

Monitoring Schallemissionen Eisenbahnverkehr Wörthersee



Bericht 2023

IMPRESSUM:

AUFTRAGGEBER

Land Kärnten
ÖBB-Infrastruktur AG

MESSTELLE UND DATENAUFBEREITUNG



psiacoustic Umweltforschung und Engineering GmbH
1210 Wien, Donaufelder Straße 55/3/1

BERICHTERSTELLUNG

WISSENSCHAFTLICHE BERATUNG



Ao. Univ.-Prof. DI Dr. Christian Kirisits
Ingenieurkonsulent für Techn. Physik
7423 Pinkafeld, Kolpinggasse 10
1060 Wien, Gumpendorferstraße 37/8

WISSENSCHAFTLICHE KOORDINATION LAND KÄRNTEN

Dr. Helmut Hadolt

WISSENSCHAFTLICHE KOORDINATION ÖBB-INFRASTRUKTUR AG

Dr. Günter Dinhobl

WIEN / KLAGENFURT, im Mai 2024

INHALT

1	EXECUTIVE SUMMARY	4
2	EINLEITUNG	5
3	GRUNDLAGEN	7
4	MESSUNG UND SCHALLTECHNISCHE GRÖSSEN	10
5	MESSERGEBNISSE	15
5.1	Anteil an leisen Güterwagen	15
5.2	Vorbeifahrtspegel der Züge	16
6	BEURTEILUNGSPEGEL AN REPRÄSENTATIVEN IMMISSIONSORTEN	20
7	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	22
8	ANHANG	23
8.1	Gleisqualität	23

1 EXECUTIVE SUMMARY

Der vorliegende Bericht präsentiert die Ergebnisse der seit Oktober 2020 in Betrieb stehenden Messstelle für Schallemissionen des Eisenbahnverkehrs an der Südstrecke am Wörthersee in Kärnten. Die vorrangigste Aufgabe dieser Messstelle liegt in der messtechnischen Dokumentation der zeitlichen Entwicklung der Schallemission von Güterzügen. Bis Ende 2024 müssen gemäß der europäischen Vorschrift ‚*TSI NOISE*‘ alle alten, lauten Bestandsgüterwagen umgerüstet werden, sodass sie mit den heute neuen Güterwagen akustisch gleichwertig – und damit ‚leise‘ sind. Durch diese laufende Umrüstung von Güterwagen auf leise Bremssysteme ist zu erwarten, dass die Vorbeifahrtspegel einzelner Güterzüge in den nächsten Jahren stetig sinken werden. An der Messstelle betrug im Kalenderjahr 2023 der Anteil an leisen Güterwagen im Jahresschnitt 92% aller vorbeifahrenden Güterwagen, das bedeutet, dass einer von zwölf am Wörthersee vorbeifahrenden Güterwagen nicht als ‚leise‘ ausgewiesen ist. Die weiterhin vorhandenen ‚lauten‘ Wagen mit herkömmlichen Grauguss-Bremssklotzsohlen führten aufgrund der physikalischen Gesetze der Akustik zu einem weiterhin entsprechenden Anteil an Güterzügen mit insgesamt signifikant höheren, gemessenen Vorbeifahrts-Emissionspegeln, als dies bei Zügen mit einheitlich ‚leisen‘ Wagen der Fall wäre – kurzum: die wenigen lauten Wagen übertönen die leisen Wagen. Der durchschnittliche Vorbeifahrtspegel (Median) im Messpunkt der Messstelle in 7,5 Meter von der Gleisachse beträgt für die Güterzüge 85,5 dB und ist damit gegenüber den Ergebnissen aus 2020 um 2,7 dB gesunken.

Eine zweite Aufgabe der Dauermessstelle liegt in der Darstellung eines Schallimmissionspegels in einer exemplarischen Entfernung zur Gleisachse zur Beurteilung des Schienenlärms. Dieser basiert auf der tatsächlichen Anzahl der Vorbeifahrten je Zugtyp, den Zugslängen und der Geschwindigkeit. Er berücksichtigt alle im Jahr 2023 gemessenen Vorbeifahrts-Schallpegelhöhen und die Dauer jeder einzelnen tatsächlichen Vorbeifahrt, also auch jene von Personenzügen, ohne dabei jedwede Normierungen auf eine Referenz-Geschwindigkeit oder durchschnittliche Achsanzahl je Zugtyp durchzuführen. Deshalb beinhalten die vorliegenden Ergebnisse auch Schwankungen in der Verkehrssituation aufgrund wieder ansteigender Zahlen nach teilweise reduziertem Schienenverkehr nach Jahren der Covid-19 Pandemie. Im exemplarischen Abstand von 30 Meter zur Bahnstrecke ergibt sich ohne Lärmschutzmaßnahme ein Beurteilungspegel-Nacht von 57 dB, während mit entsprechendem bahnseitigem Lärmschutz in Form einer 2 m hohen Wand ein Beurteilungspegel-Nacht von 45 dB erreicht wird.

2 EINLEITUNG

Verkehrslärm wird von der Bevölkerung im Allgemeinen als störend empfunden und umfasst den Straßen-, Eisenbahn- und Fluglärm. Der Umweltfreundlichkeit des Schienenverkehrs zum Trotz ist Lärm hingegen die ‚ökologische Achillesferse der Eisenbahnen in Europa‘¹.

Zum Schutz der Bevölkerung vor Bahnlärm erfüllt die ÖBB-Infrastruktur AG alle gesetzten Vorgaben und setzt infrastrukturseitig umfangreiche Maßnahmen um. Mehr als 1000 Kilometer Schallschutzwände/-dämme entlang der Bahnstrecken sind österreichweit bereits installiert. Bei Neu- und Ausbaustrecken sind Schallschutzmaßnahmen ein wesentlicher und integraler Bestandteil des jeweiligen Vorhabens. An der Wörthersee-Strecke Klagenfurt – Villach wurden seit 1996 insgesamt 32 Kilometer Schallschutzwände errichtet und 1128 Schallschutzfenster gefördert.

Der Zentralraum Kärnten gilt als besonders sensibles Gebiet. Er ist dicht besiedelt, wird touristisch stark genutzt und stellt ein wichtiges Naherholungsgebiet für die Kärntner Bevölkerung dar. Hier verlaufen parallel neben der Wörthersee-Bahnstrecke als Teil des Baltisch-Adriatischen Korridors auch die A2 Südautobahn sowie die Bundesstraße B83. Ausgehend von der bestehenden Lärm-Grundbelastung ist mit Fertigstellung von Koralmbahn (2025) und Semmering-Basistunnel (2030) mit einer Zunahme des Schienenverkehrs zu rechnen.

Aus diesen oben genannten Gründen kam es am 31. Mai 2017 zur Unterzeichnung eines Memorandums of Understanding über die Bahnsituation im Zentralraum Kärnten zwischen Bund und Land Kärnten. Dieses Memorandum behandelt unter anderem ein Paket im Bereich der lärmindernden und erschütterungsmindernden Maßnahmen an der Bestandsstrecke Klagenfurt – Villach. Diese Maßnahmen sind unter anderem die Planung und Realisierung von zusätzlichem Lärmschutz, die Förderung von Flüster-Güterzügen, diverse Forschungs-/Entwicklungsanwendungen, die Veranstaltung einer Fachtagung sowie die Umsetzung sonstiger fachlicher Initiativen. Die Errichtung einer permanenten Schallemissions-Messstelle versteht sich als eine wesentliche dieser Initiativen im Bereich Forschung und Entwicklung.

