Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Verkehr BAV
Office fédéral des transports OFT
Ufficio federale dei trasporti UFT
Uffizi federal da traffic UFT

Monitoring Eisenbahnlärm

Jahresbericht 2024

1. Januar – 31. Dezember 2024

Impressum

Herausgeber
Bundesamt für Verkehr (BAV)
CH-3003 Bern

Projektverantwortung/-koordination
BAV Infrastruktur, Sektion Grossprojekte

Text
BAV Sicherheit, Sektion Umwelt

Titelbild:
Lärmschutzwand Lugano Loreto, BAV Pictet

Gemäss Artikel 12 und 13 der Verordnung über die Lärmsanierung der Eisenbahnen vom 4. Dezember 2015 führt das BAV Erhebungen über die Entwicklung des Eisenbahnlärms durch und informiert periodisch über die Ergebnisse.

Inhalt

Inhalt 3

1 Zusammenfassung 4

2 Einleitung 5

2.1 Projekt Monitoring Eisenbahnlärm 5

2.2 Zweck des Berichts 5

3 Grundlagen 6

4 Messresultate 8

4.1 Beurteilungs-Emissionspegel Lr,e 8

4.2 Akustische Eigenschaften von Fahrbahn und Rollmaterial 10

4.2.1 Schienenrauheit 10
4.2.2 Abklingrate der Schiene (Track Decay Rate TDR) 11
4.2.3 Entwicklung Vorbeifahrtspegel (Transit Exposure Level TEL) 12
4.2.4 Häufigkeitsverteilung Vorbeifahrtspegel 14

4.3 Anteil Güterverkehr 20

4.4 Verkehr 20

Abkürzungsverzeichnis 22

Verzeichnis der Anhänge 23

1 Zusammenfassung

Die im Jahr 2024 gemessenen Lärmpegel sind mehrheitlich vergleichbar mit denen des Vorjahres. Nach den deutlichen Pegelreduktionen ab 2020 (faktisches Verbot von Güterwagen mit Grauguss-Bremsen) ist eine Konsolidierung der Messwerte festzustellen. Eine generelle Reduktion durch verbessertes Rollmaterial ist in den nächsten Jahren nicht mehr zu erwarten. Sollten die Zugszahlen zukünftig wie erwartet steigen, ist mittelfristig mit einer leichten Zunahme der Lärmpegel zu rechnen.

Aus den Messdaten ergeben sich die folgenden längerfristigen Kernaussagen:

- Bei allen Messstationen liegen die Emissionswerte 2024 deutlich unter den Emissionen, die im Rahmen der Lärmsanierung als Referenz und Ziel festgelegt wurden.
- Güterzüge sind heute rund 10 dB(A) leiser als zu Messbeginn 2003.
- Personenzüge sind heute rund 6 dB(A) leiser als zu Messbeginn 2003.
- Bei den Personenzügen liegen die Vorbeifahrtspegel im täglichen Betrieb in der Regel unter den Grenzwerten für neu zugelassenes Rollmaterial. Dies trifft seit dem Jahr 2020 auch für einen überwiegenden Teil der Güterwagen zu. Ungünstige Oberbauverhältnisse (z. B. nach Schienenschleifen) können zu erhöhten Vorbeifahrtspegeln führen.
- Der Anteil des Güterverkehrs an den Gesamtemissionen liegt auf den Transitachsen nachts bei 82-91 %. Auf diesen Transitstrecken sind weitere wahrnehmbare Lärmreduktionen nur durch eine Lärmminderung beim Güterverkehr möglich.

Die Messungen zur Rauheit und Abklingrate der Schiene scheinen mit grossen Unsicherheiten behaftet, vergleiche dazu die Ausführungen in den Kapiteln 4.2.1 und 4.2.2.

Das Lärmmonitoring des BAV wird in der bestehenden Form noch bis Ende 2026 betrieben. Die bestehenden Monitoringstationen werden nach dem 31.12.2026 rückgebaut.

Ab dem 1.1.2026 betreiben die SBB ein neues Messnetz zum Monitoring des Eisenbahnlärms, dies im Rahmen einer sogenannten «Systemaufgabe» des BAV. Im Jahr 2026 werden die beiden Monitoringsysteme parallel betrieben.

Auf der BAV-Website (www.bav.admin.ch > A-Z > Lärmsanierung > Monitoring > Auswertungen) steht ein monatlich aktualisiertes, erweitertes Datenangebot zum Monitoring Eisenbahnlärm zur Verfügung.

2 Einleitung

2.1 Projekt Monitoring Eisenbahnlärm

Das Monitoring Eisenbahnlärm ist ein Bestandteil des Programms Lärmsanierung der Eisenbahnen gemäss dem Bundesgesetz [1]. Artikel 12 und 13 der Verordnung [2] verpflichten das Bundesamt für Verkehr (BAV), Erhebungen über die Entwicklung des Eisenbahnlärms durchzuführen und periodisch über die Ergebnisse zu informieren. Im Rahmen des Monitorings Eisenbahnlärm werden die entsprechenden Messdaten bereitgestellt.

Die Messungen werden seit 2003 an sechs fixen Standorten durchgeführt. Als Ergänzung sind 2009-2013 und 2018 mit einer mobilen Messstation während mehreren Wochen an weiteren Standorten Messungen durchgeführt worden. Diese liefern Informationen zur Lärmentwicklung auf weiteren Strecken.

Die Monitoringstationen des BAV werden nur noch bis Ende 2026 betrieben und anschliessend rückgebaut.

Ab dem 1.1.2026 betreiben die SBB ein neues Messnetz zum Monitoring des Eisenbahnlärms, dies im Rahmen einer sogenannten «Systemaufgabe» des BAV. Im Jahr 2026 werden die beiden Monitoringsysteme parallel betrieben. Weitere Informationen dazu werden ab Anfang 2026 online verfügbar sein.

2.2 Zweck des Berichts

Die wesentlichen Daten der kontinuierlichen Messstationen werden vom BAV in den Jahresberichten zusammengestellt und kommentiert. Die Messergebnisse sind damit der interessierten Öffentlichkeit zugänglich. Die aktuellen Messwerte sind auch auf der Website des BAV abrufbar (www.bav.admin.ch > A-Z > Lärmsanierung > Monitoring > Auswertungen).

3 Grundlagen

Für das Bahnnetz in der Schweiz ist der Rad-Schiene-Kontakt die massgebende Lärmquelle. Die Lärmemissionen werden durch das Ausmass der Rauheiten von Schienen- und Radoberfläche und die Abstrahleigenschaften von Rad und Oberbau bestimmt. Die Gesamtrauheit des Systems führt zu Anregung und Schallabstrahlung von Rad und Schiene. Bei Geschwindigkeiten über 200 km/h und bei Zügen mit Dieseltraktion können auch andere Lärmquellen von Bedeutung sein, dies ist in der Schweiz aber von untergeordneter Bedeutung.

Mit den Messungen aus dem Monitoring können Modellrechnungen überprüft werden. Entsprechende Auswertungen wurden 2023 von der EMPA publiziert [23]. Die Messdaten erlauben es auch, die Lärmentwicklung im zeitlichen Verlauf zu verfolgen. Mit den Messungen werden die Lärmemissionen des Gesamtsystems Fahrzeug-Fahrbahn an sechs Standorten erfasst (Abbildung 1). Sowohl Fahrzeug wie Fahrbahn können durch eine grosse Anzahl lärmrelevanter Parameter charakterisiert werden (vgl. Abbildung 2).

Technische Einzelheiten zu Messkonzept, Messnetz und Messgrössen sind in den Anhängen 1-3 zusammengestellt.

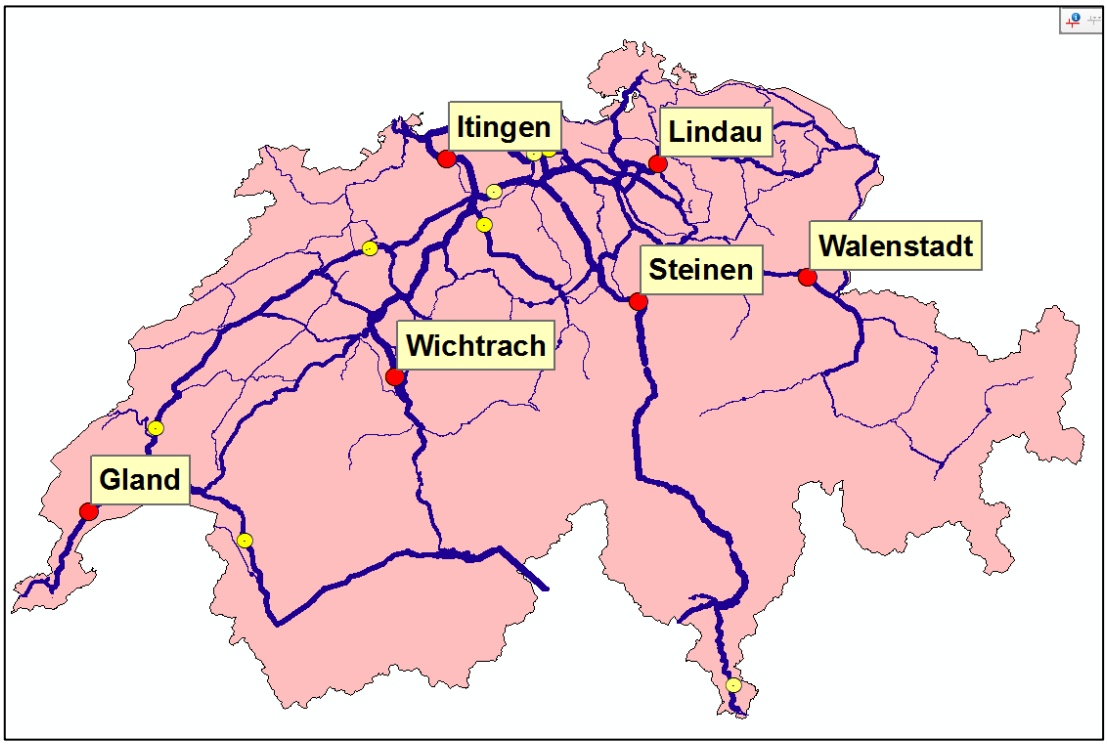


Abb. 1: Messstandorte (Details Anhang 2)
- fixe Standorte seit 2003
- mobile Standorte 2009-2018

