

Bahnlärm – Akustisch optimierte Weichenherzstücke im Erstversuch

Mit hochdämpfenden Polyurethan-Kompositwerkstoffen verfüllte Weichenherzstücke zeigen das Potenzial zur reduzierten Schallabstrahlung.

MARTIN QUIRCHMAIR | THOMAS TITZE |
HEINZ OSSBERGER | HARALD LOY

Weichen können für Bahnbetreiber aufgrund ihrer erhöhten Schallabstrahlung speziell in Siedlungsgebieten eine große Herausforderung darstellen. Mit zunehmender Liegedauer eines Weichenherzstückes im Gleis verändert sich der anfangs gleichmäßige Überrollvorgang zu einem akustisch deutlich wahrnehmbaren Stoß, welcher als störend empfunden werden kann. Zur Minderung der akustischen Emissionen ist jedes Dezibel wertvoll, da die Summe vieler kleiner Modifikationen das Gesamtsystem signifikant verbessern kann. Im Rahmen einer Forschungs- und Entwicklungskooperation zwischen voestalpine Railway Systems (vaRS) und Getzner Werkstoffe wurden Weichenherzstücke mit neuartigen, hochdämpfenden Polyurethan (PUR)-Kompositwerkstoffen verfüllt. Dies führte unter Laborbedingungen zu einer deutlichen Reduktion der Schallabstrahlung. Ein Praxistest im Streckennetz der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) findet bereits statt.

Problemstellung

Das Thema Lärm im Nahbereich von Bahnstrecken findet seit einigen Jahren mehr und mehr Beachtung. Um den Wohnkomfort der Anwohner weiter hoch zu halten, sind bereits jetzt Maßnahmen wie Lärmschutzwände und Schallschutzfenster im Einsatz. Speziell Weichen mit starrem Herzstück können hinsichtlich ihrer akustischen Abstrahlung bei einer Zugüberfahrt eine besondere Herausforderung darstellen. Der an der Herzstückspitze auftretende Stoß kann in der Regel in der Umgebung der Weiche wahrgenommen werden. Die Fragestellung ist somit, ob durch eine einfache Modifikation am Weichenherz die akustischen Eigenschaften soweit verändert werden können, dass ein hör- bzw. messbarer Effekt erreicht wird. Ein weiterer Anspruch der Lösung ist, dass die Weiche durch die Anpassungen in ihrer Wartung und Funktion nicht beeinträchtigt wird.

Idee und Konzept

Je nach Strecke und Geschwindigkeit werden Weichen mit starren oder beweglichen Herz-

stücken ausgestattet. Bewegliche Herzstücke finden für gewöhnlich nur im Hochgeschwindigkeits- und Schwerlastbereich Verwendung, da sie deutlich höheren Kosten unterliegen. Sie haben jedoch den Vorteil, dass die Überfahrt aufgrund der nicht vorhandenen Herzstücklücke schonender passiert. Beim starren Herzstück erfolgt die Überfahrt dagegen über die Herzstücklücke hinweg, wodurch es zu einem Stoß des Rades auf das Weichenherzstück kommt.

Die Überlaufgeometrie eines neuen Weichenherzstückes ist nahezu perfekt auf den Übergang des Schienenfahrzeugrades zwischen Herzspitze und Flügelschiene abgestimmt, und der stattfindende Stoß wird auf ein Minimum reduziert.

Mit fortschreitender Liegedauer im Gleis weicht die Überlaufgeometrie des Weichenherzstückes an Herzstückspitze und Flügelschiene zunehmend vom Optimum ab, und der Stoß zwischen Herzstück und Rad verändert sich. Dies kann akustisch wahrgenommen und als störend empfunden werden.

Weichenherzstücke, welche aus Hartmanganstahlguss hergestellt werden, haben an der schotterzugewandten Unterseite mehrere Hohlräume.

Diese Hohlräume sind gusstechnisch für die Fertigung notwendig und führen unter an-

derem zu einer Material- und Gewichtsreduzierung. Das Schwingungsverhalten des Weichenherzstückes im nicht verbauten Zustand ist ähnlich dem einer Glocke. Es zeigt bei Impulsanregung eine breitbandige Abstrahlung, welche lange nachklingt.

Die grundlegende Idee dieses Projektes war es, durch die Verfüllung dieser Hohlräume mit einem hochdämpfenden PUR-Kompositwerkstoff eine Verstimmung und Bedämpfung des Weichenherzstückes zu erreichen. Das Ziel war, den Schalldruckpegel zu verringern, ohne die Performance- und Wartungseigenschaften zu verändern.