¹ Europäische Kommission, DG MOVE: Effective reduction of noise generated by rail freight wagons in the European Union, vgl. URL: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/rail/consultations/doc/2013-railnoise/roadmap.pdf> [Zugriff am 7.1.2020]

Die Messstation wurde im Gemeindegebiet von Velden am Wörthersee nächst Lind ob Velden errichtet. Mit dem Schall-Monitoringbericht wird der Trend der Geräusentwicklung des Eisenbahnverkehrs im Zusammenhang mit der Umrüstung der Bestands-Güterwagen auf leise Bremssohlen bis Ende 2026 messtechnisch begleitet. Bei dieser Messstation wird der Schallemissionspegel – als Maß für die „Lautstärke“ – aller vorbeifahrenden Züge entsprechend normativer Vorgaben gemessen. Diese Daten werden analysiert, in jährlichen Auswertungen zusammengefasst und bilden somit die Grundlage für Aussagen zur zeitlichen Entwicklung der Schienenverkehrs-Schallemissionen. Der Schwerpunkt bei den Auswertungen liegt deshalb im Güterverkehr zum Nachweis der Umrüstung auf leise Bremssohlen bis Ende 2024 – und damit der Reduktion der Schallemissionen des Eisenbahnverkehrs.

Aufgrund der europäischen Vorschrift ‚TSI NOISE‘ und der ab Ende 2024 verpflichtenden Verwendung leiserer Güterwagen auf der als ‚Quieter Route‘ ausgewiesenen Wörtherseestrecke ist mit einer signifikanten Schallreduktion zu rechnen, welche auch durch die genannten künftigen Verkehrssteigerungen voraussichtlich nicht wettgemacht werden wird. Es ist also auch langfristig nicht mit einer Zunahme von Schall-Immissionen gegenüber 2010 zu rechnen.

3 GRUNDLAGEN

Für die Schallemissionen des Eisenbahnverkehrs ist der Rad-Schiene-Kontakt die wesentlichste Schallquelle. Die Schallemissionen werden vorwiegend durch die Rauheiten von Schienen- und Radoberfläche sowie die Abstrahleigenschaften vom Rad und dem Oberbau bestimmt. Die Systemeigenschaften führen zur Anregung vom rollenden Rad und der Schiene und in weiterer Folge zur Schallabstrahlung dieser Systemkomponenten (siehe Abbildung 1). Je rauer die Schienen- und/oder Radfahrfläche ist, umso höhere Schallemissionen treten auf. Selbst ein gut gewartetes Gleis mit glatter Schienenoberfläche wird bei der Überfahrt mit einem rauen Rad entsprechend hohe Geräuschanteile verursachen. Die Rauheit von Rädern wird vor allem durch das verwendete Bremssystem bestimmt. Während Waggons mit herkömmlichen Bremssohlen aus Grauguss entsprechend raue Radfahrflächen aufweisen, sind diese Rauheiten bei Wagen mit sogenannten leisen Bremssohlen (technische Kurzbezeichnungen „K“ und „LL“ Sohlen) geringer ausgeprägt und liegen im ähnlichen Bereich wie bei scheibengebremsten Rädern. Bei hohen Geschwindigkeiten von mehr als 250 km/h, und andererseits bei Dieseltriebfahrzeugen können zusätzlich auch noch andere Lärmquellen von Bedeutung sein. Die tatsächlich gemessenen Daten über einen längeren Zeitraum erlauben es schließlich, die Schallemissionen des Eisenbahnverkehrs im zeitlichen Verlauf zu verfolgen.

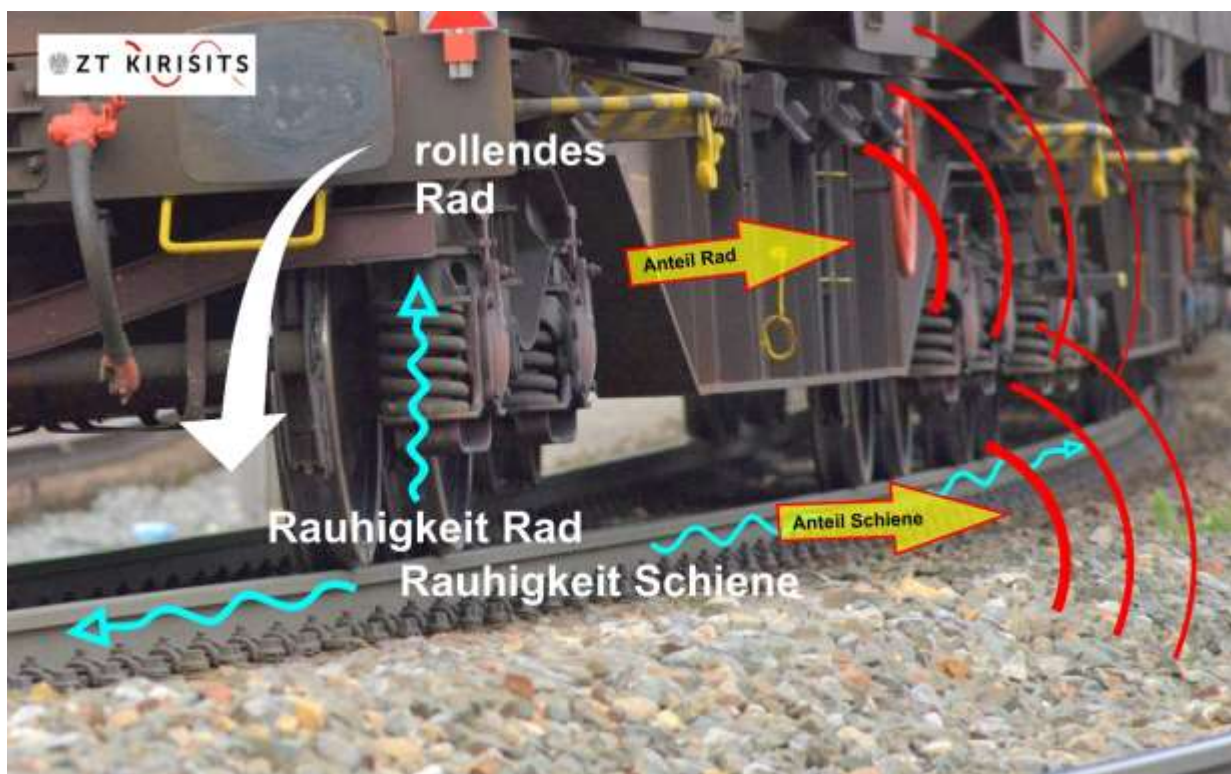


Abbildung 1: Schallemission durch rollendes Rad auf Schiene
(c) Foto: ÖBB-Infrastruktur AG, Bearbeitung: ZT Kirisits

Durch die Messungen können zusätzlich Werte für die Berechnungen der Beurteilungspegel herangezogen werden. Die Beurteilungspegel berücksichtigen Höhe, Dauer und Anzahl der Vorbeifahrtspegel von Zügen. Dabei haben derzeit die Güterzüge aufgrund der höheren Schallemissionen einen besonders dominanten Einfluss. Kann die Höhe des Vorbeifahrtspegels von Güterzügen gesenkt werden, so bewirkt dies eine Reduktion des Beurteilungspegels.

Seit dem Jahr 2006 müssen neu zugelassene Güterwagen den niedrigeren Grenzwerten der Zulassungsvorschrift TSI NOISE entsprechen. Mit dem Erlass der europäischen Durchführungsverordnung (EU) 2019/774 müssen die älteren Bestands-Güterwagen bis Ende 2024² mit leisen Bremssohlen umgerüstet werden. Dies erfolgt durch einen Austausch der konventionellen Grauguss-Bremssohlen durch die derzeit zugelassenen Produkte der ‚leisen‘ Bremssohlen. Damit einhergehend kommt es zu einer geringeren Aufräuhung der Räder, welche auf Grund dessen bei der Vorbeifahrt mit gleichbleibender Geschwindigkeit eine geringere Schallabstrahlung aufweisen, und in weiterer Folge je nach Umrüstgrad zu einer sukzessiven Reduktion der Schallemissionen von Güterzügen.

FAKTEN-BOX

Schall-

Emission: Schallentstehung bzw. Schallaussendung

Immission: Einwirkung von Schall

Transmission: Schallübertragung zwischen Emissions- und Immissionsort

Die Messung der Schallemissionen des Eisenbahnverkehrs werden nach dem Stand der Technik und wie auch in vielen anderen europäischen Ländern im Nahbereich entsprechend der europaweit gültigen Norm ÖNORM EN ISO 3095:2013 für Zulassungsmessungen von neuen Schienenfahrzeugen durchgeführt. Diese sieht Messungen im Abstand von 7,5 Metern zur Gleisachse und in der Höhe von 1,2 Meter über der Schienenoberkante des geraden Gleises vor. Nur dort besteht die Möglichkeit, von anderen Umgebungseinflüssen weitestgehend unbeeinflusst zu messen. Die Vorbeifahrts-Emissionspegel der einzelnen Züge in Anlehnung an die Messnorm bilden die wesentliche Größe des Messprojekts.

