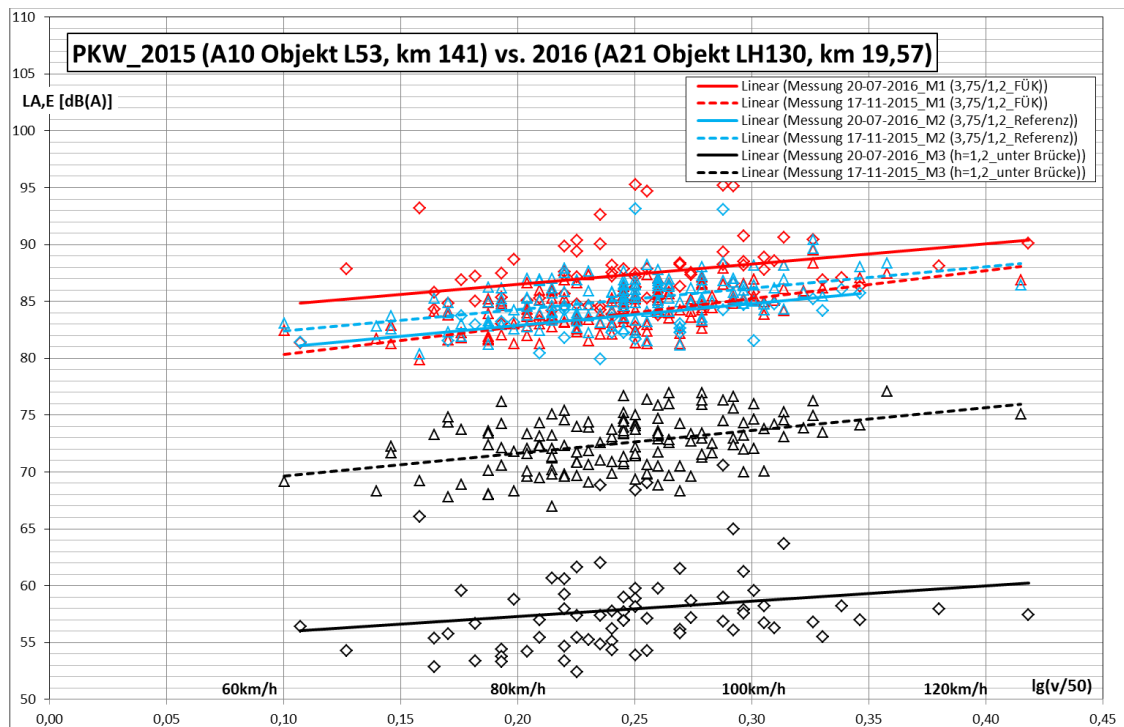


Abbildung 5-60 Messstelle Sattelbachbrücke (mit Dämmmatten) vs. Messstelle A10 _Gegenüberstellung der geschwindigkeitsabhängigen Schallereignispegel (PKW)

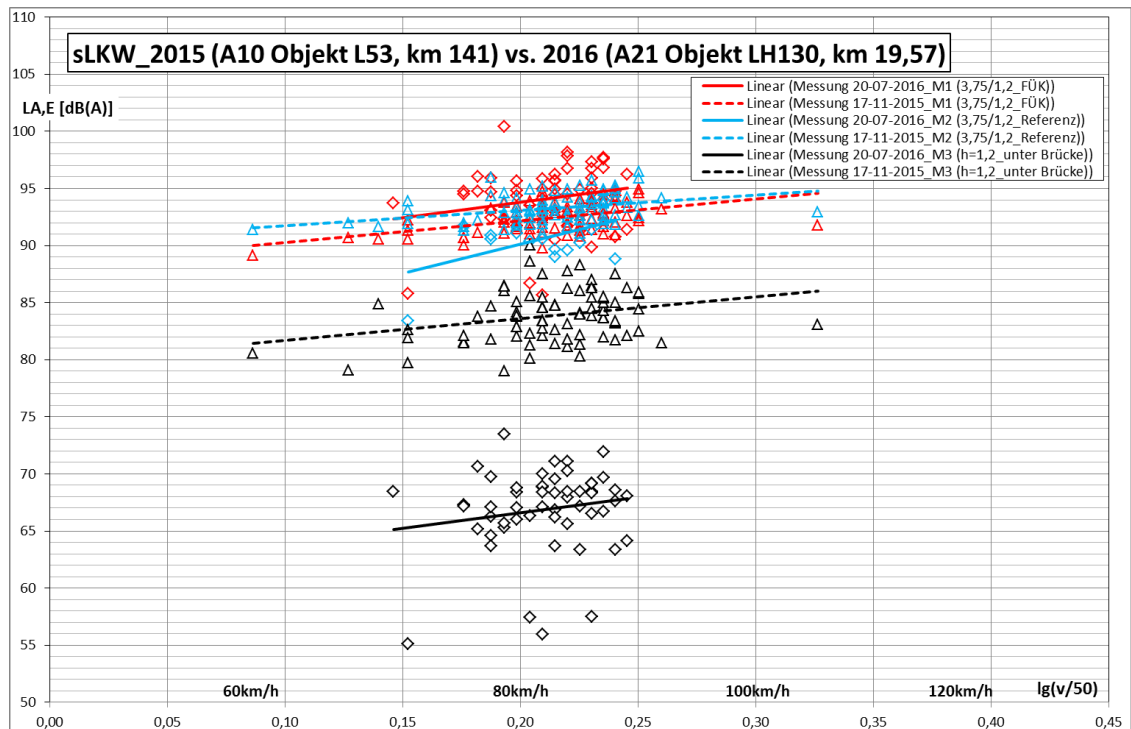


Abbildung 5-61: Messstelle Sattelbachbrücke (mit Dämmmatten) vs. Messstelle A10 _Gegenüberstellung der geschwindigkeitsabhängigen Schallereignispegel (sLKW)

Terzpegelspektren [dB(A)] - Sattelbachbrücke

Informationen über die Geräuschzusammensetzung unter der Brücke ermöglichen es, gezielte und frequenzoptimierte schalltechnische Maßnahmen zu setzen.

Das gemittelte sLKW - Terzpegelspektrum unter der Brücke/der FÜK weist gegenüber dem entsprechenden Terzpegelspektrum im Querschnitt der FÜK für den Zustand mit Dämmmatten eine lokale Pegelerhöhung bei einer Terzmittenfrequenz von 160Hz auf. Entfernt man das gegenständliche Dämmmaterial, stellt sich diese Erhöhung etwas ausgeprägter dar. Analoges gilt für die Kategorie der PKW. Mit Ausnahme des lokalen Maximums bei 160Hz, zeigen die Spektren unter der Brücke einen akustisch unauffälligen Verlauf (keine ausgeprägten Tonhaltigkeiten bzw. peaks in den einzelnen Frequenzen).

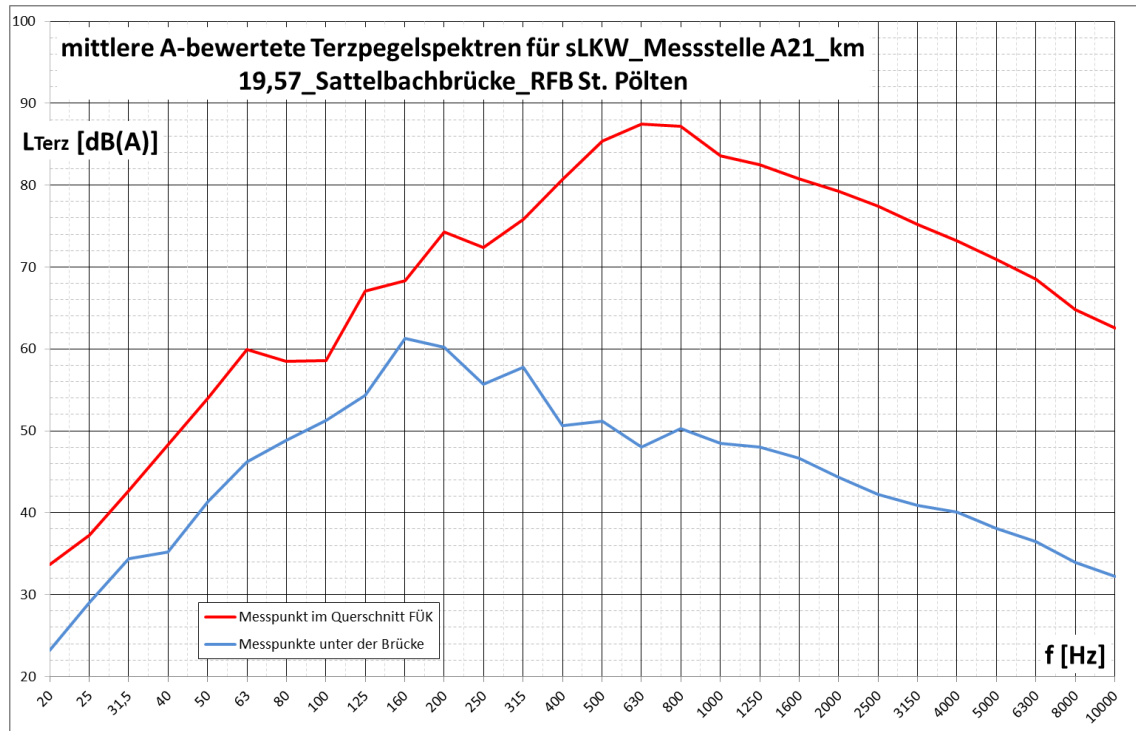


Abbildung 5-62: Messung am 20.07.2016 (mit Dämmmatten)_mittlere Terzpegelspektren (sLKW)