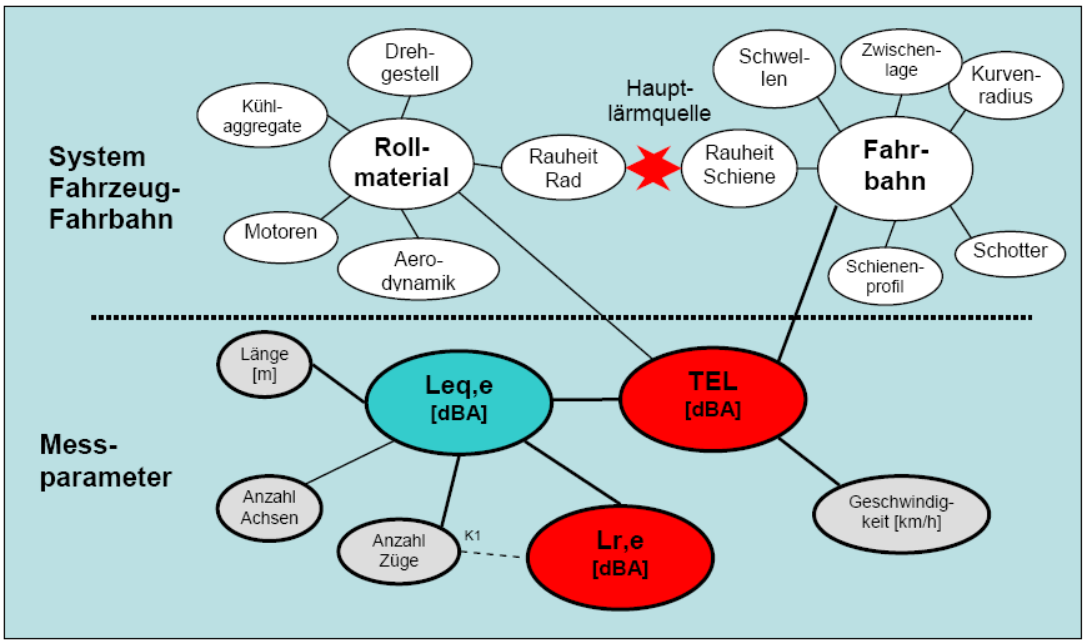


Abb. 2: System Fahrzeug – Fahrbahn und Messparameter des Monitorings Eisenbahnlärm

TEL: Transit Exposure Level, Vorbeifahrtspegel eines Einzelzugs
Leq,e: Energieäquivalenter Dauerschallpegel der Emissionen
K1: Korrekturfaktor K1 nach Anhang 4 LSV (abhängig von der Anzahl Züge)
Lr,e: Beurteilungsemissionspegel im Sinne von Anhang 4 LSV (Leq,e + K1)
weitere Informationen: Anhang 3

Der Vorbeifahrtspegel (TEL) jeder Zugsvorbeifahrt wird durch die Eigenschaften des jeweiligen Rollmaterials und durch den Zustand der Fahrbahn am Messstandort bestimmt. Bei gleichem Rollmaterial und gleicher Fahrbahn nimmt der Pegel mit der Geschwindigkeit zu. Aus der Summe der Zugsvorbeifahrten und gemittelt über die Beurteilungszeit lässt sich der energieäquivalente Dauerschallpegel Leq,e ermitteln. Unter Berücksichtigung der Pegelkorrektur K1 gemäss Anhang 4 der Lärmschutzverordnung LSV [3] bestimmt sich der Beurteilungs-Emissionspegel Lr,e.

4 Messresultate

4.1 Beurteilungs-Emissionspegel Lr,e

Der Beurteilungs-Emissionspegel Lr,e ist nach der LSV [3] die massgebende Grösse für die Beschreibung der Lärmemissionen. Im Rahmen der Lärmsanierung oder im Zusammenhang mit Ausbauprojekten werden zwar rechtlich verbindlich nur die zulässigen Immissionen (LSV Art. 37a) an den Gebäuden festgehalten. Implizit werden damit aber auch die zugrundeliegenden Emissionswerte festgelegt. Der vom Bundesrat erlassene Emissionsplan 2015 bildete die Grundlage für die Lärmsanierung der Eisenbahnen. Wo Ausbauprojekte der Infrastruktur realisiert wurden, entsprechen die festgelegten Emissionswerte dem im Projekt geplanten Endzustand. Diese rechtlich relevanten festgelegten Emissionen aus dem Emissionsplan und den Projekten sind publiziert (www.map.geo.admin.ch > Eisenbahnlärm).

Es ist ein wesentliches Ziel des Monitorings, die Entwicklung der Lärmemissionen bezogen auf die erwähnten festgelegten Emissionen über die Zeit zu verfolgen. In Abbildung 3 sind die Messwerte 2003 bis 2024 den festgelegten Emissionen gegenübergestellt. Heute liegen die Messwerte der Emissionen bei allen Stationen klar unter den festgelegten Emissionen.

Bei allen Stationen ist der Pegel gegenüber dem Jahr 2003 deutlich gesunken. Auffällig sind insbesondere die tieferen Werte ab 2020. Sie sind insbesondere auf die tieferen Vorbeifahrtspegel bei Güterzügen aufgrund des Verbotes lauter Güterwagen zurückzuführen. In Gland und Lindau fehlt dieser Pegelrückgang aufgrund des geringen Anteils des Güterverkehrs.

Im Folgenden sind die Entwicklungen und deren Hintergründe für die einzelnen Stationen kurz kommentiert. Die Grafiken mit den Monatswerten sind im Anhang 5 zusammengestellt.

Gland

In Gland liegen die Beurteilungs-Emissionspegel Lr,e heute 6-7 dB tiefer als 2003. Ursache ist das leisere Rollmaterial der Züge. Ein Anstieg war im Winter 2008/2009 festzustellen. Es wurde vorübergehend wieder altes Rollmaterial bei Personenzügen eingesetzt. Der Anstieg in der Nachtperiode vom Juli 2013 bis Ende 2015 wurde durch wenige laute Güterzüge verursacht. Die Emissionswerte ligen seit 2016 deutlich tiefer. Im Februar 2019 durchgeführte Schleifarbeiten (vgl. Bericht 2019) führten zu einer vorübergehenden Pegelerhöhung. Von Juni 2019 bis Juli 2020 war die Messstation wegen einer Oberbauerneuerung ausser Betrieb. Vom Mai bis Anfang September 2024 resultierte wegen einem fehlerhaften Schienenschalter eine Messdatenlücke. Ansonsten lief die Station 2024 störungsfrei.

Itingen

In Itingen sind die Emissionswerte trotz steigender Zugzahl seit 2003 um 10-11 dB gesunken. Dies ist insbesondere auf das verbesserte Rollmaterial von Personen- und Güterzügen und die Einführung der Emissionsgrenzwerte für alle Güterwagen zurückzuführen. Zudem hat die Gleiserneuerung 2019 zu rund 2 dB tieferen Emissionswerten bei allen Zügen geführt. Der markante Rückgang im Jahr 2020 ist auf die leiseren Güterzüge zurückzuführen. Das Schleifen der Schienen Anfang Oktober 2022 führte zu einem Pegelanstieg für die Monate Oktober und November. Die Station lief 2024 überwiegend störungsfrei. Im Juli und August 2024 war das Personenzugaufkommen wegen einer Baustelle in der Nähe um ca. 40% reduziert, in der zweiten Augusthälfte war das Güterzugaufkommen ebenfalls um über 30% reduziert..

Lindau

In Lindau gehen die Pegel dank dem leiseren Rollmaterial trotz starker Verkehrszunahme zurück. Von Mitte 2014 bis Ende 2015 stiegen die Pegel wegen einem relativ hohen Anteil von lauten Personenzügen leicht an. Dieser Anteil war 2016 wieder rückläufig. Die lauten S-Bahn-Züge mit der Lok Re450 (Doppelstock-Pendelzüge DPZ; vgl. Bericht 2016) fielen aber immer noch auf. Wegen umfangreichen Bauarbeiten wurde die Station Ende August 2017 ausser Betrieb genommen. Die Messungen wurden im Mai 2019 wiederaufgenommen. Im Jahr 2023 erfolgten Schleifarbeiten an den Gleisen, anschliessend waren die Emissionspegel erhöht. Die Pegel haben sich 2024 wieder auf das Niveau von vor dem Schleifen reduziert. Die Station lief 2024 störungsfrei.

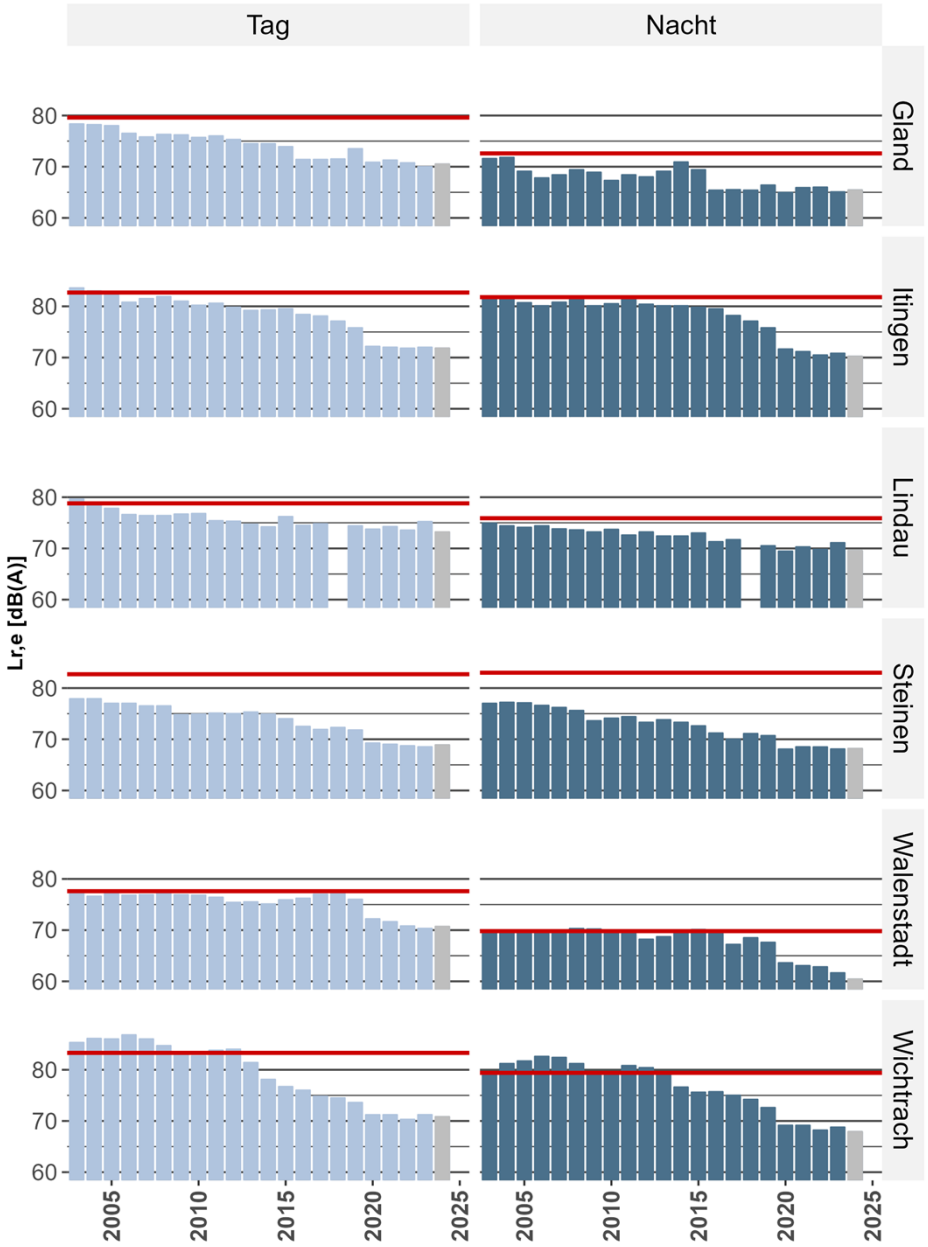


Abb. 3: Gemessene Beurteilungs-Emissionspegel Lr,e 2003 – 2024

Festgelegte Emissionen Messwert 2024

Steinen

Die Messwerte sind seit 2003 deutlich gesunken. Charakteristisch ist der Jahresgang entsprechend dem Güterverkehrsaufkommen: Minima werden im August (Ferragosto in Italien) und über Weihnachten/Neujahr erreicht. Im Jahr 2012 führte die Sperrung der Gotthardlinie wegen Felsstürzen zu Unterbrüchen im Transitverkehr. Der längste Unterbruch von 32 Tagen ist in der Ganglinie klar erkennbar. Im Jahr 2017 fällt der Rückgang aufgrund einer längeren vollständigen Streckensperrung in Rastatt (D) auf. Nachher steigt die Zahl der Güterzüge wieder an. Am 10. August 2023 kam es im Gotthardtunnel zu einem Unfall mit einem Güterzug. Der Tunnel war anschliessend bis zum 23. August gesperrt. Dies erklärt den geringeren Güterverkehr im zweiten Halbjahr 2023. Der Tunnel konnte erst am 2. September 2024 wieder

uneingeschränkt in Betrieb genommen werden. Die generell markante Pegelreduktion seit 2020 ist auf das leisere Rollmaterial der Güterzüge zurückzuführen. Heute liegen die Emissionswerte rund 8-9 dB unter den Werten von 2003. Die Station lief 2024 störungsfrei.

