

Jahresbericht 2022

Fahrbahnlabor



1.6.2022 – 31.12.2022

Auftraggeber:	Schweizerische Eidgenossenschaft; Bundesämter für Umwelt (BAFU) und Verkehr (BAV), CH-3003 Bern. Das BAFU und das BAV sind Ämter des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)
Auftragnehmer	Müller-BBM Rail Technologies GmbH Helmut-A.-Müller-Straße 1 - 5 82152 Planegg www.MuellerBBM-Rail.com
Autor/Autorin:	Nathan Isert, Stefan Lutzenberger
Begleitung BAFU / BAV:	Franz Kuster, Fredy Fischer Robert Attinger, Christoph Dürig
Hinweis:	Dieser Bericht wurde im Auftrag der Bundesämter für Umwelt (BAFU) und Verkehr (BAV) verfasst. Für den Inhalt ist alleine der Auftragnehmer verantwortlich.
Version:	V1
Datum	2.8.2023

1.	ZUSAMMENFASSUNG	5
2	DAS FAHRBAHNLABOR	6
2.1	Einleitung	6
2.2	Lage und Messquerschnitte	8
2.3	Messstationen	9
2.4	Sensorik	10
2.5	Gleisparameter	11
2.6	Akustische Ausbreitungsbedingungen	12
3	STATUS FAHRBAHNLABOR	13
3.1	Besondere Ereignisse	13
3.2	Bauliche Maßnahmen an der Bahnstrecke	13
3.3	Ausfälle von Messquerschnitten und mittlere Verfügbarkeit	13
3.4	Ausfälle von Sensoren	14
3.5	Unterhaltsarbeiten und Sensorwechsel	14
3.6	Anpassungen der Datensicherung und -auswertung:	15
3.7	Monatlich gespeichertes Datenvolumen	15
4	MESSDATEN	16
4.1	Monatsmittelwerte aller Zugvorbeifahrten	16
4.1.1	Mittelungspegel Tag/Nacht	16
4.1.2	Tagesgang des Mittelungspegels	18
4.2	Verteilung Transit Exposure Level (TEL80)	19
4.3	Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeit	21
4.4	Häufigkeitsverteilung der Zuglänge	22
	ANHANG A: SCHIENENRAUHEIT UND ABKLINGRATE	23
	ANHANG B: AKUSTISCHE AUSBREITUNGSBEDINGUNGEN	31
	ANHANG C: MESSWERTE	34
	ANHANG D: MESSGRÖßEN	55

1. Zusammenfassung

Das Fahrbahnlabor ist eine autonome, kontinuierlich betriebene und umfangreiche Installation von Messgeräten auf einem ca. einen Kilometer langen Abschnitt einer Betriebsstrecke in der Nähe von Luzern. Das Fahrbahnlabor umfasst sieben Messquerschnitte, wobei ein Messquerschnitt als Referenzquerschnitt vorgesehen ist. Jeweils drei Messquerschnitte beinhalten unbesohlte Beton-schwellen, drei Messquerschnitte besohlte Betonschwellen, am Referenzquerschnitt sind Holz-schwellen verbaut. Die Installationen konzentrieren sich auf ein Gleis der doppelgleisigen Strecke.

Das Fahrbahnlabor erfasst die wichtigsten vibroakustischen Kenngrößen wie die Beschleunigung von Schiene, Schwelle und Schotter oder die Schall- und Erschütterungsemission neben der Strecke und klassiert die vorbeifahrenden Züge über RFID (Radio-Frequency Identification) und Achszähler. Aufgrund der hohen Anzahl an Messquerschnitten ist es möglich, gleichzeitig unterschiedliche Komponenten oder Systeme zu testen oder statistische Aussagen über mehrere Querschnitte zu treffen.

Das Fahrbahnlabor wurde im April 2022 installiert und zum 1. Juni 2022 in Betrieb genommen.

Seit der Inbetriebnahme läuft das Fahrbahnlabor mit hoher Zuverlässigkeit. In den ersten Monaten kam es zu wenigen Sensordefekten und Stationsausfällen. Diese wurden behoben. Zur Verringerung der Ausfallzeiten werden die Stationen ab Anfang 2023 automatisch überwacht.

An allen Messquerschnitten wurden die Schienenrauheit und die Abklingrate bestimmt. Diese sind im Anhang A zusammengefasst. Ebenfalls wurden durch die Empa die akustischen Ausbreitungsbedingungen ermittelt. Diese sind im Anhang B dargestellt.

Im Zeitraum zwischen dem 1. Juni und dem 31. Dezember 2022 wurden ca. 25.600 Zugvorbeifahrten durch die Messstation autonom erfasst und ausgewertet.

Der überwiegende Zugverkehr findet am Tag (6:00-22:00) statt (ca. 106 Züge/Tag). Im Nachtzeitraum (22:00 – 6:00) verkehren im Mittel ca. 16 Züge.

Die Mittelungspegel (s. Abschnitt 4.1) in 2022 betragen 61,6 dB für den Tageszeitraum und 56,4 dB für den Nachtzeitraum. Die Mittelungspegel ändern sich über die Monate Juni - Dezember hinweg nur in geringem Umfang. Der Mittelungspegel des Fahrbahnlabors wird im Wesentlichen von Personenzügen bestimmt, da deutlich mehr Personen- als Güterzüge das Fahrbahnlabor befahren. Im Tagesgang ist der Mittelungspegel am Morgen, mittags und abends, wenn der Verkehr am dichtesten ist, am höchsten.

Das Rollmaterial der Personenzüge ist akustisch deutlich besser als das der Güterzüge. Die Schallemissionen von Personenzügen sind mit einem Medianwert des TEL80 von ca. 72 dB geringer als die Schallemissionen der Güterzüge mit einem Medianwert des TEL80 von ca. 81 dB.

Innerhalb der Zugstypen gibt es deutliche Unterschiede in den Schallemissionen. Der Unterschied zwischen lautestem und leisestem Personenzug beträgt ca. 19 dB, der Unterschied zwischen lautestem und leisestem Güterzug ca. 21 dB. Der Unterschied kann in der Konstruktion, im Radzustand (insbesondere Radunrundheiten) oder bei gezogenen Wagen in der Lok begründet sein.

Bei den Personenzügen dominieren Zugkompositionen mit Längen von ca. 80m, 150 m oder 200 m, bei Güterzügen kommen fast alle Längen zwischen ca. 50 m und 500 m vor, wobei einzelne Zuglängen von ca. 170 m, 230 m und 350 m gehäuft vorkommen.

Ein Großteil der Personenzüge fährt dabei in der Streckengeschwindigkeit von 120 km/h bzw. mit leicht geringeren Geschwindigkeiten. Die Geschwindigkeitsverteilung der Güterzüge ist relativ breit und liegt zwischen 50 und 110 km/h.

2 Das Fahrbahnlabor

2.1 Einleitung

Der Rad-Schiene Kontakt, die komplexen Interaktionen zwischen Fahrzeug und Fahrweg und die vibroakustischen Eigenschaften von Fahrzeug und Fahrweg haben bei Eisenbahnen einen hohen Einfluss auf die Schall- und Erschütterungsemissionen wie auch auf Vibrationen im Fahrweg und Fahrzeug.

Als Anregung dienen Irregularitäten (Unebenheiten, Rauheiten, usw.) auf den Laufflächen von Rad und Schiene. Bei der Fahrt entstehen dynamische Kontaktkräfte zwischen Rad und Schiene. Diese Kontaktkräfte erzeugen im Gleis und im Fahrzeug Vibrationen (Körperschallfelder), welche sich vom Rad-Schiene Kontakt ausgehend ausbreiten. Die Vibrationen werden vor Allem von Rad und Schiene als hörbarer Luftschall abgestrahlt und können von Anwohnern als Lärm wahrgenommen werden. Der Körperschall wird über den Oberbau und den Untergrund weitergeleitet und verursacht Erschütterungen, welche in der Bebauung neben der Strecke als sekundärer Luftschall hörbar oder als Erschütterung spürbar sind. Auch im Fahrzeug breitet sich der Körperschall aus, wird von Fußboden und Wandverkleidung abgestrahlt und für die Fahrgäste hörbar.

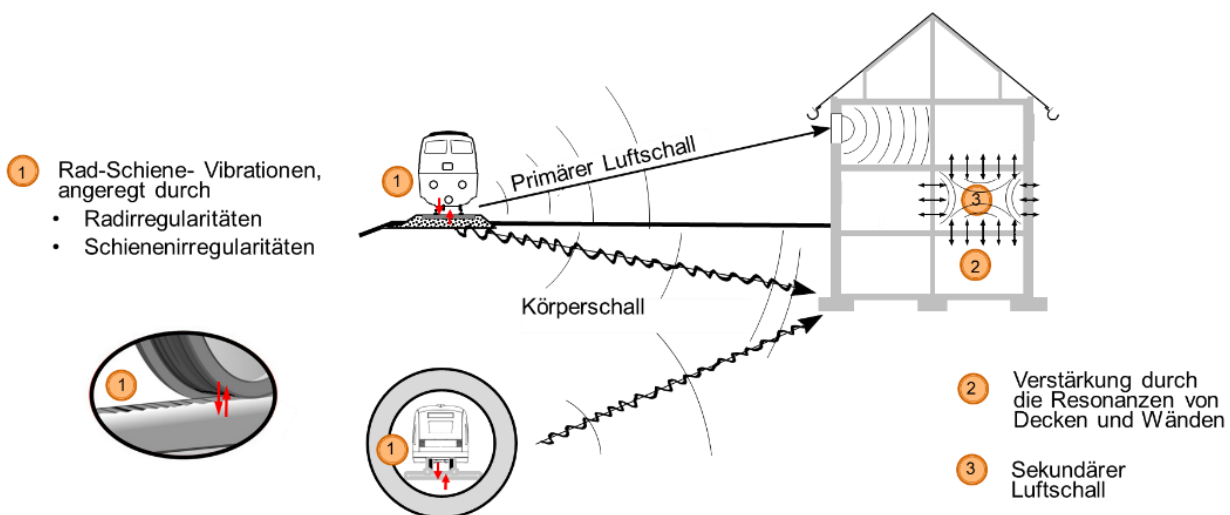


Abbildung 1. Mechanismus der Entstehung von Schall, Erschütterungen und Vibrationen.

Die dynamischen Kräfte können Komponenten beschädigen oder zu beschleunigter Alterung führen. Damit sind auch die Aspekte RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) und LCC (Life Cycle Costs) betroffen.

Zwischen einzelnen Zielstellungen bestehen Zielkonflikte. So wird z.B. versucht mit einer weichen Zwischenlage die Schiene strukturdynamisch besser zu entkoppeln und so die dynamischen Kräfte, welche auf die darunterliegenden Komponenten wirken, zu verringern. Schwellen und Schotter werden mit dieser Maßnahme weniger dynamisch belastet, was sich positiv auf deren Lebensdauer auswirkt. Auf der anderen Seite verbleibt dabei mehr Energie in der Schiene und die Schallemission erhöht sich.

Während für einzelne physikalische Effekte wie die Schall- und Erschütterungsemission mit RIM und TWINS validierte Modelle zu deren Berechnung bestehen, gibt es derzeit keine Modelle, welche alle Aspekte berücksichtigen können. Die Weiterentwicklung und Optimierung des Gesamtsystems erfordert folglich einen Ansatz, welcher auf einer Betrachtung des Gesamtsystems Fahrweg-Fahrzeug beruht und gleichermaßen Aspekte der Lärminderung, der Sicherheit, des Betriebes und der Lebenszykluskosten mit einbezieht.

Dies kann durch gezielte Erprobungen erfolgen. Nachteilig ist der hohe Aufwand, da Versuche im Bahnwesen aufgrund der Zugänglichkeit zur Strecke, der messtechnischen Erfassung zahlreicher und verschiedenster Messgrößen und der Auswertung sehr aufwändig sind, insbesondere wenn Entwicklungen über längere Zeiten beobachtet und statistisch belastbare Daten aus Langzeitstudien erhoben werden sollen.

Zur Lösung dieser Problemstellungen soll das Fahrbahnlabor ([4], [5]) einen wichtigen Beitrag leisten. Das Fahrbahnlabor ist ein weltweit einmaliges Projekt der Bundesämter für Umwelt (BAFU) und Verkehr (BAV) in der Schweiz, das gemeinsam mit der SBB, der Empa und der Allianz Fahrweg betrieben wird. Für die Messtechnik und die Datenerhebung ist Müller-BBM Rail Technologies zuständig.

Das Fahrbahnlabor ist eine, kontinuierlich den Regelverkehr messende, umfangreiche Installation von Messgeräten mit unterschiedlichster Sensorik auf einer Betriebsstrecke. Es werden die wichtigsten vibroakustischen Kenngrößen wie die Beschleunigung von Schiene, Schwelle und Schotter oder die Schall- und Erschütterungsemission neben der Strecke erfasst. Vorbeifahrende Züge werden über RFID und Achszähler erkannt und klassiert.

2.2 Lage und Messquerschnitte

Das Fahrbahnlabor ist eine autonome, kontinuierlich betriebene und umfangreiche Installation von Messgeräten auf einem ca. einen Kilometer langen Abschnitt einer Betriebsstrecke in der Nähe von Luzern. Das Fahrbahnlabor umfasst sieben Messquerschnitte, wobei ein Messquerschnitt als Referenzquerschnitt vorgesehen ist. Jeweils drei Messquerschnitte beinhalten besohlte Betonschwellen, drei Messquerschnitte unbesohlte Betonschwellen, am Referenzquerschnitt sind Holzschwellen verbaut.

Das Fahrbahnlabor erfasst die wichtigsten vibroakustischen Kenngrößen wie die Beschleunigung von Schiene, Schwelle und Schotter oder die Schall- und Erschütterungsemission neben der Strecke und klassiert die vorbeifahrenden Züge über RFID (Radio-Frequency Identification) und Achszähler. Aufgrund der hohen Anzahl an Messquerschnitten ist es möglich, gleichzeitig unterschiedliche Komponenten oder Systeme zu testen oder statistische Aussagen über mehrere Querschnitte zu treffen.

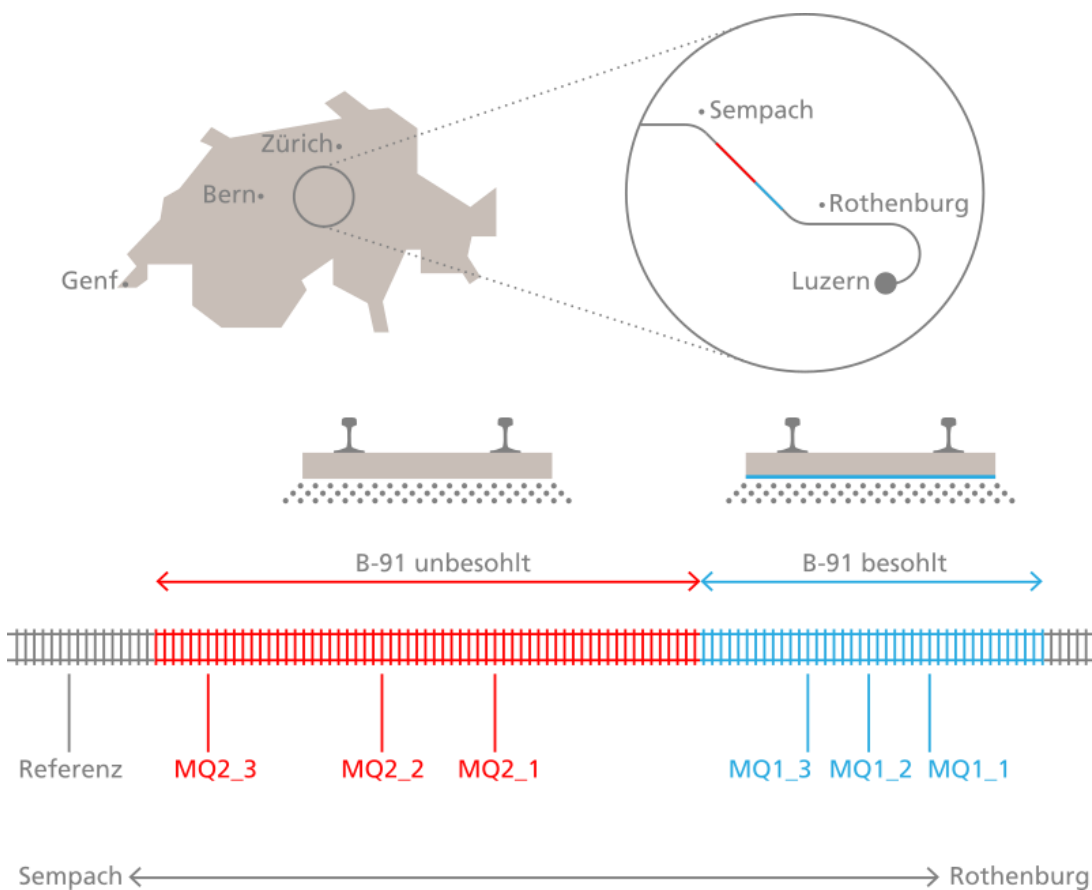


Abbildung 2. Lage und Messquerschnitte des Fahrbahnlabors.

Die Kenngrößen der Messquerschnitte sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 1. Angaben zu den Messquerschnitten.

	Messquerschnitt 1 besohlt	Messquerschnitt 2 unbesohlt	Referenzquerschnitt
Ort	Sempach (SEM) – Rothenburg (RBG) Km 80.00 – km 81.00 (SEM-RGB) Südliches Gleis (Gleis 281)		
Schiene	R260 / 60 E1/E2	R260 / 60 E1/E2	R260 / 60 E1/E2
Befestigung	Ws14	Ws14	Ke12
Zwischenlage	Typ: EVA, d = 7 mm, Steifigkeit 700 kN/mm		
Schwelle	Beton B-91	Beton B-91	Holz
Besohlung	Steife Besohlung Bettungsmodul: 0.30 N/mm ³ d = 7 mm	Keine	Keine
Schotterdicke	55 cm	55 cm	Unbekannt
Schotterreinigung	2019	2019	Unbekannt
Erneuerung	2019	2019	Unbekannt
Untergrund	PSS 30 cm	Unbekannt	Unbekannt

2.3 Messstationen

Die Messungen erfolgen mit sieben automatischen Messstationen des „Train Monitoring Systems“ von Müller-BBM Rail Technologies. Das „Train Monitoring System“ ist eine robuste und zuverlässige Dauermessstation, ausgelegt für ganzjährige Messungen an Bahnstrecken

- Skalierbare All-in-one Messplattform,
- Maximal 500 Messkanäle,
- CE-Konform,
- Rückführbare, akkreditierte Kalibrierung für Schallpegelmessung nach IEC 61672-3:2014-07, Klasse 1,
- Messwerterfassung mit Samplerate je Kanal bis zu 50 kHz für maximale Flexibilität und Zeitsynchronität,
- Messgrößen: Schall, Beschleunigung, Schwingschnelle, Spannung, Dehnung, Last, RFID
- Modularer Aufbau: Erweiterbar für zusätzliche Messsensorik.

Die verwendeten Messgeräte wurden laufend während der Messungen auf einwandfreie Funktion überprüft. Im Rahmen des hauseigenen Qualitätssicherungssystems wurden die Geräte zusätzlich vor dem Einbau kalibriert.

2.4 Sensorik

Die installierte Sensorik ist in der nächsten Abbildung dargestellt:

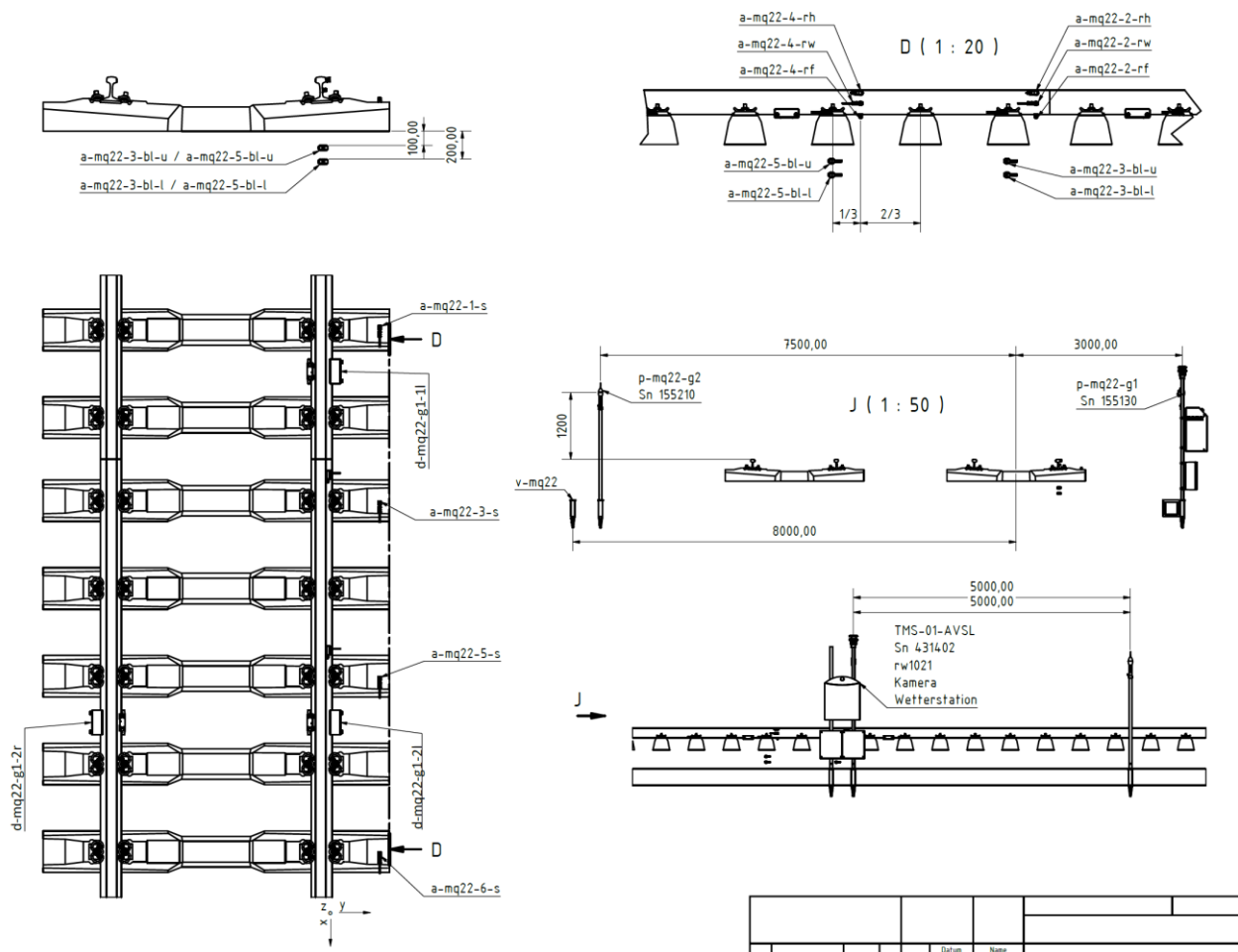


Abbildung 3. Messeinrichtung jedes Messquerschnitts (Benennung der Sensoren s. unten).

Insgesamt sind je Messquerschnitt:

- 4 Beschleunigungsaufnehmer auf der Schwelle in vertikaler Richtung,
- 2 Beschleunigungsaufnehmer am Schienenfuß in vertikaler Richtung,
- 2 Beschleunigungsaufnehmer am Schienensteg in horizontaler Richtung,
- 2 Beschleunigungsaufnehmer am Schienenkopf in horizontaler Richtung,
- jeweils 2 triaxiale Beschleunigungsaufnehmer im Schotter in einer Tiefe von $h = 10$ cm und einer Tiefe von $h = 20$ cm unterhalb der Schwelle sowie
- 2 Mikrophone im Abstand von $d = 3,0$ m und $d = 7,5$ m zur Achse des untersuchten Gleises in einer Höhe von $h = 1,2$ m über Schienenoberkante

verbaut. Zusätzlich sind an den Messquerschnitten MQ1_2 und MQ2_2 triaxiale Erschütterungssensoren ($d = 8,0$ m) installiert.