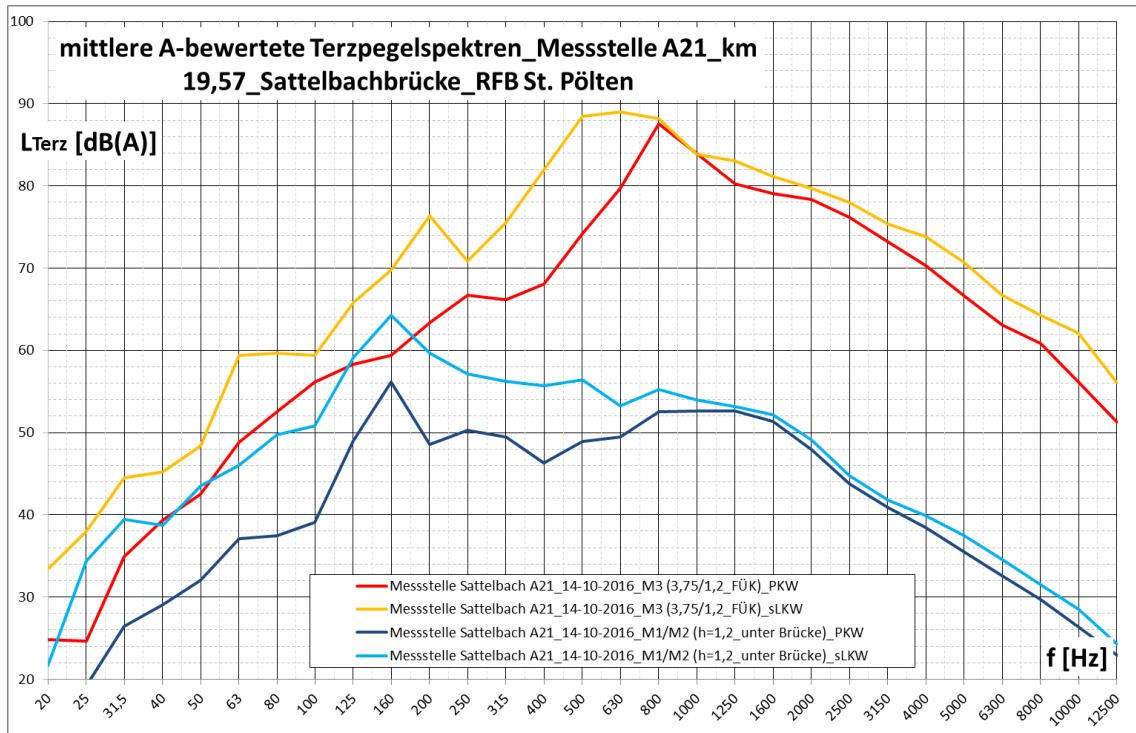


Abbildung 5-63: Messung am 14.10.2016 (ohne Dämmmatten)_mittlere Terzpegelspektren (PKW und sLKW)

Gegenüberstellung der Messungen Sattelbachbrücke (Terzpegelspektren mit und ohne Dämmmatten)

Die Gegenüberstellung ist für die Kategorie der sLKW dargestellt, für die Kategorie der PKW gelten dieselben Zusammenhänge. Im Querschnitt der FÜK decken sich die mittleren A-bewerteten Terzpegelspektren beider Messtage, das bedeutet, das eingebaute Dämmmaterial übt erwartungsgemäß keinen Einfluss auf die Geräuschzusammensetzung (und auf die Höhe

der Schallabstrahlung) oberhalb der Brücke aus. In den Mikrofonpositionen unter der Brücke können durch das Dämmmaterial in einzelnen Frequenzbereichen Verbesserungen von bis zu 5dB nachgewiesen werden.

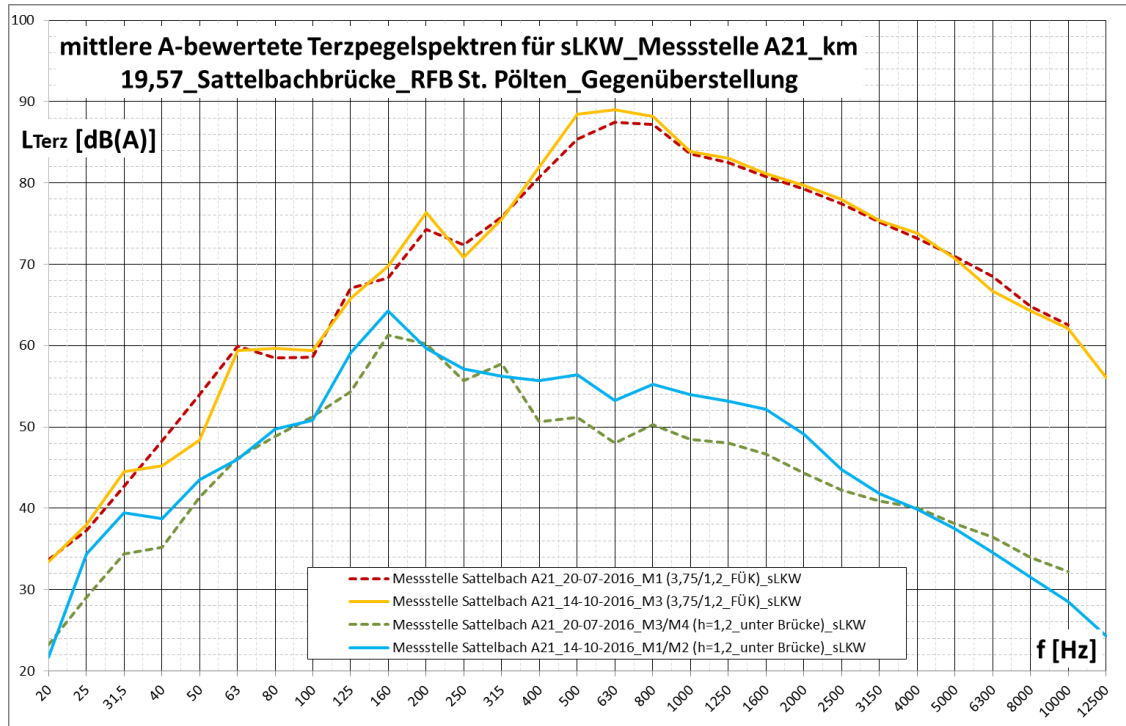


Abbildung 5-64: Messstelle Sattelbachbrücke_Gegenüberstellung der mittleren Terzpegelspektren (sLKW)

Gegenüberstellung der Messungen Sattelbachbrücke (ohne Dämmmatten) und Frohnleiten (Terzpegelspektren)

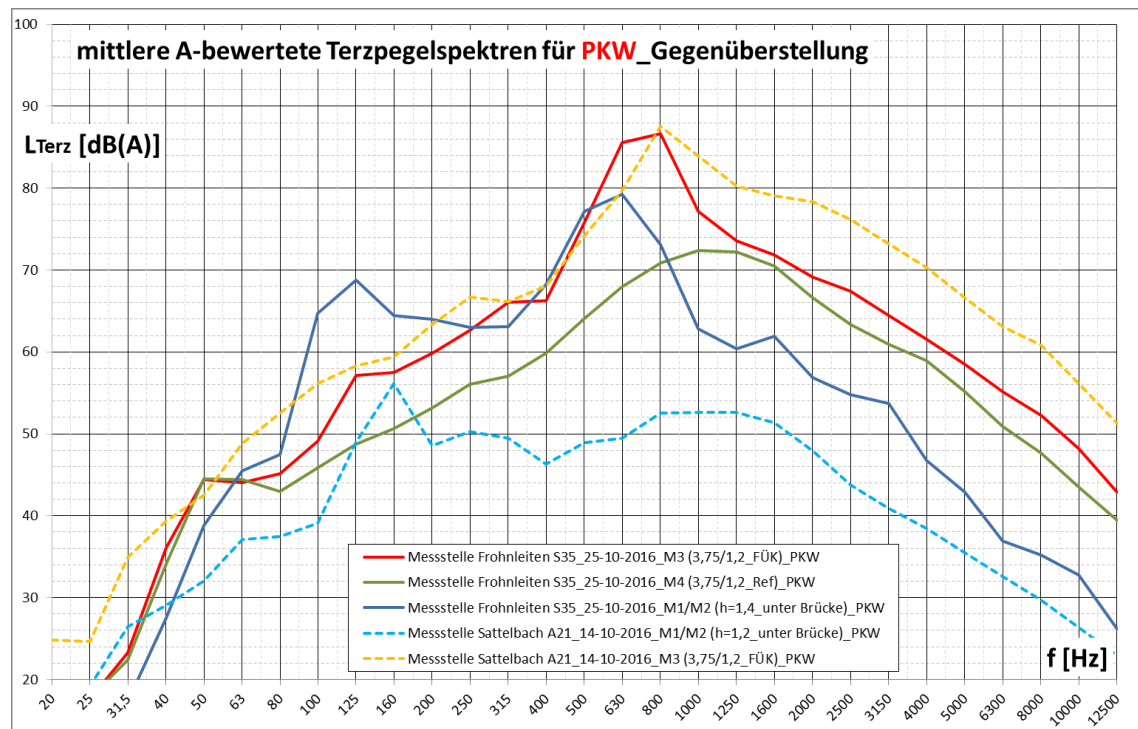


Abbildung 5-65: Messstelle Sattelbachbrücke (ohne Dämmmatten) vs. Messstelle Frohnleiten_Gegenüberstellung der mittleren Terzpegelspektren (PKW)

Schallimmissionsmessungen gem. ÖNORM S 5004

Ergänzend zu den Schallemissionsmessungen auf und unter der Fahrbahn wurden Schallimmissionsmessungen durchgeführt. Der Messpunkt MP1 wurde an beiden Messtagen direkt unter der Brücke im Bereich der Lagerbank instrumentiert. An diesem Ort waren die Geräusche der Überfahrten deutlich wahrnehmbar, der Einfluss des Umgebungsgeräusches hingegen konnte als gering eingestuft werden.