Hochdämpfender Kompositwerkstoff aus PUR und Füllstoff hoher Dichte

Die mechanischen Eigenschaften von PUR lassen sich nahezu beliebig modifizieren. Es kann somit ein Werkstoff entwickelt werden, welcher zum einen eine hohe Dämpfung bzw. einen hohen Verlustfaktor aufweist und zum anderen eine stabile Matrix zur Einbettung hochdichter Füllstoffe liefert. Die Einbringung solcher Füllstoffe zielt auf eine zusätzliche Verbesserung der Dämpfung ab.

Bei der Entwicklung des Füllstoffes wurde vor allem auf eine hohe Dichte als auch auf eine möglichst gute Handhabung geachtet. Beim ersten Prototyp des bedämpften Weichen-

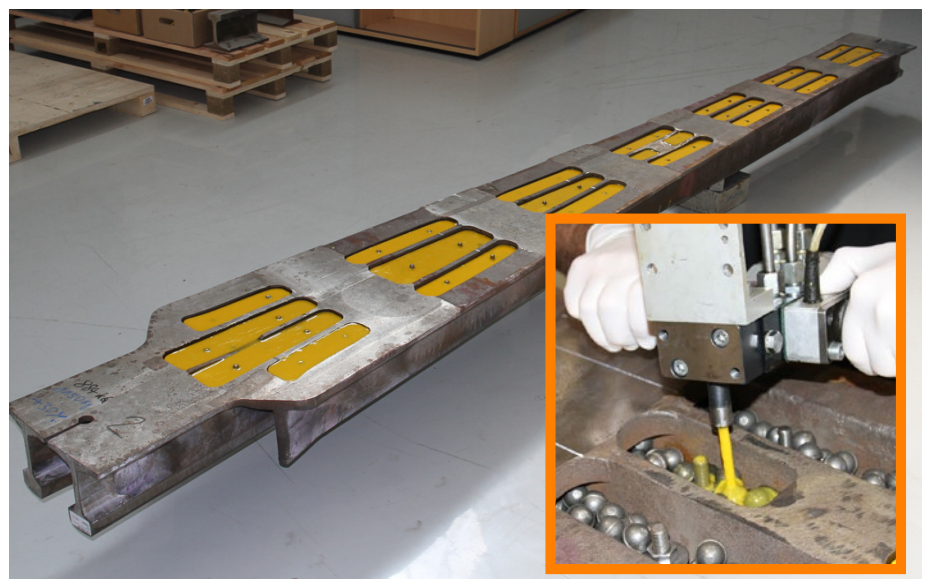


Abb. 1: Kompositwerkstoff der in Pfaffstätten verbauten, bedämpften Weichenherzstücke