Zur Benennung der **Beschleunigungssensoren** wird folgende Systematik verwendet:

- a (Sensortyp: Beschleunigungssensor) –
- mqxx (Messquerschnitt) –
- Sensorquerschnitt –
- Komponente (s: sleeper, rh: rail head, rw: rail web, rf: rail foot, bl-u: Schotter (h=10cm), bl- l: Schotter (h=20cm))

Entsprechendes gilt für die **Mikrophone**,

- p (Sensortyp: Mikrophon) –
- mqxx (Messquerschnitt) –
- Abstand (gl1: Anordnung neben Gleis 1, d = 3,0 m, gl2: Anordnung neben Gleis 2, d = 7,5 m)

sowie für die **Achssensoren**

- d (Sensortyp: Achssensor) –
- mqxx (Messquerschnitt) –
- Gleis (gl1: Gleis 1, gl2: Gleis 2)
- Sensorquerschnitt (1 bzw. 2)
- Schiene (l bzw. r)

Und für die **Erschütterungssensoren**

- v (Sensortyp Erschütterungssensor) –
- mqxx (Messquerschnitt) –

Des Weiteren werden die wichtigsten Wetterdaten (Lufttemperatur, Schienentemperatur, Schwellentemperatur, Strahlung, Feuchte, Niederschlag) mittels einer Wetterstation kontinuierlich erfasst und als Stundenmittelwerte gespeichert.

Die Achslast und die indirekte Rauheit werden aus den o.g. Messgrößen ermittelt.

Mit dem Fahrbahnlabor werden automatisch alle vorbeifahrenden Züge erfasst, die Messsignale gespeichert und die Schall-, Beschleunigungs- und Erschütterungsmessungen standardisiert ausgewertet ([9]). Kenngrößen wie z.B. der Vorbeifahrtsschalldruckpegel $L_{pAeq,Tp}$ oder der Erschütterungspegel jedes Fahrzeugs werden automatisch berechnet und in einer Datenbank gespeichert.

2.5 Gleisparameter

Die Querschnitte besitzen sehr gute akustische Eigenschaften und erfüllen vollständig oder weitgehend die hohen Anforderungen an Teststrecken nach der ISO 3095 [6] hinsichtlich Schienenrauheit (EN 15610 [7]) und der Abklingrate (EN 15461 [8]). Am Referenzquerschnitt ist die Schienenrauheit geringfügig höher als bei den anderen Messquerschnitten.

Die Gleisparameter sind im Anhang dargestellt.

2.6 Akustische Ausbreitungsbedingungen

Die Querschnitte des Fahrbahnlabors sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

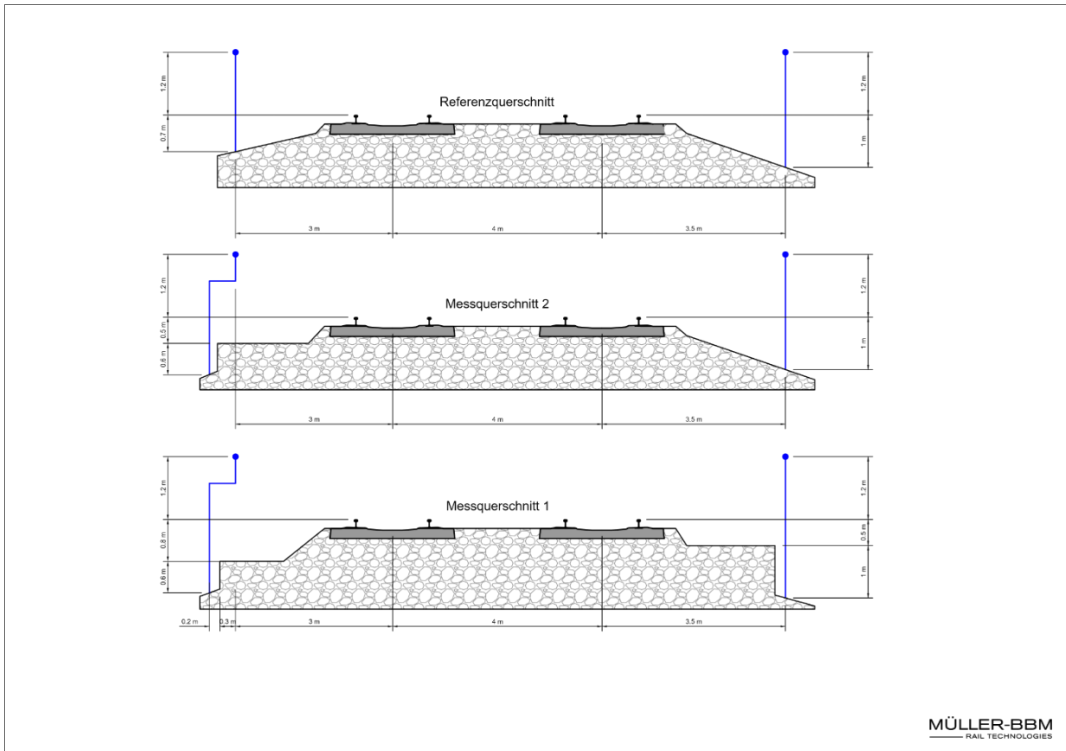


Abbildung 4. Skizzen der Messquerschnitte.

An den Querschnitten kann sich der Schall weitgehend frei ausbreiten.

Zusätzlich wurden die akustischen Ausbreitungsbedingungen an den Messquerschnitten erfasst. Diese beinhalten die Schallausbreitung, ausgehend von einer Schallquelle (in einer Höhe von $h = 30$ cm über Schienenoberkante), und berücksichtigen speziell den Bodeneffekt (Interaktion der direkten mit der am Untergrund reflektierten Welle) bis zu den Mikrofonpositionen. Die Ausbreitungsbedingungen sind an allen Messquerschnitten ähnlich (s. Anhang B).

3 Status Fahrbahnlabor

3.1 Besondere Ereignisse

Das Fahrbahnlabor wurde im April 2022 installiert und zum 1. Juni 2022 in Betrieb genommen.

3.2 Bauliche Maßnahmen an der Bahnstrecke

Im Jahr 2022 erfolgten keine baulichen Maßnahmen an der Strecke.

3.3 Ausfälle von Messquerschnitten und mittlere Verfügbarkeit

Im Jahr 2022 kam es zu folgenden Betriebsausfällen einzelner Messquerschnitte.

Sofern eine Station nicht den ganzen Tag in Betrieb war, wird dieser Tag als Betriebsausfall gewertet.

Tabelle 2. Ausfallzeiten der Messstationen.

Station	Ausfallzeit
MQ 1_1	25.12.2022 - 31.12.2023
MQ 1_2	25.12.2022 - 31.12.2023
MQ 1_3	12.11.2022 - 31.12.2022
MQ 2_1	29.12.2022 - 31.12.2023
MQ 2_2	25.12.2022 - 31.12.2023
MQ 2_3	19.10.2022 - 26.10.2022 29.12.2022 - 31.12.2023
REF	---

Ursächlich für die Stationsausfälle war jeweils ein Ausfall der Messdatenerfassung in den genannten Zeiträumen. Zur Verringerung der Ausfallzeiten werden die Stationen ab Anfang 2023 automatisch überwacht.

Die mittlere Verfügbarkeit der Stationen betrug damit im Jahr 2022 94,4%.

3.4 Ausfälle von Sensoren

Sofern ein Sensor keine gültigen Signale liefert, werden ausgewerteten Kenngrößen in der zugehörigen Datenbank als ungültig gekennzeichnet und nicht für aufbauende Analysen berücksichtigt.

In den gespeicherten Messdaten („Grundlagen-Daten“) sind hingegen sämtliche Messdaten enthalten.

Im Jahr 2022 kam es zu Ausfällen folgender Sensoren.

1. Juni – 12. August

- MQ REF: a-ref-3-bl-u-x
- MQ 1_3: a-mq13-3-bl-l-z
- MQ 1_2: a-mq12-5-bl-l-z
- MQ 1_2: a-mq12-5-bl-u-y

1. Juni – 19. Oktober

- MQ 1_2: v-mq12
- MQ 2_2: v-mq22

Die Bezeichnung der Sensoren ist in Kapitel 2 erläutert.

3.5 Unterhaltsarbeiten und Sensorwechsel

Neben den ausgefallenen Sensoren wurden Sensoren mit verstärkten Störungen durch neue Sensoren getauscht. Im Jahr 2022 wurden folgende Sensoren getauscht:

10.-12.8.

- MQ REF: a-ref-3-bl-u (aufgrund Ausfalls)
- MQ 1_3: a-mq13-3-bl-l (aufgrund Ausfalls)
- MQ 1_2: a-mq12-5-bl-l (aufgrund Ausfalls)
- MQ 1_2: a-mq12-5-bl-u (aufgrund Ausfalls)
- MQ 1_2: a-mq12-4-rh (aufgrund vermehrter Störungen)
- MQ 2_3: a-mq12-2-rh (aufgrund vermehrter Störungen)
- MQ 2_3: a-mq12-4-rh (aufgrund vermehrter Störungen)

19.10.

- MQ 1_2: v-mq12 (aufgrund Ausfalls)
- MQ 2_2: v-mq22 (aufgrund Ausfalls)

3.6 Anpassungen der Datensicherung und -auswertung:

- 12.8. Einbau eines RFID-Readers und Abspeichern der Fahrzeugkennungen
- Ab September: Abspeichern der Terzspektren gemeinsam mit den Messdaten

3.7 Monatlich gespeichertes Datenvolumen

Tabelle 3. Monatlich gespeichertes Datenvolumen.

Monat	Datenvolumen
Juni	188 GB
Juli	219 GB
August	217 GB
September	272 GB
Oktober	275 GB
November	251 GB
Dezember	211 GB

4 Messdaten

In diesem Abschnitt werden akustische und betriebliche Messergebnisse des Fahrbahnlabors dargestellt und bewertet.

4.1 Monatsmittelwerte aller Zugvorbeifahrten

Die Monatsmittelwerte werden als Mittelungspegel (Anhang: D Messgrößen, Formel (5)) an der Referenzmessstation bestimmt. Der Mittelungspegel wird für das Gleis des Fahrbahnlabors (Gleis 281) in einem Abstand von 7,5 Meter zur Gleismitte und 1,2 m Höhe über Schienenoberkante bestimmt und gibt den mittleren Schalldruckpegel infolge des Zugverkehrs im jeweiligen Zeitraum als energetischen Mittelwert an. Der Mittelungspegel wird getrennt für den Tagzeitraum (6:00 – 22:00) und Nachtzeitraum (22:00 – 6:00) bestimmt. Weiterhin wird der Mittelungspegel in die Anteile infolge der Personenzüge und der Güterzüge aufgeteilt. Zugvorbeifahrten von Zügen weiterer Zugskategorien sind selten und tragen nur unwesentlich zum Mittelungspegel bei.

4.1.1 Mittelungspegel Tag/Nacht

In Abbildung 5 sind die Mittelungspegel monatsweise für alle Zugfahrten im Tageszeitraum (6:00 bis 22:00), sowie deren Beiträge resultierend aus lediglich den Personenzugfahrten (PZ) und Güterzugfahrten, dargestellt. Im Wesentlichen werden die Pegel durch den Personenverkehr bestimmt, was vor allem auf die geringe Anzahl an Güterzügen zurückzuführen ist. Die Linien charakterisieren die Standardabweichung.

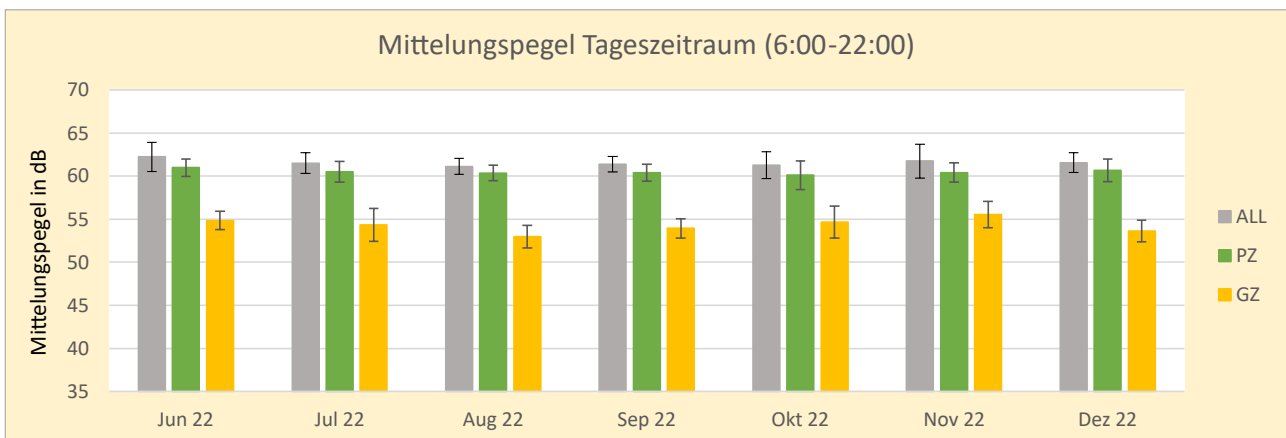


Abbildung 5. Mittelungspegel des Tagzeitraums am Referenzquerschnitt des Fahrbahnlabors im Jahr 2022.

In Abbildung 6 sind analog zu Abbildung 5 die Mittelungspegel für den Nachtzeitraum (22:00 bis 6:00) dargestellt. Auch hier dominiert der Personenverkehr die Schallemissionen.

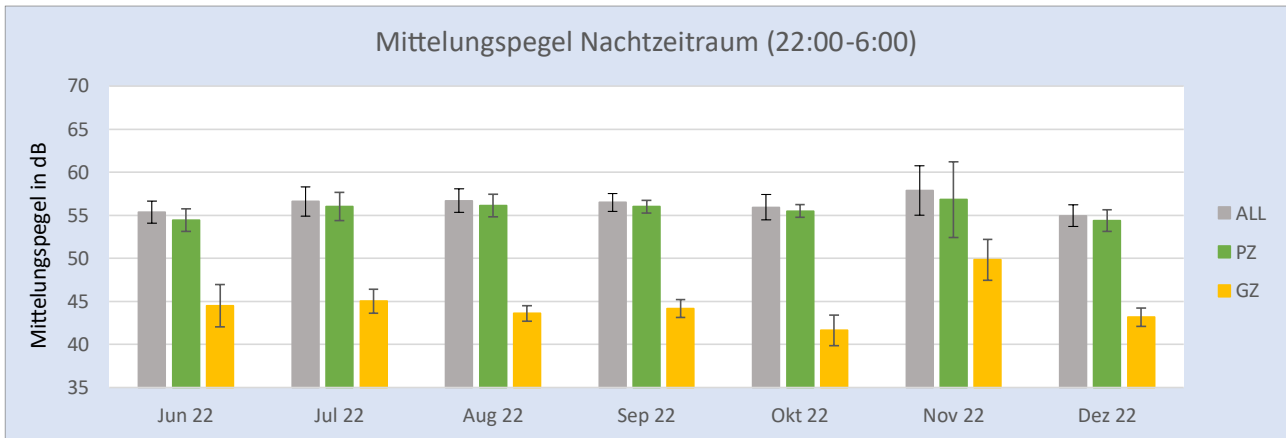


Abbildung 6. Mittelungspegel des Nachtzeitraums am Referenzquerschnitt des Fahrbahnlabor im Jahr 2022.

Die Mittelungspegel für die einzelnen Monate sind in Tabelle 4 neben den Zugzahlen und dem mittleren Vorbeifahrtpegel $L_{Aeq, Tp}$ separat für den Zeitraum Tag und Nacht aufgeführt.

Tabelle 4. Mittelungspegel und Zugzahlen für den Tag- und Nachtzeitraum.

Monat	Tageszeitraum	Mittelungspegel	Anzahl Züge	Anzahl PZ	Anzahl GZ	mittlerer $L_{Aeq, Tp}$
Jun 22	Tag	62.2	3195	2894	117	81.8
	Nacht	55.4	433	380	8	81.0
Jul 22	Tag	61.5	3253	3098	116	81.2
	Nacht	56.6	488	454	8	82.0
Aug 22	Tag	61.1	3262	3130	100	80.9
	Nacht	56.7	482	455	10	82.1
Sep 22	Tag	61.4	3167	2993	123	81.0
	Nacht	56.5	503	477	8	81.6
Okt 22	Tag	61.3	3196	3032	118	81.0
	Nacht	55.9	504	478	2	81.2
Nov 22	Tag	61.7	2967	2780	119	81.7
	Nacht	57.9	447	403	15	81.9
Dez 22	Tag	61.6	3228	3068	86	81.5
	Nacht	54.9	449	422	6	80.9

Die Mittelungspegel in 2022 betragen 61,6 dB für den Tageszeitraum und 56,4 dB für den Nachtzeitraum. Die Mittelungspegel ändern sich über die Monate Juni-Dezember hinweg nur in geringem Umfang.

Der Mittelungspegel des Fahrbahnlabor wird im Wesentlichen von den Personenzügen bestimmt.

Der überwiegende Zugverkehr findet am Fahrbahnlabor am Tag (6:00-22:00) statt (ca. 106 Züge/Tag). Im Nachtzeitraum (22:00 – 6:00) verkehren im Mittel ca. 16 Züge.

Der mittlere Vorbeifahrtpegel $L_{Aeq, Tp}$ beträgt 81,4 dB und unterscheidet sich nur geringfügig zwischen Tag- und Nachtzeitraum.

Die Gesamtzugzahlen in Tabelle 1 umfassen neben den ebenso gelisteten Personenzügen (PZ) und Güterzügen (GZ) auch Dienstzüge und diejenigen Züge, die aufgrund etwaiger Unsicherheiten oder Fehler/Zugbegegnungen ungültig sind oder nicht eindeutig einer der Zugkategorien zugeordnet werden konnten.

4.1.2 Tagesgang des Mittelungspegels

Abbildung 2 zeigt den Tagesverlauf des stündlichen Mittelungspegels für das Jahr 2022. Hierfür wurden die stündlichen Mittelungspegel aller Tage des jeweiligen Monats arithmetisch gemittelt.

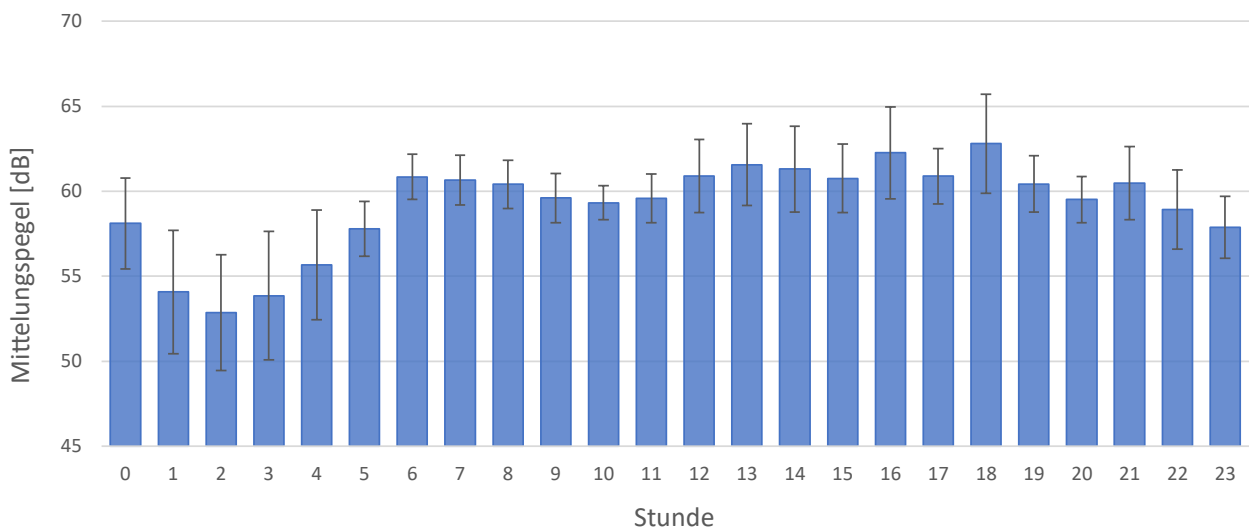


Abbildung 7. Tagesverlauf des stündlichen Mittelungspegels für das Jahr 2022.

Der Mittelungspegel an der Referenzmessstation des Fahrbahnlabors wird im Wesentlichen von Personenzügen bestimmt. Morgens, mittags und abends, wenn der Verkehr am dichtesten ist, sind somit auch die Mittelungspegel am höchsten. In der Nacht verkehren deutlich weniger Züge.

4.2 Verteilung Transit Exposure Level (TEL80)

Der TEL80 (Anhang: D Messgrößen, Formel (2)) gibt den auf 80 km/h normierten Vorbeifahrtexpositionspegel einer Zugvorbeifahrt an. Dieser ist größtenteils unabhängig von der Länge und der Geschwindigkeit eines Zuges. Der TEL80 zeigt damit die Unterschiede des Rollmaterials auf.

In Abbildung 8 wird die **Häufigkeitsverteilung** aller im Jahre 2022 gemessenen Vorbeifahrtexpositionspegel für die Bezugsgeschwindigkeit 80 km/h, getrennt nach Güter- und Personenzügen dargestellt.

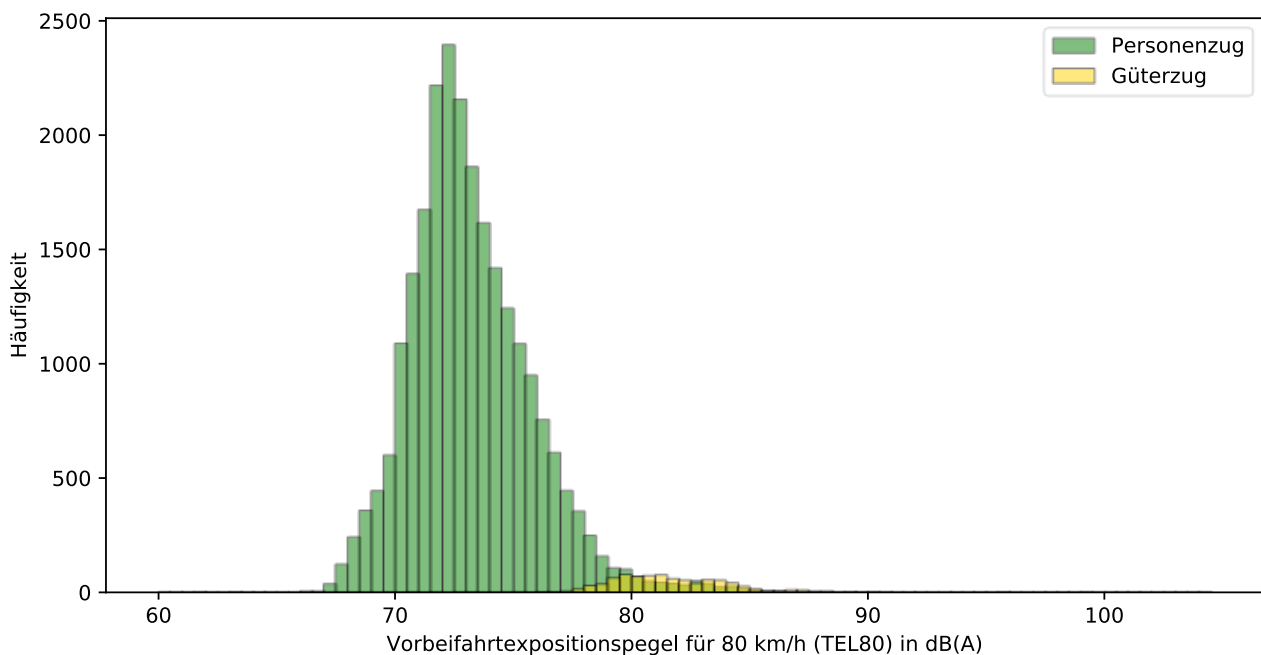


Abbildung 8. Häufigkeitsverteilung aller im Jahre 2022 gemessenen Vorbeifahrtexpositionspegel für die Bezugsgeschwindigkeit 80 km/h, getrennt nach Güter- und Personenzügen.