Hinsichtlich der Schallimmission sind die physikalischen Gesetze der Schallausbreitung zu berücksichtigen. Weiters ist zu berücksichtigen, dass sich die Aufenthalts- und Schlafräume von

² TSI NOISE – Durchführungsverordnung (EU) 2019/774 der Kommission vom 16. Mai 2019, vgl. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0774&qid=1574782666113&from=DE> (Zugriff per 7.1.2020)

Anrainer:innen nicht derart nahe am Gleis befinden. Es besteht der Bauverbotsbereich³ bis 12 Meter von der Gleisachse. Zudem erklären die Vorbeifahrtspegel alleine nicht die Belästigungswirkungen der Schallemissionen des Eisenbahnverkehrs. Daher werden entsprechend der nationalen Verordnung SchIV⁴ sowie der Europäischen Umgebungslärmrichtlinie⁵ die Beurteilungspegel gebildet, welche die Schallausbreitung in weiteren Entfernungen von der Gleisachse als auch die Anzahl und Dauer aller Vorbeifahrten von Zügen, also inklusive der Züge des Personenverkehrs, berücksichtigten. Ebenfalls berücksichtigt wird die Schallausbreitung für eine bestimmte meteorologische Situation, da ansonsten je nach Wind- und Wetterlage der Schall unterschiedlich stark gedämpft wird.

Für das in diesem Bericht gewählte Beispiel für die Schallimmission (vgl. Abschnitt 0) wird ein Gebäude im Abstand von 30 Meter zum Gleis und einer angenommenen dauerhaften Mit-Wind-Situation oder Inversionswetterlage angenommen. ‚Mit-Wind‘ bedeutet eine Situation, bei der der Wind jeweils aus Richtung des vorbeifahrenden Zuges zu betroffenen Anrainer:innen weht und damit verstärkende Auswirkungen auf die Schallausbreitung hat. ‚Inversion‘ bedeutet eine entsprechende Temperaturschichtung, bei der die Schallwellen von oben nach unten, zu den Anrainer:innen, gebrochen werden. Beide Wetterlagen sind niemals ganzjährig vorliegend, werden jedoch typischerweise für den ‚worst-case‘ herangezogen.

³ Bauverbotsbereich gem. § 42 Eisenbahngesetz (EisbG): „Bei Hauptbahnen, Nebenbahnen und nicht-öffentlichen Eisenbahnen ist die Errichtung bahnfremder Anlagen jeder Art in einer Entfernung bis zu zwölf Meter von der Mitte des äußersten Gleises, bei Bahnhöfen innerhalb der Bahnhofsgrenze und bis zu zwölf Meter von dieser, verboten (Bauverbotsbereich)“

⁴ Verordnung des Bundesministers für öffentliche Wirtschaft und Verkehr über Lärmschutzmaßnahmen bei Haupt-, Neben- und Straßenbahnen (Schienenverkehrslärm-Immissionsschutzverordnung – SchIV)

⁵ Richtlinie 2002/49/EG Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm (Umgebungslärmrichtlinie), insbesondere Richtlinie (EU) 2015/996 Umgebungslärmrichtlinie Anhang II - Festlegung gemeinsamer Lärmbewertungsmethoden

4 MESSUNG UND SCHALLTECHNISCHE GRÖSSEN

Die Messung der Schallemissionen des Eisenbahnverkehrs an der Strecke zwischen Klagenfurt und Villach erfolgt im Bundesland Kärnten im Nahbereich des Wörthersees. Nach eingehender Analyse des Streckenabschnittes wurde gemeinsam mit dem Land Kärnten die Positionierung nächst der Haltestelle Lind ob Velden ausgewählt (vgl. Abbildung 2). An dieser Position können die Anforderungen an die Umgebungsbedingungen, die Streckengeometrie und den Gleisoberbau entsprechend der europäischen Messnorm für die Messung der Geräuschemission Schienenfahrzeuge (ÖNORM EN ISO 3095:2013) eingehalten werden, insbesondere die Platzverhältnisse und die Nichtbeeinträchtigung durch Hintergrundgeräusche. Im Messbereich ist die Strecke zweigleisig und mit elektrischer Fahrleitung ausgerüstet. Der Gleisabschnitt entspricht den österreichweit gültigen Regelwerken für Streckenquerschnitte und Oberbau und ist mit Betonschwellen im Schotterbett ausgerüstet.

Der Aufbau der Messanlage hinsichtlich Messposition und Messgrößen entspricht ebenfalls weitgehend den Vorgaben der europäischen Messnorm für die Messung der Geräuschemission Schienenfahrzeuge (ÖNORM EN ISO 3095:2013). Diese sieht die Messung der Schallemissionen in einem Messpunkt von 7,5 Meter von der Gleisachse sowie 1,2 Meter über der Schienenoberkante vor. Aufgrund der Platzverhältnisse (bestehende Lärmschutzwand südlich des Gleises) befinden sich alle Mess-Mikrofone nördlich der Gleise im vorgesehenen Abstand zur Gleisachse. Die Mikrofonpositionen sind doppelt vorhanden und gewährleisten mit dieser Redundanz eine hohe Datenqualität sowie Verfügbarkeit.



Abbildung 2: Ansicht der Schallemissions-Messstelle Lind ob Velden von Norden, (c) ÖBB-Infrastruktur AG

Die Messanlage ist nach dem System acramos(R) von *psiacoustic Umweltforschung und Engineering GmbH* aufgebaut (siehe Abbildung 2) und ermittelt die Messgrößen A-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel ($L_{pAeq, Tp}$), Zuggeschwindigkeit (v) und Vorbeifahrzeit (T_p). Zusätzlich werden die Zeitpunkte der vorbeifahrenden Achsen erfasst. Mit diesen Informationen des Achsmusters kann der Zugtyp automatisiert ermittelt werden. Die von jeder einzelnen Vorbeifahrt gemessenen und lokal verarbeiteten Daten werden an die Lärmmonitoring-Datenbank der ÖBB-Infrastruktur AG übermittelt und zentral abgespeichert.

Was ist was?

...**Vorbeifahrtspegel**: energiemäßig gemittelter Schalldruckpegel während einer einzelnen Zugvorbeifahrt im Nahbereich

...**Beurteilungspegel**: energiemäßig gemittelter Schalldruckpegel in einem festgelegten Zeitraum (z.b. Tag oder Nacht), mit allen Vorbeifahrten im Zeitraum

Während der Vorbeifahrt eines Zuges emittieren die Schiene, jedes Rad (an jeder Achse) und in geringerem Umfang auch Fahrzeugaufbauten, Antriebsmotoren und Getriebe Geräusche.

Der **Vorbeifahrtspegel** wird für unterschiedliche Aufgabenstellungen mithilfe von standardisierten Messgrößen dargestellt. Dabei bezeichnet der $L_{pAeq,Tp}$ den A-bewerteten äquivalenten Dauerschalldruckpegel über die Vorbeifahrzeit T_p der gesamten Einheit über Puffer. Für die vorliegenden Messauswertungen bezieht er sich von der Einfahrt des ersten Puffers eines Zuges bis zur Ausfahrt des letzten Puffers wie in Abbildung 3 dargestellt. Dieser Pegel beinhaltet die gesamten Schallanteile des Zeitraums T_p , auch jene von jeder einzelnen Pegelspitze ($L_{AF,max}$). Nachdem Züge nicht immer mit gleicher Geschwindigkeit fahren und Güterzüge darüber hinaus unterschiedliche Achszahlen pro Wagenlänge aufweisen, können diese mit Hilfe eines international normierten Verfahrens auf eine einheitliche Geschwindigkeit von 80 km/h und einheitliche Achsdichte von 0,225 Achsen pro Meter Fahrzeuglänge vergleichbar gemacht werden. Die Grenzwerte der TSI NOISE sind auf diese Geschwindigkeit und Achsdichte bezogen. Dadurch kann die Größe $L_{pAeq,Tp}$ (**80 km/h, APL=0.225**) dargestellt werden. Sinken die Pegel aufgrund leiser Bremssysteme mit weniger rauen Rädern, so muss diese schalltechnische Größe sinken. Nachdem nicht jedes Fahrzeug bzw. jeder Zug ident gebaut und gewartet ist, wird es einen durchschnittlichen Pegel (Median), aber auch lautere und leisere Vorbeifahrten ergeben. Letztere werden mittels Quartilangaben gezeigt - ein oberes Quartil, über welchem nur mehr 25% lautere Züge liegen, und ein unteres Quartil, unter welchem nur 25% leisere Züge liegen.