Abbildung 5-66: Lage des Schallimmissionspunktes MP1 im Nahbereich der Fahrbahnübergangskonstruktion

Als zweiter Immissionspunkt wurde ein Messpunkt im Nahbereich der Sattelbachbrücke beim nächst gelegenen Anrainer gewählt (MP2). Hier waren die Verkehrsgeräusche auf der Bundesstraße L130 prägend (LA_{eq}), das Autobahngeräusch selbst kann mitunter durch den Basispegel beschrieben werden. Dieser Messpunkt wurde ausschließlich am 20.07.2016 installiert, da er aufgrund des hohen Pegels der Ortsüblichkeit (ohne dem Autobahngeräusch) nur bedingt zur Erfassung/Beurteilung der Schallimmissionen der A21 herangezogen werden konnte.



Abbildung 5-67: Lage des Schallimmissionspunktes MP2 unterhalb der Brücke/an der L130

Messpunkte und Meteorologie:

- MP1 direkt unterhalb der FÜK/Brücke, h=1,8m (an beiden Messtagen), T=23°C bis 24°C, $v_{\text{wind}} < 5\text{km/h}$ (Messung vom 20.07.2016) und T=8°C bis 11°C, $v_{\text{wind}} < 5\text{km/h}$ (Messung vom 14.10.2016)
- MP2 unterhalb der Brücke, Grundstücksgrenze Haus Nr. 37 (nur bei Messung vom 20.07.2016), h=1,8m, heiter, T= 23°C bis 24°C, $v_{\text{wind}} < 5\text{km/h}$, Distanz zum Querschnitt FÜK rund 200m
- In MP2 Verkehrsgeräusche auf Bundesstraße L130 prägend
- Verkehr auf L130 (11:00 bis 12:00): 72 PKW / 2 LKW/ 9 Motorrad
- Verkehr auf L130 (12:00 bis 13:00): 92 PKW / 2 LKW/ 5 Motorrad

Messergebnisse:

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Messergebnisse im Detail:

| Messergebnisse im MP1 (gem. ÖNORM S 5004) | | | | | | | | |
|---|-------------|----------|--------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------------------|----------------|
| Datum | Zeit | Höhe [m] | Dauer [Min.] | LA,50 [dB(A)] | Basispegel LA,95 [dB(A)] | LA,eq [dB(A)] | Mittlerer Spitzenpegel LA,01 [dB(A)] | LA,max [dB(A)] |
| 20.07.2016 | 11:00-12:00 | 1,8 | 60 | 54,5 | 49,9 | 55,7 | 61,8 | 47,8 |
| | 12:00-13:00 | 1,8 | 60 | 54,2 | 50,0 | 55,8 | 62,0 | 48,5 |

| Messergebnisse im MP2 (gem. ÖNORM S 5004) | | | | | | | | |
|---|-------------|----------|--------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------------------|----------------|
| Datum | Zeit | Höhe [m] | Dauer [Min.] | LA,50 [dB(A)] | Basispegel LA,95 [dB(A)] | LA,eq [dB(A)] | Mittlerer Spitzenpegel LA,01 [dB(A)] | LA,max [dB(A)] |
| 20.07.2016 | 11:00-12:00 | 1,8 | 60 | 52,3 | 47,6 | 59,3 | 71,5 | 79,7 |
| | 12:00-13:00 | 1,8 | 60 | 52,5 | 48,1 | 59,5 | 71,7 | 77,1 |

| Messergebnisse im MP1 (gem. ÖNORM S 5004) | | | | | | | | |
|---|-------------|----------|--------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------------------|----------------|
| Datum | Zeit | Höhe [m] | Dauer [Min.] | LA,50 [dB(A)] | Basispegel LA,95 [dB(A)] | LA,eq [dB(A)] | Mittlerer Spitzenpegel LA,01 [dB(A)] | LA,max [dB(A)] |
| 14.10.2016 | 10:00-11:00 | 1,8 | 60 | 59,4 | 56,8 | 60,3 | 65,9 | 77,2 |
| | 11:00-12:00 | 1,8 | 60 | 59,8 | 57,3 | 60,1 | 63,5 | 69,8 |

Tabelle 5-3: Messergebnisse der Schallimmissionsmessungen Sattelbachbrücke (ÖNORM S 5004)

Immissionsmessungen in MP1 (20.07.2016 vs. 14.10.2016)

- $\Delta L = 4\text{-}7\text{dB(A)}$
- $\Delta L_{A,50} = 4\text{-}5\text{dB(A)}$, dieser Pegelwert deckt sich in seiner Größenordnung mit den Differenzen der A-bewerteten, geschwindigkeitsabhängigen Schallleistungspegel für die Messpunkte unter der Brücke (mit und ohne Dämmmaterial).

5.3.3.2 Rollgeräuschanhänger/Kraftmessfelge

In Abbildung 5-68 ist die CPX- und Texturmessung an der ersten Messstelle gezeigt. Die Verringerung des Rollgeräusches vor dem Anstieg ist durch ein Abheben des Messreifens verursacht. Der Grund hierfür liegt in der Geometrie der Straße vor der FÜK. Wenn die Welligkeit (IRI) der Fahrbahnoberfläche günstig ist, kann das Fahrzeug kurzfristig die Aufstandskraft vermindern und so eine geringere Belastung auf die FÜK ausüben. Durch die Messung mit der Kraftmessfelge ist das in Abbildung 5-69 gut sichtbar in der Reifenaufstandskraft F_z , die sich vor dem Übergang massiv verringert auf ca 3000 N und dann durch die Überfahrt der FÜK auf 5000 N erhöht.

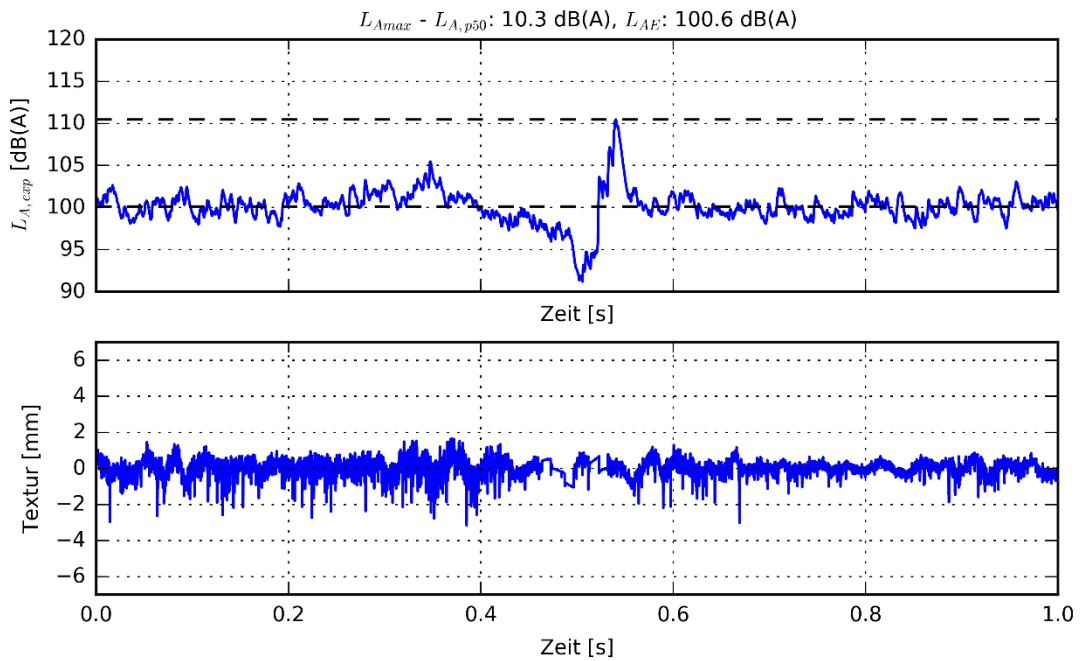


Abbildung 5-68: CPX- und Texturmessung an der ersten Messstelle auf der Sattelbachbrücke (Objekt A21.27, km 19,668, RFB West)