In Abbildung 9 wird die **relative Häufigkeitsverteilung** und die **Summenhäufigkeit** aller im Jahre 2022 gemessenen Vorbeifahrtexpositionspegel für die Bezugsgeschwindigkeit 80 km/h, getrennt nach Güter- und Personenzügen dargestellt.

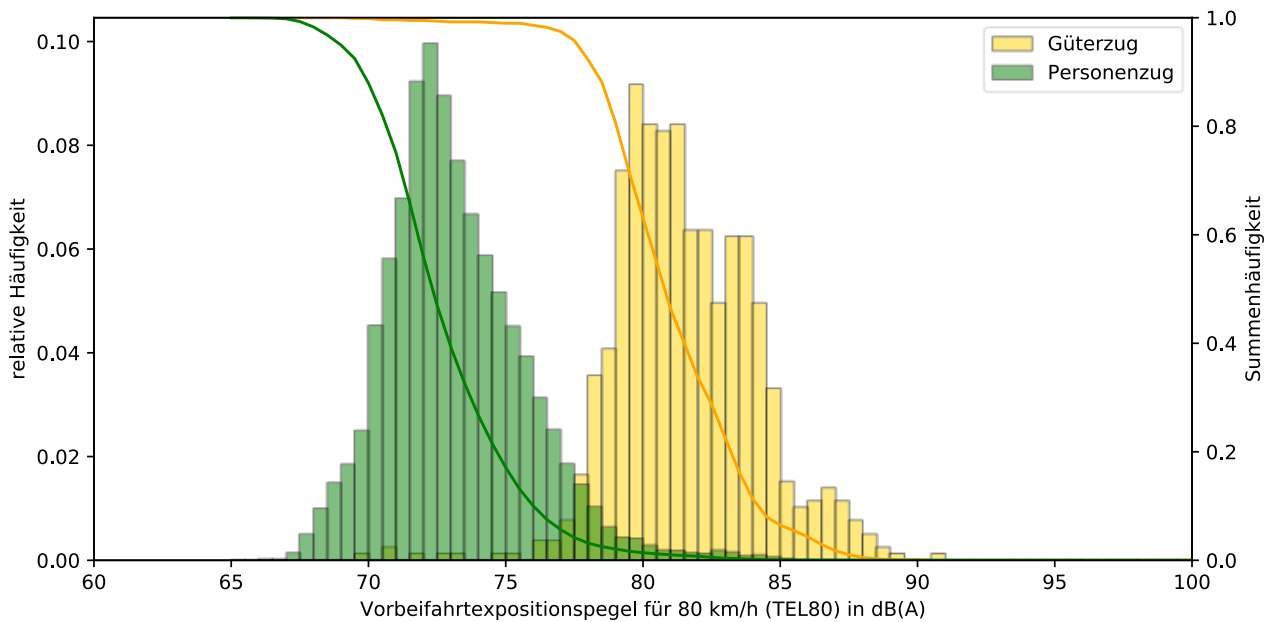


Abbildung 9. Relative Häufigkeitsverteilung und Summenhäufigkeit aller im Jahre 2022 gemessenen Vorbeifahrtexpositionspegel für die Bezugsgeschwindigkeit 80 km/h, getrennt nach Güter- und Personenzügen.

Hierin lässt sich erkennen, dass das Rollmaterial der Personenzüge akustisch deutlich besser ist als das der Güterzüge. Die Schallemissionen von Personenzügen sind mit einem Medianwert des TEL80 von ca. 72 dB deutlich geringer als die Schallemissionen der Güterzüge mit einem Medianwert des TEL80 von ca. 81 dB.

Innerhalb der Zugstypen gibt es deutliche Unterschiede in den Schallemissionen. Die Unterschiede zwischen lautestem und leisestem Personenzug betragen ca. 19 dB, die Unterschiede zwischen lautestem und leisestem Güterzug ca. 21 dB. Der Unterschied kann in der Konstruktion, im Radzustand (insbes. Radunrundheiten) oder bei gezogenen Wagen in der Lok begründet sein.

4.3 Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeit

In Abbildung 10 wird die **relative Häufigkeitsverteilung** der Fahrgeschwindigkeiten von Personenzügen und Güterzügen dargestellt.

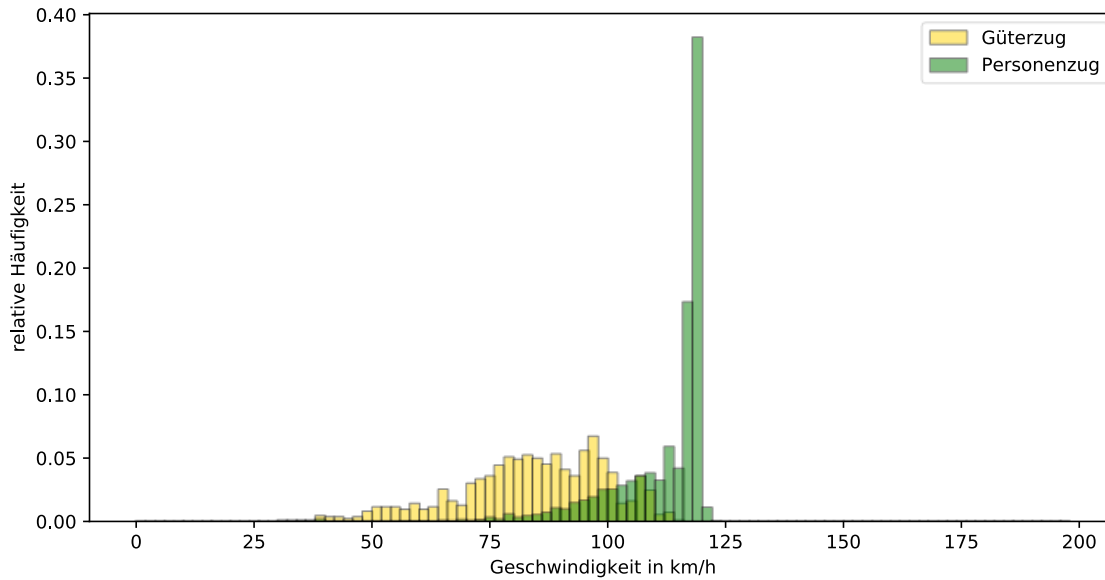


Abbildung 10. Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeiten der vorbeifahrenden Züge.

Ein Großteil der Personenzüge fährt dabei in der Streckengeschwindigkeit von 120 km/h bzw. mit leicht geringeren Geschwindigkeiten. Die Geschwindigkeitsverteilung der Güterzüge ist relativ breit und liegt zwischen 50 und 110 km/h.

Der Messfehler in der Bestimmung der Geschwindigkeiten liegt bei etwa 1-3 Prozent.

4.4 Häufigkeitsverteilung der Zuglänge

In Abbildung 11 ist die Häufigkeitsverteilung der Zuglänge von Personenzügen und Güterzügen dargestellt.

Bei den Personenzügen dominieren Zugkompositionen mit festen Längen von ca. 80m, 150 m oder 200 m.

Bei Güterzügen ist die Verteilung deutlich breiter. Hier kommen fast alle Längen zwischen ca. 50 m und 500 m vor, wobei einzelne Zuglängen von ca. 170 m, 230 m und 350 m gehäuft auftreten.

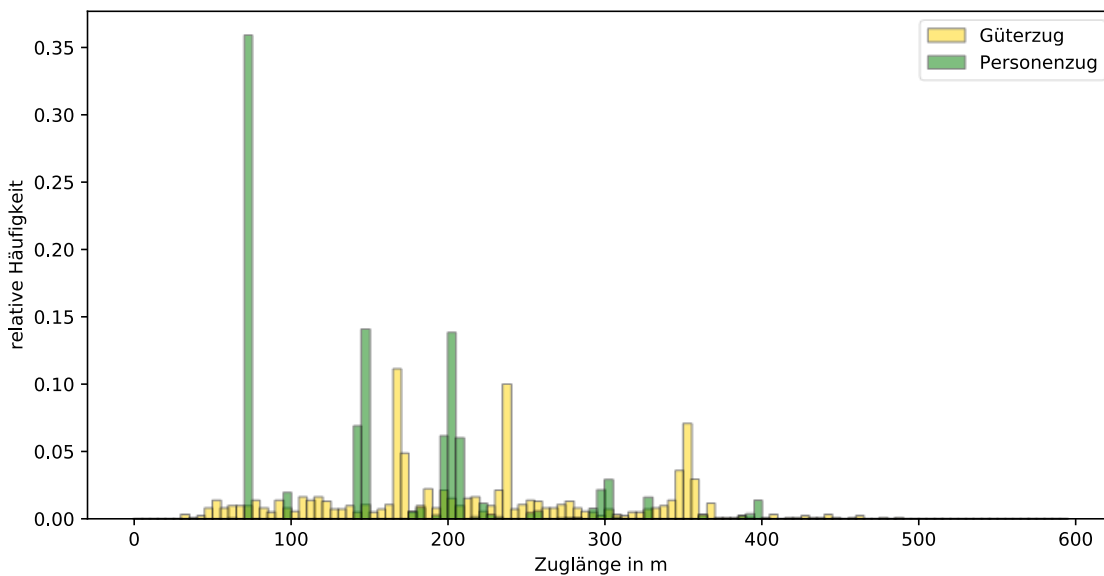


Abbildung 11. Häufigkeitsverteilung der Zuglänge von Personenzügen und Güterzügen.

Die Bestimmung der Länge basiert auf der Geschwindigkeitsmessung und weist somit eine vergleichbare Genauigkeit auf.

Anhang A: Schienenrauheit und Abklingrate

Informationen zu den Messdaten

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit in dB, re 1 μm entsprechend BS EN 15610:2019

Darstellung der energetischen Mittelwerte über alle Messspuren beider Schienen am Messquerschnitt. Gegenüberstellung des Grenzspektrums für Referenzgleisabschnitte nach TSI Lärm/EN ISO 3095.

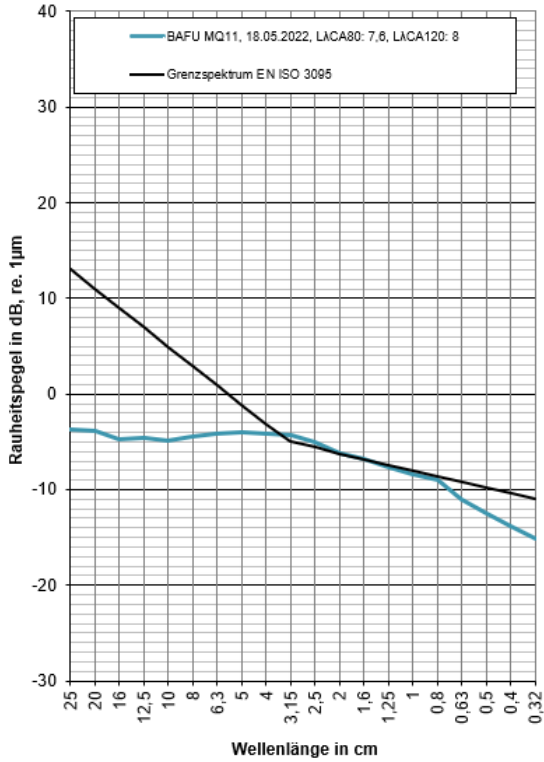
Rauheits-Einzahlwert L_{ACA} in dB ist angegeben für die Bezugs-Geschwindigkeiten 80 km/h und 120 km/h entsprechend Deliverable 12 part 1 of the HARMONOISE project.

Gleisabklingrate in dB/m entsprechend EN 15461:2008

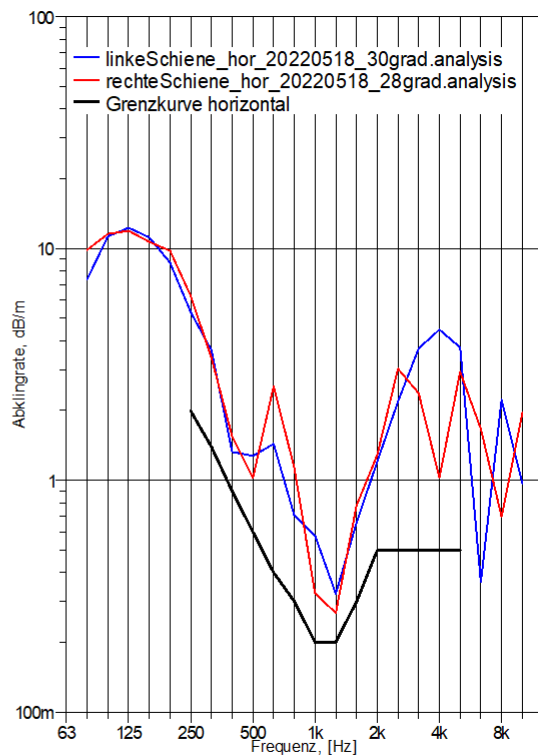
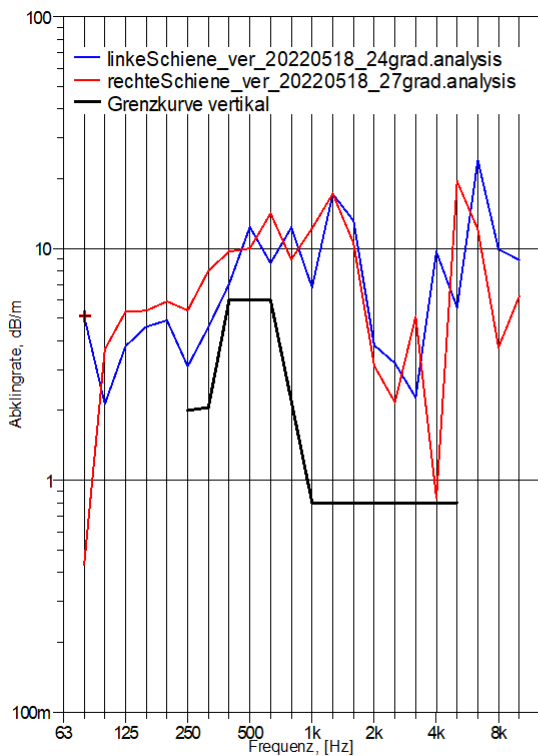
Darstellung der Abklingraten in vertikaler und horizontaler Messrichtung für jede Schiene (linke/rechte Schiene in Bezug auf die Fahrtrichtung). Gegenüberstellung des Grenzspektrums für Referenzgleisabschnitte nach TSI Lärm/EN ISO 3095.

Messquerschnitt 1_1

Terzpektrumspektrum der Schienenrauheit

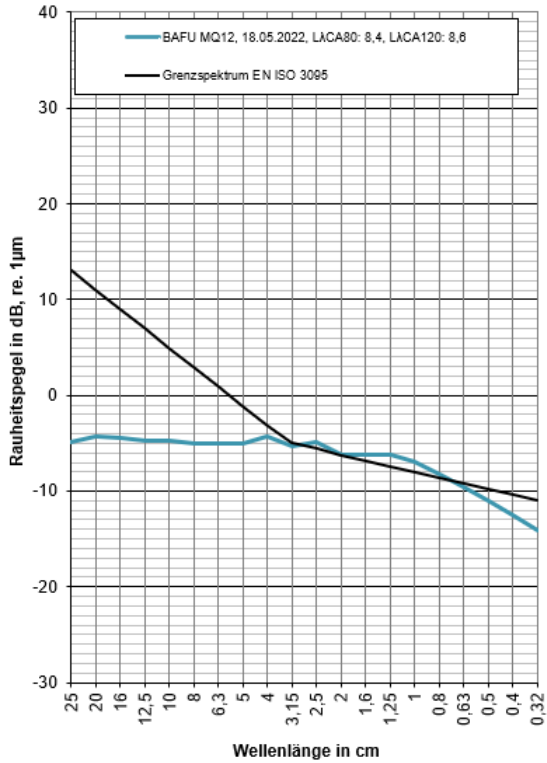


Gleisabklingrate

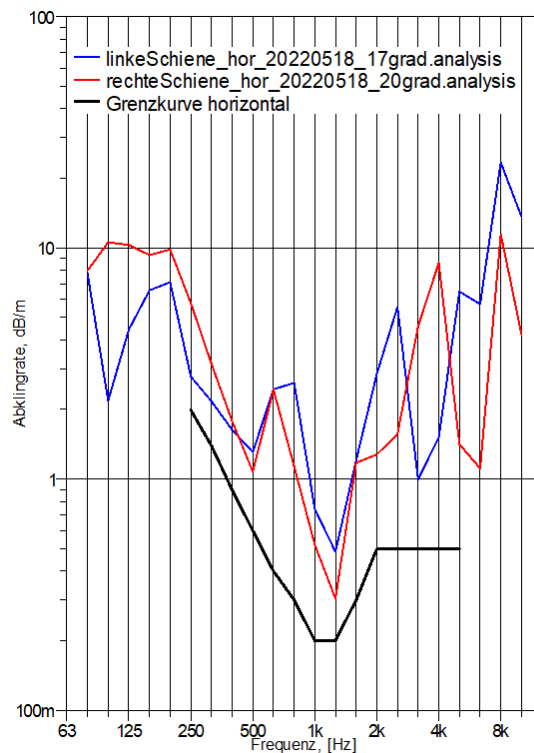


Messquerschnitt 1_2

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit

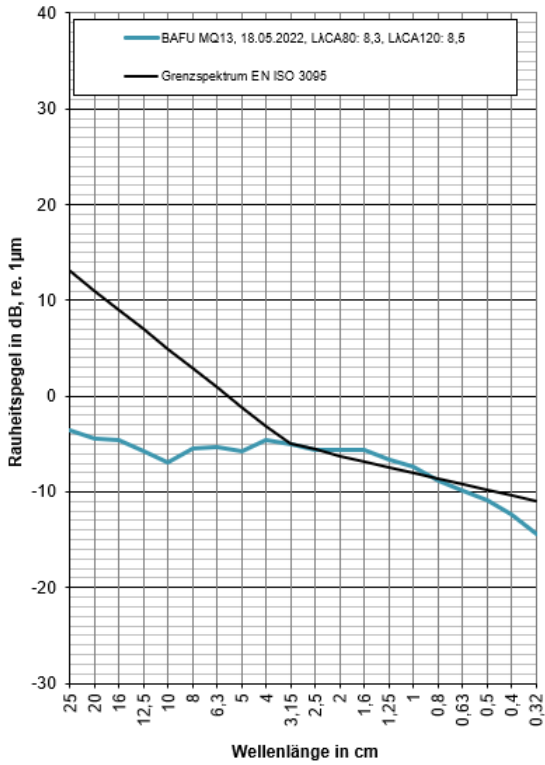


Gleisabklingrate

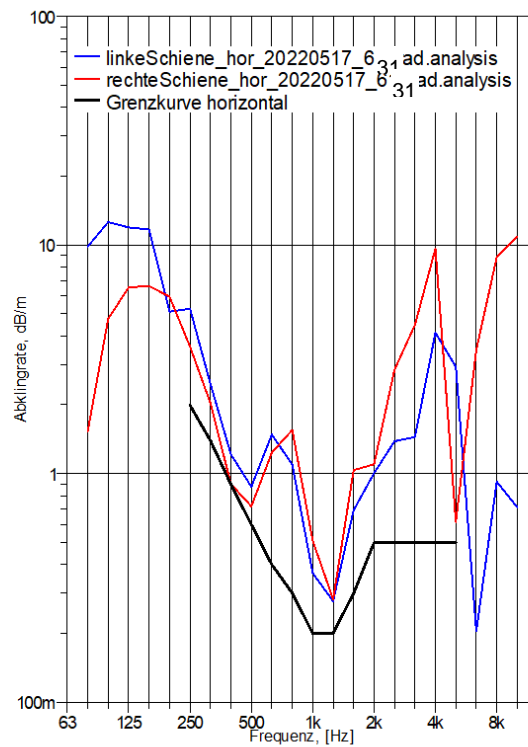
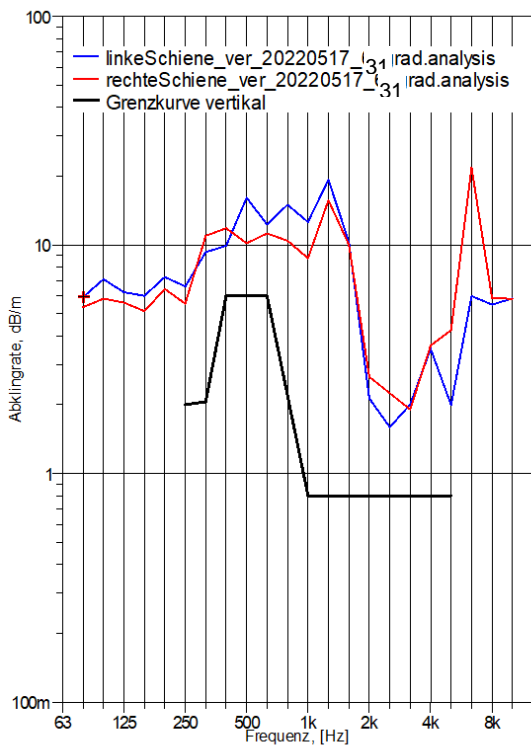


Messquerschnitt 1_3

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit

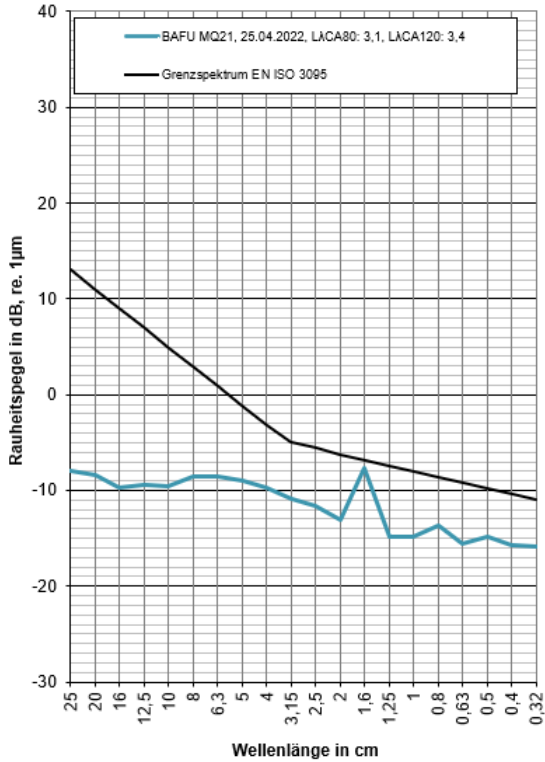


Gleisabklingrate

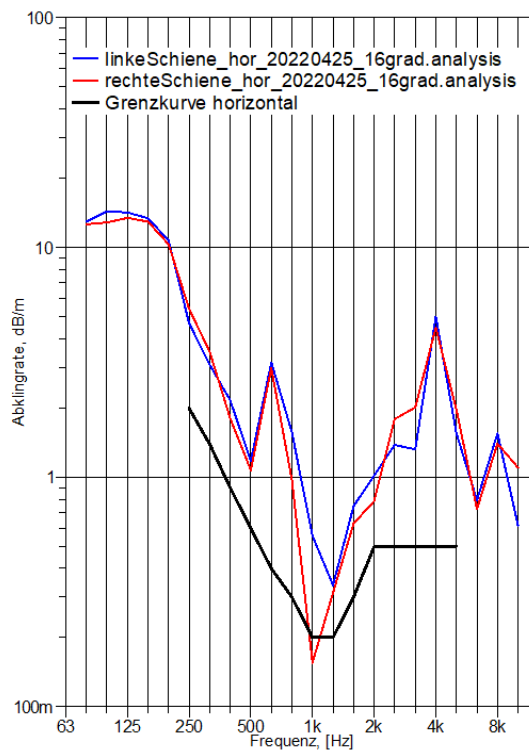
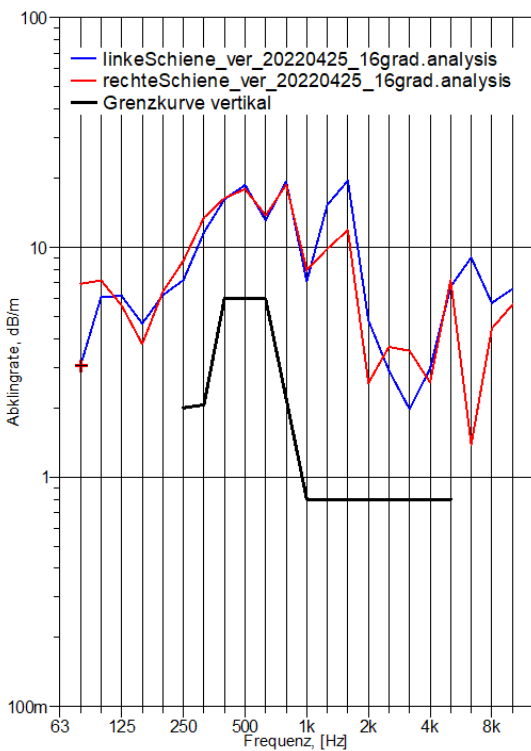