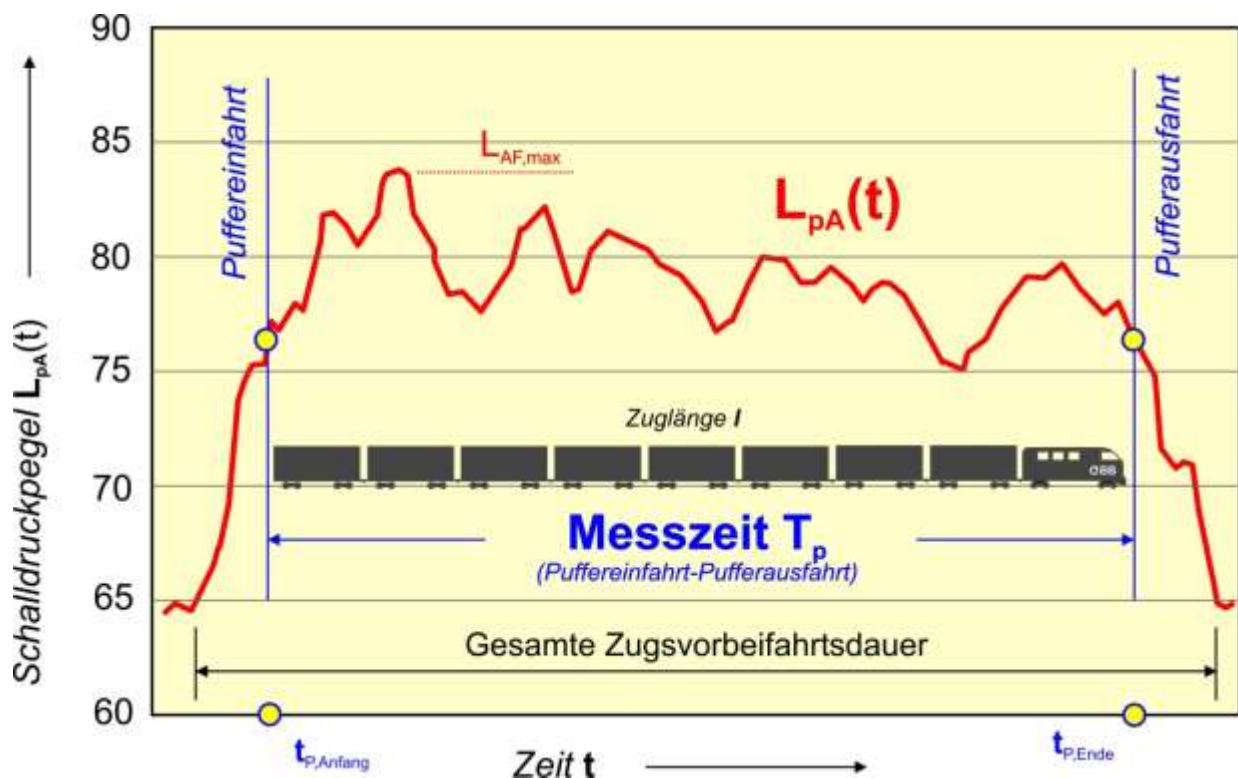


Abbildung 3: Relevante Messgrößen während einer Vorbeifahrtsmessung

Bei gemischten Zügen, das sind Züge mit lauten und leisen Wagen, tritt der physikalische Aspekt „des Fluchs der Akustik“⁶ auf - die leisen Wagen werden von den lauten Wagen schlichtweg übertönt. Erst ein hoher Anteil an leisen Wagen macht sich beim Vorbeifahrtspegel eines Zuges akustisch bemerkbar (siehe Abbildung 4).

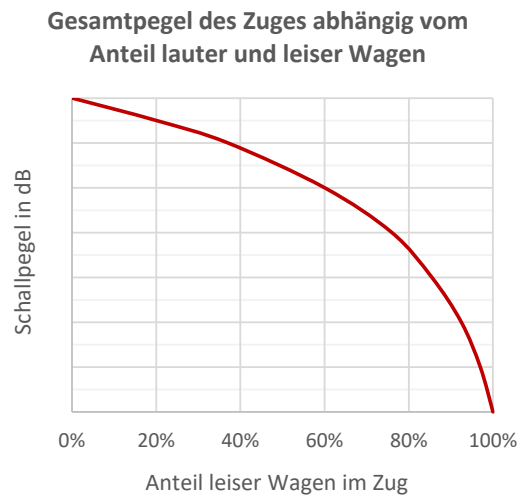


Abbildung 4: Prinzipschaubild der akustischen Wirkung des Anteils an leisen Wagen in einem Zug („Fluch der Akustik“), nach M. Kalivoda / R. Hirzer 2007, Darstellung ÖBB-Infrastruktur AG

Der **Beurteilungspegel** für Anrainer:innen ist im Gegensatz zum normierten Vorbeifahrtspegel von der tatsächlichen Zuggeschwindigkeit, Achszahl, Zuglänge und Zuganzahl abhängig. Für die Bestimmung dieses Pegels werden **nicht auf Geschwindigkeit und Achsdichte normierte** Vorbeifahrtspegel herangezogen. Eine kleine Unsicherheit besteht darin, dass eine Zugvorbeifahrt nicht nur während des konkreten Passierens am Messort Schall emittiert, sondern klarerweise auch schon davor und danach hörbar und messbar ist. Dies ist in Abbildung 3 dargestellt, wonach die Schallenergie der gesamten Zugvorbeifahrt (**Transit Exposure Level TEL**) durch Messung über die gesamte Vorbeifahrtsdauer, zumindest solange die Schallanteile wesentlich sind (-10 dB Abfall vor und nach dem jeweiligen Puffer), erfasst wird. Im vorliegenden Fall wird dieser Anteil je nach Zuglänge für die wesentlichen Zugtypen durch Korrekturen von ungefähr 0,1 dB bis 1,0 dB addiert (basierend auf Ergebnissen eines früheren Forschungsprojekts⁷). Dann darf der Pegel als Basis zur Bestimmung des Beurteilungspegels herangezogen werden. Die Schallausbreitung vom Messpunkt zu betroffenen Anrainer:innen wird mit standardisierten Verfahren ermittelt. Während bisher in Österreich die Norm ONR

⁶ Manfred Kalivoda, Ruth Hirzer: Bahnlärm-Monitoring & -Management; Salzburg 2007, vgl. URL: https://publik.tuwien.ac.at/files/pub-bi_8061.pdf, 4.2.2021

⁷ Maly M, Kirisits C, Ostermann M, Jaksch M, Biebl F, Ostermann N. Ermittlung von längenbezogenen Schalleistungspegeln und Eingangparameter für CNOSSOS-EU. ELSEC Projekt der Verkehrsinfrastrukturforschung 2015, November 2019, <https://projekte.ffg.at/projekt/1695860>

305011 den Stand der Technik darstellte, wurde in den letzten Jahren mit dem Anhang II zur europäischen Umgebungslärm-Richtlinie 2002/49/EG ein für ganz Europa einheitliches Verfahren entwickelt. Die Umsetzung dieser Richtlinie in Österreich erfolgte für die Schienenverkehrslärmemissionen mit dem österreichischen Regelwerk RVE 04.01.02 im Februar 2022 und für die Schallausbreitung mit der ÖAL Richtlinie Nr. 28 im Oktober 2021.