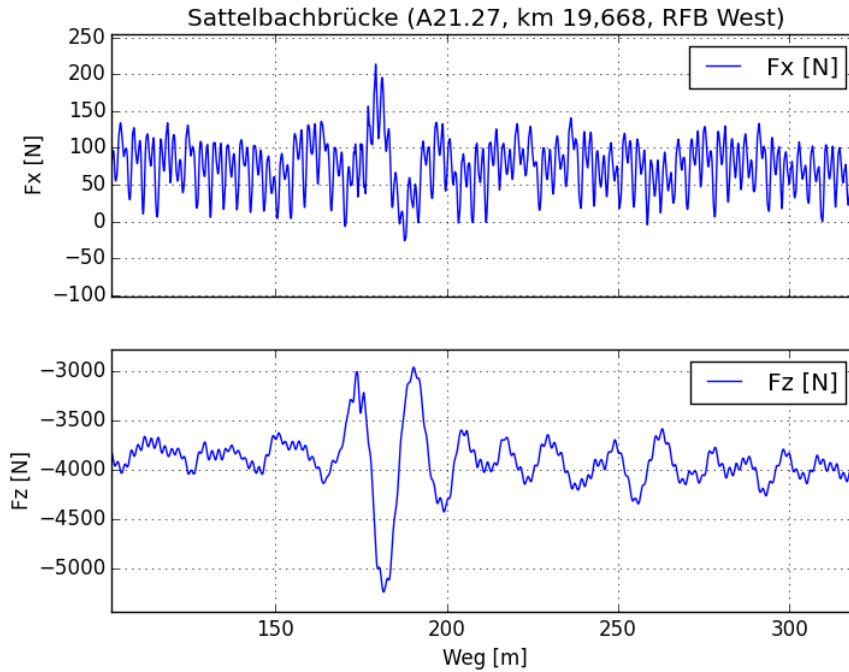


Abbildung 5-69: Messung mit der Kraftmessfelge an der ersten Messstelle auf der Sattelbachbrücke

Die Messung der zweiten Messstelle ist in Abbildung 5-70 und Abbildung 5-71 ersichtlich. Im Gegensatz zur ersten Messstelle, wo durch das Abheben des Reifens vor der FÜK eine geringere Pegeldifferenz von ca 10 dB(A) gemessen wird, ist hier der Wert mit 15 dB(A) größer. Die Messung der Kräfte zeigt, dass die FÜK nicht auffällig ist, da sich bei der Überfahrt keine großen Änderungen zeigen.

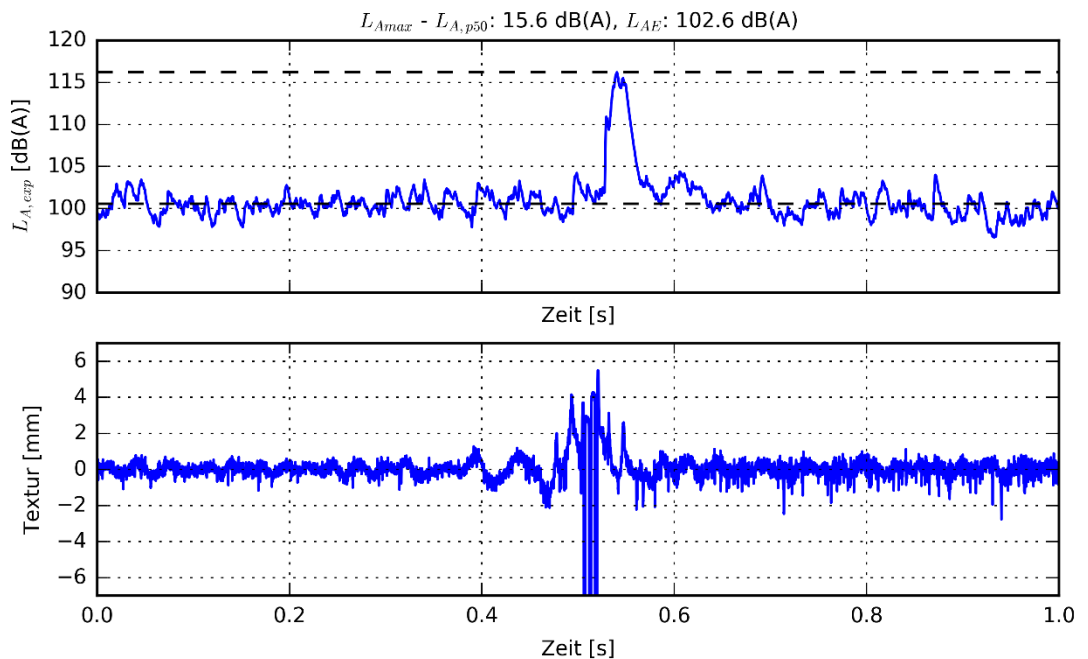


Abbildung 5-70: CPX- und Texturmessung an der zweiten Messstelle auf der Sattelbachbrücke

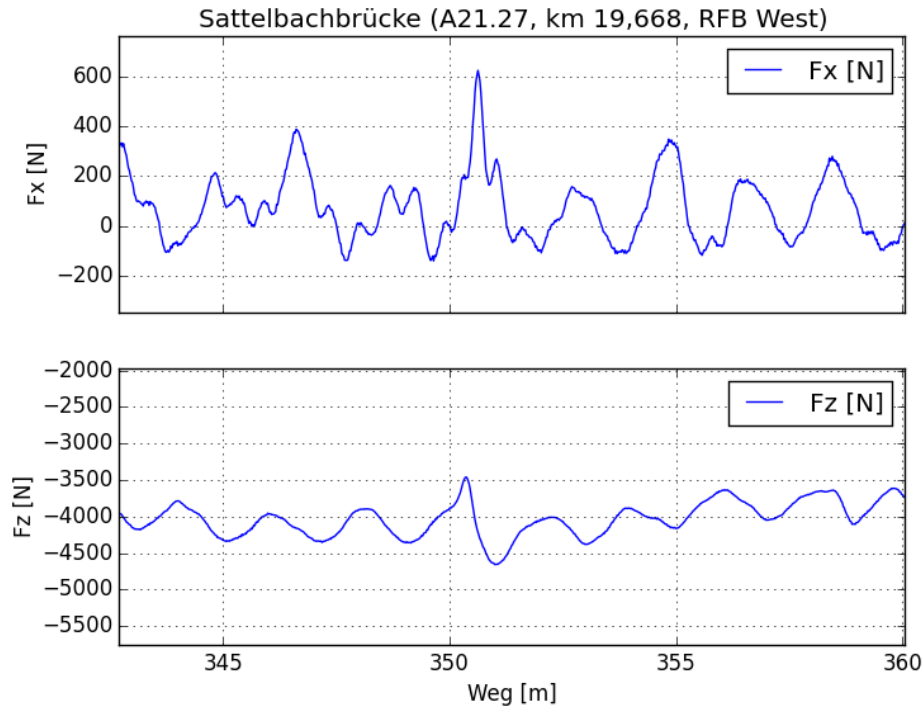


Abbildung 5-71: Messung mit der Kraftmessfelge an der zweiten Messstelle auf der Sattelbachbrücke

5.3.4 Zusammenfassung

5.3.4.1 Fahrbahnübergang mit Dämmmatten

- Die Schallereignispegel im Querschnitt der FÜK liegen im Mittel um 3dB bis 5dB über jenen im Referenzquerschnitt. Unter der Brücke/FÜK reduzieren sich die Schallereignispegel im Mittel um rund 30dB (PKW) und um 28dB (sLKW).
- Das gemittelte Terzpegelspektrum unter der Brücke/der FÜK weist gegenüber dem entsprechenden Terzpegelspektrum im Querschnitt der FÜK eine lokale Pegelerhöhung bei einer Terzmittenfrequenz von 160Hz auf.

5.3.4.2 Fahrbahnübergang ohne Dämmmatten

- Unter der Brücke/FÜK reduzieren sich die geschwindigkeitsabhängigen Schallereignispegel (im Vergleich zum Querschnitt der FÜK) im Mittel um 24dB bis 27dB (PKW) und um 24dB bis 25dB (sLKW).
- Das gemittelte Terzpegelspektrum unter der Brücke/der FÜK zeigt einen ähnlichen Verlauf wie für den Zustand mit Dämmmaterial, wobei sich die Pegelerhöhung bei 160Hz etwas ausgeprägter darstellt. Mit Ausnahme des lokalen Maximums bei 160Hz, zeigen die Spektren unter der Brücke einen akustisch unauffälligen Verlauf (keine ausgeprägten Tonhaltigkeiten bzw. Spitzen in den einzelnen Frequenzen).

5.3.4.3 Vergleich mit / ohne Dämmmatten

- Die Öffnungsbreite der Konstruktion war an beiden Messtagen ident und betrug jeweils 35,8 cm.
- Die geschwindigkeitsabhängigen, A-bewerteten Schallereignispegel im Querschnitt der FÜK weisen an beiden Messtagen nahezu dieselben Werte auf, das bedeutet, das im Bereich der Auflagerbank eingebaute Dämmmaterial hat erwartungsgemäß keinen Einfluss

auf die Schallabstrahlung oberhalb der Brücke. Dasselbe gilt für die entsprechende Geräuschzusammensetzung, die mittleren A-bewerteten Terzpegelspektren beider Messtage decken sich.

- Für die Messpunkte unter der Brücke zeigte sich, dass durch den Einsatz der mineralischen Dämmplatten eine Verbesserung von 2dB bis 3dB (PKW) bzw. 3dB bis 5dB (sLKW) erreicht werden kann.
- In den Mikrofonpositionen unter der Brücke können durch das Dämmmaterial in einzelnen Frequenzbereichen Verbesserungen von bis zu 5dB nachgewiesen werden.