Walenstadt

In Walenstadt waren die Messwerte über viele Jahre konstant. Die Verkehrszunahme konnte durch das leisere Rollmaterial kompensiert werden. Insbesondere das Gleis 212 war aber akustisch ungünstig und führte zu hohen Vorbeifahrtspegeln. Messungen mit der akustischen Kamera zeigten, dass der Neubau der Firma Flumroc auf dem Gleis Richtung Flums durch Reflexionen zu einer Pegelerhöhung um 0.8 dB(A) führt. Seit Januar 2018 werden die Messungen an einem leicht verschobenen Standort durchgeführt. Das Schienenschleifen am 24. September 2019 führte direkt zu einem deutlichen Pegelrückgang ohne zwischenzeitliche Pegelerhöhung. Seither liegen die Pegel spürbar tiefer, rund 5-6 dB unter den Werten von 2003. Im April 2024 erhöhten sich die Beurteilungspegel (Gleis 212) wegen einem Schienenschleifen. Das Güterverkehrsaufkommen war das ganze 2024 bis im September reduziert und erhöhte sich anschliessend wieder auf das Niveau der Vorjahre. Damit stieg auch der Beurteilungspegel ab Oktober v.a. in der Nacht deutlich an.

Wichtrach

Beim lauten fehlerhaften Gleis 417 wurde im April 2013 eine Oberbauerneuerung durchgeführt. Im Mai 2014 erfolgte dann der Gleisersatz beim Gleis 317. In beiden Fällen wurden alte Betonschwellen durch aktuelle Standardschwellen B91 ersetzt. Die Pegelwerte liegen seit dem Umbau deutlich tiefer. Die Auswirkungen sind besonders in der Tagesperiode massiv, weil der neue Oberbau besonders positiv auf die modernen Reisezügen wirkt. Wegen einer kompletten Fahrbahnerneuerung beim Gleis 317 war die Station vom 3.4 bis 27.5.2019 ausser Betrieb. Im Jahr 2020 führten die leiseren Güterzüge und der Rückgang des Güterverkehrs wegen Corona nochmals zu deutlich tieferen Pegeln. Sie liegen im Jahr 2021 11-14 dB tiefer als die Werte 2003. Im Jahr 2024 verlief der Betrieb der Station vorwiegend störungsfrei. Das Güterverkehrsaufkommen und damit der Beurteilungspegel gingen von Mitte August bis Mitte September 2024 deutlich zurück. Ab Mitte September stieg die Anzahl Güterzüge am Tag und in der Nacht auf über das Doppelte des Vormonats.

4.2 Akustische Eigenschaften von Fahrbahn und Rollmaterial

4.2.1 Schienenrauheit

Die Entstehung des Lärms bei Schienenfahrzeugen ist insbesondere auf die Abweichungen von Rad und Schiene von der idealen runden bzw. ebenen Form zurückzuführen. Die sogenannte Schienenrauheit ist am Standort direkt messbar. Im Herbst 2024 ist die Schienenrauheit an allen Standorten vom beauftragten Ingenieurbüro gemäss ISO-Norm 3095 [5] gemessen worden. Zusätzlich haben die SBB im 2024 bei vier Standorten zu Vergleichszwecken die Schienenrauheit ebenfalls normgerecht gemessen.

Der Einzahlwert $L_{\lambda CA}$ der Schienenrauheit [6] erlaubt den Vergleich von Messungen an verschiedenen Standorten.

Die Entstehung der Rauheit ist ein komplexes Phänomen, das heute noch nicht umfassend erklärbar ist. Mit der aktuellen Unterhaltsstrategie der SBB werden Gleise in regelmässigen Abständen präventiv geschliffen. Damit sollten sich keine deutlichen Schienenschäden ausbilden können und verriffelte Schienen, die zu einer hohen Lärmabstrahlung führen, werden auf diese Weise verhindert. Akustisch ein Nachteil ist, dass direkt nach dem Schleifen die Lärmemissionen wegen der temporär erhöhten Rauheit höher sind. Abhängig von der Anzahl und dem Gewicht der verkehrenden Fahrzeuge wird die Schiene nach dem Schleifen innerhalb von Wochen wieder glattgefahren.

Die gemessenen Schienenrauheiten sind an einigen Stationen seit mehreren Jahren deutlich erhöht. Bei der Station Lindau sind die gemessenen Schienenrauheiten 2024 sogar rekordhoch. Der Jahresmittelwert LAeq,e hat sich gleichzeitig in Lindau gegenüber dem Vorjahr am Tag um 2 dB(A) und in der Nacht

um 1.5 dB(A) reduziert, dies bei in etwa gleichem Verkehr. Mit den höheren Schienenrauheiten müssten in Theorie die Lärmemissionen steigen und nicht sinken. Der Grund für diese Diskrepanz ist nicht bekannt.

Neben der beauftragen Ingenieurfirma haben die SBB im Jahr 2024 an vier Monitoringstationen (Itingen, Steinen, Walenstadt und Wichtrach) ebenfalls Messungen der Schienenrauheit ausgeführt. Es fällt auf, dass die Messungen der SBB generell tiefere Werte aufweisen als die des beauftragten Ingenieurbüros. Je nach der messenden Institution kann es sich ergeben, dass die höchste respektive die tiefste je beobachtete Schienenrauheit seit 2003 gemessen wird (z. B. Walenstadt Gleis 212). Dieses Ergebnis ist unbefriedigend. Der Versuch, das unterschiedliche akustische Verhalten von Oberbauten über die Schienenrauheit zu erklären, wird unter diesen Voraussetzungen fast unmöglich [23].

Die Frage, welche der beiden Messungen das «korrekte» Ergebnis lieferte, bleibt offen. Dies sollte in einem separaten Projekt geklärt werden.

Der Vertrag mit dem bis anhin messenden Ingenieurbüro ist Ende 2024 ausgelaufen. Es ist noch unklar, ob für die Jahre 2025 und 2026 die Schienenrauheit an den Monitoringstationen nochmals gemessen wird.

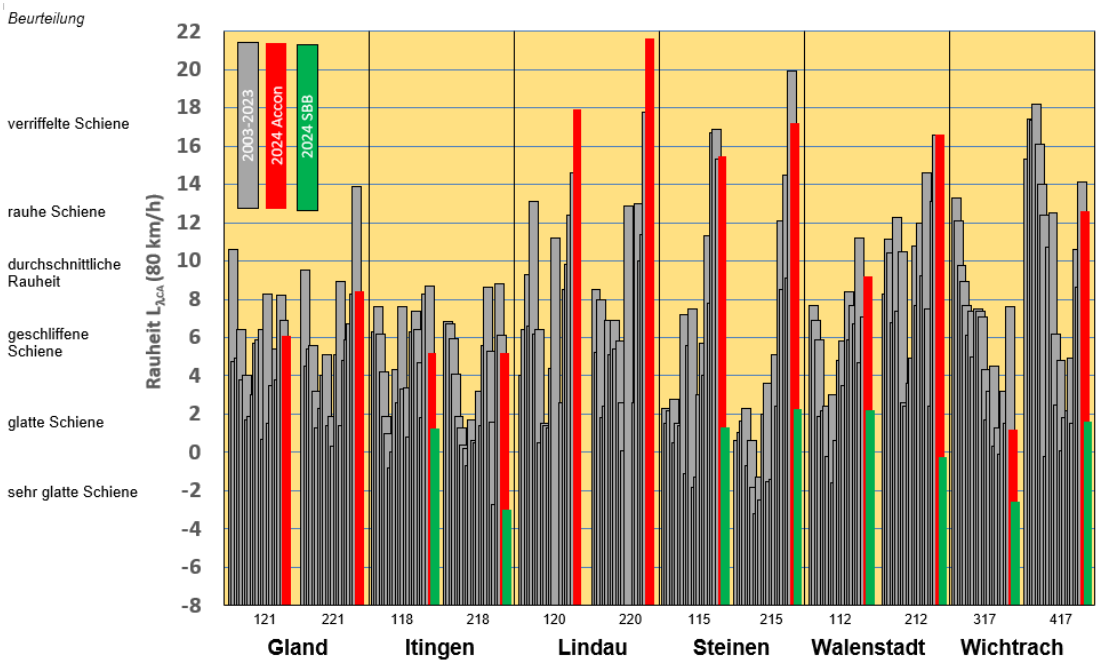


Abb. 4: Schienenrauheit an den Messstandorten
beide Gleise, detaillierte Messergebnisse, $L_{\lambda CA}$ vgl. Anhänge 3 und 6

4.2.2 Abklingrate der Schiene (Track Decay Rate TDR)

Die Abstrahlung der Schiene trägt massgeblich zu den Lärmemissionen bei. Bei geringer Abklingrate der Schiene ist dieser Beitrag höher. Im Herbst 2024 wurde die Abklingrate bei allen Standorten gemessen. In Abbildung 5 sind die entsprechenden Einzahlwerte der Track Noise Ratio TNR [13] dargestellt. Je negativer der Wert, desto geringer ist die Abstrahlung der Schiene. Die Messwerte sind unauffällig.

In einem von der Allianz Fahrweg ausgeführten Projekt wurden die in der Schweiz verfügbaren Messungen der Track Decay Rate an den Monitoringstationen zwischen 2012 – 2023 ausgewertet [24]. In diesem Bericht wird ausgeführt, dass die Messwerte in den verschiedenen Frequenzbereichen trotz gleichem Oberbautyp sehr unterschiedliche Werte annehmen. Die Variabilität der Messwerte ist somit sehr hoch. Ähnlich wie bei der Schienenrauheit stellt sich daher die Frage, ob mit den gemessenen TDR-Werten sinnvolle Auswertungen und die Bildung von Korrelationen möglich sind.