Der Ermittlung zugrunde gelegt wurde dabei ein poröser Boden, wie er bei Bewuchs mit Gras oder dem Gleisschotter selbst vorliegt. Das angenommene Wohngebäude liegt in etwa 30 m Abstand und wird bei freier Ausbreitung, als auch durch eine 2 m hohe Lärmschutzwand geschützt, betrachtet. Der Immissionspunkt zur Beurteilung wurde in 1,5 m Höhe für das Erdgeschoß gewählt und in 5 m Höhe für das Obergeschoß. Geringere Lärmschutzwandhöhen und Situationen in höheren Obergeschoßen erhöhen den Pegel dementsprechend. Größere Abstände und höhere Wände vermindern diesen. Es wurde normgemäß immer eine Mit-Wind Situation oder bodennahe Inversion zugrunde gelegt, welche die Schallausbreitung begünstigt. Die Differenz von Messpunkt (der für beide Gleise konstant in 7,5 m Abstand liegt) zu Immissionspunkt beträgt bei freier Ausbreitung 8 dB und im Falle einer Abschirmung durch eine Lärmschutzwand für ein Erdgeschoß bis zu 19 dB. Konkret sind die Werte von der jeweiligen örtlichen Situation, der Geometrie, der Abschirmung, der Bodendämpfung, Reflexionen, der atmosphärischen Dämpfung und der konkreten meteorologischen Situation abhängig. Das Beispiel kann nicht direkt mit einer tatsächlichen Situation verglichen werden, wie sie beispielsweise in einer aufwendigen detaillierten Lärmschutzuntersuchung berücksichtigt wird. Auch die meteorologische Situation hat hohen Einfluss. Vor allem in entfernteren Lagen von 100 m bis 250 m von der Gleisachse wurden je nach Wetterlage bis zu 15 dB Unterschied dokumentiert⁸.

⁸ Kirisits C, Mursch-Radlgruber E, Hohenwarter D, Streit B. Analyse und Berücksichtigung des Einflusses der Meteorologie auf die Schallausbreitung von Bahn- und Straßenverkehrslärm. ACUMET Projekt der Verkehrsinfrastrukturforschung 2013, September 2016, <https://www2.ffg.at/verkehr/studien.php?id=1224>

5 MESSERGEBNISSE

5.1 Anteil an leisen Güterwagen

Seit dem Jahr 2006 werden europaweit neu in Betrieb genommene Güterwagen nur mehr ‚lärmarm‘ zugelassen. Für auch künftig in Betrieb befindliche Bestandsgüterwagen läuft die Umrüstfrist bis Ende 2024. Deshalb ist der Anteil an leisen Güterwagen ein Maß für den Nachweis der Wirksamkeit der Umrüstung von Bestandsgüterwagen. Die Daten stammen aus dem IT-System ARAMIS („Advanced Railway Automation Management Information System“) der ÖBB-Infrastruktur AG, in dem alle Eisenbahn-Verkehrsunternehmen die jeweiligen Wagentypen – darunter auch die Wageneigenschaft ‚leiser Güterwagen‘ – für jeden Zug bekannt geben.

Im Kalenderjahr 2023 betrug gemäß Betriebsdaten der Anteil an leisen Güterwagen an der Messstelle Lind ob Velden in Kärnten 92% (zum Vergleich Kalenderjahre 2022: 90 %, 2021: 83%, 2020: 64%).

Bei steigendem Umrüstungsgrad von Bestandsgüterwagen ist der Anteil an lärmarmen Güterwagen ebenfalls steigend. Der Anteil ist aber auch abhängig von den Verkehrsarten und den eingesetzten Güterwagen und kann über kürzere Zeitbereiche leicht variieren, wie beispielsweise bei saisonalen Verkehren oder bei Umleitungsverkehren.

5.2 Vorbeifahrtspegel der Züge

Im Zeitraum von 01.01.2023 bis 31.12.2023 wurden 16.694 Güterzugvorbeifahrten als ‚Gültig‘ für die weiteren Auswertungen gekennzeichnet. Darin sind keine Vorbeifahrten enthalten, bei denen gleichzeitig ein anderer Zug am zweiten Gleis die Messstelle querte. Dargestellt wird der vergleichbare Vorbeifahrtspegel $L_{p,Aeq,TP,80km/h,APL=0,225}$. Eine Auswertung für den Median aller Vorbeifahrtspegel von Güterzügen im Jahr 2023 ergab 85,5 dB, wobei 50% aller Vorbeifahrtspegel zwischen 82,8 dB und 87,6 dB lagen. Gegenüber den Ergebnissen des Berichts aus 2022 bedeutet dies eine Reduktion von 0,6 dB, sowie gegenüber 2020 eine mittlere Reduktion von 2,7 dB. Abbildung 5 ergänzt diese Ergebnisse um eine quartalsweise Darstellung. Darin erkennbar sind die zu erwartenden Schwankungen, jedoch der deutlich sichtbare Trend, der sich im Gesamtergebnis für 2023 gegenüber den Vorjahren wiederfindet.

Der durchschnittliche Vorbeifahrtspegel für die Personenzüge (Median) bei den Messpunkten an der Messstelle beträgt $L_{p,Aeq,TP,80km/h} = 77,1$ dB (25%/75% Perzentile 76,0 dB/78,5 dB). Gegenüber 2022, bei dem dieser Messwert bei 77,2 dB lag, ist die Veränderung irrelevant und liegt in der messtechnischen Schwankungsbreite.

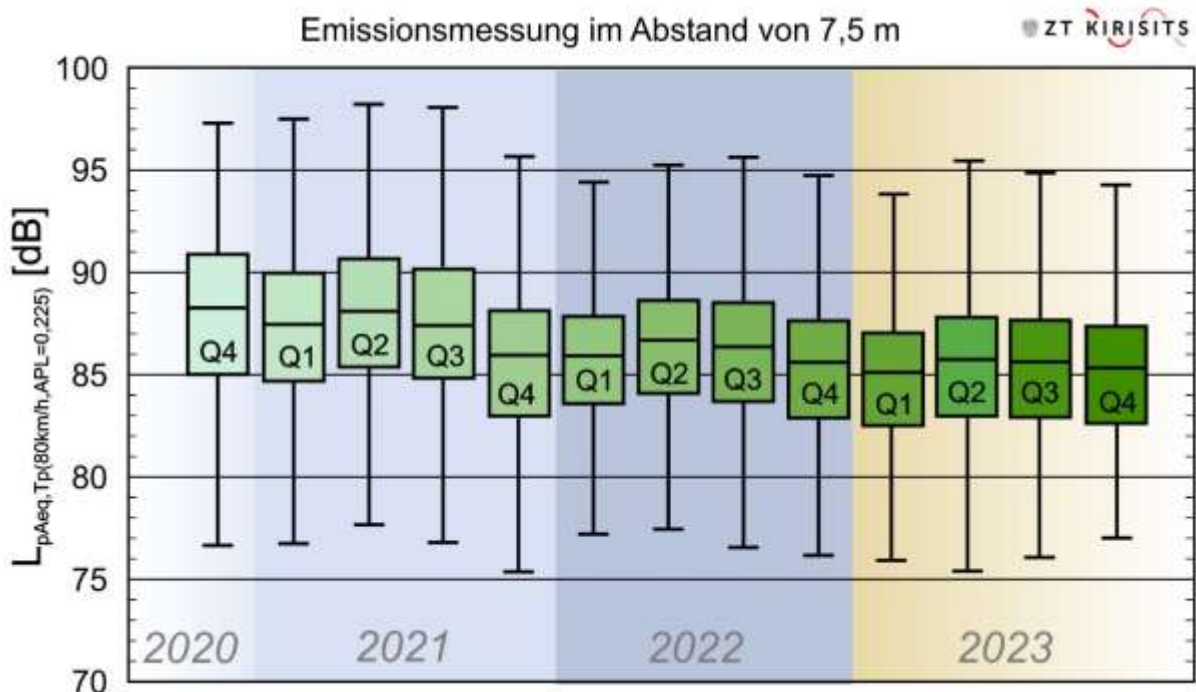


Abbildung 5: Vorbeifahrtspegel der Güterzüge für einzelne Jahresquartale. Dargestellt ist der Median als durchgehender Strich. Der Kasten entspricht der 25% bis 75% Perzentile, die Antennen zeigen das Ausmaß der Streuung an; Daten: ÖBB-Infrastruktur AG; Auswertung: ZT Kirisits