Quelle aller Abb. außer Abb. 4: Getzner Werkstoffe

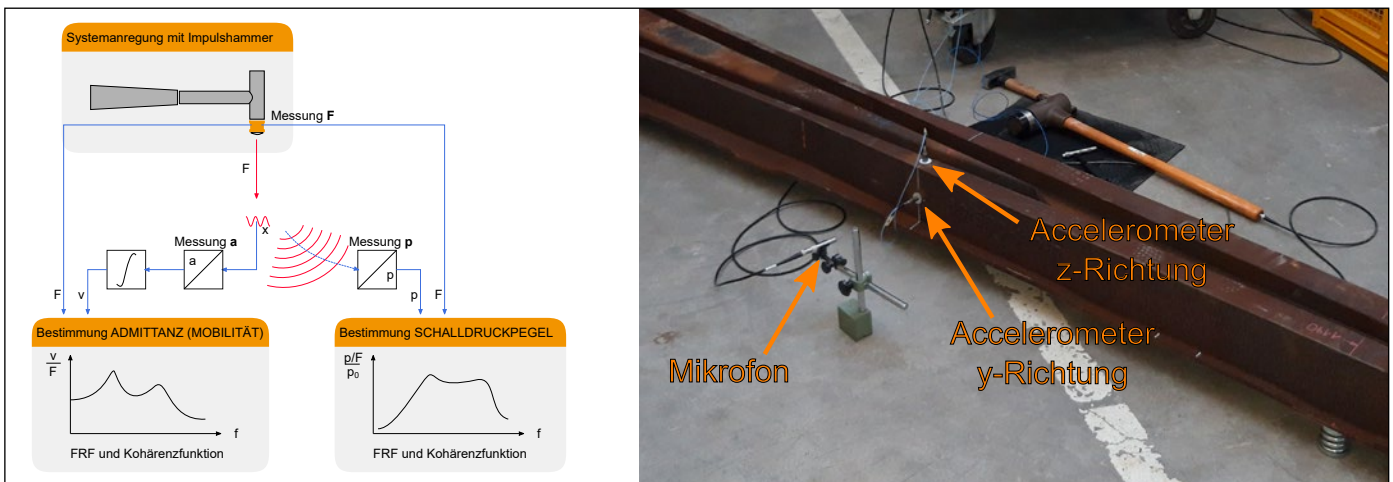


Abb. 2: Messkonzept und Messaufbau der experimentellen Modalanalyse am Weichenherz

herzstückes wurde ein mineralischer Füllstoff verwendet. Dieser stellte jedoch im Handling eine Herausforderung dar. Das Material musste zuerst gewaschen und anschließend getrocknet werden, um eine gute Anbindung an das PUR sicherzustellen.

Im Hinblick auf eine potenzielle Serienfertigung wurde der mineralische Füllstoff für die im Streckennetz vorgesehenen Weichenherzstücke durch einen metallischen Füllstoff ersetzt, welcher mit deutlich weniger Arbeitsschritten eingebracht werden konnte (Abb. 1).

Messkonzept Modalanalyse

Um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zwischen Labor und Einbauzustand zu erreichen, wurde ein Messaufbau gewählt, welcher in beiden Situationen in annähernd gleicher Form verwendet werden konnte. Es wurde das Verfahren der experimentellen Modalanalyse gewählt (Abb. 2). Der Fokus der Messung liegt hier jedoch auf der akustischen Abstrahlung des Weichenherzstückes bei Impulsanregung. Die Anregung erfolgte mittels Impulshammer. Es wurden sowohl ein großer Hammer mit weicher Spitze, zur Anregung des unteren Frequenzspektrums bis ca. 100 Hz, als auch ein kleiner Hammer mit harter Spitze, zur Anregung des oberen Frequenzspektrums, verwendet.

Die Anregung erfolgte ca. 350 mm hinter dem theoretischen Herzpunkt, etwa auf Höhe des Radübergabepunktes und in einem Winkel von 45°, um vertikale und horizontale Kraftkomponenten gleichzeitig einzubringen. Zur Auswertung wurden die Mobilität, welche die auf die Anregung normierte Schwingschnelle darstellt, als auch der auf die Anregung normierte Schalldruck verwendet. Die Schwingschnelle wurde durch Integration der Signale der in horizontaler (y-Achse) und vertikaler (z-Achse) Richtung befestigten Beschleunigungsaufnehmer bestimmt. Die akustische Abstrahlung wurde mithilfe eines Mikrofons im Abstand von 400 mm zum Weichenherz auf Niveau der Schienenoberkante gemessen.

Im weiteren Verlauf des Beitrags werden durch den Fokus auf die akustische Abstrahlung nur die normierten Schalldrücke diskutiert.

Die Analyse der Adaption erfolgte nach einem Stufenplan. Zuerst wurde der erste Prototyp, bestehend aus nur einem Weichenherz, im Labor auf elastischer Lagerung getestet. Danach erfolgte die annähernd identische Messung auf dem Werksgelände von vaRS an den vormontierten Weichenherzstücken, welche danach in der Überleitstelle Pfaffstätten (Niederösterreich) verbaut wurden. Die dritte Stufe ist die Messung an den im Schottergleis verbauten Weichenherzstücken, wobei hier der Vorbeifahrtspegel bestimmt wurde. Die Erwartungshaltung war hierbei, dass der Unterschied in der akustischen Abstrahlung zwischen bedämpftem und Standard-Weichenherzstück bei jedem Schritt der Messreihe vom Labor über das Werksgelände der vaRS bis hin zum Einbau im Streckennetz stufenweise abnimmt. Dieser Annahme liegt die damit stufenweise erhöhte Dämpfung des Gesamtsystems

durch Einbindung zusätzlicher Elemente des Oberbaues wie Schwellen etc. in den Versuchsaufbau zugrunde. Das im Labor gegebene annähernd freie Schwingungsverhalten wird dadurch zunehmend behindert.