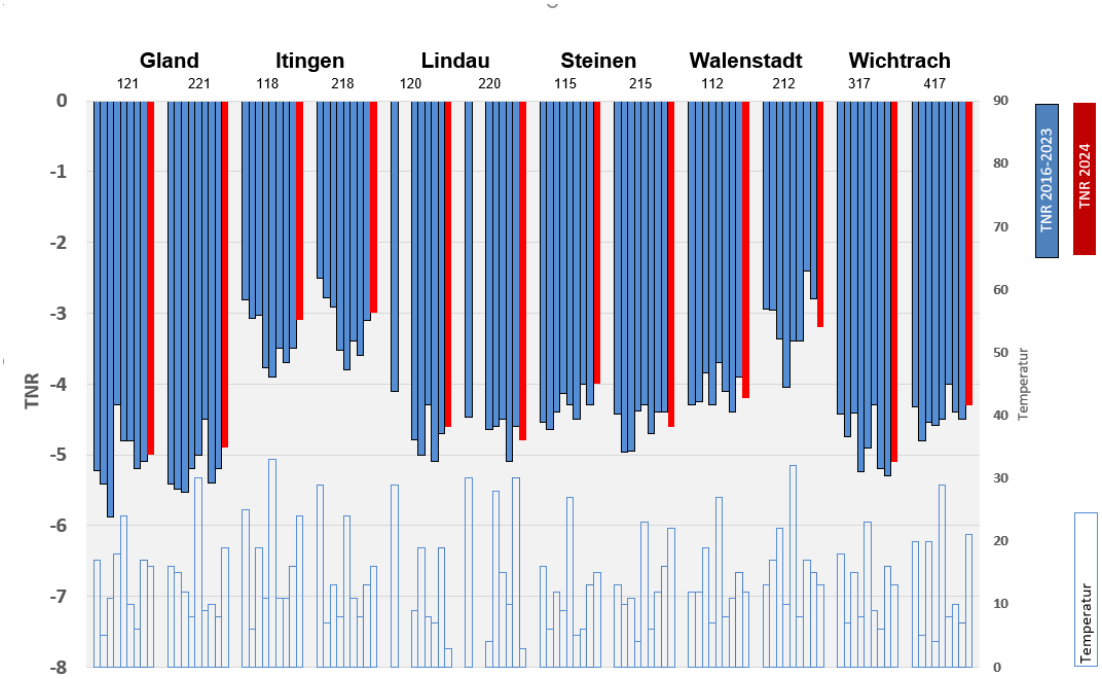


Abb. 5: Schienenabklingrate als Einzahlwert (TNR [13]) und Gleistemperatur

4.2.3 Entwicklung Vorbeifahrtspegel (Transit Exposure Level TEL)

Ein gutes Mass für die Beurteilung der akustischen Eigenschaften des Gesamtsystems Fahrzeug-Fahrbahn ist der Vorbeifahrtspegel, normiert auf eine Geschwindigkeit von 80 km/h (TEL 80, Definition vgl. Anhang 3). Diese Messgrösse erlaubt den Vergleich der Messwerte zwischen den Stationen unabhängig von Geschwindigkeit und Verkehrsmenge. Diese Messgrösse ist gewissermassen der akustische Fingerabdruck des Systems Fahrzeug-Fahrbahn.

Personenzüge

In der Abbildung 6 sind die Medianwerte der Personenzüge pro Gleis für die Jahre 2003-2024 dargestellt. Bei den Personenzügen führt das Verschwinden der Wagen mit Graugussklotzbremsen und neues Rollmaterial in diesem Zeitraum zu einer Abnahme von rund 6 dB(A). Bei den beiden Gleisen in Wichtrach führten die Gleiserneuerungen 2013 und 2014 zu einem markanten Rückgang der Pegel. Dasselbe gilt für den Standort Walenstadt, dort wurden die Gleise im Jahr 2020 erneuert.

In Lindau führte der Einbau einer steifen Schwellenbesohlung nicht zu einer Pegelerhöhung. In Lindau haben sich die höheren Messwerte nach Schleifarbeiten im Jahr 2023 wieder normalisiert.

Ohne weitere Massnahmen dürften die heute erreichten Vorbeifahrtspegel nicht mehr weiter sinken. Akustisch ungünstige Eingriffe in den Oberbau (z. B. Schienenschleifen) führen zumindest temporär zu erhöhten Vorbeifahrtspegeln.

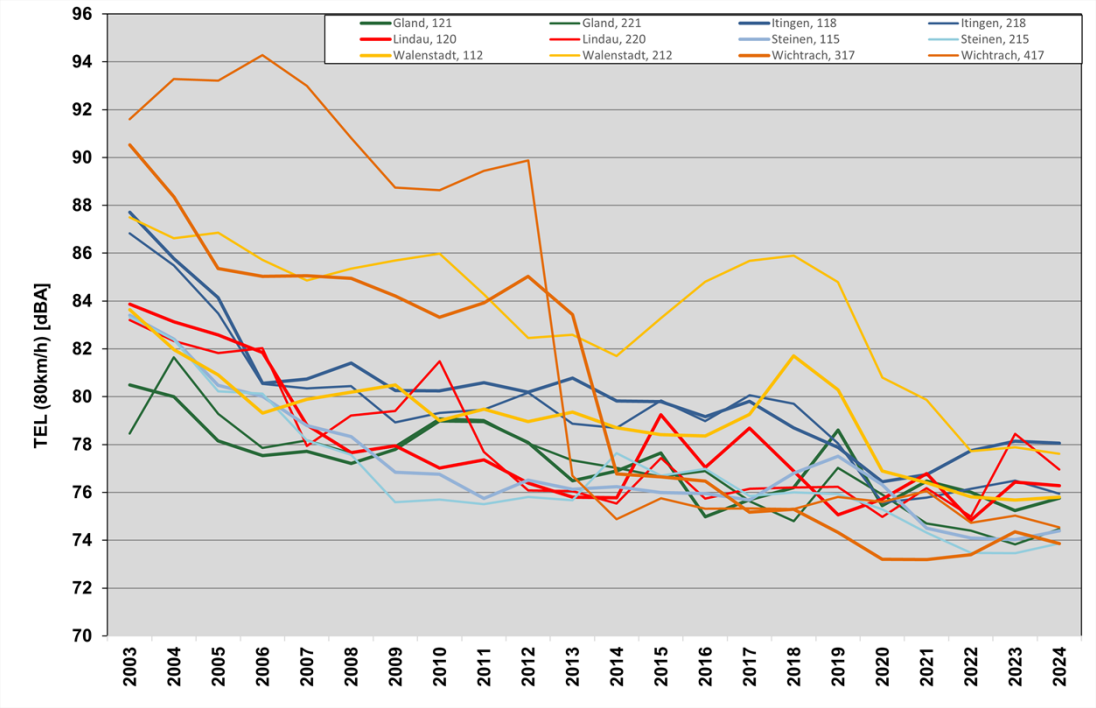


Abb. 6: Vorbeifahrtspegel Personenzüge (TEL, normiert auf V=80 km/h) Medianwert pro Gleis

Güterzüge

Bei den Güterzügen beträgt die Reduktion der gemessenen Vorbeifahrtspegel seit 2003 rund 10 dB (Abb. 7). Absolut gesehen sind aber Güterzüge bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h nach wie vor markant lauter als Personenzüge (6-8 dB).

Das Reduktionspotenzial bezüglich Lärm ist beim Güterverkehr vorläufig ausgeschöpft. Der Anteil von lauten Wagen mit Grauguss-Sohlen (GG-Sohlen) liegt heute deutlich unter einem Prozent [12].

Für eine weitere Reduktion der Vorbeifahrtspegel von Güterwagen müssten die bestehenden Klotzbremsen durch Scheibenbremsen ersetzt werden. Damit könnten die Pegel um weitere ca. 4 dB reduziert werden. Eine Lärmreduktion bis auf das Niveau des Personenverkehrs wäre technologisch machbar, würde aber weitere Massnahmen beim Drehgestell und der Federung bedingen.

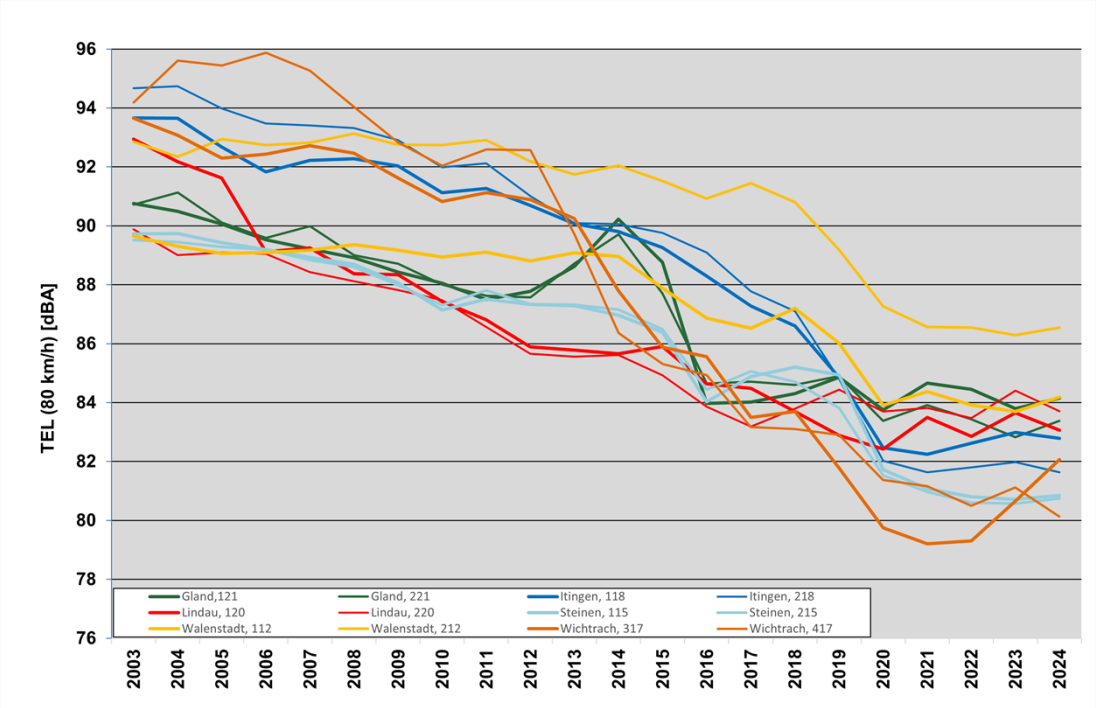


Abb. 7: Vorbeifahrtspegel Güterzüge (TEL, normiert auf V=80 km/h)
Medianwert pro Gleis

4.2.4 Häufigkeitsverteilung Vorbeifahrtspegel

Personenzüge

In Abbildung 8 ist ersichtlich, welcher Anteil der Personenzüge im 2024 je Standort einen bestimmten Vorbeifahrtspegel erreicht. Der Vergleich mit den Summenkurven des Jahres 2003 (Abb. 9) zeigt die zeitliche Veränderung. Die Vorbeifahrtspegel sind in dieser Zeit markant gesunken, gleichzeitig ist die Streuung der Vorbeifahrtspegel zwischen den Messstandorten kleiner geworden, die Kurven sind näher zusammengerückt.

Die tieferen Vorbeifahrtspegel sind hauptsächlich auf neu beschafftes leiseres Rollmaterial zurückzuführen. Die näher zusammengerückten Summenkurven deuten darauf hin, dass die Oberbauten homogener geworden sind. Oberbausanierungen und der regelmässige Unterhalt (Schienenschleifen) haben den akustischen Zustand der Oberbauten verbessert. Die verbleibende Differenz zwischen den Standorten deutet darauf hin, dass bei Vorbeifahrten von Personenzügen das akustische Potential eines optimalen Oberbaus ca. 4-5 dB(A) beträgt.

Der prozentuale Anteil von Zügen unter 80 dB(A) liegt bei den meisten Gleisen bei 90%. Ein hoher Anteil von Zügen liegt damit unterhalb des Grenzwertes der TSI [8] für das Vorbeifahrgeräusch bei der Zulassung elektrischer Triebzüge.