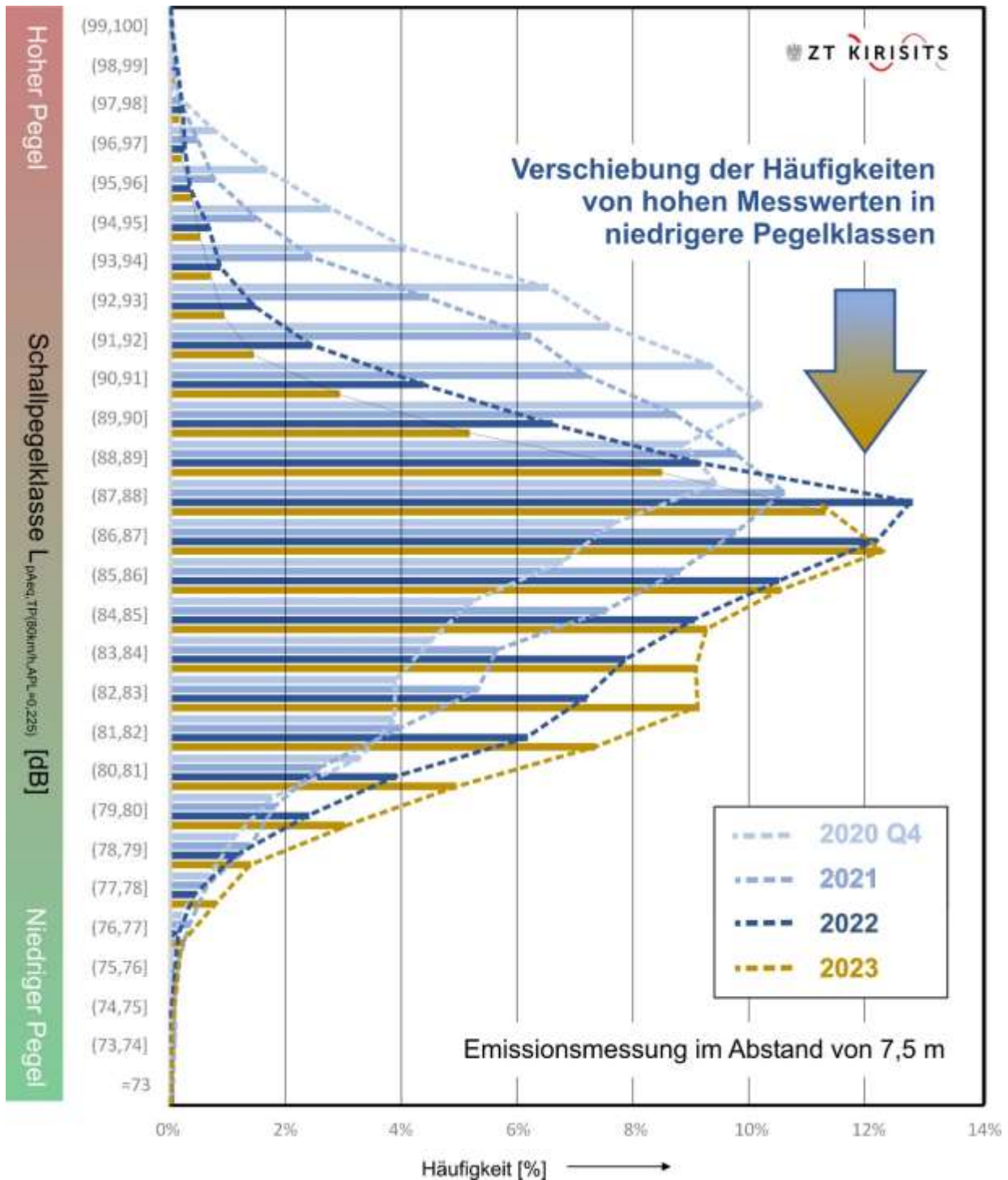


Abbildung 6: Histogramm mit prozentueller Verteilung der Vorbefahrtspegel der Güterzüge (im Jahr 2023, gegenüber den Vorjahresergebnissen aus 2022, 2021 und 2020). Dabei zeigt sich eine Verschiebung der häufigsten Messwerte von der 89-90 dB (2020) in die 87-88 dB Pegelklasse (2021, 2022) sowie aktuell die 86-87 dB Pegelklasse im Jahr 2023; Daten: ÖBB-Infrastruktur AG; Auswertung: ZT Kirisits

Die Verteilung aller Vorbeifahrtspegel von Güterzügen im Beobachtungszeitraum vom 01.01.2023 bis 31.12.2023 zeigt ein Maximum in den Pegeln von 86 bis 87 dB. Gegenüber 2022 liegt dies um eine Pegelklasse niedriger. Vorbeifahrten mit hohen Vorbeifahrtspegeln (> 90 dB), welche auf überwiegenden Graugussanteil hinweisen, sind wie schon 2021 und 2022 weiterhin dokumentiert, aber bereits deutlich reduziert (aktuell 7% gegenüber 11% im Vorjahr, 23% im Jahr 2021 und noch 33% aller Vorbeifahrten im Jahr 2020). Allerdings wirken sich bereits einzelne ‚laute‘ Wagen mit Grauguss Bremssohlen stark im Vorbeifahrtspegel des gesamten Zuges aus, selbst dann, wenn der überwiegende Anteil an Wagen bereits mit neuen Bremssystemen ausgestattet ist. Es wird jedoch erwartet, dass bis Ende 2024 der Anteil an Vorbeifahrtspegeln im höheren Bereich weiterhin abnimmt und sich die Verteilung noch mehr in den unteren Pegelbereich verschiebt.

Wie in Abbildung 4 illustriert, zeigt ein derzeitiger Umrüstgrad von ~92% noch das weitere Potential bis zu einem 100% Anteil ‚leiser‘ Güterwagen. Andererseits ergibt eine Berechnung (nach dem Regelwerk RVE 04.01.02) für den historischen Zeitpunkt mit 0% Umrüstung (also nur ‚laute‘ Güterwagen) um ~7 dB höhere Pegel als heute.

Vergleiche mit anderen Messungen an einer österreichischen Hauptstrecke zeigen, dass der $L_{pAeq,TP,80km/h,APL=0.225}$ im Jahr 2014 noch bei ca. 92,4 dB lag und seitdem sukzessive verringert werden konnte. Innerhalb der systembedingten messtechnischen Schwankungsbreite von Langzeitmessungen zeigen die Ergebnisse der Messtelle im Zentralraum Kärnten denselben Trend.