Messquerschnitt 2_1

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit

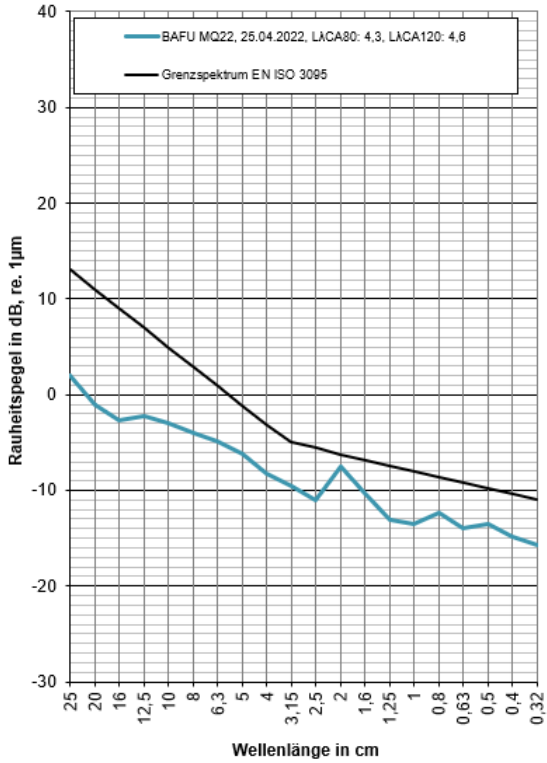


Gleisabklingrate

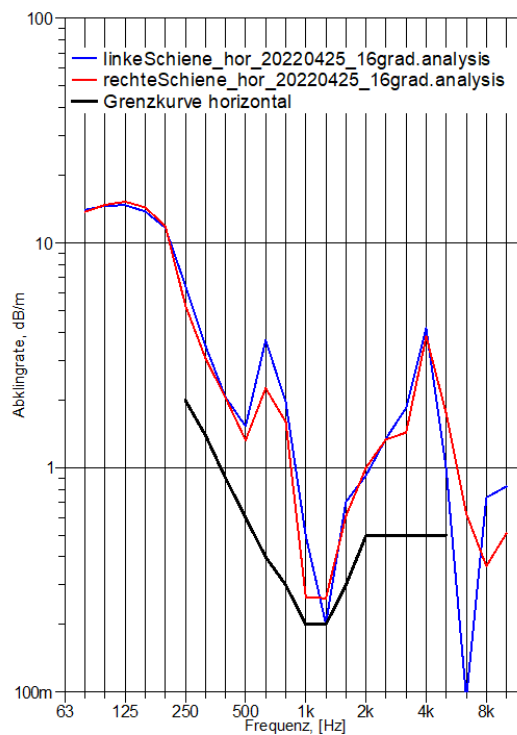
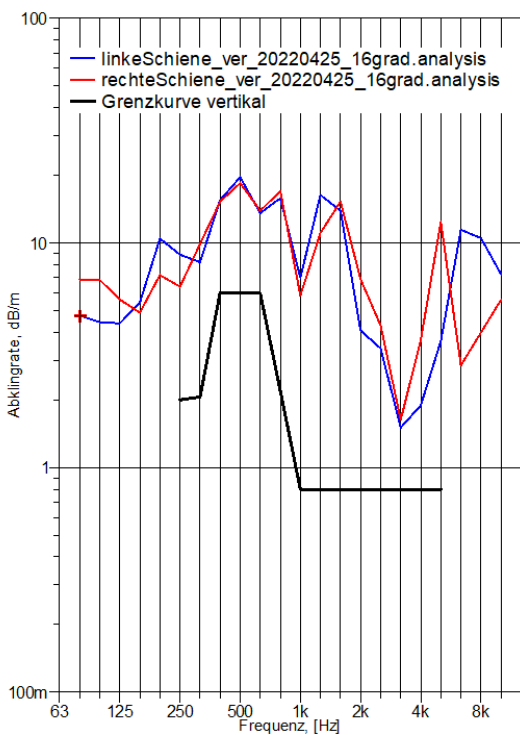


Messquerschnitt 2_2

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit

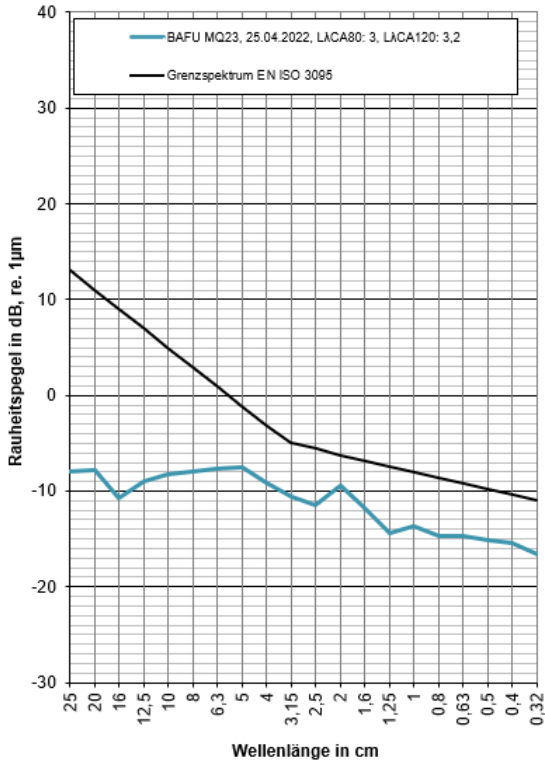


Gleisabklingrate

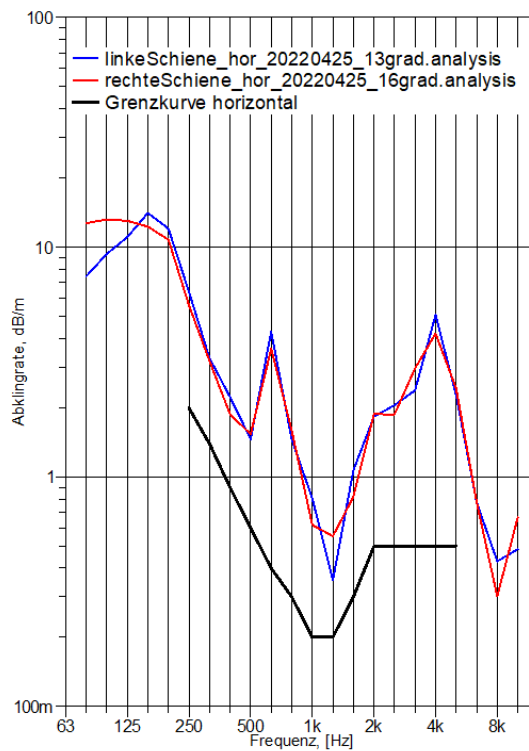


Messquerschnitt 2_3

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit

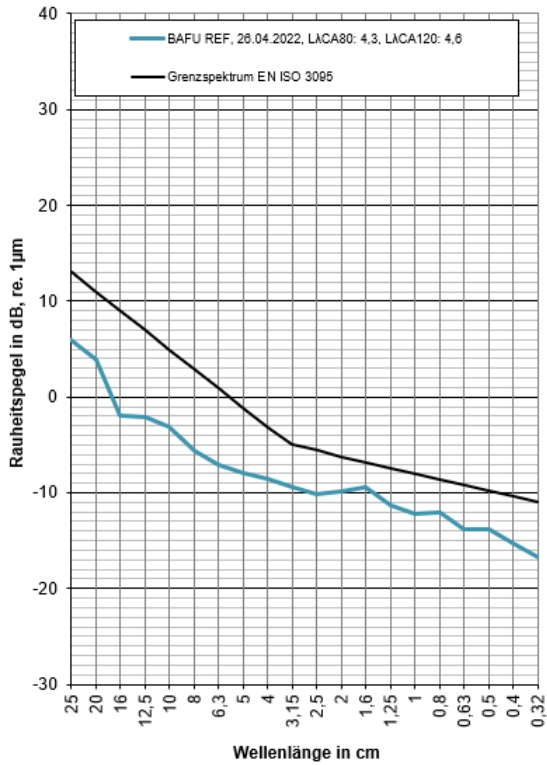


Gleisabklingrate

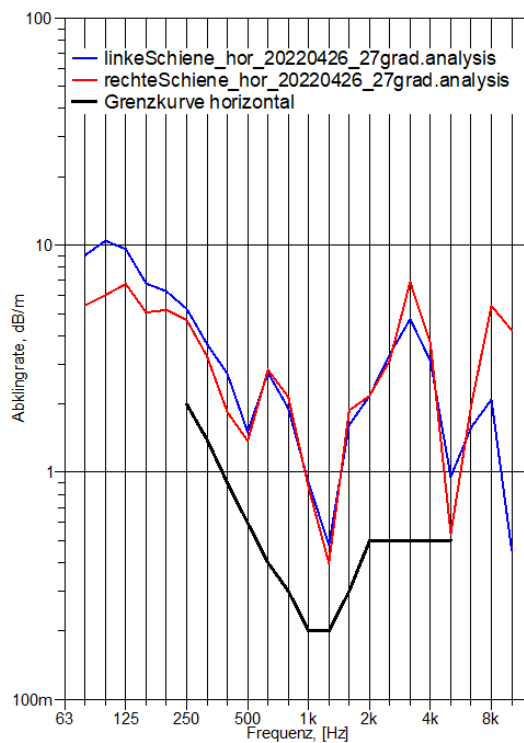
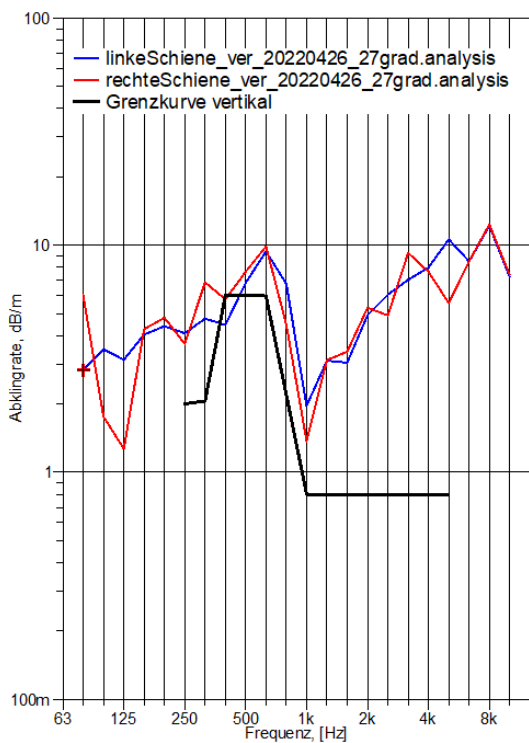


Referenzquerschnitt

Terzpegelspektrum der Schienenrauheit



Gleisabklingrate



Anhang B: Akustische Ausbreitungsbedingungen

Akustische Ausbreitungsbedingungen:

Die akustischen Ausbreitungsbedingungen wurden an allen Messquerschnitten durch die Empa gemessen. Diese beinhalten die Schallausbreitung, ausgehend von einer Schallquelle (in einer Höhe von $h = 30$ cm über Schienenoberkante), und berücksichtigen speziell den Bodeneffekt (Interaktion der direkten mit der am Untergrund reflektierten Welle) bis zu Mikrofonposition.

Die Messung erfolgte mit einem Lautsprecher mit Punktschallquellencharakteristik. Als Schallsignal wurde ein rosa Rauschen verwendet. Der Lautsprecher wurde an den Messquerschnitten in $h = 30$ cm über der Schiene angebracht und die Schalldruckpegel an den Mikrofonpositionen ($d = 7,5$ m und $h = 1,2$ m über SOK) wurden gemessen,

Der Ausbreitungseffekt entspricht der Differenz der Terzband-Schalldruckpegel des jeweiligen Messquerschnitts zum Freifeld (unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Messabstände im Freifeld und an den Messquerschnitten).

Pos. Werte entsprechen dabei einer Verstärkung der Schalldruckpegel am Messquerschnitt, negative Werte einer Abminderung.

Die akustische Ausbreitung zeigt allgemein eine Verstärkung der Schalldruckpegel im Bereich bis 100 Hz, und Reduktionen bei ca. 150 Hz, 400 Hz und 4 kHz.

Die folgenden Abbildungen zeigen die akustischen Ausbreitungsbedingungen für den besohlenen Bereich, den unbesohlenen Bereich und den Referenzquerschnitt.

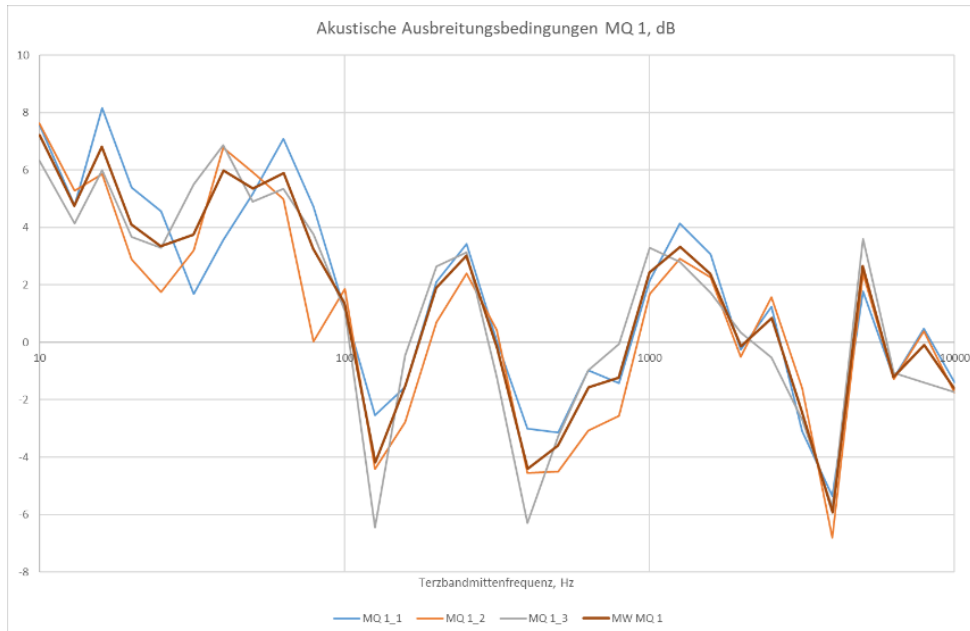


Abbildung 12. Akustische Ausbreitungsbedingungen am MQ 1 (besohlter Bereich).

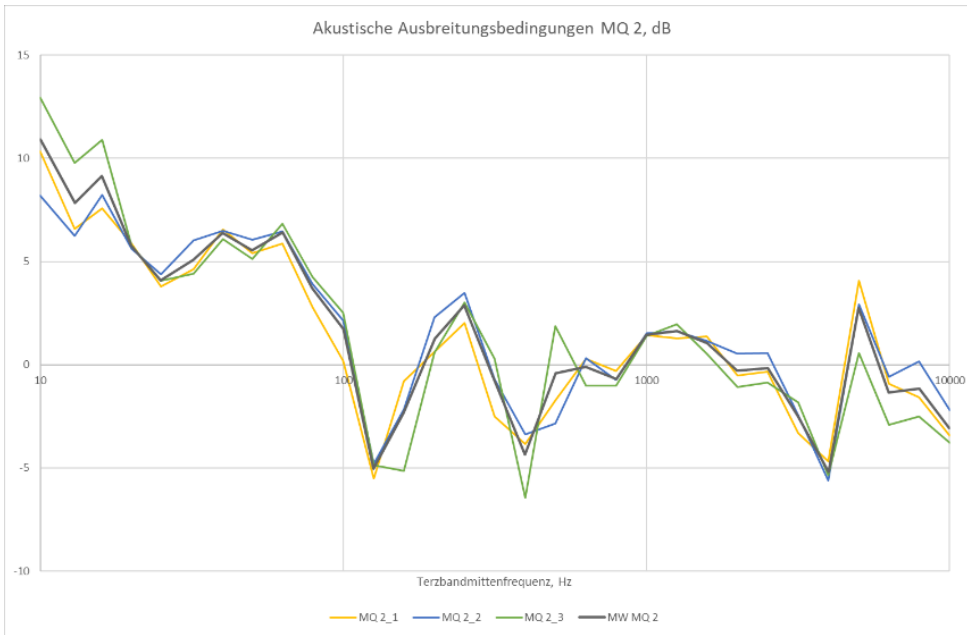


Abbildung 13. Akustische Ausbreitungsbedingungen am MQ 2(unbesolter Bereich).

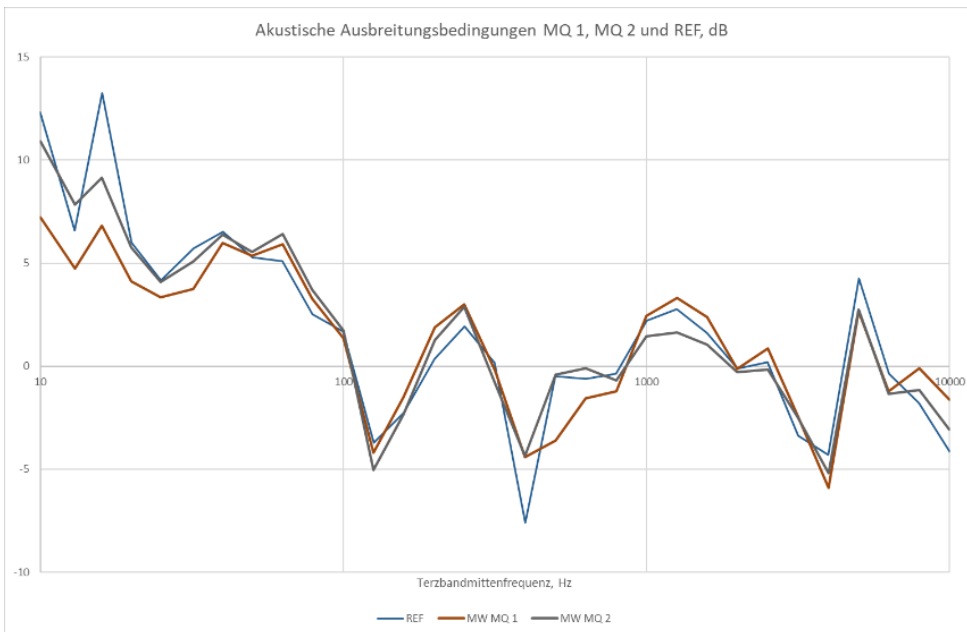


Abbildung 14. Akustische Ausbreitungsbedingungen, Vergleich der Querschnitte MQ 1, MQ 2 und REF.

Die akustischen Ausbreitungsbedingungen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

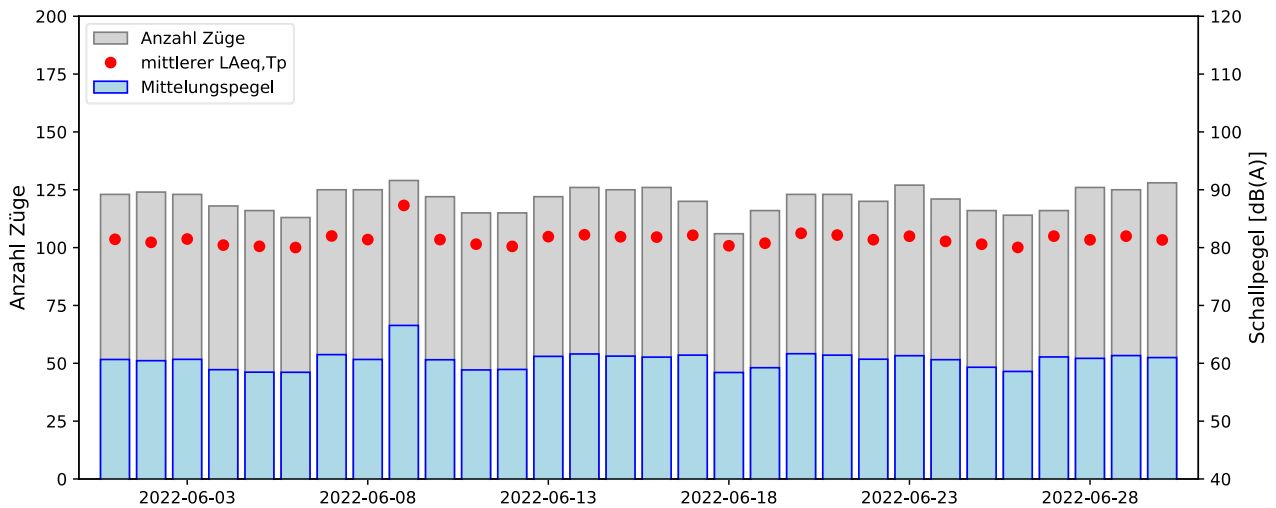
Tabelle 5. Akustische Ausbreitungsbedingungen an den Messquerschnitten, dB.