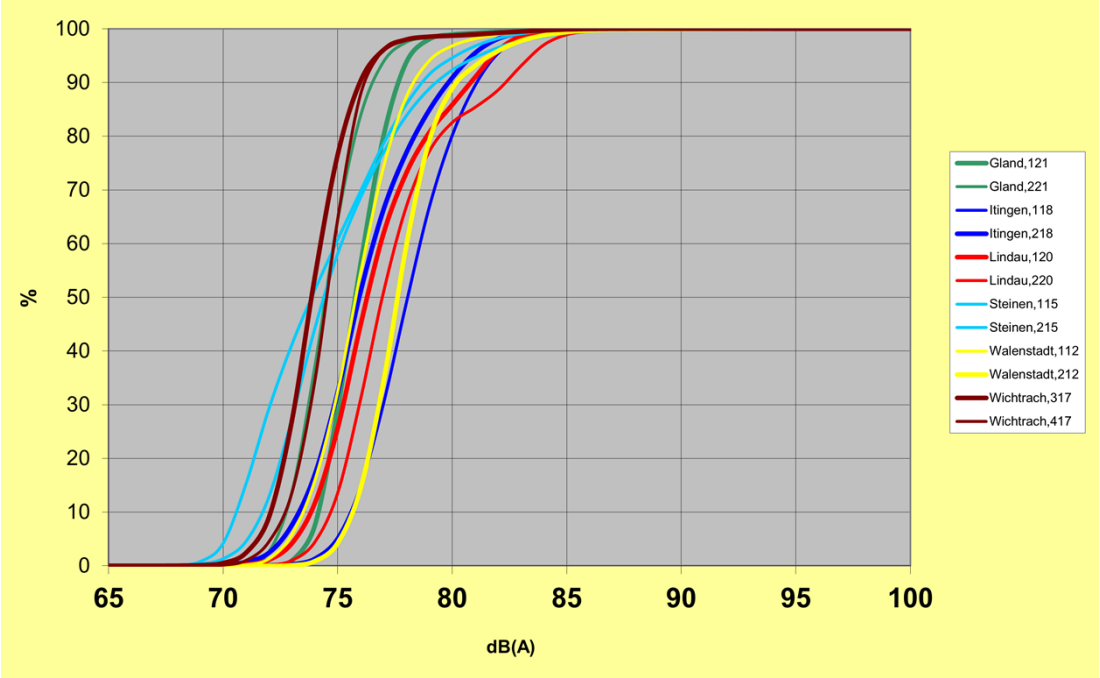


Abb. 8: Summenkurve der TEL 80-Werte für Personenzüge **2024,** beide Gleise

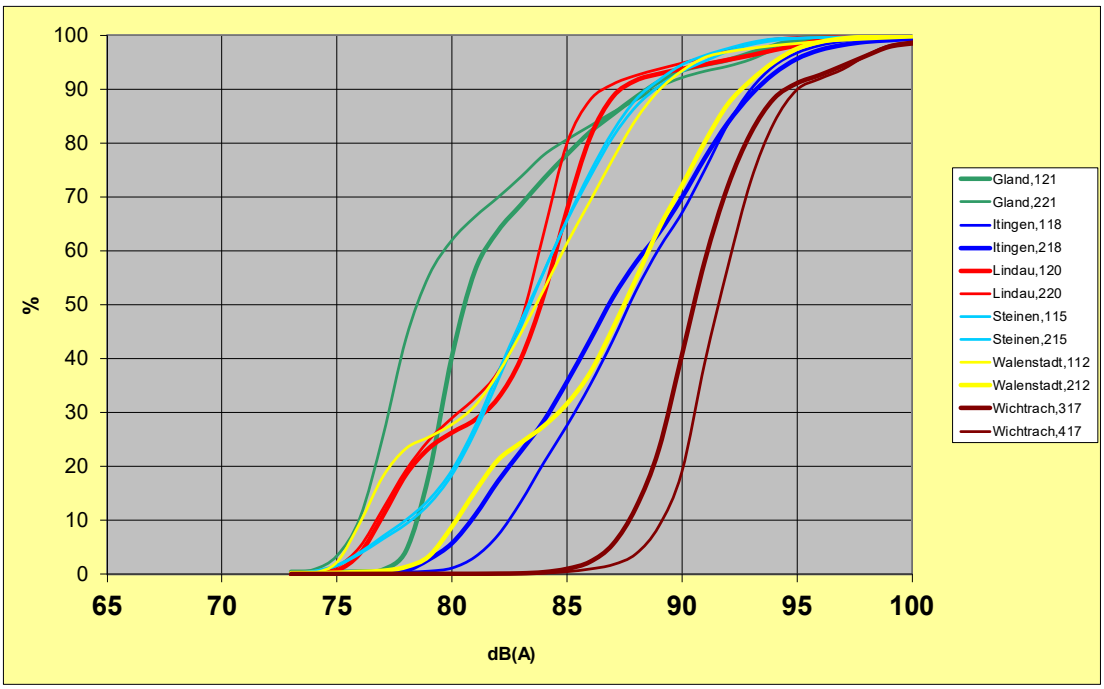


Abb. 9: Summenkurve der TEL 80-Werte für Personenzüge **2003,** beide Gleise

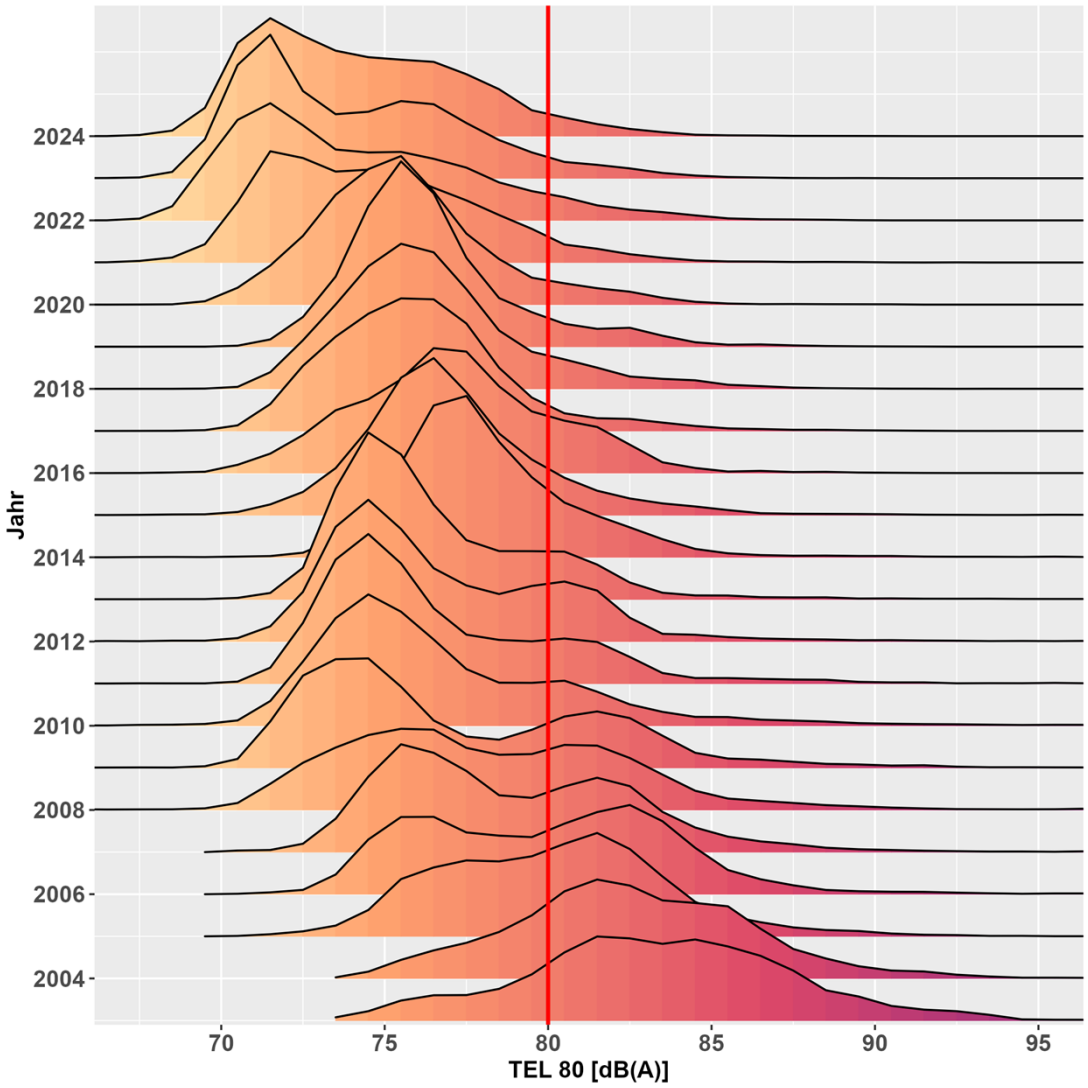


Abb. 10: Steinen (Gleis 215), Häufigkeitsverteilungen TEL 80 der Personenzüge 2003-2024

Die Darstellung zur Messstelle in Steinen (Abb. 10) zeigt exemplarisch die Lärmentwicklung des Rollmaterials der Personenzüge. Der Anteil lauter Züge hat stark abgenommen und es werden zunehmend Züge mit tiefen Emissionen eingesetzt. In Steinen ist dies aufgrund der über den ganzen Zeitraum günstigen Fahrbahneigenschaften besonders gut zu beobachten. Die Messwerte zeigen, dass die Grenzwerte der TSI [8] für neues Rollmaterial bei der Zulassung heute auch im fahrplanmässigen Betrieb zum überwiegenden Teil eingehalten werden. Die verbleibenden hohen Durchfahrtspegel dürften auf schlecht gewartete Züge zurückzuführen sein (z. B. Flachstellen).

Güterzüge

Bei den Güterzügen (Abb. 11 bis 12) ist eine markante Abnahme der Vorbeifahrtspegel erkennbar. Das Verschwinden der lauten Güterwagen mit Grauguss-Sohlen hat zu einer Reduktion von rund 10 dB(A) geführt. Mit Ausnahme eines Gleises in Walenstadt liegt der Medianwert der Vorbeifahrtspegel (TEL 80) unter 85 dB(A). Durch das Verbot lauter Güterwagen seit 1.1.2020 ist die Streuung der Werte gegenüber den Vorjahren deutlich zurückgegangen.