Laboregebnisse Weichenherz allein

Der erste Prototyp, welcher mit einer PUR-Matrix mit mineralischem Füllstoff ausgestattet war, wurde unter Laborbedingungen auf elastischer Lagerung bewertet. Die Versuche wurden im Entwicklungslabor der Forschungs- und Entwicklungsabteilung der Firma Getzner Werkstoffe durchgeführt. Für die Messung wurde das von der vaRS hergestellte Weichenherz möglichst weich gelagert, um die Ankoppelung an den Untergrund bewusst zu minimieren. Diese Lagerung wurde durch die Verwendung von vier Stahlfedern mit einer Steifigkeit von rund 200 N/mm hergestellt. Das Bauteil ist somit in seinen Freiheitsgraden nahezu unbeschränkt und kann bei Anregung mittels Impulshammer quasi frei schwingen.

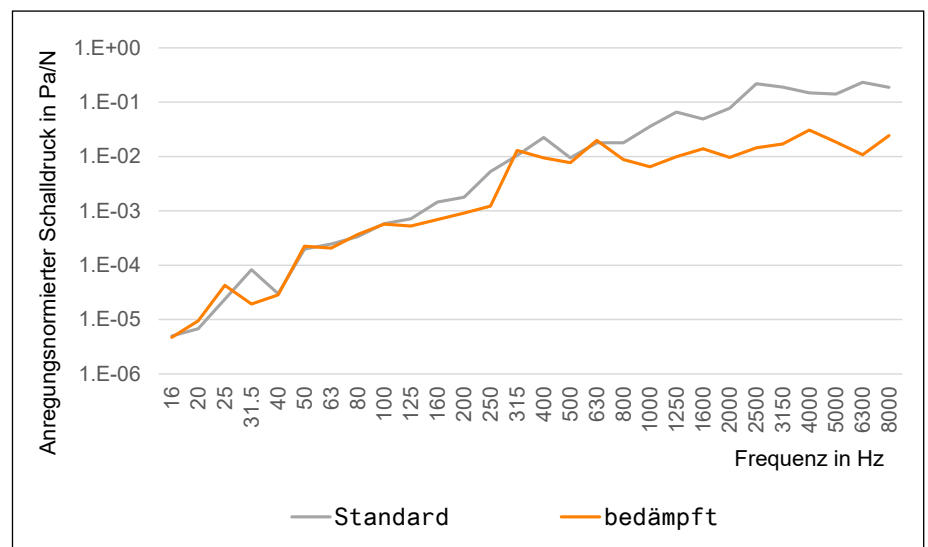


Abb. 3: Anregungsnormierter Schalldruck am Prototyp unter Laborbedingungen



Abb. 4: Rahmenbedingungen der Überleitstelle Pfaffstätten. Die Weichen W2 und W3 sind als Standard, die Weichen W1 und W4 bedämpft ausgeführt.

Quelle: Google Earth



Abb. 5: Messaufbau auf dem Werksgelände der vaRS

Pro Messung wurden fünf Hammerschläge durchgeführt, welche zu einem Transferspektrum gemittelt wurden. Nach der Messung des Standard-Weichenherzstückes wurden die Kammern mit dem PUR-Kompositwerkstoff ausgefüllt und die Messung wiederholt. Die gemessenen, auf die Anregungskraft normierten, Schalldrücke sind in Abb. 3 im Terzspektrum dargestellt.

Es zeigt sich, dass die zusätzlich eingebrachte Dämpfung ab ca. 100 Hz zu wirken beginnt, wobei ab einer Frequenz von ca. 700 Hz die größten Unterschiede zu beobachten sind. Bildet man nun den Summenpegel über das gemessene Spektrum, ergibt sich unter Laborbedingungen aufgrund der Bedämpfung eine Reduktion des anregungsnormierten Schalldrucks von 85 %.

Feldversuch im Streckengleis

Nach den positiven Ergebnissen im Labor wurde zusammen mit der ÖBB ein zeitnahe Testeinbau geplant. Hierzu standen mehrere Überleitstellen zur Verfügung, wobei die Überleitstelle in Pfaffstätten (Niederösterreich) auf der Südbahnstrecke die günstigsten Randbedingungen bot (Abb. 4).