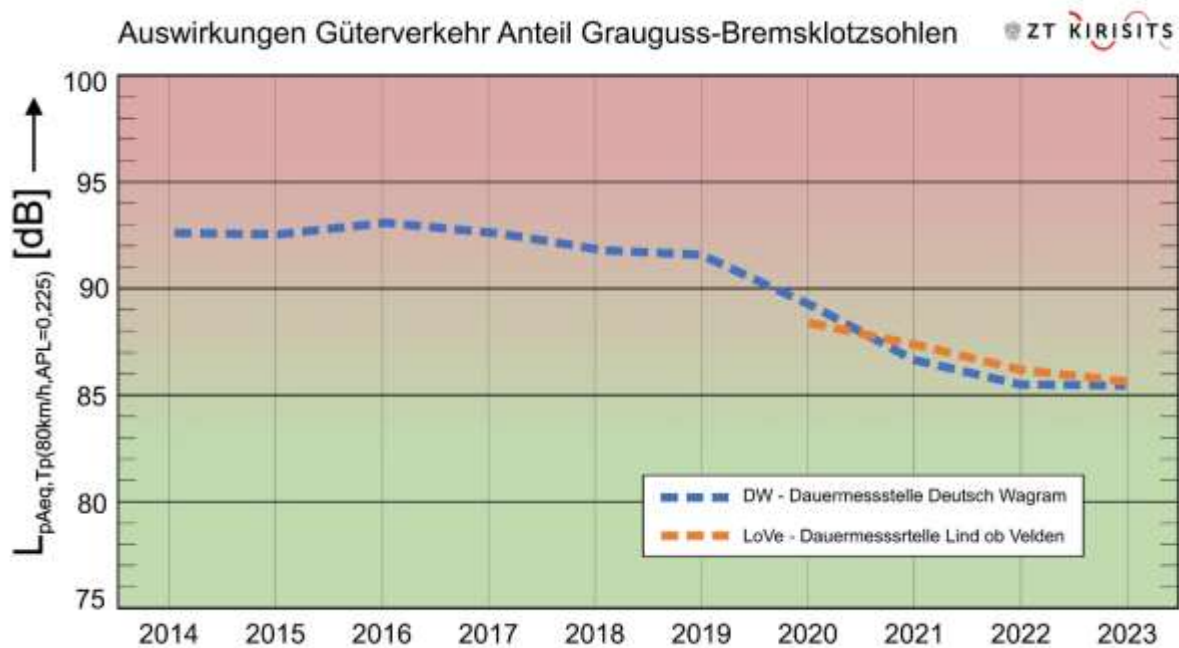


Abbildung 7: Zeitreihe mit durchschnittlichem gemessenen Vorbeifahrtspegel der Güterzüge auf einer österreichischen Hauptstrecke im Vergleich mit der Dauermessstelle Lind ob Velden; Daten: ÖBB-Infrastruktur AG; Darstellung: ZT Kirisits

6 BEURTEILUNGSPEGEL AN REPRÄSENTATIVEN IMMISSIONSORTEN

Der tatsächlich am Messpunkt RP gemessene Dauerschallpegel während des Zeitraumes ‚Tag‘ $L_{Aeq,Tag}$ (von 06:00 bis 22:00) betrug im Beobachtungszeitraum vom 01.01.2023 bis 31.12.2023 68,0 dB, der $L_{Aeq,Nacht}$ (von 22:00 bis 6:00) 69,3 dB. Gegenüber dem Vorjahr mit 67,7 dB am Tag und 69,1 dB in der Nacht bedeutet dies eine geringfügige Änderung von 0,2 dB. Dies resultiert aus zwei gegenläufigen Effekten. Während der Vorbeifahrtspegel eines Güterzuges im Mittel weiterhin abgenommen hat, wirkt sich bei der Erfassung von Dauerschallpegeln zusätzlich der gesamte Betrieb mit jedem vorbeifahrenden Zug und dessen Achszahl aus. Die mittlere Anzahl von Güterzügen pro Tag sank von 2020 auf 2021, blieb in den Jahren 2021 und 2022 noch vergleichbar, stieg jedoch 2023 an und erreichte wieder das Niveau von Ende 2020. Die mittlere Geschwindigkeit der Güterzüge betrug 2023 ~92 km/h und stieg daher um 1 km/h, was jedoch gegenüber dem Anstieg der Anzahl von Güterzügen pro Tag von untergeordneter Bedeutung ist. Die Pegel im lärmtechnisch definierten Nachtzeitraum liegen weiterhin über jenen des Tages, wie es bei Hochleistungsstrecken mit Güterverkehr in der Regel auftritt.

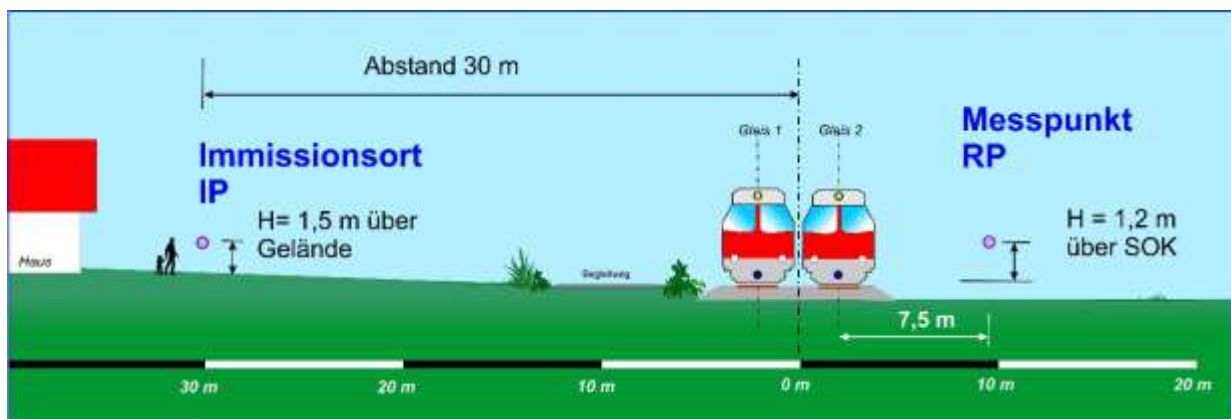


Abbildung 8: Immissionsort für die Darstellung des Beurteilungspegels aufgrund der im Messpunkt gemessenen Vorbeifahrtspegel ohne Lärmschutzmaßnahmen

Für die Anrainer:innen weit aussagekräftiger ist der Beurteilungspegel am Immissionsort. Beispielhaft gewählt wurde ein Punkt in 1,5 m über Boden, 30 m von der Schienenstrecke ohne weitere Lärmschutzmaßnahmen. Er wird gemäß den Regelwerken RVE 04.01.02 und ÖAL Richtlinie Nr. 28 ausgehend von den Messwerten am Messpunkt für den Immissionspunkt rechnerisch ermittelt. Zusätzlich erfolgt die Bildung des Beurteilungspegels nach der österreichischen Schienenverkehrslärm-Immissionsschutzverordnung, womit sich – ohne Lärmschutzmaßnahmen – ein $L_{r,Tag}$ von 55 dB und ein $L_{r,Nacht}$ von 57 dB ergeben.

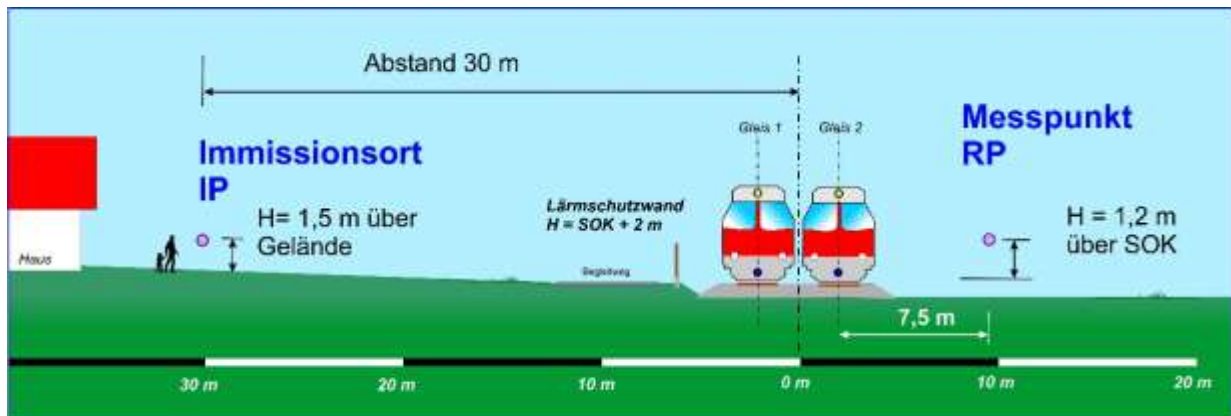


Abbildung 9: Immissionsort für die Darstellung des Beurteilungspegels aufgrund der im Messpunkt gemessenen Vorbeifahrtspegel mit Lärmschutzmaßnahmen

Besteht im Nahbereich der Eisenbahnstrecke eine Lärmschutzwand von 2 m Höhe über Schienenoberkante (SOK), so sinken die Pegel bis auf $L_{r,Tag}$ 44 dB und $L_{r,Nacht}$ 45 dB ab. Diese hohen Abschirmungen sind mit einer 2 m hohen Lärmschutzwand nur für das Erdgeschoß in 1,5 m Höhe über Boden erreichbar. Die Pegel in Obergeschoßen, beispielsweise 5 m über Boden, liegen bei $L_{r,Tag}$ 50 dB und $L_{r,Nacht}$ 51 dB. Diese Werte gelten für das angegebene schematische Beispiel und ersetzen keine Detaillärmschutzuntersuchung für eine konkrete Anrainersituation.