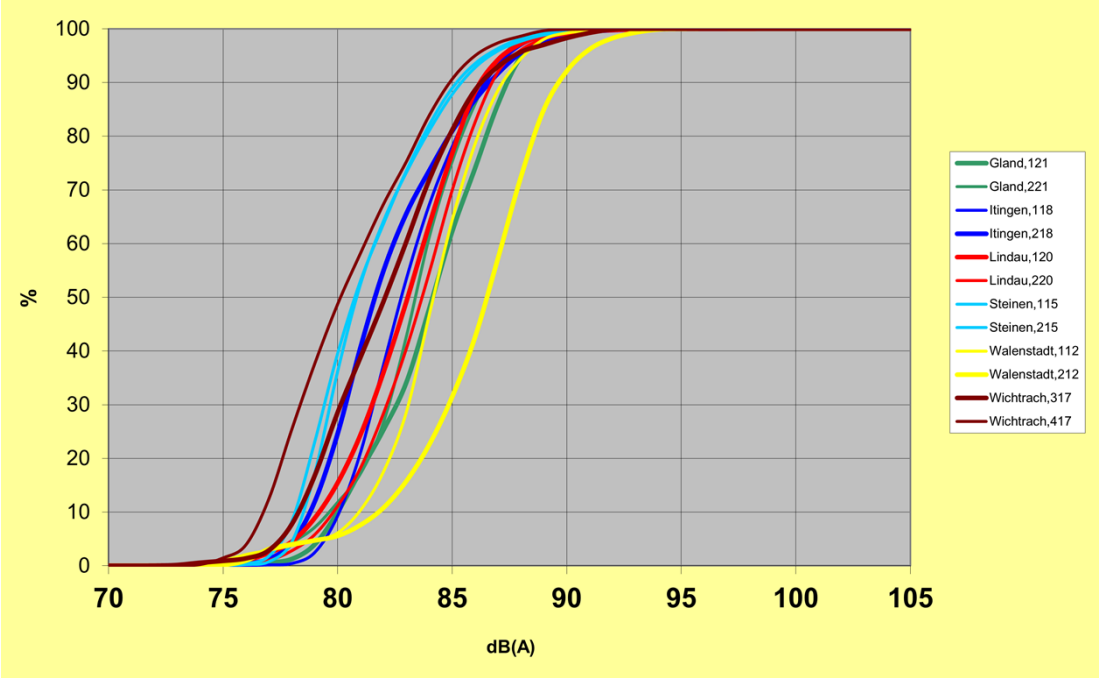


Abb. 11: Summenkurve der TEL 80-Werte für Güterzüge **2024** beide Gleise

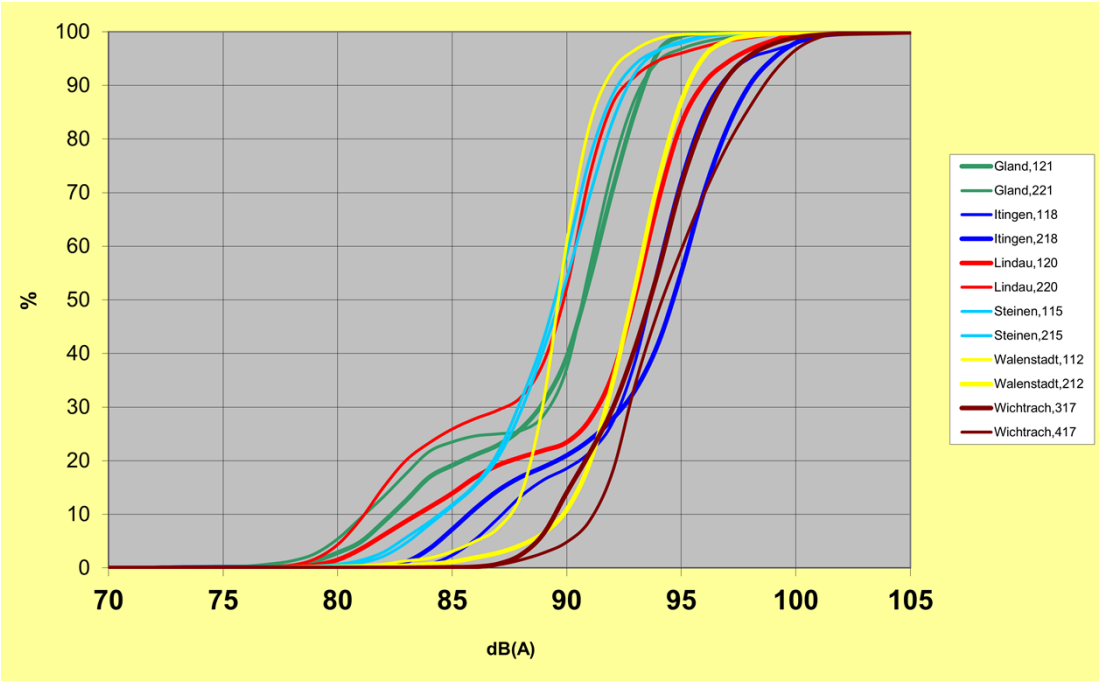


Abb. 12: Summenkurve der TEL 80-Werte für Güterzüge **2003**, beide Gleise

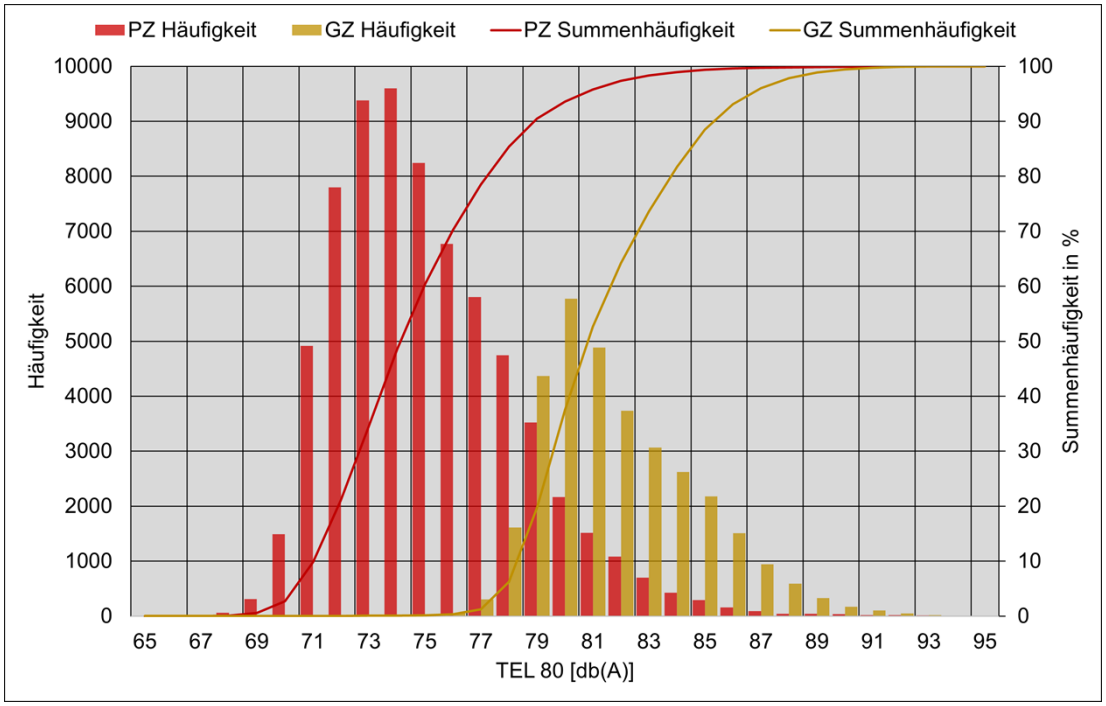


Abb. 13: Station Steinen 2024: Pegelhäufigkeitsverteilung für Güterzüge und Personenzüge

In Abbildung 13 ist sind die Pegelhäufigkeiten der beiden Zugskategorien für 2024 in Steinen aufgeführt. Die 5 %- und 95 % -Perzentile machen die Spreizung der Pegel für beide Kategorien deutlich. Personenzüge bewegen sich zwischen 70.4 und 80.6 dB, Güterzüge zwischen 77.9 und 86.6 dB. Die Dynamik für Personenzüge beträgt ca. 10 dB, für Güterzüge ca. 9 dB. Der Median liegt für Personenzüge bei 74.1 dB und für Güterzüge bei 80.8 dB. Der Median für Güterzüge liegt damit 7 dB über dem Median für Personenzüge.

Während Personenzüge vereinzelt ähnlich hohe Pegel wie Güterzüge erreichen können, liegen die niedrigsten Pegel der Güterzüge, rollmaterialbedingt, deutlich oberhalb der geringsten Pegel von Personenzügen.

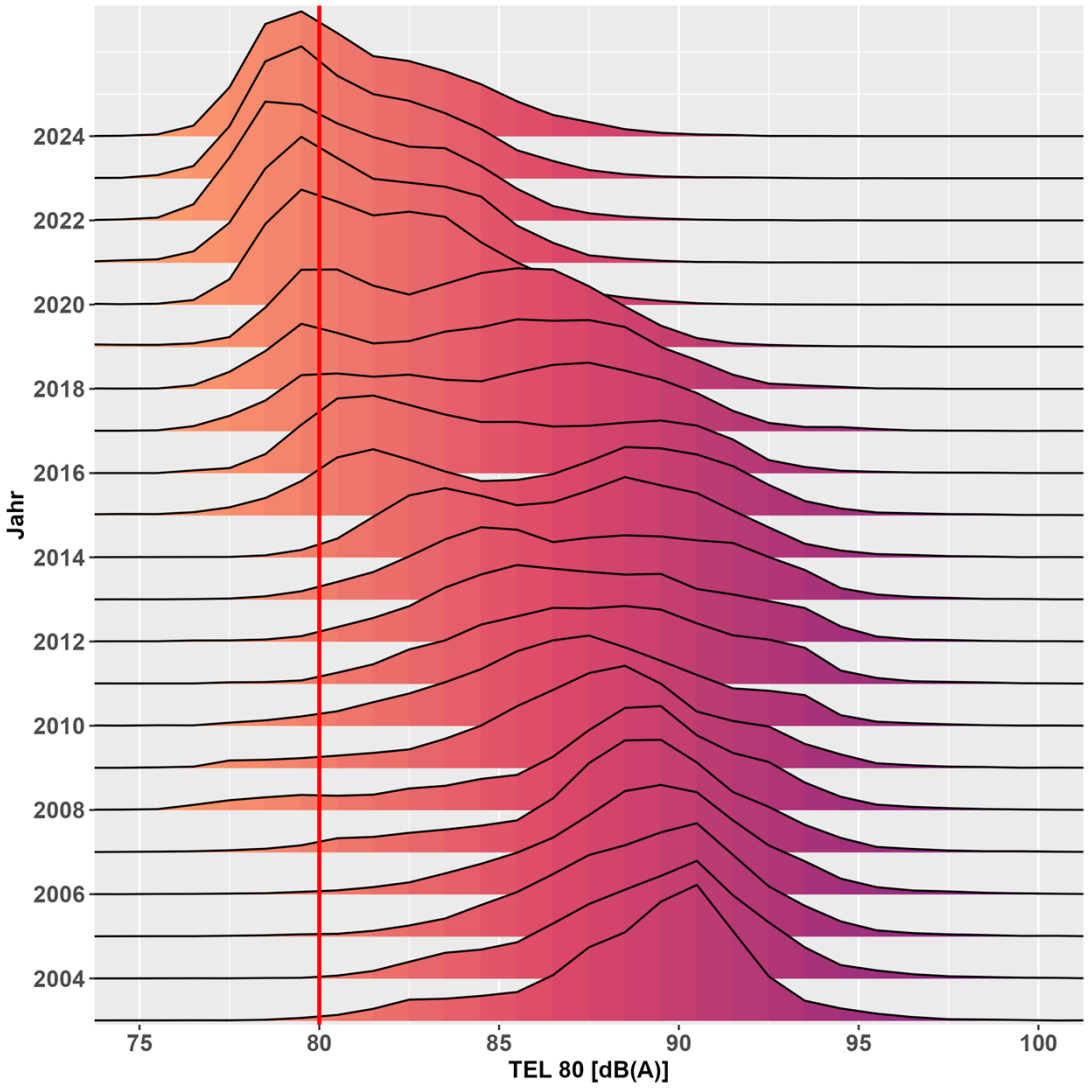


Abb. 14: Steinen (Gleis 215), Häufigkeitsverteilungen TEL 80 der Güterzüge 2003-2024

Die Abbildung 14 zeigt beispielhaft die Entwicklung der Vorbeifahrtspegel von Güterzügen auf der Gotthardachse in Steinen. Im Jahr 2003 dominierten noch laute Güterzüge mit GG-Sohlen. Mit der Sanierung der Güterwagen in der Schweiz bildete sich eine zweigipflige Verteilung aus. Mit dem Verbot der lauten Güterwagen mit GG-Sohlen ab dem Jahr 2020 sind die lauten Güterzüge weitgehend verschwunden.