	MQ 1_1	MQ 1_2	MQ 1_3	MQ 2_1	MQ 2_2	MQ 2_3	REF
10,00	7,59	7,62	6,34	10,33	8,19	12,95	12,33
13,00	4,76	5,29	4,13	6,58	6,24	9,78	6,58
16,00	8,15	5,87	5,99	7,59	8,24	10,89	13,25
20,00	5,39	2,90	3,68	5,87	5,61	5,79	6,00
25,00	4,56	1,75	3,30	3,81	4,40	4,06	4,16
32,00	1,69	3,19	5,50	4,64	6,01	4,42	5,73
40,00	3,56	6,79	6,86	6,56	6,50	6,09	6,53
50,00	5,16	5,92	4,90	5,42	6,05	5,12	5,28
63,00	7,09	4,99	5,34	5,86	6,45	6,84	5,10
79,00	4,73	0,04	3,77	2,80	3,93	4,26	2,52
100,00	1,10	1,85	1,10	0,18	2,15	2,52	1,69
126,00	-2,55	-4,41	-6,44	-5,52	-4,80	-4,85	-3,70
158,00	-1,55	-2,78	-0,46	-0,80	-2,16	-5,13	-2,25
200,00	2,10	0,71	2,65	0,63	2,29	0,61	0,36
251,00	3,43	2,41	3,13	2,03	3,47	3,02	1,93
316,00	0,06	0,43	-1,20	-2,50	-0,71	0,28	0,17
398,00	-3,01	-4,54	-6,29	-3,84	-3,37	-6,44	-7,59
501,00	-3,14	-4,51	-3,28	-1,74	-2,84	1,86	-0,48
631,00	-0,98	-3,08	-0,98	0,28	0,32	-1,03	-0,61
794,00	-1,41	-2,56	-0,06	-0,31	-0,73	-1,03	-0,37
1000,00	2,16	1,68	3,29	1,44	1,52	1,40	2,20
1259,00	4,14	2,91	2,80	1,28	1,63	1,96	2,76
1585,00	3,07	2,27	1,72	1,37	1,15	0,54	1,63
1995,00	-0,27	-0,51	0,34	-0,51	0,54	-1,08	-0,10
2512,00	1,23	1,56	-0,52	-0,32	0,56	-0,85	0,19
3162,00	-3,10	-1,60	-2,70	-3,30	-2,45	-1,81	-3,37
3981,00	-5,34	-6,79	-5,73	-4,69	-5,62	-5,35	-4,31
5012,00	1,77	2,39	3,61	4,07	2,92	0,56	4,25
6310,00	-1,25	-1,29	-1,07	-0,92	-0,59	-2,89	-0,35
7943,00	0,48	0,38	-1,39	-1,56	0,17	-2,50	-1,79
10000,00	-1,39	-1,74	-1,73	-3,45	-2,19	-3,78	-4,15

Anhang C: Messwerte

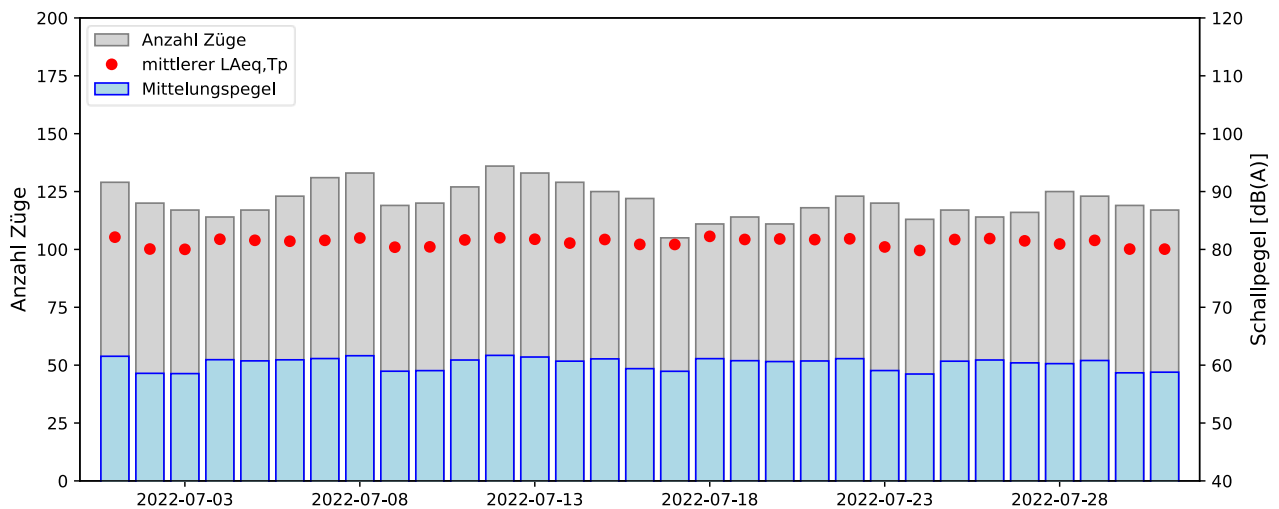
Tagesmittelwerte aller Zugvorbeifahrten

Tagesmittelwerte (24h) aller Zugvorbeifahrten am Referenzmessort (REF)



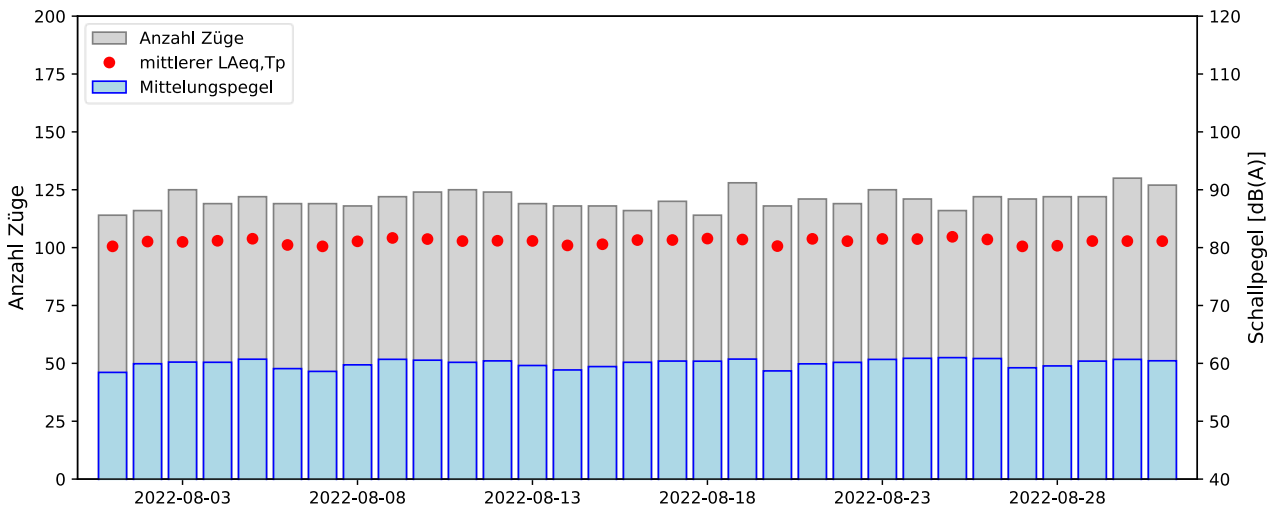
Datum	Ort	Anzahl Zuege	Anzahl Personenzuege	Anzahl Gueterzuege	Anzahl Dienstzuege	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.06.2022	REF	123	108	6	1	81.4	60.7
02.06.2022	REF	124	109	8	2	80.9	60.4
03.06.2022	REF	123	110	5	1	81.5	60.7
04.06.2022	REF	118	115	0	0	80.4	58.9
05.06.2022	REF	116	112	0	0	80.2	58.5
06.06.2022	REF	113	112	0	0	80.0	58.4
07.06.2022	REF	125	114	8	0	82.0	61.5
08.06.2022	REF	125	109	6	1	81.4	60.7
09.06.2022	REF	129	102	7	1	87.3	66.5
10.06.2022	REF	122	105	4	0	81.4	60.6
11.06.2022	REF	115	109	0	0	80.6	58.9
12.06.2022	REF	115	110	0	0	80.2	58.9
13.06.2022	REF	122	103	5	1	81.9	61.2
14.06.2022	REF	126	111	9	0	82.2	61.6
15.06.2022	REF	125	109	8	1	81.9	61.2
16.06.2022	REF	126	109	5	0	81.8	61.1
17.06.2022	REF	120	106	5	0	82.1	61.4
18.06.2022	REF	106	100	0	0	80.3	58.4
19.06.2022	REF	116	110	0	0	80.8	59.2
20.06.2022	REF	123	107	4	1	82.5	61.7
21.06.2022	REF	123	106	6	3	82.2	61.4
22.06.2022	REF	120	100	4	1	81.4	60.7
23.06.2022	REF	127	115	7	2	82.0	61.3
24.06.2022	REF	121	115	3	0	81.1	60.6
25.06.2022	REF	116	113	1	0	80.6	59.3
26.06.2022	REF	114	113	1	0	80.0	58.6
27.06.2022	REF	116	108	6	0	82.0	61.1
28.06.2022	REF	126	111	7	0	81.3	60.9
29.06.2022	REF	125	111	8	1	82.0	61.3
30.06.2022	REF	128	112	7	1	81.3	61.0
Monat	REF	3628	3274	130	17	81.8	60.9

Tagesmittelwerte (24h) aller Zugvorbeifahrten am Referenzmessort (REF)



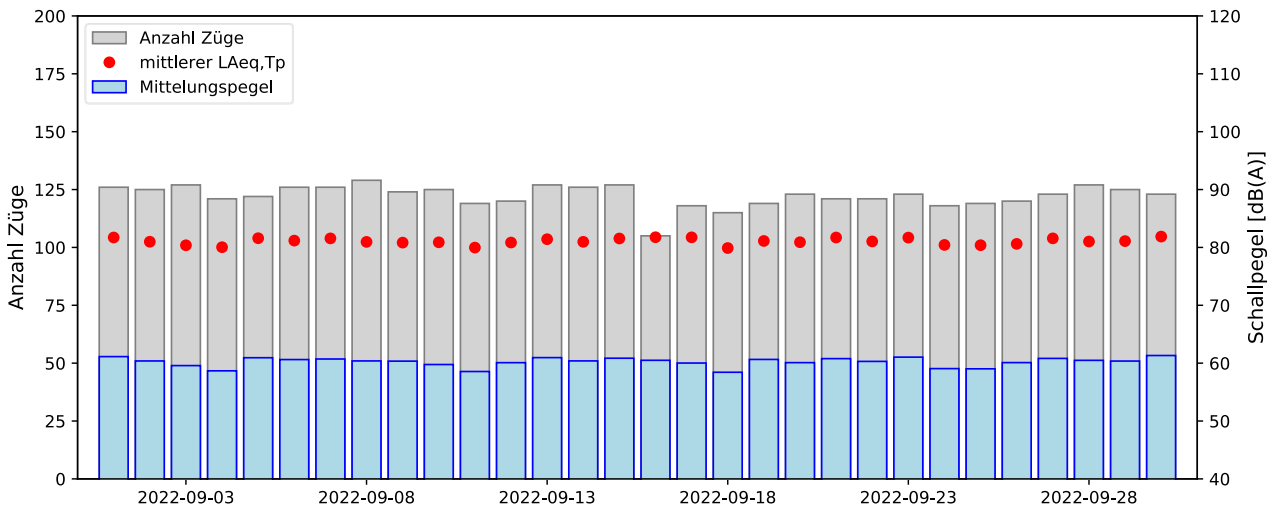
Datum	Ort	Anzahl Zuege	Anzahl Personenzuege	Anzahl Gueterzuege	Anzahl Dienstzuege	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.07.2022	REF	129	114	7	1	82.1	61.5
02.07.2022	REF	120	119	0	0	80.1	58.6
03.07.2022	REF	117	117	0	0	80.0	58.5
04.07.2022	REF	114	107	6	0	81.8	60.9
05.07.2022	REF	117	109	6	2	81.6	60.7
06.07.2022	REF	123	113	7	2	81.4	60.9
07.07.2022	REF	131	123	7	0	81.6	61.1
08.07.2022	REF	133	122	7	1	82.0	61.6
09.07.2022	REF	119	118	0	0	80.4	59.0
10.07.2022	REF	120	120	0	0	80.4	59.1
11.07.2022	REF	127	121	5	1	81.6	60.9
12.07.2022	REF	136	124	8	0	82.0	61.7
13.07.2022	REF	133	124	8	0	81.8	61.4
14.07.2022	REF	129	120	6	1	81.1	60.7
15.07.2022	REF	125	117	5	1	81.7	61.1
16.07.2022	REF	122	121	0	0	80.9	59.4
17.07.2022	REF	105	105	0	0	80.9	58.9
18.07.2022	REF	111	105	6	0	82.3	61.1
19.07.2022	REF	114	107	7	0	81.7	60.8
20.07.2022	REF	111	104	6	0	81.8	60.6
21.07.2022	REF	118	110	5	1	81.7	60.7
22.07.2022	REF	123	114	7	1	81.8	61.1
23.07.2022	REF	120	119	0	0	80.4	59.1
24.07.2022	REF	113	112	0	0	79.8	58.5
25.07.2022	REF	117	110	5	1	81.7	60.7
26.07.2022	REF	114	105	8	0	81.9	60.9
27.07.2022	REF	116	110	4	0	81.5	60.4
28.07.2022	REF	125	116	6	1	80.9	60.3
29.07.2022	REF	123	116	5	1	81.6	60.8
30.07.2022	REF	119	118	0	0	80.1	58.7
31.07.2022	REF	117	116	0	0	80.1	58.8
Monat	REF	3741	3556	131	14	81.4	60.4

Tagesmittelwerte (24h) aller Zugvorbeifahrten am Referenzmessort (REF)



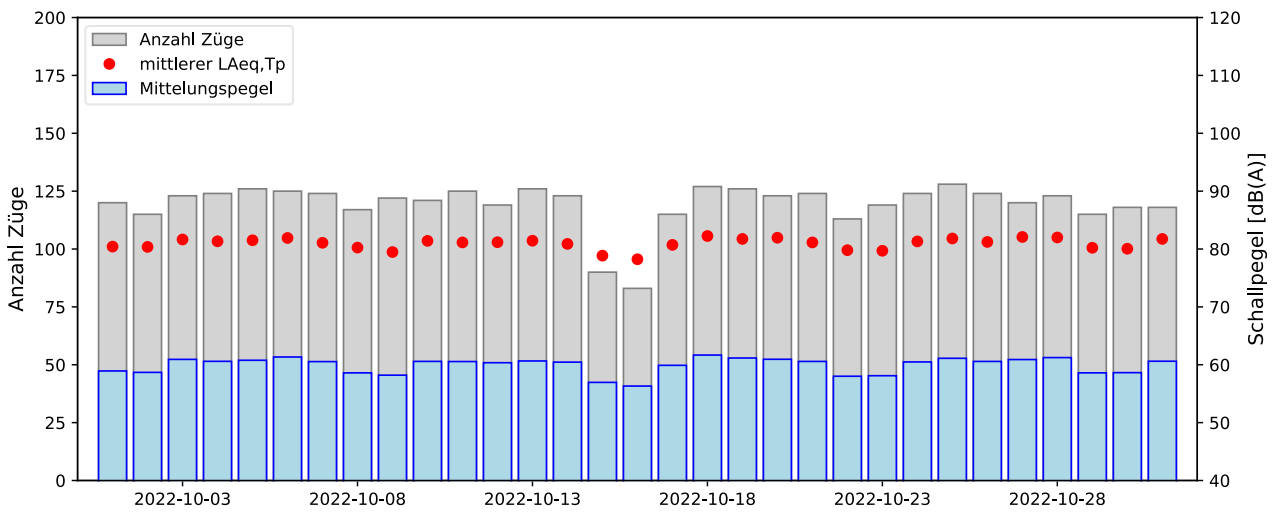
Datum	Ort	Anzahl Zuege	Anzahl Personenzuege	Anzahl Gueterzuege	Anzahl Dienstzuege	mittlerer LAeq,Tp	Mittelungspegel
01.08.2022	REF	114	114	0	0	80.2	58.4
02.08.2022	REF	116	111	4	1	81.0	59.9
03.08.2022	REF	125	115	6	1	81.0	60.2
04.08.2022	REF	119	114	3	1	81.2	60.2
05.08.2022	REF	122	116	5	0	81.5	60.7
06.08.2022	REF	119	117	1	0	80.5	59.1
07.08.2022	REF	119	118	1	0	80.2	58.6
08.08.2022	REF	118	114	3	0	81.1	59.7
09.08.2022	REF	122	117	5	0	81.7	60.7
10.08.2022	REF	124	115	6	1	81.5	60.5
11.08.2022	REF	125	115	3	0	81.1	60.2
12.08.2022	REF	124	118	5	0	81.2	60.4
13.08.2022	REF	119	117	1	0	81.2	59.6
14.08.2022	REF	118	118	0	0	80.4	58.9
15.08.2022	REF	118	116	2	0	80.6	59.4
16.08.2022	REF	116	109	5	0	81.3	60.2
17.08.2022	REF	120	115	3	0	81.3	60.4
18.08.2022	REF	114	108	5	0	81.6	60.4
19.08.2022	REF	128	121	6	0	81.4	60.7
20.08.2022	REF	118	117	0	0	80.3	58.7
21.08.2022	REF	121	119	0	0	81.5	59.9
22.08.2022	REF	119	114	4	1	81.1	60.2
23.08.2022	REF	125	117	7	1	81.5	60.7
24.08.2022	REF	121	112	5	1	81.5	60.9
25.08.2022	REF	116	108	7	0	81.9	61.0
26.08.2022	REF	122	115	6	1	81.4	60.8
27.08.2022	REF	121	120	0	0	80.2	59.2
28.08.2022	REF	122	121	1	0	80.3	59.6
29.08.2022	REF	122	115	5	0	81.1	60.4
30.08.2022	REF	130	121	7	1	81.1	60.7
31.08.2022	REF	127	120	5	1	81.1	60.4
Monat	REF	3744	3587	111	10	81.1	60.1

Tagesmittelwerte (24h) aller Zugvorbeifahrten am Referenzmessort (REF)



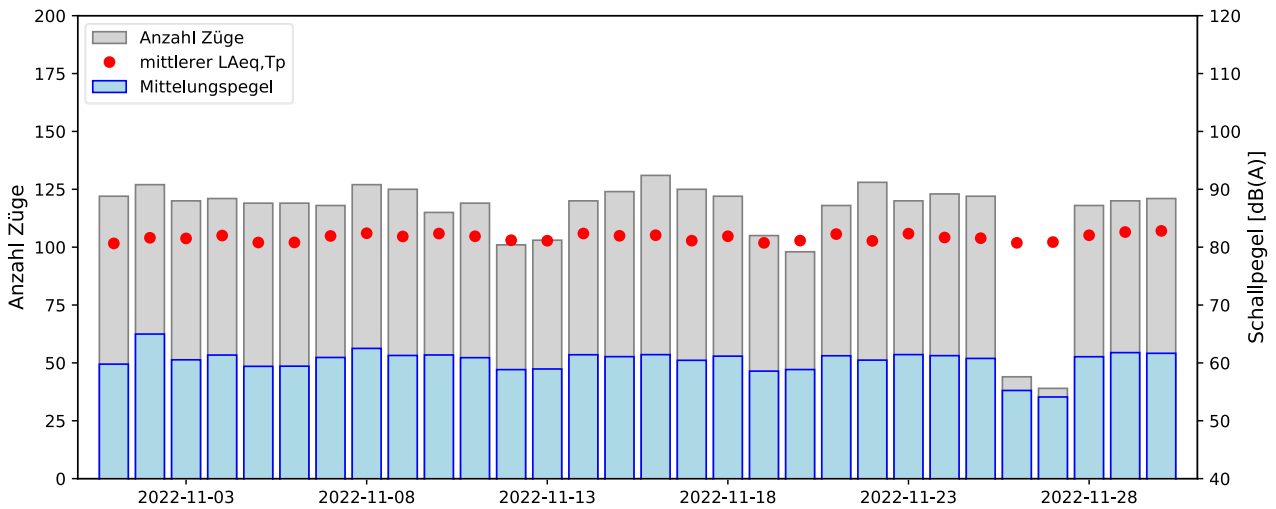
Datum	Ort	Anzahl Zuege	Anzahl Personenzuege	Anzahl Gueterzuege	Anzahl Dienstzuege	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.09.2022	REF	126	118	6	1	81.7	61.1
02.09.2022	REF	125	118	6	0	81.0	60.4
03.09.2022	REF	127	126	0	0	80.4	59.6
04.09.2022	REF	121	120	0	0	80.0	58.7
05.09.2022	REF	122	116	5	0	81.6	60.9
06.09.2022	REF	126	118	7	1	81.2	60.6
07.09.2022	REF	126	118	6	1	81.6	60.7
08.09.2022	REF	129	123	3	1	81.0	60.4
09.09.2022	REF	124	116	5	0	80.8	60.3
10.09.2022	REF	125	122	2	1	80.9	59.8
11.09.2022	REF	119	118	0	0	80.0	58.6
12.09.2022	REF	120	114	4	1	80.8	60.1
13.09.2022	REF	127	115	8	1	81.4	61.0
14.09.2022	REF	126	118	6	1	81.0	60.4
15.09.2022	REF	127	116	8	1	81.5	60.9
16.09.2022	REF	105	93	7	2	81.8	60.5
17.09.2022	REF	118	115	0	0	81.7	60.0
18.09.2022	REF	115	115	0	0	79.9	58.4
19.09.2022	REF	119	114	5	0	81.1	60.6
20.09.2022	REF	123	116	5	0	80.9	60.1
21.09.2022	REF	121	114	6	0	81.7	60.8
22.09.2022	REF	121	113	6	2	81.0	60.3
23.09.2022	REF	123	114	7	0	81.7	61.0
24.09.2022	REF	118	116	1	0	80.4	59.1
25.09.2022	REF	119	117	1	0	80.4	59.0
26.09.2022	REF	120	116	4	0	80.6	60.1
27.09.2022	REF	123	111	8	1	81.6	60.8
28.09.2022	REF	127	117	8	0	81.0	60.5
29.09.2022	REF	125	114	5	4	81.1	60.4
30.09.2022	REF	123	114	8	0	81.9	61.3
Monat	REF	3670	3475	137	18	81.1	60.3

Tagesmittelwerte (24h) aller Zugvorbeifahrten am Referenzmessort (REF)



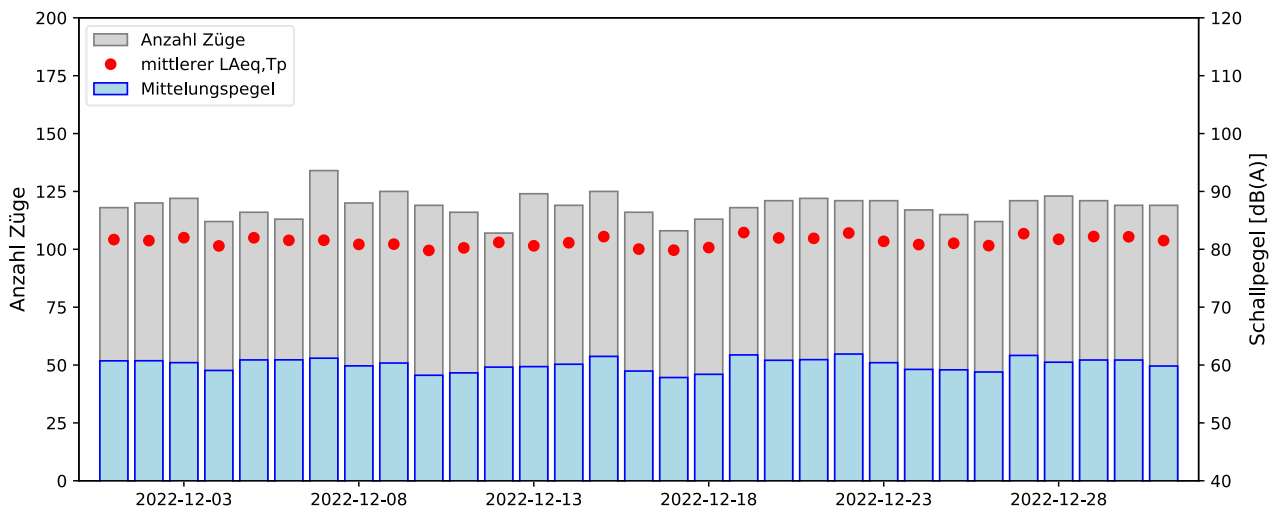
Datum	Ort	Anzahl Zuege	Anzahl Personen zuege	Anzahl Gueter zuege	Anzahl Dienst zuege	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.10.2022	REF	120	118	0	0	80.4	58.9
02.10.2022	REF	115	115	0	0	80.4	58.7
03.10.2022	REF	123	117	5	0	81.6	60.9
04.10.2022	REF	124	115	7	1	81.3	60.6
05.10.2022	REF	126	116	5	2	81.5	60.8
06.10.2022	REF	125	115	9	0	81.9	61.3
07.10.2022	REF	124	117	5	1	81.1	60.5
08.10.2022	REF	117	114	0	1	80.2	58.6
09.10.2022	REF	122	121	0	0	79.5	58.2
10.10.2022	REF	121	114	5	1	81.4	60.6
11.10.2022	REF	125	116	6	1	81.1	60.6
12.10.2022	REF	119	112	5	2	81.2	60.4
13.10.2022	REF	126	117	5	2	81.4	60.7
14.10.2022	REF	123	112	7	1	80.9	60.5
15.10.2022	REF	90	89	0	0	78.9	57.0
16.10.2022	REF	83	83	0	0	78.2	56.3
17.10.2022	REF	115	109	5	0	80.7	59.9
18.10.2022	REF	127	114	8	2	82.2	61.7
19.10.2022	REF	126	118	7	0	81.7	61.2
20.10.2022	REF	123	116	6	1	81.9	60.9
21.10.2022	REF	124	117	6	1	81.1	60.6
22.10.2022	REF	113	112	0	1	79.8	58.0
23.10.2022	REF	119	119	0	0	79.7	58.1
24.10.2022	REF	124	119	4	1	81.3	60.5
25.10.2022	REF	128	119	6	2	81.8	61.1
26.10.2022	REF	124	116	5	2	81.2	60.6
27.10.2022	REF	120	110	7	1	82.1	60.9
28.10.2022	REF	123	115	6	0	82.0	61.2
29.10.2022	REF	115	112	1	0	80.2	58.6
30.10.2022	REF	118	115	0	0	80.0	58.6
31.10.2022	REF	118	112	4	1	81.7	60.6
Monat	REF	3700	3514	124	24	81.1	60.1