6. Weitere Vorgehensweise

Im Zuge der bisher durchgeführten Projektbesprechungen wurde für die Arbeitspakete 4 und 5 das folgende Vorgehen mit dem Projektverantwortlichen der ASFINAG, Herrn Bauer, abgestimmt:

6.1 AP 4 & 5 – weitere Untersuchungen von FÜK und Sanierungsvorschläge

Anhand der durchgeführten messtechnischen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass die Lärmschutzmaßnahmen für jeden Übergang individuell ausgeführt werden müssen. Das liegt an den sehr unterschiedlich ausgeführten Fahrbahnübergängen und Brückenlagern.

Dies wurde durch die Ergebnisse einer internen Recherche der Firma Maurer bestätigt. Hier wurde nach Fahrbahnübergangskonstruktionen gesucht, für die das Unternehmen mit einer schalltechnischen Sanierung des Überganges mit Hilfe des Systems „GU-f“ (siehe Kapitel 3.1.2.3) beauftragt wurde. Aus den im Rahmen dessen gefunden Sanierungsfällen konnten jedoch keine Schlüsse gezogen werden, die auf ein Muster oder einen auffälligen Konstruktionstyp bzw. eine Kombination aus FÜK-Typ und Brückenart schließen lassen, bei der es zu einer Häufung von Lärmbeschwerden kommt. Da es sich bei Brücken und deren Konstruktion im Regelfall um individuell entworfene Unikate handelt gibt es zu viele Parameter die variiert werden können. Deswegen kam das Konsortium zu dem Schluss, dass keine allgemein gültigen Sanierungsvorschläge vorgeschlagen werden können, die für alle FÜK im selben Maße gelten. Somit wurde der Erstellung einer Handlungsanweisung für den Umgang mit problematischen Fahrbahnübergängen von Brücken der Vorzug gegeben. Diese wird im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

6.2 Handlungsanweisung

Bei schalltechnisch problematischen Übergängen, welche Anrainerbeschwerden aufgrund hoher Lärmentwicklung nach sich ziehen, ist es zielführend, eine standardisierte Vorgehensweise einzuführen. Nur dadurch kann eine direkte Gegenüberstellung von möglichen Angeboten/Sanierungsvorschlägen sichergestellt werden. Außerdem wird dadurch eine hohe Qualität in der Durchführung der Messungen und der Dokumentation der Sanierungsmaßnahmen erreicht und eine Vergleichbarkeit der Messergebnisse ermöglicht.

Die Messungen und die schalltechnische Beurteilung müssen von einem fachlich qualifizierten Unternehmen (Ingenieurbüro mit der entsprechenden Befugnis, Ziviltechniker) durchgeführt werden.

Die nachfolgend beschriebene Handlungsanweisung beinhaltet die notwendigen Schritte zur Maßnahmenentwicklung im Beschwerdefall. Ebenso enthalten sind Angaben zur Zustandsfeststellung, die Auswahl geeigneter Schalldämmmaßnahmen und die Herangehensweise zur Überprüfung ihrer Wirksamkeit.

Alle durchgeführten Messungen oder weiterführenden Berechnungen sind von einschlägig qualifiziertem Fachpersonal durchzuführen, um die notwendige Qualität der Ergebnisse gewährleisten zu können.

6.2.1 Schritt 1 - Überprüfung des Fahrbahnübergangs

Mögliche Problem-Fahrbahnübergänge können entweder durch Lärmbeschwerden von Anrainern oder präventiv durch Messungen im Auftrag von Infrastrukturbetreibern identifiziert werden. Problematische Konstruktionen, welche durch oberflächennahe Lärmemission auffallen, können durch Befahrung mit einem CPX-Rollgeräuschanhänger effizient identifiziert werden. Bei erhöhter Lärmemission unter der Brücke kann die Identifizierung durch subjektives Empfinden von Anrainern bzw. Fachpersonal des Infrastrukturbetreibers und darauffolgender Einzelmessung mittels Schallimmissionsmessung erfolgen.

Die erste Überprüfung der jeweiligen Fahrbahnübergangskonstruktion (FÜK) sollte von einer geeigneten Fachperson (z.B. Hersteller) durchgeführt werden. Hierbei sollten vor allem mögliche Mängel des Fahrbahnüberganges festgestellt und dokumentiert werden, welche zu erhöhter Schallemission führen können. Dabei sollte auf folgende Punkte geachtet werden:

- Einbaudatum der FÜK
- Datum der letzten Überprüfung der FÜK
- Sichtbare Schäden (z.B. durch Schneeräumen) der FÜK auf der Oberfläche
- Absenkungen im Bereich der Fahrbahn vor und/oder nach der FÜK (Erzeugung einer „Stufe“ zwischen Fahrbahnplatte und FÜK)
- Charakteristik des Störgeräusches (Metallische Geräusche bei der Überfahrt können von gegebenenfalls lockeren bzw. defekten Konstruktionsteilen verursacht werden)

Offensichtliche Schäden an der FÜK sollten zeitnah behoben werden. Wenn sich der Fahrbahnübergang in weitgehend gutem Zustand befindet, die Schallproblematik trotzdem weiterhin besteht, sollte vor Beginn einer schalltechnischen Sanierung der FÜK eine Bestandsmessung gemäß Schritt 2 durchgeführt werden, um eine optimale Maßnahme zu identifizieren.

6.2.2 Schritt 2 - Durchführen der Bestandsmessung

Mit Hilfe von Schallpegelmessung können die charakteristischen Pegel und Frequenzspektren der FÜK bestimmt werden, aus denen in Folge die weiteren Maßnahmen abgeleitet und die bestmöglichen Sanierungsvorschläge entwickelt werden können.

Dafür können je nach Lage des Problems (störende Schallabstrahlung nach oben oder unten) verschiedene Messsetups zur Anwendung kommen.

Bei störenden Schallemissionen oberhalb der Brücke wird das bereits festgelegte Messsetup gem. RVS 15.04.52 empfohlen. Im Fall von störenden Abstrahlungen unterhalb des Tragwerkes wird ein modifizierter Aufbau vorgeschlagen, welcher nachfolgend beschrieben wird.

6.2.2.1 Wahl der Messpunkte

Im Rahmen eines Vorgängerprojektes aus dem Jahr 2007 wurden die Messpunkte an der FÜK Oberseite für ein standardisiertes Messsetup definiert. Dafür braucht es einen Messpunkt direkt im Querschnitt der FÜK (MP1) und einen Referenzmesspunkt in zumindest 30 m Entfernung zum Querschnitt der FÜK (MP2), um die Schallpegeldifferenz bestimmen zu können, welche durch die Konstruktion selbst erzeugt wird. Sofern (aufgrund der Zugänglichkeit) möglich, wurde ein dritter Messpunkt unterhalb der FÜK etabliert (MP3). Zusätzlich wurde ein vierter Messpunkt immissionsseitig beim Anrainer definiert. Diese Erkenntnisse wurden in der RVS 15.04.52

verarbeitet und werden derzeit für die Bestimmung der akustischen Eigenschaften von bereits verbauten Übergangskonstruktionen verwendet (lärmarme Konstruktion ja/nein).

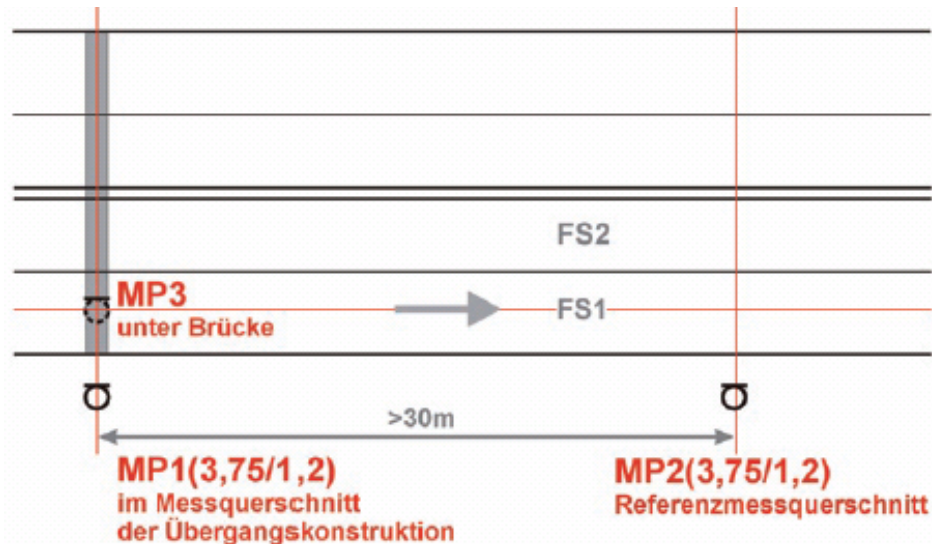


Abbildung 6-1: Anordnung der Messquerschnitte und Messpunkte (MP) [gem. RVS 15.04.52]

Im Zuge der im Rahmen von SOFT durchgeführten messtechnischen Untersuchungen wurde dieses Mikrofonsetup gemäß RVS 15.04.52 für den aktuellen Anwendungsfall wie folgt modifiziert, um die für eine Dimensionierung der Schallschutzmaßnahmen notwendigen Informationen zu erhalten.