4.3 Anteil Güterverkehr

Der Güterverkehr ist mit langen Zügen und verhältnismässig lautem Rollmaterial unterwegs. Dies führt dazu, dass die Lärmemissionen insbesondere in der Nachtperiode vom Güterverkehr dominiert werden. Abbildung 15 zeigt den Anteil der Güterzüge am gesamten Emissionspegel Leq,e an allen Messstation, am Tag und in der Nacht.

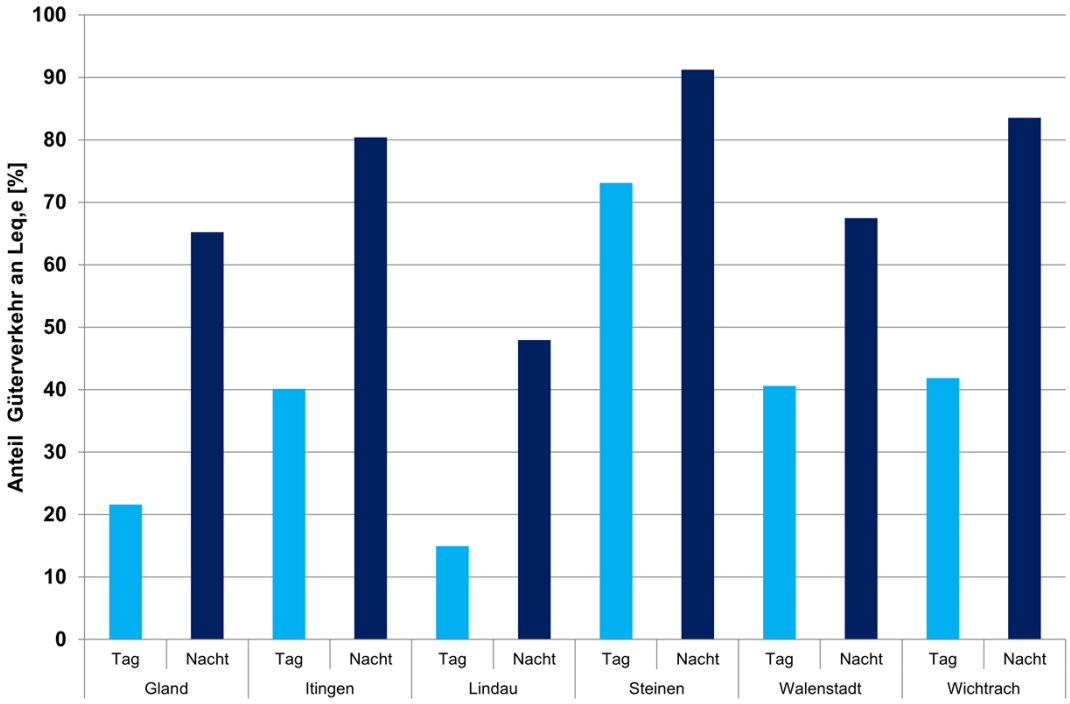


Abb. 15: Anteil des Güterverkehrs an den Gesamtemissionen 2024

Aufgrund der logarithmischen Dezibelskala ist eine wahrnehmbare Reduktion der Gesamtemissionen bei Anteilen von mehr als 75% nur durch eine Reduktion bei den Emissionen des Güterverkehrs möglich. Reduktionen beim Güterverkehr führen in diesen Fällen zu gleich grossen Reduktionen des Gesamtpegels.

4.4 Verkehr

In den Abbildungen 16 und 17 ist die Entwicklung der Zugzahlen seit Messbeginn dargestellt.

Der Gesamtverkehr hat seit 2003 bei allen Monitoringstationen zugenommen, allerdings nicht bei allen Stationen im selben Ausmass. Aufgrund der Corona-Pandemie erfolgte im Jahr 2020 generell ein leichter Rückgang. In Itingen war der Verkehr im 2024 wegen einer nahen Baustelle in den Sommermonaten reduziert.

Seit 2017 und der Eröffnung des Basistunnels ist der Güterverkehr am Gotthard (Station Steinen) tendenziell zunehmend. Am 10. August 2023 entgleiste ein Güterzug im Gotthardtunnel, anschliessend gab es Einschränkungen für den Güterverkehr am Gotthard. Dies dürfte der Hauptgrund für den abnehmenden Güterverkehr am Gotthard in den Jahren 2023/2024 sein. Erst im September 2024 konnte der Tunnel wieder vollständig in Betrieb genommen werden.

Am Lötschberg (Station Wichtrach) und in Itingen sind die Frequenzen des Güterverkehrs seit einigen Jahren eher abnehmend. Die generelle Tendenz beim Güterverkehr ist im Berichtsjahr leicht abnehmend. Es wird sich weisen, ob sich dieser Trend in den Folgejahren verfestigt.

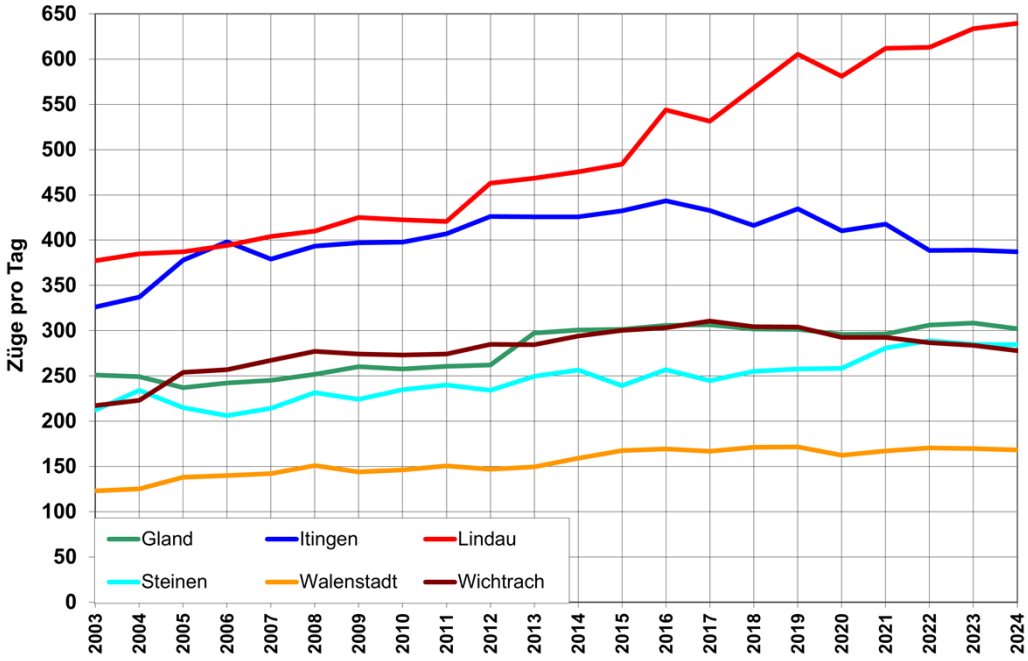


Abb. 16: Entwicklung Gesamtverkehr, mittlere Anzahl Züge pro Tag 2003-2024

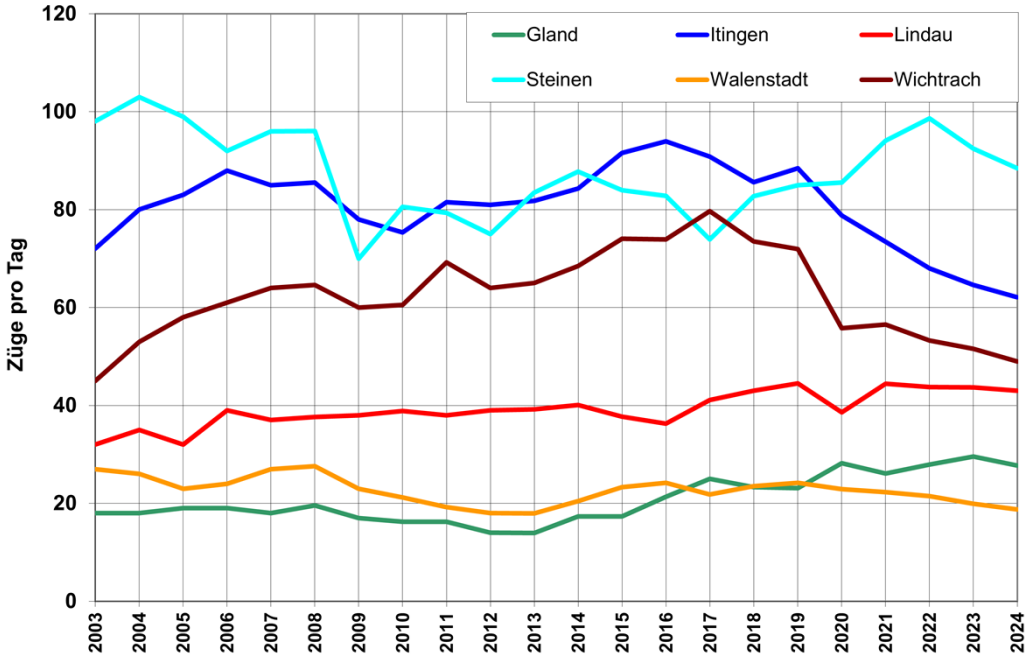


Abb. 17: Entwicklung Güterverkehr, mittlere Anzahl Züge pro Tag 2003-2024

Abkürzungsverzeichnis

A	
B	
BAV	Bundesamt für Verkehr
BGLE	Bundesgesetz über die Lärmsanierung der Eisenbahnen vom 24.3.2000 [1]
C	
D	
dB(A)	A-bewerteter Schallpegel
DPZ	Doppelstock-Pendelzug mit Re450; S-Bahn Zürich)
E	
F	
G	
H	
I	
J	
K	
L	
Leq,e	Energieäquivalenter Dauerschallpegel der Lärmemission im fiktiven Abstand von 1m zur Schienenachse
$L_{pAeq,Tp}$	A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschalldruckpegel während einer Zugsvorbeifahrt dB(A), vgl. Anhang 3
Lr,e	Emissionsbeurteilungspegel der Lärmemission gemäss Lärmschutzverordnung (LSV), entsprechet der Summe von Leq,e und Pegelkorrektur K1
LSV	Lärmschutzverordnung vom 15. Dezember 1986 [3]
$L_{\lambda CA}$	Einzahlwert der Schienenrauheit (vgl. [6])

M	
N	
O	
P	
Q	
R	
S	
SEL	Sound Exposure Level (Schallexpositionspegel)
SEMI-BEL	Schweizerisches Emissions- und Immissionsmodell für die Berechnung von Eisenbahnlärm [4]
sonRAIL	Neues Referenzmodell Eisenbahnlärm in der Schweiz [11]
T	
TDR	Track Decay Rate, Schienenabklingrate
TEL	Transit Exposure Level, A-bewerteter Schallpegel einer ganzen Zugsdurchfahrt normalisiert auf die Vorbeifahrtsdauer (vgl. Anhang 3)
TEL 80	TEL normiert auf eine Geschwindigkeit von 80 km/h
TNR	Track Noise Ratio [13]
TSI	Technische Spezifikation für die Interoperabilität [9]
U	
V	
VLE	Verordnung über die Lärmsanierung der Eisenbahnen vom 4. Dezember 2015 [2]
W	
X	
Y	
Z	
ZKE	Zugskontrolleinrichtung

Verzeichnis der Anhänge

ANHANG 1	**Messkonzept**
ANHANG 2	**Messnetz**
ANHANG 3	**Spezielle Messgrössen**
ANHANG 4	**Kennzahlen 2024**
ANHANG 5	**Monatsmittelwerte Lr,e 2003-2024**
ANHANG 6	**Schienenrauheit und Track-Decay-Rate 2024**
ANHANG 7	**Literatur**

ANHANG 1: MESSKONZEPT

Messauftrag

Das Bundesamt für Verkehr hat die Durchführung und Auswertung der Messungen zum zweiten Mal öffentlich ausgeschrieben und einer von den Bahnen unabhängigen Firma vergeben. Seit 2016 werden die Messungen von Müller-BBM Schweiz AG, respektive Müller-BBM Industry Solutions GmbH durchgeführt.