7 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Die Zusammenfassung der Ergebnisse der Messstelle Wörthersee in Lind ob Velden für das Jahr 2023 gegenüber den Vorjahresberichten ist aus Tabelle 1 ersichtlich. In den folgenden Jahresberichten wird hier die zeitliche Entwicklung auf der Grundlage der laufenden Messergebnisse und Erhebungen weiterführend dargestellt.

Messstelle Wörthersee / Lind ob Velden	2020 *	2021	2022	2023
Anteil an leisen Güterwagen (vgl. Kap. 5.1)	64 %	83 %	90 %	92 %
Durchschnittlicher Vorbeifahrtspegel (Median, Entfernung 7,5 m):				
- Güterzüge ($L_{Aeq,TP,80km/h,APL=0.225}$; vgl. Kap. 5.2)	88,2 dB	87,2 dB	86,1 dB	85,5 dB
- Personenzüge ($L_{Aeq,TP,80km/h}$)	77,5 dB	76,9 dB	77,2 dB	77,1 dB
Daraus beispielhaft berechnet:				
Beurteilungspegel (Entfernung 30 m, Erdgeschoß mit Lärmschutzwand, vgl. Kap. 6)				
$L_{r,Tag}$	46 dB	45 dB	44 dB	44 dB
$L_{r,Nacht}$	48 dB	46 dB	45 dB	45 dB

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Messstelle Wörthersee / Lind ob Velden

Anm. *: Der Bezugszeitraum für den Anteil an leisen Güterwagen ist das gesamte Kalenderjahr. Für die Beurteilungspegel wurden die tatsächlich gemessenen Vorbeifahrten ab Inbetriebnahme der Messstelle Wörthersee / Lind ob Velden im Zeitraum von 13.10.2020 bis 31.12.2020 herangezogen und auf den Tag-/Nachtzeitraum bezogen. Ab dem Jahr 2021 liegen einheitlich Werte für das gesamte Jahr vor.

8 ANHANG

8.1 Gleisqualität

Der Abschnitt der Messstelle entspricht den österreichweit gültigen Regelwerken für Streckenquerschnitte und Oberbau. Der Oberbau beider Gleise besteht aus Betonschwellen und dem für hochbelastete Strecken verwendeten UIC 60-Schienenprofil. Die akustisch relevanten Parameter der Gleisqualität sind insbesondere die Rauheit der Schienenfahrflächen (Schienenrauheit), sowie in weitere Folge auch die Schienenabklingrate. Letztgenannte ist ein Maß für die Dämpfung von Schwingungen im Gleis. Die Schienenrauheit ist ein Maß für die Schwingungsanregung der Schiene durch das darüber rollende Rad und deshalb von hoher Relevanz der Schallabstrahlung des Gleises in Bezug zum Vorbeifahrtsgeräusch.

An der Messstelle liegen die Messwerte für die akustische Schienenrauheit zur Charakterisierung der Gleisqualität unterhalb der Vorgaben der ÖNORM EN ISO 3095:2013 für ein ‚akustisch vergleichbares Gleis‘.

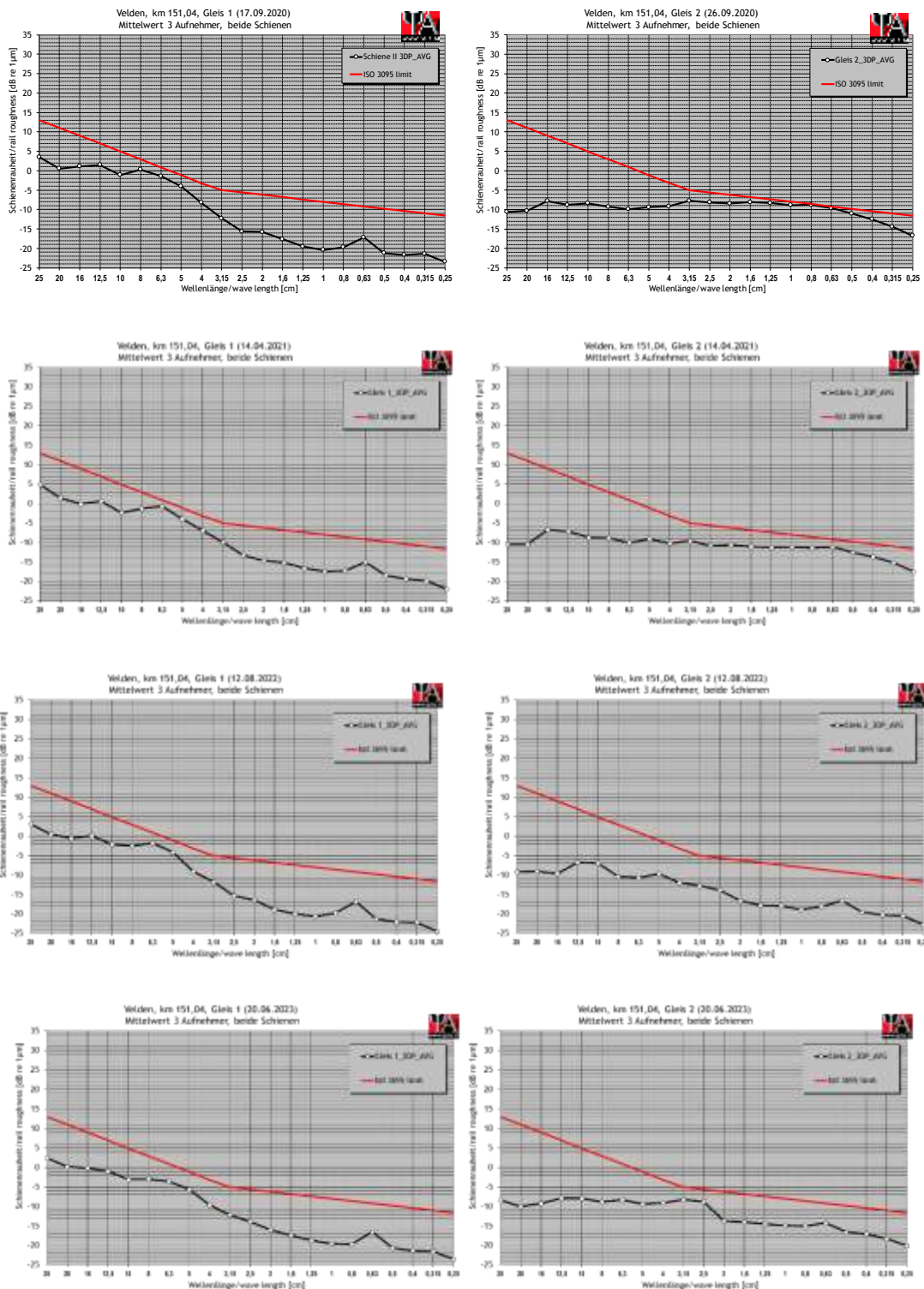


Abbildung 10: akustische Schienenrauheit Gleis 1 (links) und Gleis 2 (rechts) für die Jahre 2020 (oben) und 2021 (zweite Zeilenreihe), 2022 (dritte Zeilenreihe) und 2023 (unten); die rote Linie ist die Grenzlinie für ein ‚akustisch vergleichbares Gleis‘ gemäß ÖNORM EN ISO 3095:2013; Daten und Auswertung: psiacooustic