Messpunkte MP1 und MP2

Die Instrumentierung dieser beiden Punkte gemäß dem Setup der RVS 15.04.52 erfolgt nur im Fall einer Abstrahlung der störenden Schallemissionen nach oben. Für die Dimensionierung der Schallschutzmaßnahme im Fall einer reinen Abstrahlung nach unten kann MP2 entfallen. MP1 kommt zum Einsatz, um störende Frequenzbänder zu identifizieren, die es zu dämmen gilt.

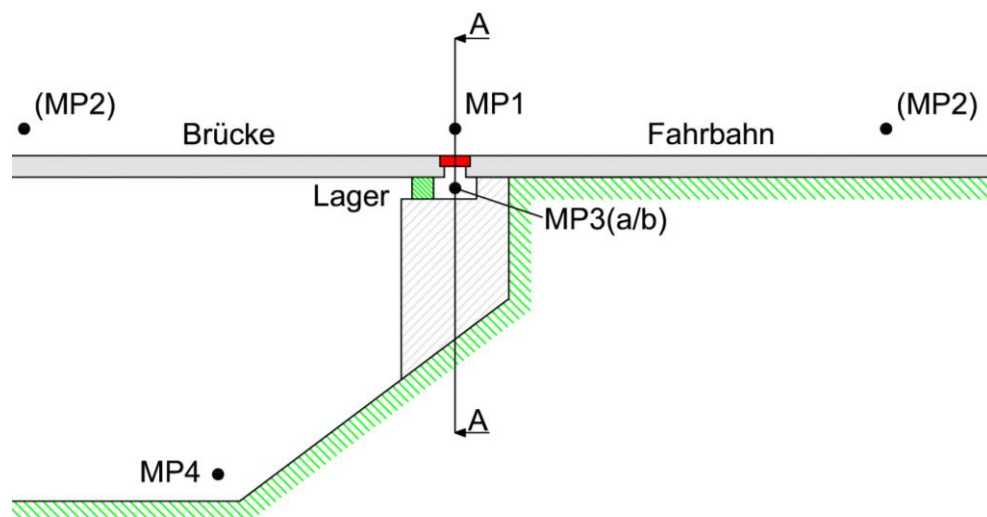


Abbildung 6-2: Schematische Darstellung der modifizierten Messpositionen für die erweiterte Bestandsmessung

Schnitt A-A:

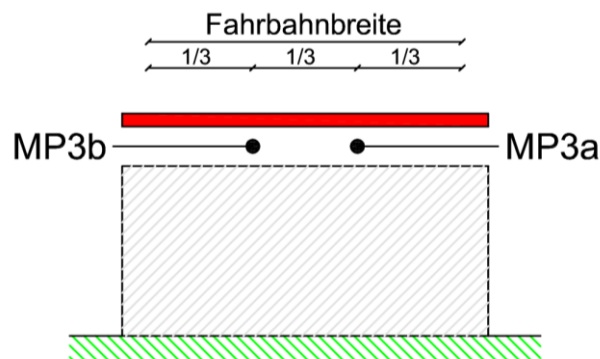


Abbildung 6-3: Schematische Darstellung der Messpositionen für die Dimensionierung der Schallschutzmaßnahme unterhalb der FÜK

Messpunkt MP3 (a/b)

Diese Messpositionen dienen der Dimensionierung der Lärmschutzmaßnahmen. Die Position wurde von einem Punkt auf 2 Messpunkte ausgeweitet, welche in den Drittelpunkten der zu untersuchenden Fahrspur positioniert werden.

Mit Hilfe von Terz- oder Schmalbandanalysen können aus diesen Messergebnissen die störenden Frequenzbänder ermittelt werden, für welche es in weiterer Folge die optimierten Maßnahmen/Dämmmaterialien zu finden gilt.

Messpunkt MP4

Der immissionsseitige Punkt beim Anrainer wurde in den Naebereich der Brücke verschoben, um ein standardisiertes/vergleichbares Messsetup zu ermöglichen. So soll gewährleistet werden, dass die Messergebnisse möglichst frei von Fremdgeräuscheinflüssen bleiben (z.B. Straßenverkehr auf Nebenstraßen, etc.). Die dort ermittelten Pegel können als Basis für Schallausbreitungsberechnungen verstanden werden, mit denen der alleinige Einfluss der FÜK (bzw. das durch die Überfahrt unter der Brücke induzierte Geräusch) beim nächstgelegenen Anrainer bestimmt werden kann. Seitens des Konsortiums wird, im Fall der Immissionsbewertung beim Anrainer, einer Prognoseberechnung der Vorzug gegenüber der Schallimmissionsmessungen gegeben, da letztere durch viele Faktoren beeinflusst werden kann, die eine objektive Bewertung erschweren.

Am Immissionsmesspunkt (anrainerseitig) ist eine Pegelstatistik zu erfassen. Diese dient zur nachträglichen Analyse der Wirksamkeit der Lärmschutzmaßnahmen.

6.2.2.2 Durchführung

Die Durchführung der Messung hat grundsätzlich gem. ÖNORM S 5004 zu erfolgen. Die Bedienung der geeichten Präzisionsschallpegelmessgeräte hat in jedem Fall von einer sachkundigen Person zu erfolgen. Vor und nach den durchzuführenden Schallpegelmessungen muss die gesamte Messkette von den Mikrofonen bis zum Schallanalysator mit einer geeichten Prüfschallquelle kalibriert werden. Eine entsprechende Dokumentation des Kalibriervorganges ist erforderlich.

Zur Beurteilung der durch die Überfahrten induzierten Geräusche unterhalb der FÜK kann die benötigte Anzahl der Überfahrten, abweichend zu den Vorgaben der RVS 15.04.52, verringert werden. Als ausreichende Anzahl an Fahrten werden in dieser Handlungsanweisung mindestens 15 PKW-Überfahrten und 15 sLKW-Überfahrten definiert. Für eine Beurteilung oberhalb der FÜK gelten bezüglich der Anzahl an Fahrzeugen die Vorgaben gem. RVS 15.04.52.

Da die sLKW-Fahrten den maßgeblichen Einfluss am Gesamtpegel des Übergangs darstellen, wird die Untersuchung der 1. Fahrspur empfohlen.

Die Untersuchung ist bei trockener Fahrbahnoberfläche und niederschlagsfreien Wetterbedingungen mit Windgeschwindigkeiten <5 km/h durchzuführen (vgl. ÖNORM S 5004).

6.2.2.3 Auswertung der Messergebnisse

Grundsätzlich sollten nicht normgerechte Fahrten (z.B. schlecht gewartete Kraftfahrzeuge) von der, im Anschluss an die Schallpegelmessungen durchzuführenden Auswertung ausgeschlossen werden.

Messpunkt 1

Für diesen Messpunkt erfolgt eine Auswertung gemäß RVS 15.04.52. Im Fall des Auftretens von durch die FÜK induzierten, akustisch relevanten Störgeräuschen nach oben muss eine Terzbandanalyse durchgeführt, und die Frequenzbänder ausgewertet werden, um die erhöhten Terzpegel zu identifizieren und geeignete Maßnahmen dimensionieren zu können.

Messpunkt 2

Bei Durchführung siehe RVS 15.04.52.

Messpunkt 3a,b

Die Auswertung der Terzbänder erfolgt getrennt sLKW und PKW. Hierbei werden jeweils f ausschließlich die Zeitsignale während der Dauer der Überfahrt berücksichtigt. Im Zuge der Auswertung werden für beide Messpunkte die A-bewerteten, geschwindigkeitsabhängigen Schallereignispegel $L_{A,E}$ der jeweiligen Überfahrten gem. RVS 15.04.52 gebildet, anschließend energetisch gemittelt und grafisch dargestellt.

Die Terzpegelanalyse wird für die definierte Anzahl von zumindest 15 sLKW- und PKW Überfahrten in beiden Messpunkten durchgeführt. Die berechneten Terzpegel werden über beide Messpositionen energetisch gemittelt und analog zu den Schallereignispegeln für die Kategorie der sLKW und der PKW grafisch aufbereitet. Für die Darstellung des mittleren Frequenzverlaufes des nach unten abgestrahlten Geräusches ist die A-Bewertung zu wählen.

Messpunkt 4

Die Schallimmissionsmessungen haben gem. ÖNORM S 5004 zu erfolgen. Ergänzend zu einer Verkehrszählung müssen die meteorologischen Bedingungen sowie akustisch relevante Ereignisse, welche nicht dem Autobahnverkehr zuzuordnen sind, dokumentiert werden. Neben dem energieäquivalenten Dauerschallpegel $L_{A,eq}$ und dem Basispegel $L_{A,95}$ ist die erweiterte Pegelstatistik zu erheben. Die Messdauer beträgt 1 durchgehende Stunde, wenn möglich zeitgleich zu den Schallemissionsmessungen unter der FÜK. Im Zuge der Untersuchung hat sich gezeigt, dass das 50%-Perzentil $L_{A,50}$, also jener Pegelwert, welcher in 50% der Messzeit überschritten wird, die zu beurteilenden Schallimmissionen am besten beschreibt.