Die von vaRS hergestellten Weichenherzstücke des Typs „60E1 500 1:12“ wurden im westseitigen Gleis (Weichen W2 und W3) in der Standardkonfiguration belassen. Die Weichen W1 und W4 im ostseitigen Gleis wurden bedämpft. Wie bereits erwähnt, wurde bei diesem Versuch der mineralische Füllstoff durch einen metallischen ersetzt, um die Herausforderungen Verarbeitbarkeit und Recycling zu optimieren. Der Einbau der Weichen im Gleis erfolgte im Juli 2021. Entsprechend wurden die Vormessungen an den vormontierten Weichenherzstücken auf dem Werksgelände von vaRS Ende Juni 2021 durchgeführt.

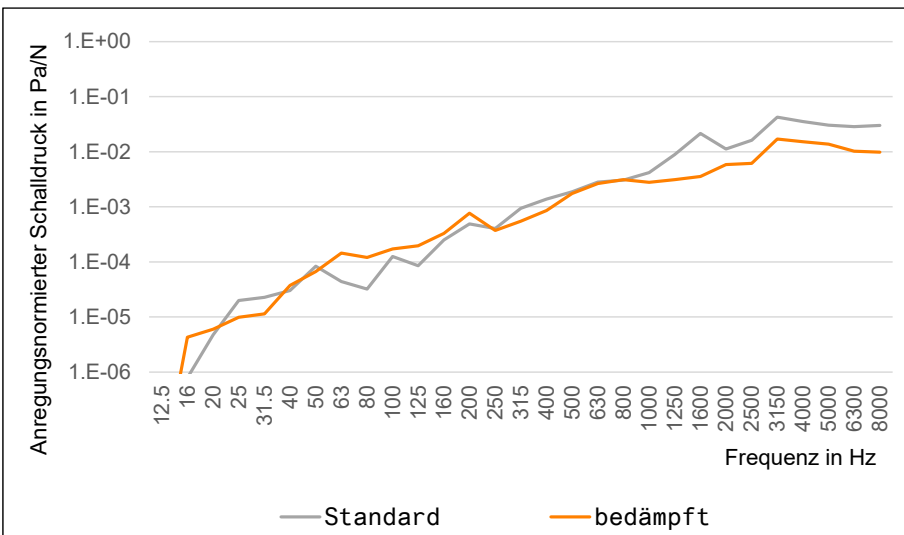


Abb. 6: Anregungsnormierter Schalldruck am Weichenherz W1 (bedämpft) und W2 (Standard) in Zeltweg



Abb. 7: Vermessung der Weichenherzgeometrie durch die vaRS

Weichenherz im vormontierten Zustand

Auf Basis des Stufenplans fanden die Messungen an den für die Teststrecke vormontierten Weichenherzstücken vor dem Einbau im Streckengleis statt. Im Unterschied zu den Versuchen im Labor waren die Weichenherzstücke bereits mit den Schwellen verbunden und befanden sich am Vormontageplatz des Werksgeländes der vaRS in Zeltweg. In diesem Setup wurden die Weichenherzstücke nicht mehr freischwingend angeregt, sondern waren aufgrund der Schwellen in ihren Freiheitsgraden eingeschränkt (Abb. 5).

Die Messungen erfolgten an je einem Standard- (Weiche W2 der Überleitstelle Pfaffstätten) und einem bedämpften Weichenherz (Weiche W1 der Überleitstelle Pfaffstätten). Wie bereits im Vorfeld erwartet, waren die Unterschiede in den normierten Schalldrücken (Abb. 6) geringer als beim freischwingenden Weichenherz unter Laborbedingungen, da zusätzliche Dämpfung durch die Ankopplung des Weichenherzstückes an die Schwellen ins System eingebracht wurde. Die Messungen wurden aufgrund der Nebengeräusche des Werksbetriebs erschwert. Im Summenpegel konnte dennoch eine Verbesserung von 60 %

im anregungsnormierten Schallpegel festgestellt werden, welche mit der Unsicherheit der oben beschriebenen Umgebungsbedingungen behaftet ist.

Subjektiv konnte bei der Hammeranregung mit harter Spitze beim bedämpften Weichenherzstück ein deutlich anderes Geräusch (dumpfer Klang, nicht nachhallend) als beim Referenzherzstück (metallisch heller Klang, nachhallend) wahrgenommen werden.

Feldmessung Pfaffstätten

Die Überleitstelle Pfaffstätten wurde im Juli 2021 erneuert, wobei die Weichen W1 und W4 mit bedämpften Weichenherzstücken ausgestattet wurden.