Tagesmittelwerte (24h) aller Zugvorbeifahrten am Referenzmessort (REF)



Datum	Ort	Anzahl Zuege	Anzahl Personen zuege	Anzahl Gueterzuege	Anzahl Dienstzuege	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.11.2022	REF	122	116	3	1	80.6	59.8
02.11.2022	REF	127	115	8	1	81.6	65.0
03.11.2022	REF	120	111	5	1	81.5	60.5
04.11.2022	REF	121	110	6	1	82.0	61.4
05.11.2022	REF	119	117	1	0	80.8	59.4
06.11.2022	REF	119	118	1	0	80.8	59.4
07.11.2022	REF	118	111	6	1	81.9	60.9
08.11.2022	REF	127	117	8	1	82.4	62.5
09.11.2022	REF	125	115	7	1	81.8	61.3
10.11.2022	REF	115	102	7	1	82.3	61.4
11.11.2022	REF	119	112	3	0	81.9	60.9
12.11.2022	REF	101	98	0	0	81.2	58.8
13.11.2022	REF	103	103	0	0	81.1	59.0
14.11.2022	REF	120	114	5	0	82.4	61.4
15.11.2022	REF	124	115	6	2	82.0	61.1
16.11.2022	REF	131	119	8	2	82.1	61.4
17.11.2022	REF	125	114	6	0	81.1	60.4
18.11.2022	REF	122	113	6	0	81.9	61.2
19.11.2022	REF	105	103	0	1	80.7	58.6
20.11.2022	REF	98	98	0	0	81.1	58.9
21.11.2022	REF	118	113	4	0	82.3	61.2
22.11.2022	REF	128	117	7	1	81.1	60.5
23.11.2022	REF	120	108	8	0	82.3	61.4
24.11.2022	REF	123	113	5	2	81.7	61.3
25.11.2022	REF	122	113	5	1	81.6	60.8
26.11.2022	REF	44	39	3	0	80.7	55.2
27.11.2022	REF	39	36	0	1	80.9	54.1
28.11.2022	REF	118	109	5	2	82.1	61.1
29.11.2022	REF	120	110	7	1	82.6	61.8
30.11.2022	REF	121	107	6	2	82.8	61.7
Monat	REF	3414	3186	136	23	81.8	60.8

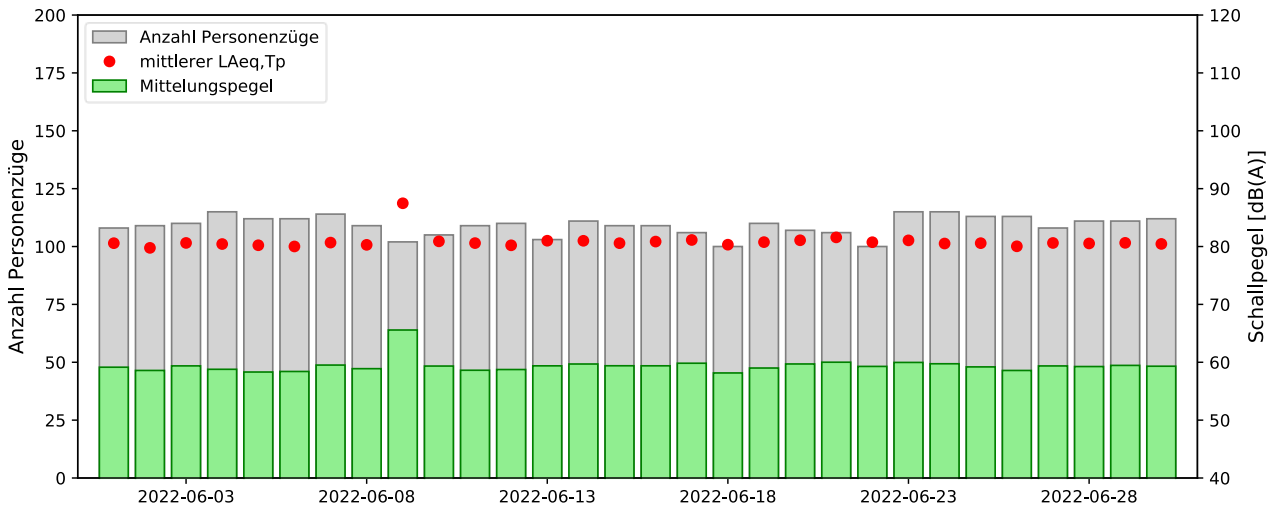
Tagesmittelwerte (24h) aller Zugvorbeifahrten am Referenzmessort (REF)



Datum	Ort	Anzahl Zuege	Anzahl Personen zuege	Anzahl Gueter zuege	Anzahl Dienst zuege	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.12.2022	REF	118	109	6	0	81.7	60.7
02.12.2022	REF	120	113	6	0	81.5	60.7
03.12.2022	REF	122	121	0	0	82.0	60.4
04.12.2022	REF	112	109	0	2	80.6	59.1
05.12.2022	REF	116	101	4	3	82.0	60.9
06.12.2022	REF	113	106	5	0	81.6	60.9
07.12.2022	REF	134	122	8	0	81.6	61.2
08.12.2022	REF	120	114	3	1	80.8	59.9
09.12.2022	REF	125	116	5	1	80.9	60.3
10.12.2022	REF	119	114	1	0	79.8	58.2
11.12.2022	REF	116	115	0	0	80.2	58.6
12.12.2022	REF	107	103	3	0	81.2	59.6
13.12.2022	REF	124	115	4	1	80.6	59.7
14.12.2022	REF	119	110	5	0	81.1	60.1
15.12.2022	REF	125	116	6	1	82.2	61.5
16.12.2022	REF	116	108	4	1	80.0	59.0
17.12.2022	REF	108	107	0	0	79.8	57.8
18.12.2022	REF	113	112	0	0	80.3	58.4
19.12.2022	REF	118	110	6	1	82.9	61.7
20.12.2022	REF	121	114	5	1	82.0	60.8
21.12.2022	REF	122	115	4	0	81.9	60.9
22.12.2022	REF	121	113	6	0	82.8	61.9
23.12.2022	REF	121	116	3	0	81.4	60.4
24.12.2022	REF	117	115	0	0	80.8	59.2
25.12.2022	REF	115	114	0	0	81.0	59.2
26.12.2022	REF	112	112	0	0	80.6	58.8
27.12.2022	REF	121	113	4	0	82.7	61.7
28.12.2022	REF	123	115	2	1	81.7	60.5
29.12.2022	REF	121	115	3	1	82.2	60.9
30.12.2022	REF	119	114	1	1	82.2	60.9
31.12.2022	REF	119	115	0	0	81.5	59.8
Monat	REF	3677	3492	94	15	81.5	60.3

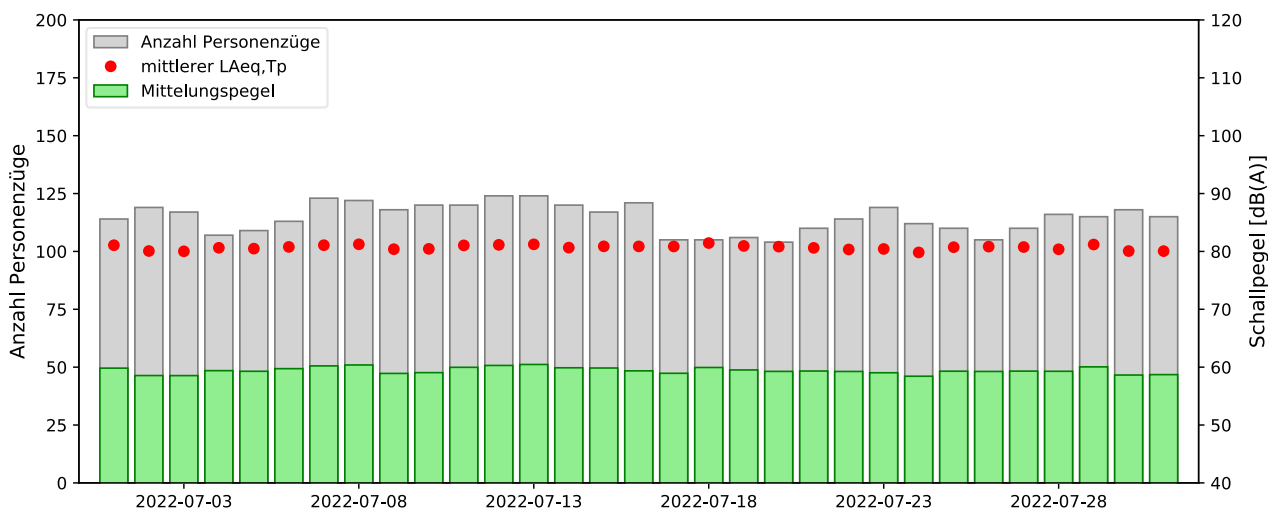
Tagesmittelwerte der Personenzüge

Tagesmittelwerte (24h) aller Personenzüge am Referenzmessort (REF)



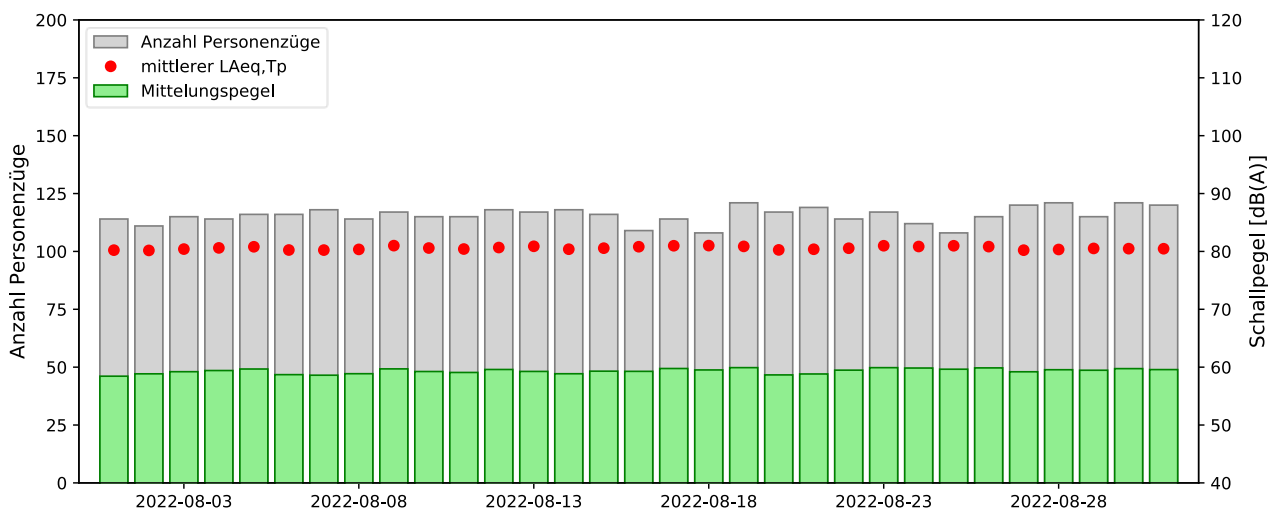
Datum	Ort	Anzahl Personenzuege	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.06.2022	REF	108	111	157	23	80.6	59.1
02.06.2022	REF	109	111	159	23	79.8	58.6
03.06.2022	REF	110	112	163	24	80.6	59.4
04.06.2022	REF	115	113	143	21	80.4	58.8
05.06.2022	REF	112	112	136	20	80.2	58.3
06.06.2022	REF	112	110	142	21	80.0	58.4
07.06.2022	REF	114	112	160	23	80.7	59.5
08.06.2022	REF	109	112	159	23	80.3	58.9
09.06.2022	REF	102	111	157	23	87.5	65.6
10.06.2022	REF	105	113	165	24	80.9	59.3
11.06.2022	REF	109	113	139	20	80.6	58.6
12.06.2022	REF	110	112	139	20	80.2	58.7
13.06.2022	REF	103	111	158	23	81.0	59.4
14.06.2022	REF	111	111	159	23	81.0	59.7
15.06.2022	REF	109	110	162	24	80.6	59.4
16.06.2022	REF	109	110	152	22	80.9	59.4
17.06.2022	REF	106	112	168	25	81.1	59.8
18.06.2022	REF	100	112	139	20	80.3	58.2
19.06.2022	REF	110	111	140	21	80.8	59.0
20.06.2022	REF	107	111	162	24	81.1	59.7
21.06.2022	REF	106	114	161	24	81.6	60.0
22.06.2022	REF	100	110	159	23	80.7	59.3
23.06.2022	REF	115	111	160	23	81.1	60.0
24.06.2022	REF	115	110	170	25	80.5	59.7
25.06.2022	REF	113	112	152	22	80.6	59.2
26.06.2022	REF	113	110	143	21	80.0	58.6
27.06.2022	REF	108	110	164	24	80.6	59.4
28.06.2022	REF	111	112	161	24	80.5	59.3
29.06.2022	REF	111	110	162	24	80.6	59.5
30.06.2022	REF	112	110	161	24	80.4	59.3
Monat	REF	3274	111.4	155.1	22.7	81.1	59.7

Tagesmittelwerte (24h) aller Personenzüge am Referenzmessort (REF)



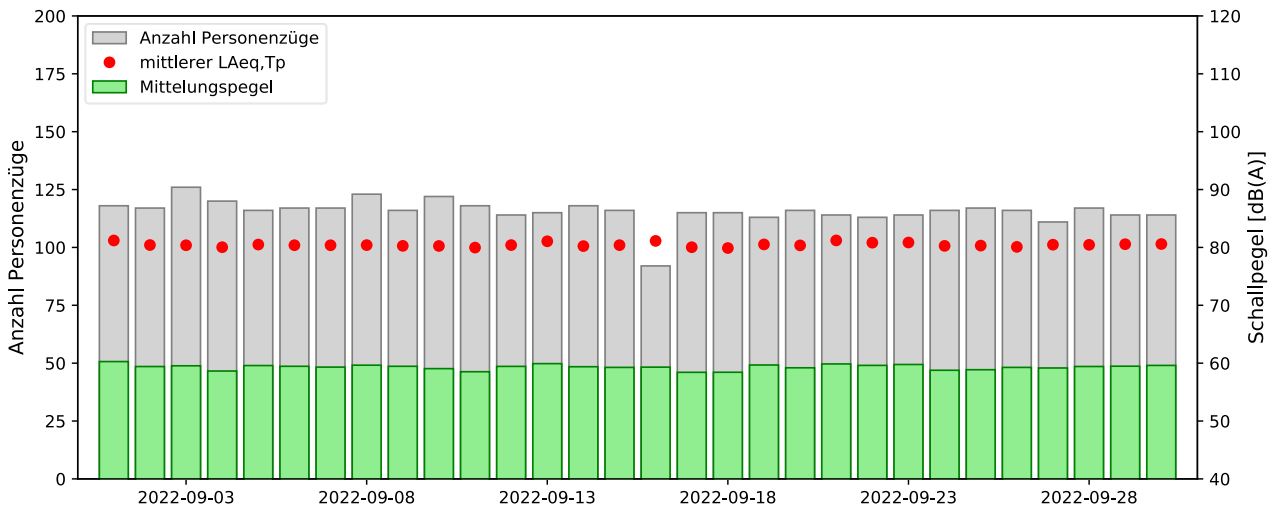
Datum	Ort	Anzahl Personenzuege	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.07.2022	REF	114	113	163	24	81.1	59.8
02.07.2022	REF	119	111	140	20	80.1	58.6
03.07.2022	REF	117	111	140	21	80.0	58.5
04.07.2022	REF	107	109	161	24	80.6	59.4
05.07.2022	REF	109	110	162	24	80.5	59.3
06.07.2022	REF	113	110	162	24	80.8	59.7
07.07.2022	REF	123	112	160	23	81.1	60.2
08.07.2022	REF	122	112	163	24	81.2	60.4
09.07.2022	REF	118	113	142	21	80.4	58.9
10.07.2022	REF	120	111	138	20	80.4	59.1
11.07.2022	REF	121	112	155	23	81.0	60.0
12.07.2022	REF	124	110	155	23	81.1	60.3
13.07.2022	REF	124	111	156	23	81.2	60.5
14.07.2022	REF	120	110	157	23	80.7	59.9
15.07.2022	REF	117	112	159	23	80.9	59.9
16.07.2022	REF	121	111	139	20	80.9	59.4
17.07.2022	REF	105	111	141	21	80.9	58.9
18.07.2022	REF	105	113	157	23	81.4	59.9
19.07.2022	REF	107	112	159	23	80.9	59.5
20.07.2022	REF	104	111	161	24	80.8	59.3
21.07.2022	REF	110	111	158	23	80.6	59.3
22.07.2022	REF	114	112	163	24	80.3	59.3
23.07.2022	REF	119	111	138	20	80.4	59.0
24.07.2022	REF	112	111	146	21	79.8	58.4
25.07.2022	REF	110	112	159	23	80.7	59.3
26.07.2022	REF	105	111	159	23	80.8	59.3
27.07.2022	REF	110	113	159	23	80.8	59.3
28.07.2022	REF	116	112	160	24	80.4	59.3
29.07.2022	REF	116	112	163	24	81.2	60.1
30.07.2022	REF	118	111	142	21	80.1	58.6
31.07.2022	REF	116	110	144	21	80.1	58.7
Monat	REF	3556	111.3	153.4	22.5	80.7	59.5

Tagesmittelwerte (24h) aller Personenzüge am Referenzmessort (REF)



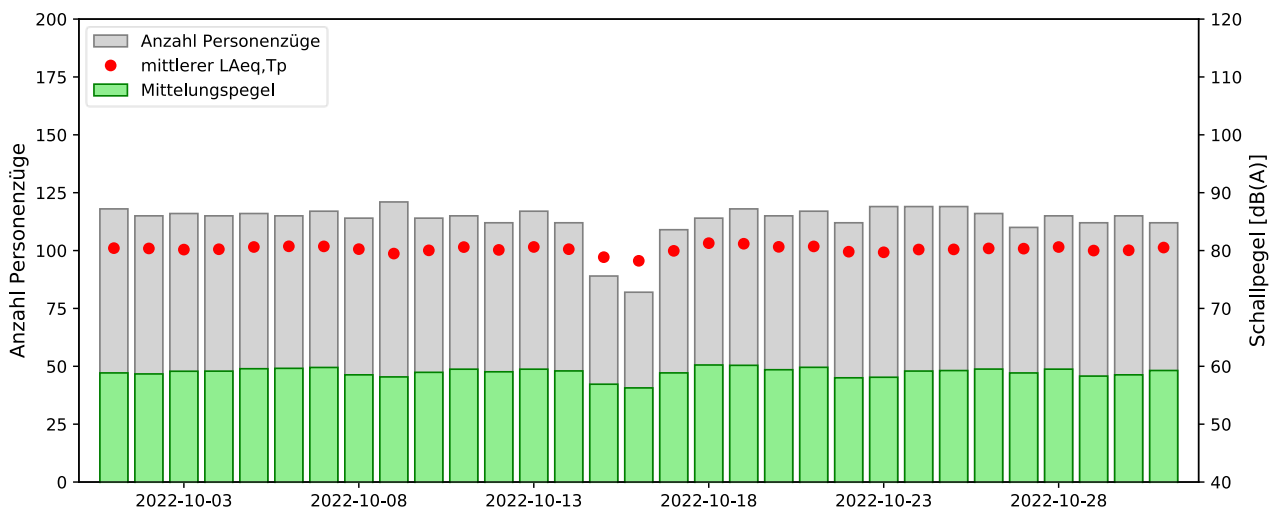
Datum	Ort	Anzahl Personenzuege	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.08.2022	REF	114	111	138	20	80.2	58.4
02.08.2022	REF	111	111	158	23	80.2	58.8
03.08.2022	REF	115	112	160	24	80.4	59.2
04.08.2022	REF	114	112	159	23	80.6	59.4
05.08.2022	REF	116	112	161	24	80.8	59.7
06.08.2022	REF	117	112	143	21	80.2	58.7
07.08.2022	REF	118	111	137	20	80.2	58.6
08.08.2022	REF	114	113	150	22	80.3	58.9
09.08.2022	REF	117	112	153	22	81.0	59.7
10.08.2022	REF	115	114	157	23	80.6	59.2
11.08.2022	REF	115	113	153	22	80.4	59.1
12.08.2022	REF	118	113	160	23	80.7	59.6
13.08.2022	REF	117	114	146	21	80.9	59.3
14.08.2022	REF	118	112	141	21	80.4	58.9
15.08.2022	REF	116	112	155	23	80.6	59.3
16.08.2022	REF	109	112	154	23	80.8	59.3
17.08.2022	REF	115	113	164	24	81.0	59.8
18.08.2022	REF	108	112	160	23	81.0	59.5
19.08.2022	REF	121	111	159	23	80.9	59.9
20.08.2022	REF	117	114	140	20	80.3	58.7
21.08.2022	REF	119	113	140	21	80.4	58.8
22.08.2022	REF	114	112	163	24	80.6	59.5
23.08.2022	REF	117	113	162	24	81.0	59.9
24.08.2022	REF	112	110	164	24	80.8	59.9
25.08.2022	REF	108	113	166	24	81.0	59.6
26.08.2022	REF	115	114	170	25	80.8	59.9
27.08.2022	REF	120	113	159	23	80.2	59.2
28.08.2022	REF	121	113	157	23	80.3	59.6
29.08.2022	REF	115	112	162	24	80.5	59.5
30.08.2022	REF	121	109	160	23	80.5	59.7
31.08.2022	REF	120	111	158	23	80.5	59.6
Monat	REF	3587	112.2	155.0	22.8	80.6	59.3

Tagesmittelwerte (24h) aller Personenzüge am Referenzmessort (REF)