6.2.3 Schritt 3 - Dimensionierung von Maßnahmen

Auf Basis der durchgeführten Bestandsmessung im Nahbereich der zu beurteilenden FÜK können geeignete Maßnahmen zur schalltechnischen Sanierung ausgewählt werden. Hierbei kann in erster Linie eine Auskleidung des Raumes unterhalb des Fahrbahnübergangs in Betracht gezogen werden. Diese Maßnahme ist vergleichsweise kostengünstig und in den meisten Fällen zielführend. Jedoch kann die Zugänglichkeit und Inspizierbarkeit der FÜK dadurch verschlechtert bzw. auch (temporär) verhindert werden. Eine Alternative dazu wäre, je nach Situation vor Ort, die Errichtung einer kompletten Einhausung. Allerdings ist auch hierbei auf eine ausreichende Dämmwirkung und Schallabsorption der Einhausung zu achten, um eine Verstärkung der erzeugten Schallemission zu vermeiden.

Da Absorptionsmaterialien üblicherweise in den hohen Frequenzen höhere Schallabsorptionskoeffizienten aufweisen als in den niedrigen Frequenzen, kann die Abstimmung/Optimierung der einzusetzenden Materialien anhand der Terzbandanalyse erfolgen.

Das Material sollte folgende Eigenschaften aufweisen:

- Witterungsbeständigkeit
- ausreichende Absorption in den Zielfrequenzen
- Montagemöglichkeit

Die Montage sollte auch unter Hinblick auf weitere Inspizierbarkeit der FÜK erfolgen.

Die Mindestabsorption in der Zielfrequenz sollte einen Schallabsorptionskoeffizienten $\alpha \geq 0,3$ erreichen. Das entspricht einer Reduktion von rund 2 dB. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind Kurven eines Absorptionsmaterials dargestellt.

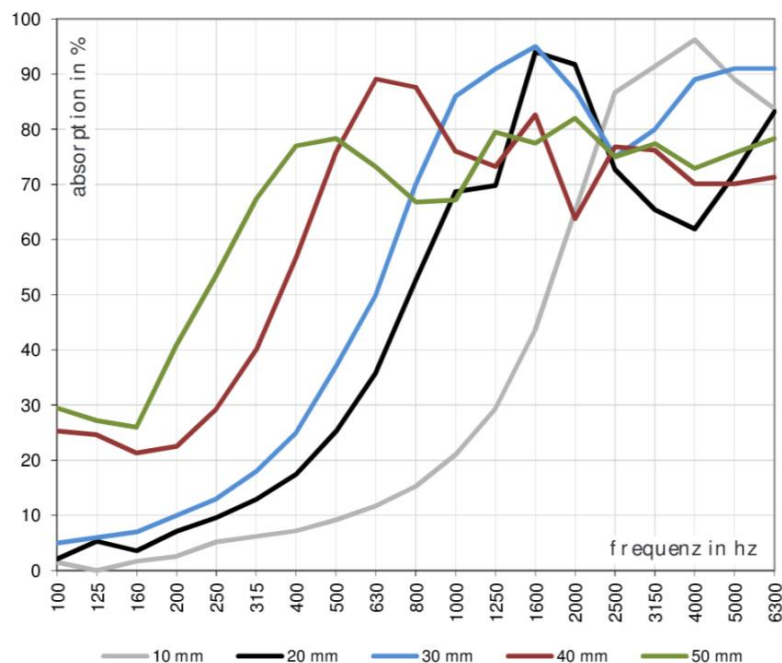


Abbildung 6-4: Beispielhafte Schallabsorptionskoeffizienten [Cellofoam Cello 470]

Anhand dieses Beispiels ist ersichtlich, dass das Material in der 50 mm Ausführung auch in der Terzmittenfrequenz von 100Hz einen Absorptionskoeffizienten von rund 0,3 besitzt. Dieses Material könnte somit bei Fahrbahnübergängen mit erhöhten Terzpegeln bis 100 Hz eine deutliche Verbesserung erzielen.

Prinzipiell ist bei der Wahl der Maßnahme darauf zu achten, dass die Zugänglichkeit und Inspizierbarkeit der FÜK bzw. des Brückenlagers erhalten bleibt. Eine komplette Abdichtung sämtlicher Spalten mit Dämmmaterial mag zwar das Schallproblem kurzfristig lösen, kann aber je nach verwendetem Material und der Montageart im schlimmsten Fall sogar das Brückentragwerk in seiner Bewegung behindern. Im Fall der periodischen Brückeninspektionen muss das gesamte Material aufwändig entfernt bzw. vermutlich sogar nach Fertigstellung der Inspektion komplett ersetzt werden.

6.2.4 Schritt 4 – Prognose der Schallimmission beim Anrainer

Um die Wirkung der schalltechnischen Maßnahme generell sowie beim Anrainer prognostizieren zu können, wird einer Schallausbreitungsberechnung gegenüber einer Messung der Vorzug gegeben. Die an MP4 ermittelten Schallpegel dienen dabei als

Emissionsquelle, welche im Modell anzusetzen ist. Das Verkehrsaufkommen sowie die Anzahl der Fahrstreifen sind dabei entsprechend zu berücksichtigen. So können die Immissionswerte beim Anrainer präziser ermittelt werden als es oftmals durch Schallimmissionsmessungen gemäß ÖNORM S 5004 möglich ist. Bei letzteren gibt es zahlreiche Parameter, die das Messergebnis beeinflussen und verfälschen können (z.B. naheliegende Nebenstraßen, deren Verkehrsaufkommen im Messzeitraum nicht erfasst wird, akustisch relevante Geräusche, welche nicht der zu untersuchenden FÜK zuzuordnen sind, etc.). Des Weiteren ist durch die Berechnung eine bessere Vergleichbarkeit/Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse möglich.

6.2.5 Optionaler Schritt 5 – Verifikation der Wirksamkeit der Schallschutzmaßnahmen

Nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen kann durch eine erneute Messserie eine Verifikation der gesetzten Maßnahme durchgeführt werden. Im Sinne einer Vergleichbarkeit haben die Messungen entsprechend Schritt 2 in den gleichen Messpunkten zu erfolgen.

6.2.5.1 Wahl der Messpunkte

Siehe Abschn. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**

6.2.5.2 Durchführung der Messung

Siehe Abschn. 6.2.2.2.

6.2.5.3 Auswertung der Messergebnisse

Die Auswertung erfolgt gemäß Abschn. 6.2.2.3.

Über einen direkten Vergleich der 50%-Perzentile Pegel $L_{A,50}$ aus den beiden Messungen über die Messdauer von 1 Stunde kann die Wirksamkeit der durchgeführten schalltechnischen Sanierung quantifiziert und dokumentiert werden.

Die Immissionen beim Anrainer können durch eine erneute Berechnung mittels Schallausbreitungsmodell (auf Basis der ermittelten Pegelwerte in MP4) ebenfalls besser verifiziert werden als durch Schallimmissionsmessung vor Ort.

7. Zusammenfassung

7.1 Motivation

Schallemissionen zufolge von Überfahrten über Fahrbahnübergänge beschreiben einen nicht unwesentlichen Anteil an der gesamten Schallabstrahlung einer Straße. Die Höhe der Schallabstrahlung wird unter anderem durch die Konstruktionsart, die Einbauqualität und den Zustand des Fahrbahnübergangs sowie der Brücke selbst bestimmt.

Das Projekt VIF 2014 – SOFT „Schalltechnische Optimierung von Fahrbahnübergängen durch innovative Technologien“ wurde im Zeitraum Juli 2015 bis Dezember 2016 durchgeführt. Der Hauptfokus des Projektes lag in der Untersuchung des Zusammenspiels von Fahrbahnübergang und Brückentragwerk und der Entwicklung möglichst effizienter und kostengünstiger lärmtechnischer Sanierungsmöglichkeiten von bereits in Betrieb befindlichen Fahrbahnübergängen. Dazu wurden u.a. Geräuschemissionsangaben im eingebauten Zustand benötigt, welche bereits durch diverse Vorprojekte in der Bietergemeinschaft vorhanden waren. Ergänzende Detailuntersuchungen wurden an gezielt ausgewählten Fahrbahnübergängen durchgeführt. Im Zuge dieser Untersuchungen wurden ergänzend zu Emissionsmessungen seitlich und unter dem Fahrbahnübergang auch Schallimmissionsmessungen an maßgebenden Immissionspunkten durchgeführt. Zusätzlich wurden die Schallpegel bei Überfahrt mittels genormten Rollgeräuschanhängers und die Schwingungen der Bauteile mit Hilfe von Schwingbeschleunigungsaufnehmern ermittelt.

Eine schalltechnische Bewertung von derzeit eingebauten Fahrbahnübergängen ist bereits Stand der Technik und wurde von den Projektpartnern im Zuge eines Vorprojektes entwickelt. Die Untersuchung schalltechnischer Auswirkungen wurde jedoch an ausgewählten, repräsentativen Übergangskonstruktionen im Detail weiter untersucht, wobei der wesentliche Schwerpunkt auf der Entwicklung von lärmtechnischen Sanierungsvorschlägen lag. Zusätzlich sollte eine Marktanalyse den derzeitigen Stand der Technik bzw. des Wissens aufzeigen und gleichzeitig die Wahl eines schalltechnisch geeigneten Fahrbahnüberganges für messtechnische Untersuchungen und zukünftige Projekte erleichtern.