Zum Zeitpunkt der Messung im September 2021 wurden zusätzlich die Ist-Weichenherzgeometrien durch vaRS erfasst (Abb. 7). Dadurch wurde bestätigt, dass zum Messzeitpunkt eine optimale Überlaufgeometrie an allen vier Weichenherzstücken gegeben war. Auf der Südbahnstrecke verkehren sowohl Güterzüge als auch Personenzüge der Typen Railjet und Cityjet/Wiesel. Für die Messungen wurden nur Personenzüge herangezogen, wobei die Gleisverbindung in der Geraden vom Railjet mit einer Geschwindigkeit von ca. 160 km/h und vom Cityjet/Wiesel mit ca. 140 km/h befahren wird. Im Folgenden werden nur Messungen vom Zugtyp Railjet dargestellt, da diese die beste Vergleichbarkeit zeigten. Die akustische Messung mit Einzelmikrofon konnte aufgrund der Randbedingungen, wie Bewuchs und Böschung, nicht streng nach DIN EN ISO 3095 durchgeführt werden, und die Abstände mussten deutlich reduziert werden. Der Messaufbau vor Ort ist in Abb. 8 zu finden.

Zusätzlich zur Schallmessung mit Einzelmikrofon wurde die Überfahrt mit der akustischen Kamera aufgenommen. Hierbei wurde das Mik-



Abb. 8: Messaufbau der Vorbeifahrtsmessung in Pfaffstätten

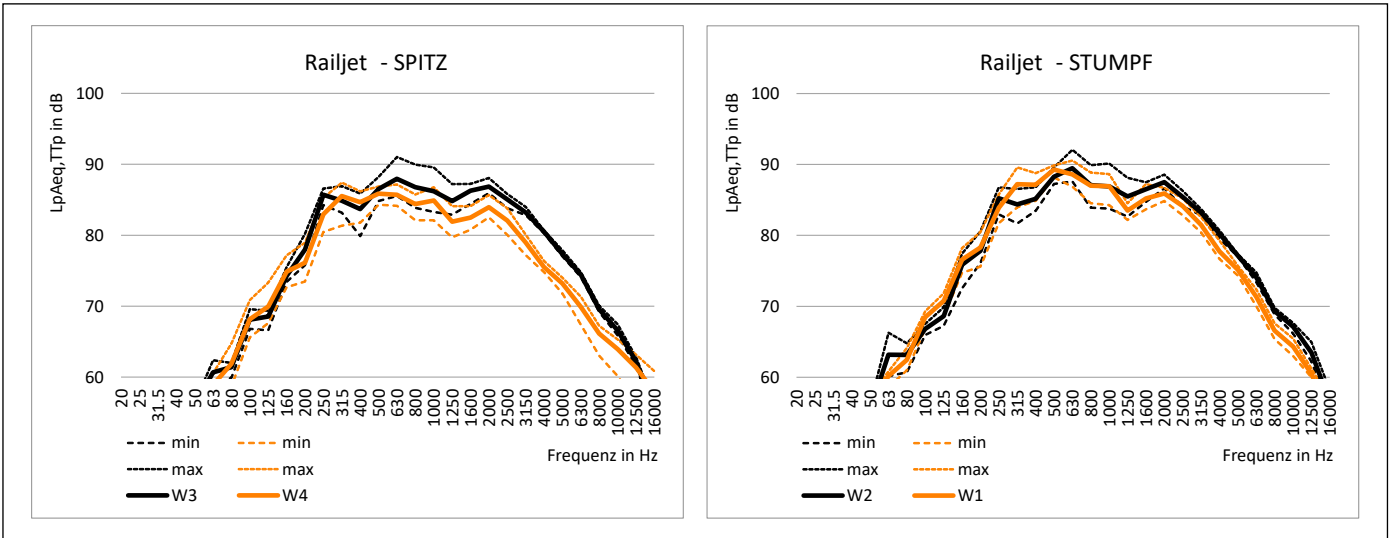


Abb. 9: Vorbeifahrtspegel der spitz befahrenen Weichen W3 (Standard) und W4 (bedämpft) als auch der stumpf befahrenen Weichen W1 (bedämpft) und W2 (Standard). (ref.p0 = 2·10⁻⁵ Pa)