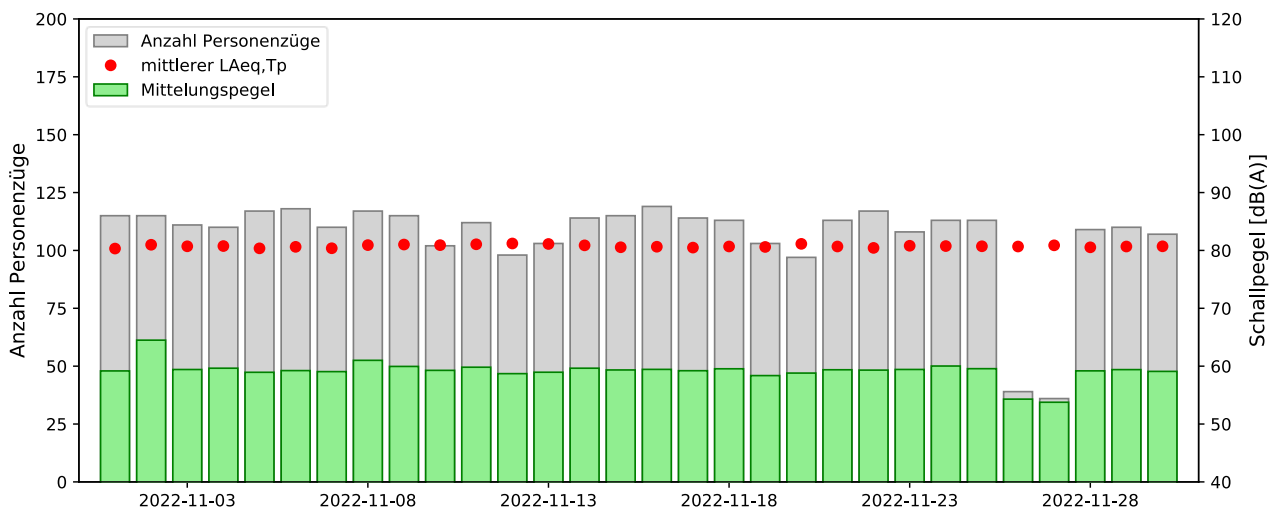
Datum	Ort	Anzahl Personenzuege	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.09.2022	REF	118	112	161	24	81.2	60.3
02.09.2022	REF	118	113	167	24	80.4	59.4
03.09.2022	REF	126	113	157	23	80.4	59.5
04.09.2022	REF	120	111	138	20	80.0	58.6
05.09.2022	REF	116	113	164	24	80.5	59.6
06.09.2022	REF	118	110	159	23	80.4	59.5
07.09.2022	REF	118	112	158	23	80.4	59.3
08.09.2022	REF	123	110	157	23	80.4	59.6
09.09.2022	REF	116	112	167	25	80.3	59.5
10.09.2022	REF	122	113	147	22	80.3	59.1
11.09.2022	REF	118	112	140	21	80.0	58.5
12.09.2022	REF	114	113	163	24	80.4	59.4
13.09.2022	REF	115	113	159	23	81.1	59.9
14.09.2022	REF	118	110	160	23	80.2	59.4
15.09.2022	REF	116	113	158	23	80.4	59.3
16.09.2022	REF	93	112	170	25	81.1	59.3
17.09.2022	REF	115	112	138	20	80.0	58.4
18.09.2022	REF	115	112	141	21	79.9	58.4
19.09.2022	REF	114	113	163	24	80.5	59.7
20.09.2022	REF	116	113	157	23	80.4	59.2
21.09.2022	REF	114	114	157	23	81.2	59.9
22.09.2022	REF	113	113	161	24	80.8	59.6
23.09.2022	REF	114	113	166	24	80.8	59.8
24.09.2022	REF	116	112	142	21	80.3	58.8
25.09.2022	REF	117	111	140	21	80.3	58.9
26.09.2022	REF	116	109	162	24	80.1	59.3
27.09.2022	REF	111	113	163	24	80.5	59.2
28.09.2022	REF	117	112	161	24	80.4	59.4
29.09.2022	REF	114	112	161	24	80.6	59.5
30.09.2022	REF	114	111	169	25	80.6	59.6
Monat	REF	3475	112.0	156.7	23.0	80.5	59.3

Tagesmittelwerte (24h) aller Personenzüge am Referenzmessort (REF)



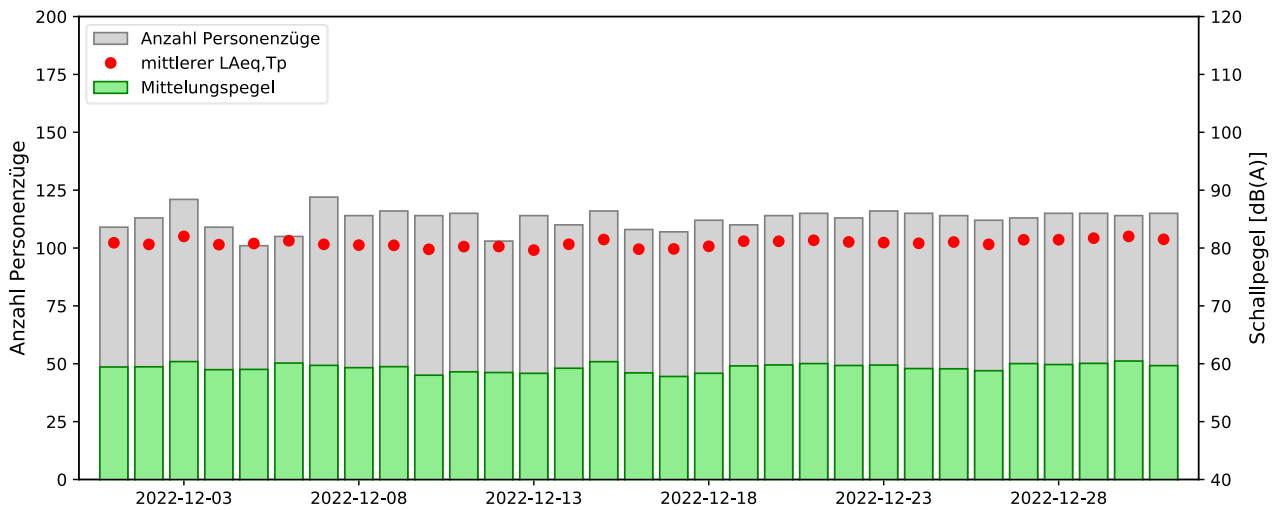
Datum	Ort	Anzahl Personenzuege	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.10.2022	REF	118	113	140	21	80.4	58.9
02.10.2022	REF	115	112	140	21	80.4	58.7
03.10.2022	REF	117	111	161	24	80.2	59.1
04.10.2022	REF	115	112	162	24	80.2	59.2
05.10.2022	REF	116	113	163	24	80.6	59.6
06.10.2022	REF	115	113	164	24	80.7	59.6
07.10.2022	REF	117	112	169	25	80.7	59.8
08.10.2022	REF	114	113	140	21	80.2	58.5
09.10.2022	REF	121	111	140	21	79.5	58.2
10.10.2022	REF	114	112	161	24	80.0	59.0
11.10.2022	REF	116	112	161	24	80.6	59.5
12.10.2022	REF	112	111	165	24	80.1	59.1
13.10.2022	REF	117	112	161	24	80.6	59.5
14.10.2022	REF	112	111	169	25	80.2	59.2
15.10.2022	REF	89	101	143	21	78.9	56.9
16.10.2022	REF	83	97	144	21	78.2	56.3
17.10.2022	REF	109	111	165	24	79.9	58.9
18.10.2022	REF	114	110	160	23	81.3	60.2
19.10.2022	REF	118	112	161	24	81.2	60.2
20.10.2022	REF	116	112	158	23	80.6	59.4
21.10.2022	REF	117	113	166	24	80.7	59.8
22.10.2022	REF	112	113	140	20	79.8	58.0
23.10.2022	REF	119	111	137	20	79.7	58.1
24.10.2022	REF	119	110	158	23	80.2	59.2
25.10.2022	REF	119	111	160	23	80.2	59.3
26.10.2022	REF	116	109	164	24	80.4	59.5
27.10.2022	REF	110	113	155	23	80.3	58.9
28.10.2022	REF	115	112	165	24	80.6	59.5
29.10.2022	REF	112	112	139	20	80.0	58.3
30.10.2022	REF	115	109	138	20	80.0	58.5
31.10.2022	REF	112	112	159	23	80.5	59.3
Monat	REF	3514	111.0	155.2	22.8	80.3	59.0

Tagesmittelwerte (24h) aller Personenzüge am Referenzmessort (REF)



Datum	Ort	Anzahl Personen zuege	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.11.2022	REF	116	111	156	23	80.3	59.2
02.11.2022	REF	115	113	159	23	81.0	64.5
03.11.2022	REF	111	112	159	23	80.7	59.4
04.11.2022	REF	110	111	168	25	80.8	59.6
05.11.2022	REF	117	111	143	21	80.4	58.9
06.11.2022	REF	118	110	140	21	80.6	59.2
07.11.2022	REF	111	112	161	24	80.4	59.1
08.11.2022	REF	117	112	158	23	80.9	61.0
09.11.2022	REF	115	111	162	24	81.0	60.0
10.11.2022	REF	102	111	162	24	80.9	59.3
11.11.2022	REF	112	112	162	24	81.1	59.8
12.11.2022	REF	98	111	135	20	81.2	58.7
13.11.2022	REF	103	109	136	20	81.1	59.0
14.11.2022	REF	114	111	159	23	80.9	59.6
15.11.2022	REF	115	111	158	23	80.5	59.3
16.11.2022	REF	119	112	155	23	80.6	59.4
17.11.2022	REF	114	110	158	23	80.5	59.2
18.11.2022	REF	113	112	167	25	80.7	59.5
19.11.2022	REF	103	110	134	20	80.6	58.4
20.11.2022	REF	98	109	138	21	81.1	58.8
21.11.2022	REF	113	112	158	23	80.7	59.4
22.11.2022	REF	117	111	159	23	80.4	59.3
23.11.2022	REF	108	112	159	23	80.8	59.4
24.11.2022	REF	113	112	157	23	80.8	60.0
25.11.2022	REF	113	111	164	24	80.7	59.6
26.11.2022	REF	39	113	143	21	80.7	54.3
27.11.2022	REF	36	112	131	20	80.9	53.8
28.11.2022	REF	109	110	160	24	80.5	59.2
29.11.2022	REF	110	112	166	24	80.7	59.4
30.11.2022	REF	107	113	159	23	80.7	59.1
Monat	REF	3186	111.3	155.2	22.9	80.7	59.5

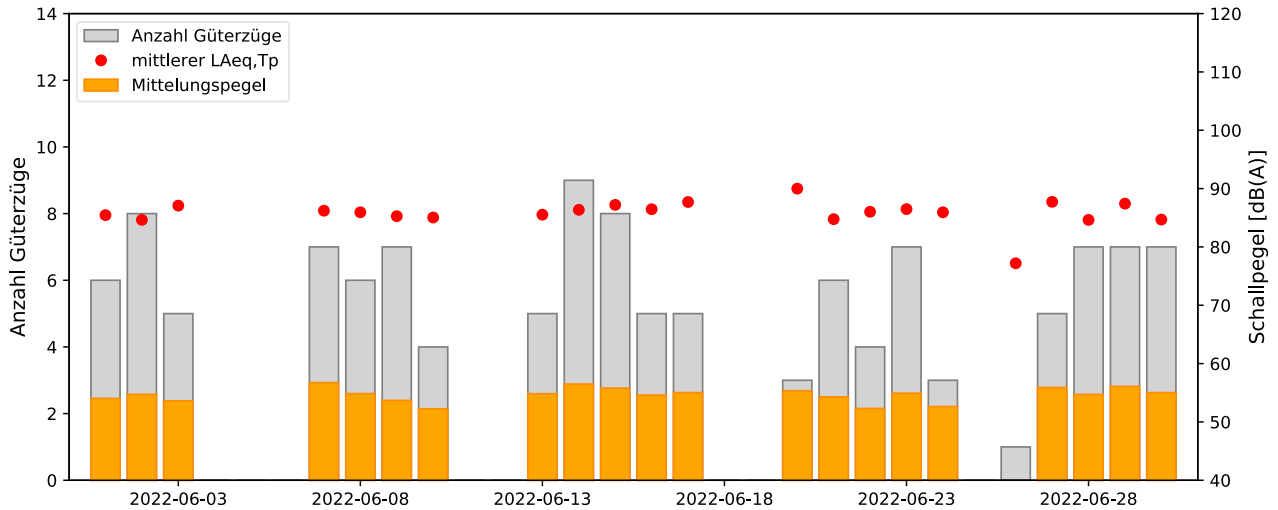
Tagesmittelwerte (24h) aller Personenzüge am Referenzmessort (REF)



Datum	Ort	Anzahl Personenzuege	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.12.2022	REF	109	111	159	23	80.9	59.4
02.12.2022	REF	113	112	164	24	80.6	59.5
03.12.2022	REF	121	110	137	20	82.0	60.4
04.12.2022	REF	109	110	151	22	80.6	59.0
05.12.2022	REF	101	112	160	23	80.8	59.0
06.12.2022	REF	106	111	162	24	81.3	60.1
07.12.2022	REF	122	111	158	23	80.6	59.7
08.12.2022	REF	114	111	160	24	80.5	59.3
09.12.2022	REF	116	111	163	24	80.5	59.5
10.12.2022	REF	114	112	140	21	79.8	58.0
11.12.2022	REF	115	109	141	21	80.2	58.6
12.12.2022	REF	103	110	156	23	80.3	58.5
13.12.2022	REF	115	111	157	23	79.6	58.3
14.12.2022	REF	110	111	157	23	80.6	59.2
15.12.2022	REF	116	111	157	23	81.5	60.4
16.12.2022	REF	108	112	164	24	79.8	58.4
17.12.2022	REF	107	111	137	20	79.8	57.8
18.12.2022	REF	112	110	135	20	80.3	58.4
19.12.2022	REF	110	112	156	23	81.2	59.6
20.12.2022	REF	114	111	154	23	81.2	59.8
21.12.2022	REF	115	111	157	23	81.3	60.0
22.12.2022	REF	113	112	158	23	81.1	59.7
23.12.2022	REF	116	112	163	24	80.9	59.8
24.12.2022	REF	115	111	140	21	80.8	59.2
25.12.2022	REF	114	110	130	19	81.0	59.1
26.12.2022	REF	112	108	134	20	80.6	58.8
27.12.2022	REF	113	111	146	21	81.4	60.0
28.12.2022	REF	115	112	147	22	81.4	59.9
29.12.2022	REF	115	112	146	21	81.7	60.1
30.12.2022	REF	114	112	154	23	82.0	60.5
31.12.2022	REF	115	111	140	21	81.5	59.7
Monat	REF	3492	111.1	151.0	22.3	80.9	59.4

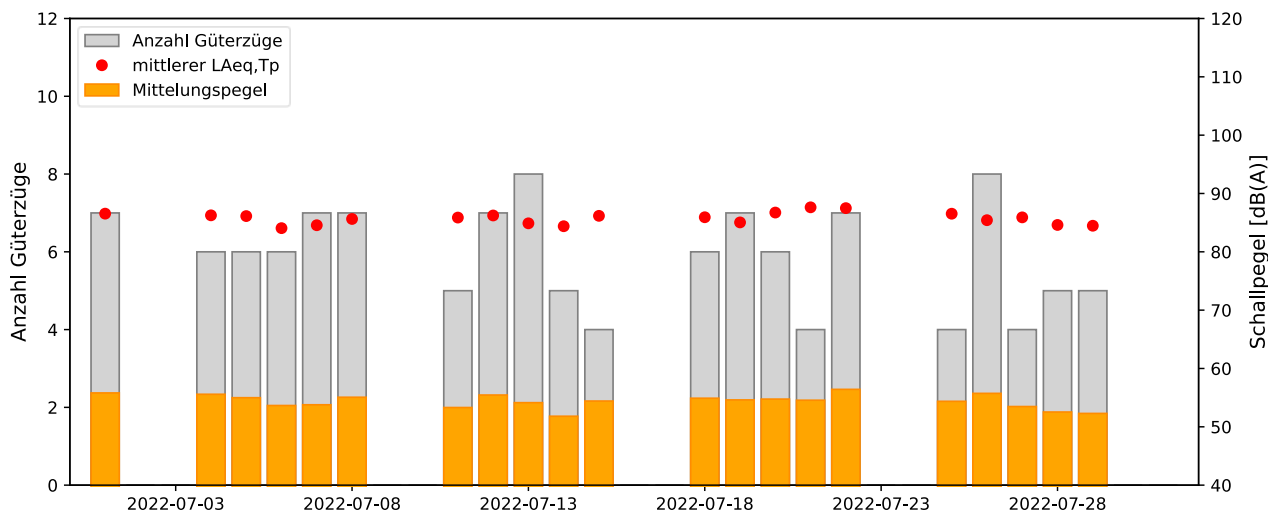
Tagesmittelwerte der Güterzüge

Tagesmittelwerte (24h) aller Güterzüge am Referenzmessort (REF)



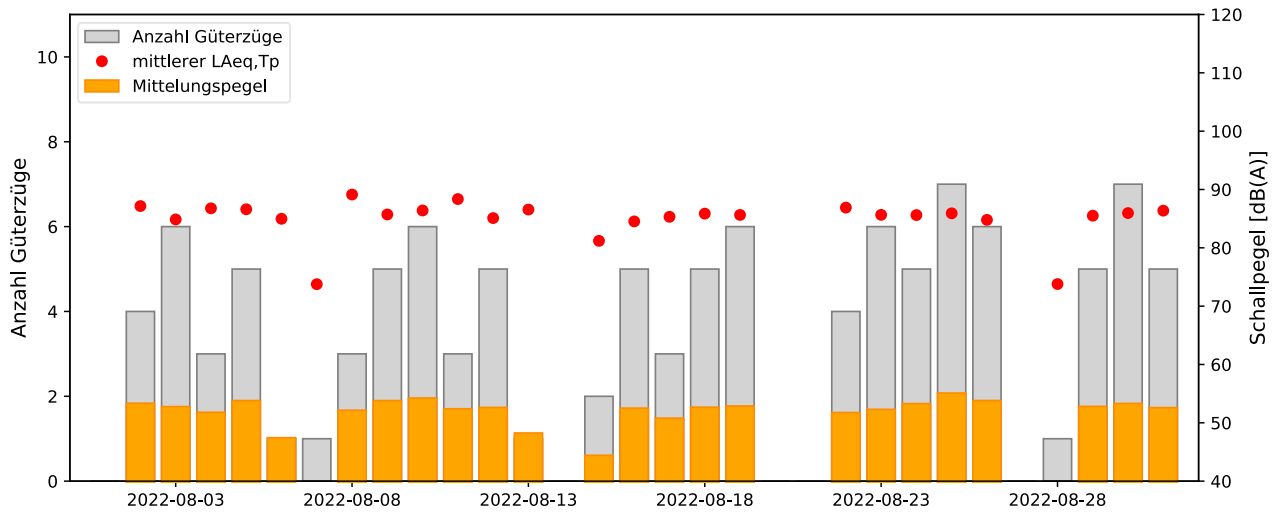
Datum	Ort	Anzahl Gueterzuege	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.06.2022	REF	6	86	240	55	85.5	54.0
02.06.2022	REF	8	75	219	49	84.6	54.7
03.06.2022	REF	5	89	185	36	87.1	53.6
04.06.2022	REF	0					
05.06.2022	REF	0					
06.06.2022	REF	0					
07.06.2022	REF	8	82	286	68	86.2	56.7
08.06.2022	REF	6	85	252	60	85.9	54.9
09.06.2022	REF	7	87	181	41	85.3	53.7
10.06.2022	REF	4	89	243	57	85.0	52.3
11.06.2022	REF	0					
12.06.2022	REF	0					
13.06.2022	REF	5	81	315	77	85.5	54.8
14.06.2022	REF	9	88	239	55	86.4	56.5
15.06.2022	REF	8	85	182	43	87.2	55.8
16.06.2022	REF	5	86	238	48	86.5	54.6
17.06.2022	REF	5	90	226	45	87.7	55.0
18.06.2022	REF	0					
19.06.2022	REF	0					
20.06.2022	REF	4	105	275	63	90.0	55.3
21.06.2022	REF	6	79	239	56	84.8	54.3
22.06.2022	REF	4	83	189	40	86.0	52.3
23.06.2022	REF	7	89	202	50	86.5	54.9
24.06.2022	REF	3	73	239	47	85.9	52.6
25.06.2022	REF	1					
26.06.2022	REF	1	85	52	8	77.2	31.5
27.06.2022	REF	6	88	267	66	87.7	55.9
28.06.2022	REF	7	82	260	57	84.6	54.7
29.06.2022	REF	8	92	224	47	87.4	56.1
30.06.2022	REF	7	73	243	50	84.7	55.0
Monat	REF	130	84.7	231.9	52.1	86.2	53.3

Tagesmittelwerte (24h) aller Güterzüge am Referenzmessort (REF)



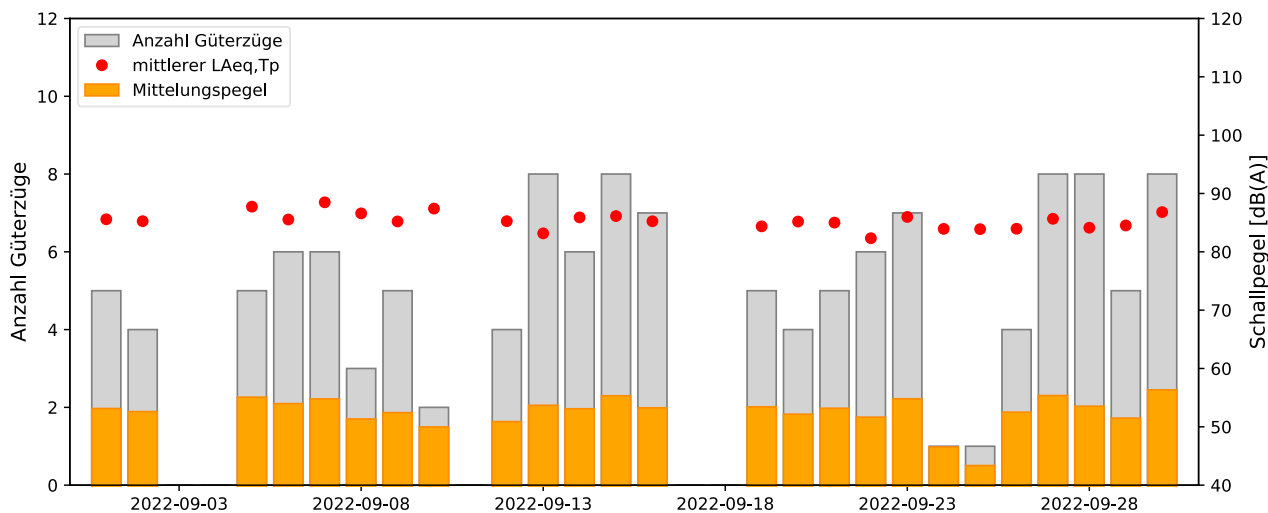
Datum	Ort	Anzahl Güterzüge	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.07.2022	REF	7	89	245	58	86.5	55.8
02.07.2022	REF	0					
03.07.2022	REF	0					
04.07.2022	REF	6	87	282	67	86.3	55.6
05.07.2022	REF	6	89	257	56	86.1	55.0
06.07.2022	REF	7	77	261	63	84.1	53.6
07.07.2022	REF	7	83	216	41	84.6	53.8
08.07.2022	REF	7	84	227	49	85.6	55.1
09.07.2022	REF	0					
10.07.2022	REF	0					
11.07.2022	REF	5	89	217	48	85.9	53.3
12.07.2022	REF	8	90	244	52	86.2	55.4
13.07.2022	REF	8	81	194	40	84.9	54.1
14.07.2022	REF	6	81	198	41	84.4	51.8
15.07.2022	REF	5	76	298	73	86.2	54.4
16.07.2022	REF	0					
17.07.2022	REF	0					
18.07.2022	REF	6	83	248	59	85.9	54.9
19.07.2022	REF	7	85	250	54	85.0	54.6
20.07.2022	REF	6	91	200	42	86.7	54.7
21.07.2022	REF	5	92	263	60	87.6	54.6
22.07.2022	REF	7	91	224	51	87.5	56.4
23.07.2022	REF	0					
24.07.2022	REF	0					
25.07.2022	REF	5	87	273	60	86.5	54.4
26.07.2022	REF	8	89	269	62	85.4	55.7
27.07.2022	REF	4	84	255	55	85.9	53.5
28.07.2022	REF	6	83	228	46	84.6	52.5
29.07.2022	REF	5	86	238	49	84.5	52.3
30.07.2022	REF	0					
31.07.2022	REF	0					
Monat	REF	131	85.7	240.1	52.9	85.8	52.8