7.2 Erkenntnisse

Ziel des Forschungsvorhabens war die Untersuchung von derzeit eingebauten Fahrbahnübergängen bezüglich ihrer schalltechnischen Auswirkung, sowie die Entwicklung von innovativen lärmtechnischen Sanierungsvorschlägen, ohne den Fahrbahnübergang in seiner Gesamtheit tauschen zu müssen. Aufgrund der individuellen Lösungen der Brückenkonstruktionen wurde als neues Ziel des Projekts in die Ausarbeitung einer Handlungsanweisung für eine standardisierte Methode zur Dimensionierung von Schallschutzmaßnahmen der problematisch gewordenen Übergänge und die Ermittlung deren Wirksamkeit gesetzt. Die Handlungsanweisung wird im Kapitel 6.2 dargelegt.

Die im Zuge des Forschungsprojektes durchgeführten messtechnischen Untersuchungen haben die nachfolgenden Erkenntnisse gebracht:

Erkenntnisse Schallpegelmessung

Im Fall der Messung der Schwingbeschleunigungen bei Überfahrt der Konstruktion ist aufgrund der Größe Sensoren nur eine sehr lokale, punktuelle Betrachtung der FÜK möglich. Die Qualität der Ergebnisse hängt stark davon ab, wo die Fahrzeuge über die Konstruktion fahren – im Nahbereich des Sensors oder nicht. Auch kann die Montagemöglichkeit durch die Zugänglichkeit zur Konstruktion beeinträchtigt bzw. behindert werden. Anhand der rückgerechneten Einsenkungen bei Überfahrt kann die Theorie des „Überfliegens“ der Konstruktion durch PKW mit zunehmender Geschwindigkeit bestätigt werden.

Die Messungen mittels CPX-Anhänger und Kraftmessfelge zeigten die gute Anwendbarkeit der Methode. Mittels der Texturmessung lassen sich Fahrbahnübergänge eindeutig identifizieren und die zugehörige oberflächliche Schallemission mittels der CPX-Messung quantifizieren. Ein Vergleich zwischen Höhenprofil und Schall, zeigt im Trend einen Zusammenhang, welcher aufgrund weiterer Einflussfaktoren jedoch eine entsprechende Streuung aufweist. Auch die gemessenen Reifenkräfte spiegeln diesen Zusammenhang wieder. Des Weiteren zeigte sich ein quasi linearer Zusammenhang zwischen der abgestrahlten Schallenergie und der Überfahrtsgeschwindigkeit am Fahrbahnübergang. Dieser Zusammenhang kann z.B. zur Charakterisierung einzelner Konstruktionen verwendet werden.

Des Weiteren wurde am Beispiel der S6 gezeigt, dass mittels Rollgeräuschkmessungen auf einfache Weise die oberflächliche Schallemission von mehreren Fahrbahnübergängen in Serie während der Befahrung identifiziert und bewertet werden können. Daraus können Hinweise auf problematische Konstruktionen abgeleitet werden. Des Weiteren ist die Überwachung der Degradation einer FÜK über längere Zeiträume möglich.

Im Zuge der gegenständlichen Untersuchung stellte sich heraus, dass für eine ergänzende, schalltechnische Beurteilung der Schallabstrahlung unter der Fahrbahnübergangskonstruktion zumindest zwei Mikrofonpositionen im Bereich der Brückenlagerbank zu wählen sind. Um geeignete Maßnahmen setzen zu können ist es unabdingbar, in diesen Messpunkten detaillierte Frequenzuntersuchungen durchzuführen. Nur wenn Informationen über die Geräuschzusammensetzung vorliegen ist es möglich, das hinsichtlich der jeweiligen Absorptionseigenschaften optimierte Material auszuwählen, um die in einzelnen Frequenzen gegebenenfalls auftretenden, erhöhten und damit störenden Terzpegel möglichst effizient dämmen, und damit die Gesamtemission unter der Brücke reduzieren zu können.

Die Messung, Auswertung und schalltechnische Beurteilung der durch die FÜK induzierte Schallabstrahlung nach oben soll weiterhin gem. RVS 15.04.52 erfolgen.

Des Weiteren wird vorgeschlagen, einen zusätzlichen Immissionsmesspunkt unter der Brücke zu installieren. Die in diesem Messpunkt ermittelten Schallpegel dienen als Emissionsquellen, welche im Berechnungs-/Prognosefall im Modell anzusetzen sind. Das Verkehrsaufkommen sowie die Anzahl der Fahrstreifen sind dabei entsprechend zu berücksichtigen. So können die Immissionswerte beim Anrainer präziser ermittelt werden als es oftmals durch Schallimmissionsmessungen gemäß ÖNORM S 5004 möglich ist.

Normative Grundlagen und Referenzen

- ÖN EN ISO 80000-8 „Größen und Einheiten - Teil 8: Akustik“, (Stand 1. Oktober 1993)
- ÖN S 5004 „Messung von Schallimmissionen“, (Stand 1. Dezember 2008)
- ONREGEL 199005, „Berechnung des sekundären Luftschallpegels aus Schwingungsmessungen“, (Stand 1. Dezember 2008)
- ISO 11819-2 „Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 2: The close-proximity method“ (Stand März 2017)
- RVE 04.02.01 „Messen von Erschütterungen und Sekundärem Luftschall“, Stand 1. Jänner 2012.
- RVS 15.04.52 „Schalltechnische Beurteilung von Fahrbahnübergängen“, (Stand 1. Dezember 2010)

- [1] ASFINAG, „Zulassungen und Einsatzfreigaben,“ August 2016. [Online]. Available: <http://www.asfinag.net/ZulassungenEinsatzfreigaben/Zulassungen>.
- [2] BMVIT, „Fahrbahnübergangskonstruktionen,“ August 2016. [Online]. Available: <https://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/technik/bautechnik/fahrbahnuebergang/>.
- [3] Maurer AG, „Fahrbahnübergang Betoflex,“ August 2016. [Online]. Available: http://www.maurer.eu/fileadmin/medien/05_downloads/Prospekte/DE/BSS/Alt/Prosp_MAUERER_Betoflex_Dehnfugen_de.pdf.
- [4] Maurer AG, „Regelprüfung des Fahrbahnübergangs TYP XL1,“ Februar 2006. [Online]. Available: <http://www.maurer.eu/de/downloads/zulassungen-zertifikate.html>.
- [5] Maurer Söhne GmbH & Co. KG, „Einprofilige "MAURER XW1 Dehnfuge"; Nosing expansion joint "MAURER XW1 Expansion Joint",“ Deutsches Institut für Bautechnik, 2013.
- [6] Maurer AG, „MAURER XW1-Dehnfugen - Belagsanschluss,“ 2015.
- [7] Maurer AG, „Regelprüfung des Fahrbahnübergangs TYP XW1,“ Dezember 2012. [Online]. Available: <http://www.maurer.eu/de/downloads/zulassungen-zertifikate.html>.
- [8] Maurer AG, „MAURER Dehnfugen - Schallemission,“ 2015. [Online]. Available: http://www.maurer.eu/fileadmin/medien/05_downloads/Produktinformationen/DE/BSS/PI_066_DE_MAUERER_Dehnfugen-Schallemissionen.pdf.
- [9] Österreichische Forschungsgesellschaft Straße, Schiene, Verkehr, „Schalltechnische Beurteilung von Fahrbahnübergängen RVS 15.04.52,“ 2010.
- [10] Maurer AG, „Maurer Trägerrost Dehnfugen,“ 2010.
- [11] Maurer AG, „Schwenktraversen Dehnfugen,“ 2007.
- [12] Maurer AG, „Regelprüfung des Fahrbahnübergangs TYP XLS - geräuscharme Lamellendehnfugen,“ August 2010. [Online]. Available: <http://www.maurer.eu/de/downloads/zulassungen-zertifikate.html>.
- [13] Maurer AG, „Regelprüfung des Fahrbahnübergangs TYP XL - geräuscharme Lamellendehnfugen,“ August 2015. [Online]. Available: <http://www.maurer.eu/de/downloads/zulassungen-zertifikate.html>.
- [14] Maurer AG, „MAURER GU-f - flexibler Lärmschutz unter Dehnfugen - Schallschutz,“ August 2016. [Online]. Available: <http://www.maurer.eu/de/produkte/dehnfugen.html>.
- [15] mageba, „TENZA@CRETE Typ RE und RE-LS,“ August 2016. [Online]. Available: <http://www.mageba.at/de/965/Download-Center.htm>.
- [16] mageba, „mageba Belagsdehnfugensystem - die neue Generation,“ Juli 2015. [Online]. Available: <http://www.mageba.at/de/965/Download-Center.htm>.
- [17] mageba, „TENZA@FINGER Typ GF,“ Februar 2015. [Online]. Available:

- <http://www.mageba.at/de/965/Download-Center.htm>.
- [18] mageba, „TENSA®FLEX Typ RC,“ August 2012. [Online]. Available:
<http://www.mageba.at/de/965/Download-Center.htm>.
- [19] mageba, „TENSA®GRIP Typ RS-LS 100 “ULTRA”,“ Juni 2013. [Online]. Available:
<http://www.mageba.at/de/965/Download-Center.htm>.
- [20] mageba, „TENSA®MODULAR Typ LR und LR-LS,“ September 2015. [Online]. Available:
<http://www.mageba.at/de/965/Download-Center.htm>.
- [21] mageba, *Tensa Modular Silent*, 2016.