rofonarray hinter dem Einzelmikrofon platziert. Für die Auswertung wurde zwischen den spitz befahrenen Weichen W3 (Standard) und W4 (bedämpft) und den stumpf befahrenen Weichen W1 (bedämpft) und W2 (Standard) unterschieden. Pro Weiche wurden zwischen vier und sechs Überfahrten von Railjets ausgewertet. Die Messergebnisse der Einzelmikrofonmessung sind in Abb. 9 dargestellt. Für die spitz befahrene Weiche ergab sich somit im Mittel eine leichte Reduktion des Schalldruckpegels um 1,9 dB und für die stumpf befahrene Weiche eine mittlere Minderung von 0,2 dB. An dieser Stelle muss angemerkt

werden, dass aufgrund der unzureichenden Anzahl an Zugvorbeifahrten, der breiten Streubänder innerhalb der jeweiligen Fahrzeugklasse und der geringen Unterschiede der gemittelten Spektren die Situationen als annähernd gleich zu bewerten sind. Es ist zu beachten, dass die Weichenherzstücke zum Zeitpunkt der Messung noch keinerlei Verschleißerscheinungen zeigten. Entsprechend war das Überrollverhalten bei allen Weichenherzstücken gleichmäßig, ohne akustisch wahrnehmbaren Stoß. Die Messungen im September 2021 sind somit als Bestandsaufnahme im neuen Zustand anzusehen.

Die Messungen mit der akustischen Kamera sollen in weiterer Folge ausschließlich das Potenzial der Messmethode selbst darstellen (Abb. 10). Das Verfahren erlaubt die Lokalisierung von Schallquellen mithilfe eines Mikrofonarrays, wobei das Ergebnis beispielsweise als Spektrogramm oder akustisches Bild dargestellt werden kann. Die Position des Mikrofonarrays auf der Außenseite der Weiche zeigte sich im Nachgang als nicht ideal. Bei Überfahrt wird das Weichenherz vom Zug verdeckt und kann nicht direkt beobachtet werden. Als Konsequenz wird bei der nächsten Messkampagne die Position der Kamera