Tagesmittelwerte (24h) aller Güterzüge am Referenzmessort (REF)



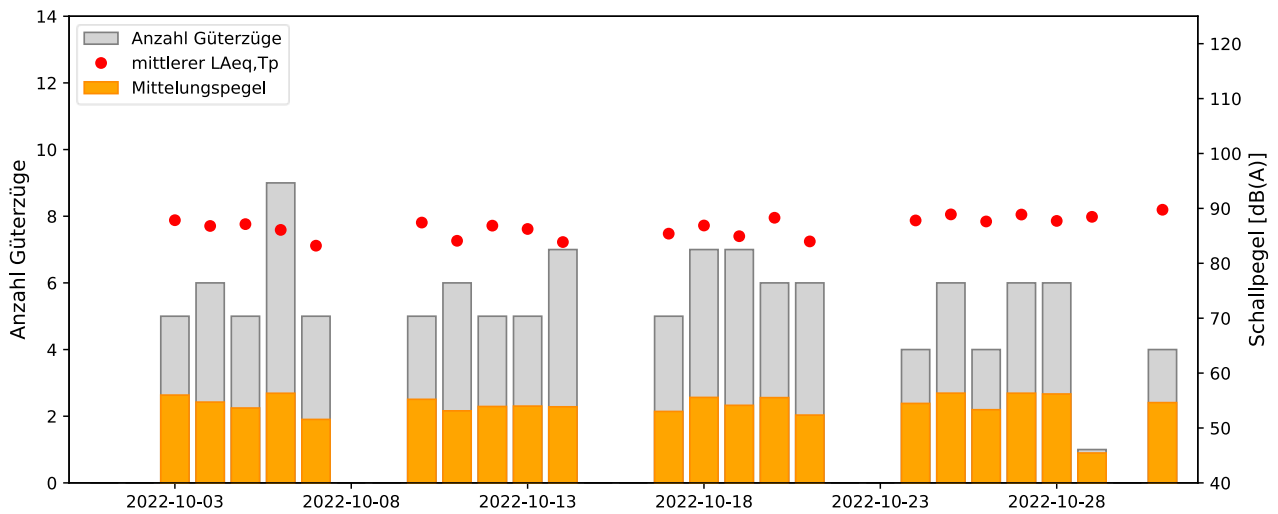
Datum	Ort	Anzahl Güterzüge	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.08.2022	REF	0					
02.08.2022	REF	4	90	194	38	87.2	53.4
03.08.2022	REF	6	86	187	41	84.9	52.8
04.08.2022	REF	3	97	231	45	86.8	51.8
05.08.2022	REF	5	96	216	48	86.6	53.8
06.08.2022	REF	1	95	365	88	85.0	47.4
07.08.2022	REF	1	79	52	8	73.8	28.3
08.08.2022	REF	3	105	153	22	89.1	52.2
09.08.2022	REF	5	85	215	48	85.7	53.8
10.08.2022	REF	6	95	209	42	86.4	54.3
11.08.2022	REF	3	92	165	25	88.4	52.4
12.08.2022	REF	5	86	203	46	85.1	52.6
13.08.2022	REF	1	100	352	84	86.6	48.3
14.08.2022	REF	0					
15.08.2022	REF	2	76	170	25	81.2	44.4
16.08.2022	REF	5	83	232	48	84.5	52.5
17.08.2022	REF	3	78	203	43	85.3	50.8
18.08.2022	REF	5	85	170	39	85.9	52.7
19.08.2022	REF	6	82	160	32	85.6	52.9
20.08.2022	REF	0					
21.08.2022	REF	0					
22.08.2022	REF	4	75	143	23	86.9	51.8
23.08.2022	REF	7	79	151	33	85.7	52.3
24.08.2022	REF	5	83	226	52	85.6	53.3
25.08.2022	REF	7	85	227	51	85.9	55.1
26.08.2022	REF	6	78	227	50	84.8	53.8
27.08.2022	REF	0					
28.08.2022	REF	1	80	52	8	73.8	28.4
29.08.2022	REF	5	82	213	42	85.5	52.8
30.08.2022	REF	7	94	162	32	86.0	53.3
31.08.2022	REF	5	91	174	30	86.4	52.6
Monat	REF	111	86.6	193.9	40.2	85.9	51.5

Tagesmittelwerte (24h) aller Güterzüge am Referenzmessort (REF)



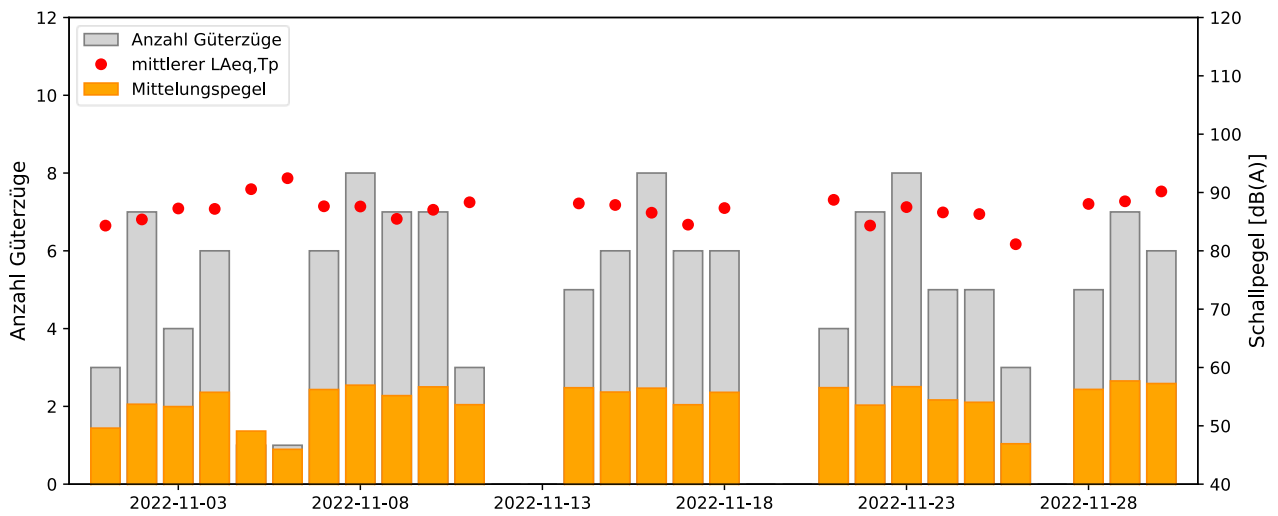
Datum	Ort	Anzahl Gueterzuege	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.09.2022	REF	6	89	210	47	85.6	53.1
02.09.2022	REF	6	91	241	44	85.2	52.6
03.09.2022	REF	0					
04.09.2022	REF	0					
05.09.2022	REF	5	94	213	44	87.7	55.1
06.09.2022	REF	7	87	223	52	85.5	54.0
07.09.2022	REF	6	98	168	33	88.5	54.8
08.09.2022	REF	3	88	201	45	86.6	51.3
09.09.2022	REF	5	86	202	40	85.2	52.4
10.09.2022	REF	2	94	204	50	87.4	50.0
11.09.2022	REF	0					
12.09.2022	REF	4	81	170	31	85.3	50.9
13.09.2022	REF	8	75	221	49	83.2	53.7
14.09.2022	REF	6	90	174	36	85.9	53.1
15.09.2022	REF	8	81	185	41	86.1	55.3
16.09.2022	REF	7	91	181	42	85.2	53.3
17.09.2022	REF	0					
18.09.2022	REF	0					
19.09.2022	REF	5	79	247	54	84.4	53.4
20.09.2022	REF	5	78	198	39	85.2	52.2
21.09.2022	REF	6	91	263	64	85.0	53.2
22.09.2022	REF	6	73	225	49	82.3	51.7
23.09.2022	REF	7	88	209	46	86.0	54.8
24.09.2022	REF	1	87	367	88	83.9	46.5
25.09.2022	REF	1	38	78	19	83.9	43.4
26.09.2022	REF	4	70	281	68	84.0	52.5
27.09.2022	REF	8	85	219	47	85.7	55.4
28.09.2022	REF	8	74	182	41	84.1	53.5
29.09.2022	REF	5	76	174	37	84.5	51.5
30.09.2022	REF	8	89	223	50	86.8	56.3
Monat	REF	137	84.0	208.1	45.4	85.4	52.4

Tagesmittelwerte (24h) aller Güterzüge am Referenzmessort (REF)



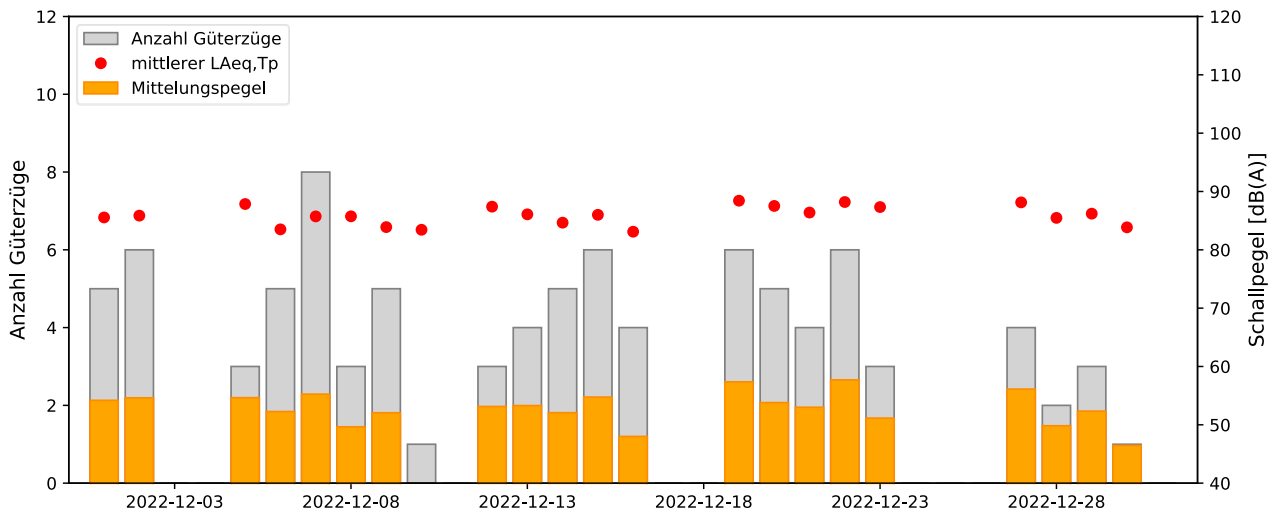
Datum	Ort	Anzahl Gueterzuege	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.10.2022	REF	0					
02.10.2022	REF	0					
03.10.2022	REF	5	79	242	50	87.8	56.0
04.10.2022	REF	7	87	210	47	86.8	54.7
05.10.2022	REF	5	90	184	35	87.1	53.6
06.10.2022	REF	9	85	225	51	86.1	56.3
07.10.2022	REF	5	68	226	49	83.2	51.6
08.10.2022	REF	0					
09.10.2022	REF	0					
10.10.2022	REF	5	84	223	48	87.4	55.2
11.10.2022	REF	6	80	234	53	84.1	53.1
12.10.2022	REF	5	97	219	44	86.9	53.9
13.10.2022	REF	5	89	247	56	86.2	54.0
14.10.2022	REF	7	78	212	48	83.9	53.9
15.10.2022	REF	0					
16.10.2022	REF	0					
17.10.2022	REF	5	78	212	41	85.4	53.0
18.10.2022	REF	8	95	221	50	86.9	55.6
19.10.2022	REF	7	80	216	49	84.9	54.1
20.10.2022	REF	6	92	193	38	88.3	55.5
21.10.2022	REF	6	76	195	44	84.0	52.3
22.10.2022	REF	0					
23.10.2022	REF	0					
24.10.2022	REF	4	90	232	52	87.8	54.5
25.10.2022	REF	6	92	193	43	88.9	56.3
26.10.2022	REF	5	92	195	37	87.6	53.3
27.10.2022	REF	7	94	197	44	88.9	56.3
28.10.2022	REF	6	89	223	48	87.7	56.2
29.10.2022	REF	1	81	96	21	88.5	45.4
30.10.2022	REF	0					
31.10.2022	REF	4	99	179	33	89.8	54.6
Monat	REF	124	86.1	212.8	45.9	86.7	53.0

Tagesmittelwerte (24h) aller Güterzüge am Referenzmessort (REF)



Datum	Ort	Anzahl Güterzüge	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.11.2022	REF	3	74	190	35	84.3	49.6
02.11.2022	REF	8	76	161	35	85.4	53.7
03.11.2022	REF	5	89	203	53	87.3	53.3
04.11.2022	REF	6	81	214	47	87.2	55.7
05.11.2022	REF	1	97	166	38	90.6	49.1
06.11.2022	REF	1	90	49	8	92.5	46.0
07.11.2022	REF	6	91	249	53	87.6	56.2
08.11.2022	REF	8	85	203	47	87.6	57.0
09.11.2022	REF	7	88	262	53	85.5	55.2
10.11.2022	REF	7	83	247	60	87.0	56.7
11.11.2022	REF	3	95	253	63	88.3	53.6
12.11.2022	REF	0					
13.11.2022	REF	0					
14.11.2022	REF	5	76	250	60	88.1	56.5
15.11.2022	REF	6	91	212	43	87.9	55.8
16.11.2022	REF	8	88	243	57	86.5	56.5
17.11.2022	REF	6	81	248	60	84.5	53.6
18.11.2022	REF	6	91	228	51	87.3	55.7
19.11.2022	REF	0					
20.11.2022	REF	0					
21.11.2022	REF	4	91	283	63	88.7	56.5
22.11.2022	REF	7	76	204	46	84.3	53.5
23.11.2022	REF	8	87	211	46	87.5	56.7
24.11.2022	REF	5	90	234	52	86.6	54.4
25.11.2022	REF	5	76	217	50	86.3	54.0
26.11.2022	REF	3	65	144	37	81.1	46.9
27.11.2022	REF	0					
28.11.2022	REF	5	83	254	60	88.0	56.2
29.11.2022	REF	7	88	224	52	88.5	57.7
30.11.2022	REF	6	85	167	32	90.2	57.2
Monat	REF	136	84.5	220.6	49.6	87.2	54.3

Tagesmittelwerte (24h) aller Güterzüge am Referenzmessort (REF)



Datum	Ort	Anzahl Güterzüge	mittlere Geschwindigkeit	mittlere Laenge	mittlere Achszahl	mittlerer LAeqTp	Mittelungspegel
01.12.2022	REF	6	82	267	66	85.5	54.2
02.12.2022	REF	6	89	251	60	85.9	54.6
03.12.2022	REF	0					
04.12.2022	REF	0					
05.12.2022	REF	4	84	319	79	87.9	54.6
06.12.2022	REF	5	83	250	59	83.5	52.3
07.12.2022	REF	8	86	205	45	85.7	55.3
08.12.2022	REF	3	85	175	32	85.7	49.7
09.12.2022	REF	5	74	209	48	83.9	52.1
10.12.2022	REF	1	76	65	16	83.4	39.2
11.12.2022	REF	0					
12.12.2022	REF	3	78	227	45	87.4	53.1
13.12.2022	REF	4	90	274	56	86.1	53.3
14.12.2022	REF	5	85	210	38	84.7	52.1
15.12.2022	REF	6	83	229	57	86.0	54.8
16.12.2022	REF	4	93	162	36	83.1	48.0
17.12.2022	REF	0					
18.12.2022	REF	0					
19.12.2022	REF	6	83	251	60	88.4	57.4
20.12.2022	REF	5	77	154	34	87.5	53.8
21.12.2022	REF	4	89	235	52	86.4	53.0
22.12.2022	REF	6	81	275	66	88.2	57.7
23.12.2022	REF	3	93	173	40	87.3	51.1
24.12.2022	REF	0					
25.12.2022	REF	0					
26.12.2022	REF	0					
27.12.2022	REF	4	88	319	72	88.1	56.1
28.12.2022	REF	2	92	289	58	85.5	49.8
29.12.2022	REF	3	96	309	67	86.2	52.3
30.12.2022	REF	1	87	350	84	83.9	46.5
31.12.2022	REF	0					
Monat	REF	94	85.0	235.8	53.2	86.4	52.1

Anhang D: Messgrößen

Vorbeifahrtexpositionspegel TEL

A-bewerteter Schallpegel einer einzelnen Zugvorbeifahrt als energetischer Mittelwert über die Schallereignisdauer T normiert auf die Vorbeifahrtzeit T_p .

$$TEL = 10 \log \left(\frac{1}{T_p} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (1)$$

Mit

$p_A(t)$ = A-bewerteter Schalldruck, [Pa]

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ (Bezugsschalldruck), [Pa]

$T_p = T_2 - T_1$ = geometrische Vorbeifahrtzeit des Zuges der zum Zeitpunkt T_1 auf Höhe des Messquerschnitts einfährt und zum Zeitpunkt T_2 diesen wieder verlässt, [s]

T = Zeitintervall, das startet, wenn der geglättete Schalldruckpegel (A-bewerteter **Schalldruckpegel** geglättet als Funktion über die Zeit beispielsweise mit der Zeitgewichtung F („fast“) oder als Mittelwert über eine Zeitdauer, z.B. 100 ms) zum letzten mal 10 dB unterhalb des Schalldruckpegels liegt der vorherrscht wenn der Zug in den Messquerschnitt einfährt und endet, wenn der geglättete Schalldruckpegel das erste Mal wieder 10 dB unter den Wert fällt der vorherrscht wenn der Zug gerade den Messquerschnitt verlässt. [s]

Vorbeifahrtexpositionspegel für die Bezugsgeschwindigkeit 80 km/h TEL_{80}

Der mit der Vorbeifahrtgeschwindigkeit v wie folgt auf die Geschwindigkeit 80 km/h umgerechnete Vorbeifahrtexpositionspegel TEL wird i. d. R. für die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Messstellen ermittelt und errechnet sich aus:

$$TEL_{80} = TEL - 30 \cdot \log \left(\frac{v}{v_0} \right) \quad (2)$$

mit

$v_0 = 80 \text{ km/h}$ (Bezugsgeschwindigkeit)

A-bewerteter äquivalenter Dauerschalldruckpegel der Vorbeifahrt $L_{Aeq,Tp}$

Der A-bewertete äquivalente Dauerschalldruckpegel $L_{Aeq,Tp}$ entspricht dem, über die Messdauer T_p (Vorbeifahrtzeit) energetisch gemittelten A-bewerteten Schalldruckpegel nachfolgender Gleichung:

$$L_{Aeq,Tp} = 10 \log \left(\frac{1}{T_p} \int_{T_1}^{T_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (3)$$

mit

$p_A(t)$ = A-bewerteter Schalldruck, [Pa]

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ (Bezugsschalldruck), [Pa]

$T_p = T_2 - T_1$ = geometrische Vorbeifahrtzeit des Zuges, [s]

Schallexpositionspegel *SEL*

Der Schallexpositionspegel *SEL* bezieht die akustische Schallenergie auf eine Sekunde. Er wird für die Berechnung des Mittelungspegel verwendet und hat die nachstehende Beziehung mit dem Vorbeifahrtexpositionspegel *TEL*:

$$SEL = TEL - 10 \log (T_0 / T_p) \quad (4)$$

mit

$$T_0 = 1 \text{ [s]}$$

$$T_p = T_2 - T_1 = \text{geometrische Vorbeifahrtzeit des Zuges, [s]}$$

Mittelungspegel

A-bewerteter Schalldruckpegel gemittelt über die Messung einer gegebenen Zeit. Berechnung aus Summe aller Zugfahrten in einer Periode pro Zugkategorie, pro Messstelle nach:

$$\text{Mittelungspegel} = 10 \cdot \log_{10} \left(\sum 10^{\frac{SEL}{10}} \right) - A1 \quad (4)$$

mit

$$A1 = 10 \cdot \log_{10}(n \cdot 24 \cdot 3600) \text{ für 24 Stundenperiode}$$

SEL (siehe Gleichung 3) aus den Rohdaten

n = Anzahl der Tage im Betrachtungszeitraum

Mittlerer Vorbeifahrtpegel $L_{Aeq, Tp}$

Gemittelter (energetisch) Schallpegel aus den A-bewerteten äquivalenten Schalldruckpegeln der einzelnen Zugvorbeifahrten im Betrachtungszeitraum (Tag/Monat/Jahr)

Berechnung pro Periode, pro Zugkategorie, pro Tag bzw. pro Monat, pro Jahr, pro Messstelle:

$$\text{mittlerer } L_{Aeq, Tp} = 10 \cdot \log_{10} \left(\sum T_p \cdot 10^{\frac{L_{Aeq, Tp}}{10}} \right) + 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{\sum T_p} \right) \quad (5)$$

mit

$$T_p = \text{geometrische Vorbeifahrtzeit des Zuges, [s]}$$

$L_{Aeq, Tp}$ (siehe Gleichung 2) berechnet aus Rohdaten

Anhang E: Literatur

- [1] Bundesgesetz über die Lärmsanierung der Eisenbahnen (BGLE) vom 24. März 2000, SR 742.144.
- [2] Verordnung über die Lärmsanierung der Eisenbahnen (VLE) vom 4. Dezember 2015, SR 742.144.1.
- [3] Lärmschutz-Verordnung (LSV) vom 15. Dezember 1986, SR 814.41.
- [4] Website www.laermforschung-eisenbahn.ch: Strategische Ausrichtung, Betriebsreglement, Datennutzungsbedingungen
- [5] Website www.fahrbahnlabor.ch
- [6] DIN EN ISO 3095:2013 Akustik - Bahnanwendungen - Messung der Geräuschemission von spurgebundenen Fahrzeugen
- [7] DIN EN 15610:2021-11 Bahnanwendungen - Akustik - Messung der Schienen- und Radrauheit im Hinblick auf die Entstehung von Rollgeräuschen;
- [8] DIN EN 15461:2011: Bahnanwendungen - Schallemission - Charakterisierung der dynamischen Eigenschaften von Gleisabschnitten für Vorbeifahrtgeräuschemessungen; Deutsche Fassung EN 15461:2008+A1:2010
- [9] DIN 38452-1:2022-08; Langzeitmessung von Schienenverkehrsgeräuschen –Teil 1: Emissionen
- [10] TSI Lärm: VERORDNUNG (EU) Nr. 1304/2014 DER KOMMISSION vom 26. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems »Fahrzeuge – Lärm« DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) 2019/774 DER KOMMISSION vom 16. Mai 2019 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1304/2014 in Bezug auf die Anwendung der technischen Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Lärm“ auf Bestandsgüterwagen
- [11] Deliverable 12 part 1 of the HARMONOISE project: Harmonised Accurate and Reliable Methods for the EU Directive on the Assessment and Management Of Environmental Noise, DEFINITION OF TRACK INFLUENCE: ROUGHNESS IN ROLLING NOISE, 17 July 2003
- [12] Lutzenberger, Stibel, Gerbig, Wettschreck; Luftschall aus dem Schienenverkehr, Fachwissen Technische Akustik, Springer Verlag 2017
- [13] sonRAIL2X second project report , Report No. 5211.01845, Empa, Laboratory for Acoustics/Noise Control , 2022