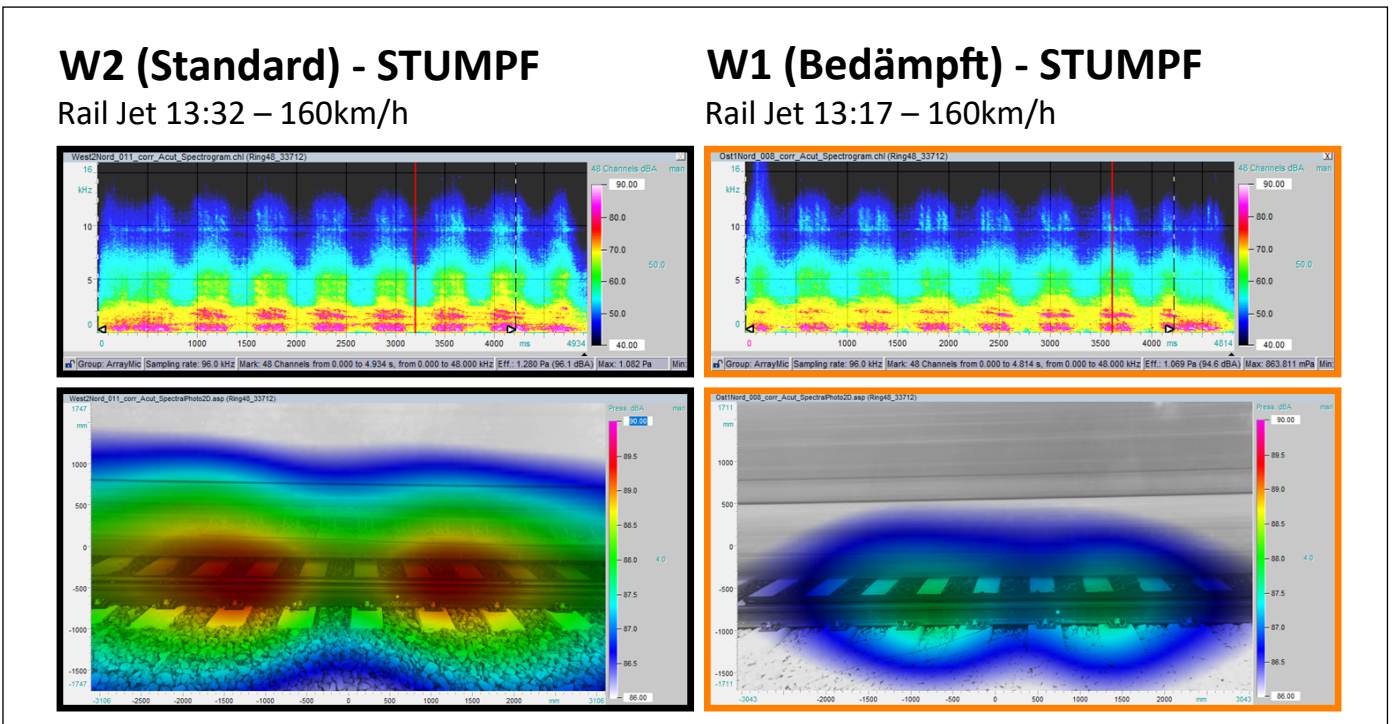


Abb. 10: Beispiel einer Auswertung der akustischen Kameramessung am Weichenherz W2 (Standard) und Weichenherz W1 (bedämpft)

angepasst und die Messung von der gegenüberliegenden Seite durchgeführt. Das Weichenherzstück kann somit direkt beobachtet werden, und es wird eine bessere Lokalisierung des Weichenherzstückes im akustischen Bild erwartet.

Ausblick und weiteres Vorgehen

Wie im letzten Abschnitt beschrieben, sind die ersten Messungen der neu verbauten Überleitstelle Pfaffstätten als Bestandsaufnahme anzusehen. Die Weichenherzstücke zeigten zum Zeitpunkt der Messung keinerlei Verschleiß, wodurch die geringen Unterschiede in den Vorbeifahrtspegeln der Railjets als nicht überraschend zu bewerten sind. Subjektiv konnten nur Rollgeräusche, jedoch keine akustischen Stöße wahrgenommen werden. Durch fortschreitende Abnutzung am Weichenherzstück wird die Entstehung eines zunehmend hörbaren Stoßes erwartet. Das dominierende Geräusch bei Überfahrt im Nahbereich der Weichen würde sich somit von einem reinen Rollgeräusch (Rad-Schiene-Kontakt) zu einem deutlich akustisch wahrnehmbaren Stoß zwischen Rad und Weichenherzstück ändern. Entsprechend dieser Annahme sollte das dämpfende Verhalten des Kompositwerkstoffes mit

zunehmender Liegedauer im Gleis zu einem stärkeren Nutzen führen. Bei Folgemessungen sind somit beim bedämpften Herzstück geringere Lärmemissionen als beim Referenzherzstück zu erwarten. Aus diesem Grund werden die nächsten Messungen vor Ort erst durchgeführt, wenn ein gewisser Verschleiß beobachtet werden kann. Dies wird durch Messung der Weichenherzprofile durch die voestalpine Railway Systems qualitativ und quantitativ sichergestellt. Der Erfahrung nach sollte ein zur nächsten Bewertung ausreichender Verschleiß durch die Befahrung der Südbahnstrecke nach zwölf bis 18 Monaten gegeben sein. Entsprechend sind die nächsten Messungen im Herbst 2022 bzw. Frühjahr 2023 geplant, um das Potenzial bedämpfter Weichenherzstücke zur Minderung akustischer Emissionen im Streckengleis zu bewerten. ■



Dipl.-Ing. Martin Quirchmair
Entwicklungsingenieur
Getzner Werkstoffe GmbH, AT-Bürs
martin.quirchmair@getzner.com



Dipl.-Ing. Thomas Titze
Entwicklungsingenieur
voestalpine Railway Systems GmbH,
AT-Zeltweg
thomas.titze@voestalpine.com



Dipl.-Ing. Heinz Ossberger
Senior Vice President
Turnout Technology
voestalpine Railway Systems GmbH,
AT-Zeltweg
heinz.ossberger@voestalpine.com



Dr. Harald Loy
Postdoc, Intelligente Verkehrssysteme
Universität Innsbruck
Leiter Forschung und Entwicklung
Getzner Werkstoffe GmbH, AT-Bürs
harald.loy@getzner.com

Eurailpress Webinar

**Durchgängige
digitale Planung:
Ein Lösungsansatz
für die LST**

Dienstag,
13. September 2022
11:00 Uhr

**Jetzt
anmelden!**

powered by

ProVI
Verkehr und Infrastruktur planen

Veranstalter

**Eurail
press**

ETR Rail
SAIL

Weitere Informationen und die kostenfreie Anmeldung finden Sie unter: www.dvvmedia-webinar.com/provi2022