Referenzwerte

Festgelegte Emissionen

Der vorliegende Bericht enthält die Messdaten und setzt sie in Bezug zu den festgelegten Emissionen. Die Festlegung der Emissionen erfolgte im Rahmen der Lärmsanierung der Eisenbahnen durch den Emissionsplan 2015. Im Rahmen von Plangenehmigungsverfahren erfolgten streckenweise davon abweichende Festlegungen. Im Bereich der Messstationen des Monitorings ist dies nicht der Fall. Die Werte entsprechen weiterhin dem Emissionsplan 2015.

Emissionskataster

Der Vergleich mit dem Emissionskataster eines Bezugsjahres erlaubt eine Beurteilung der Entwicklung und gibt Hinweise auf Bereiche, wo die zulässigen Immissionen (gemäss Art. 37a LSV) überschritten werden.

Weitere Messungen

Das Monitoring Eisenbahnlärm zur messtechnischen Überwachung der Lärmentwicklung der Eisenbahnen wird durch weitere Messungen ergänzt:

- *Stichprobenmessungen*
  Für die Klärung von spezifischen Fragestellungen sind als Ergänzung zu den fixen Messstationen des Monitorings kurzzeitige Stichprobenmessungen auch an anderen Standorten vorgesehen.

- *Kontrollmessungen Rollmaterial*
  Die Wirkung der Sanierung des Rollmaterials wird durch Kontrollmessungen überprüft.

- *Messungen an mobilen Stationen*
  Durch Messungen während einigen Wochen werden die tatsächlichen Lärmemissionen an weiteren Standorten erfasst werden. In den Jahren 2009-2013 und 2018 wurden Messungen an neun Standorten durchgeführt.

ANHANG 2: MESSNETZ

Messstandorte

Die Messdaten des Monitorings Eisenbahnlärm erfassen die Gesamtemissionen, die durch das Gesamtsystem Rollmaterial – Fahrbahnoberbau an typischen Standorten verursacht werden. Die Standorte wurden so gewählt, dass die Lärmemissionen an verschiedenen Strecken mit unterschiedlicher Verkehrszusammensetzung erfasst werden. Die Wahl der Messstandorte soll eine Übertragung der wesentlichen Ergebnisse auf das gesamte Streckennetz erlauben. Die Messungen laufen an den permanenten Stationen seit 2003.

Ort	Code	DfA-Nr.	Bahn-km	Gleis-Nr.		Hauptfahrrichtung	Schienentyp	Zwischenlagen	Schwellen
				Monitoring	MBBM / Accon				
Wichtrach	I01	290	127.4	317	2/317	Bern-Thun	UIC 60	EVA hart, 7mm	Beton (bis 4.14) B-91 (ab 4.14)
				417	1/417	Thun-Bern	UIC 60	EVA hart, 6mm	Beton (bis 4.13) B-91 (ab 4.13)
Gland	I02	150	32.6	121	2/421	Genf-Lausanne	UIC 60	EVA hart, 6mm	B-91
				221	1/321	Lausanne-Genf	UIC 60	EVA hart, 6mm	B-91
Itingen	I03	500	19.8	218	2/220	Olten-Basel	UIC 60	EVA hart, 6mm	B-70
				118	1/120	Basel-Olten	UIC 60	EVA hart, 6mm	B-70
Steinen	I04	600	14.7	115	1/215	Flüelen-Arth-Goldau	UIC 60	EVA hart, 6mm	B-91
				215	2/115	Arth-Goldau-Flüelen	UIC 60	EVA hart, 6mm	B-91
Walenstadt	I05	890	10.6	112	2/112	Sargans-Zürich	UIC 54	EVA hart, 6mm	Zweiblock SL (bis 11.06)
							UIC 60		B-91 (ab 11.06)
				212	1/212	Zürich-Sargans	UIC 60	EVA hart, 6mm	B-70
Lindau	I06	751	19.6	120	2/220	Winterthur-Zürich	UIC 60	EVA hart, 7mm	B-70 (bis 8.17) B-91, steif besohlt (ab 2018)
				220	1/120	Zürich-Winterthur	UIC 60	EVA hart, 7mm	B-91, steif besohlt (ab 2018)

Tabelle A2.1: Messstandorte festes Messnetz

Ort	Code	DfA-Nr.	Bahn-km	Gleis-Nr. (Monitoring)	Hauptfahrrichtung	Schienentyp	Schwellentyp	Messperiode
Mettendorf	I07	840	47.5	150 250	Frauenfeld-Romanshorn Romanshorn-Frauenfeld	UIC 54E UIC 54E	Stahl Stahl	9.11.-29.11.2009
Wikon	I08	500	49.5	149 249	Luzern-Olten Olten Luzern	UIC54E UIC54E	Stahl Stahl	24.4.-27.5.2010
Windisch	I09	710	29	128 228	Brugg-Baden Baden-Brugg	UIC60 UIC60	Beton B70 Beton B91	12.8.-8.9.2010
Bavois	I10	210	23.2	513 613	Lausanne-Olten Olten-Lausanne	UIC60 UIC60	Beton B70 Beton B70	17.9.-7.10.2010
Versvey	I11	100	35.2	123 223	Lausanne-Sion Sion-Lausanne	UIC54 UIC54	Holz Holz	8.10.-9.11.2010
Melano	I12	600	193.1	100 200	Chiasso-Lugano Lugano-Chiasso	UIC54 UIC54	Holz Holz	10.9.-23.9.2011
Schönenwerd	I13	540	47.7	300 400	Aarau-Olten Olten-Aarau	UIC60 UIC60	Holz Holz	17.8.-2.9.2011
Villnachern	I14	700	34.6	134 234	Brugg-Pratteln Pratteln-Brugg	UIC60 UIC60	Beton Beton	27.6.-8.8.2011
Selzach	I15	410	80.01		Biel-Solothurn Solothurn-Biel	UIC60 UIC60	Beton Beton	5.11.-17.12.2013 1.4.-30.4.2018

Tabelle A2.2: Messstandorte Stichprobenmessungen

Ausrüstung der Messstandorte

Alle sechs Messstandorte sind identisch ausgerüstet. Die Messdistanzen (vgl. Abb. A2.1 u. 2) entsprechen den Anforderungen der massgebenden ISO 3095 [5].

Für jede Zugsvorbeifahrt wird ein Datensatz mit den gemessenen und berechneten Grössen abgelegt. In einer separaten Datei werden das Achsmuster und der Pegel-Zeit-Verlauf gespeichert.

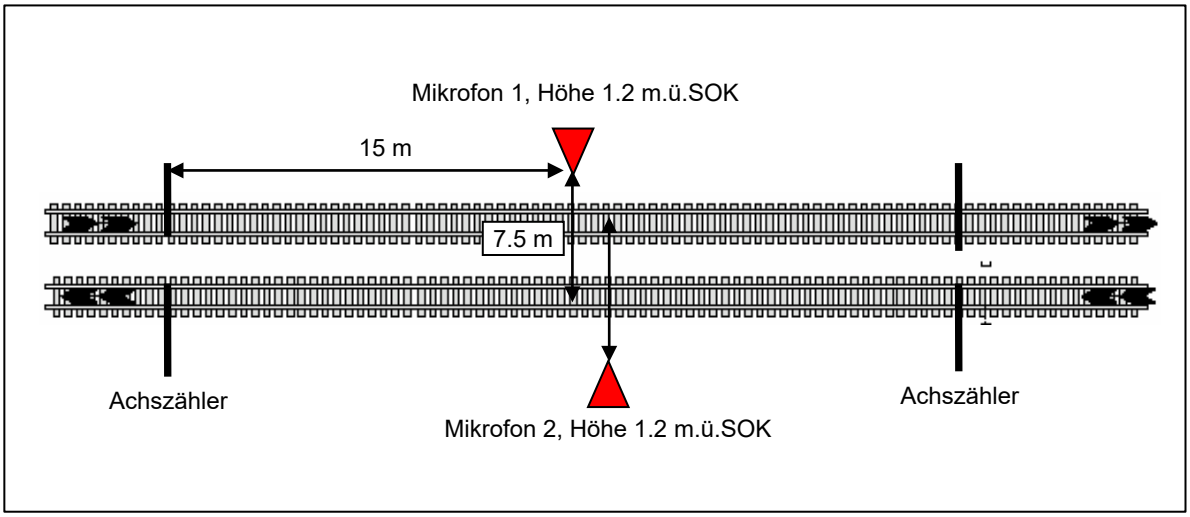


Abb. A2.1: Situation Messstandort

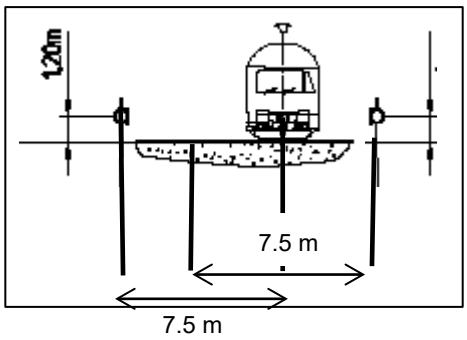
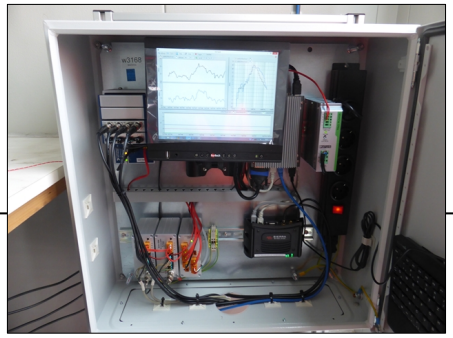


Abb. A2.2: Querschnitt Messstandort

Mikrofon

Achszähler

Messcontainer



Messausrüstung

Abb. A2.3: Messstation

ANHANG 3: MESSGRÖSSEN

Allgemeines

Nachfolgend sind die Grössen beschrieben, die physikalisch gemessen werden und jene, die anhand der gemessenen Grössen berechnet werden. Ausgangspunkt der Beschreibungen ist der in Abbildung A3.1 dargestellte schematische Schalldruckpegel-Zeitverlauf einer Zugsvorbeifahrt.

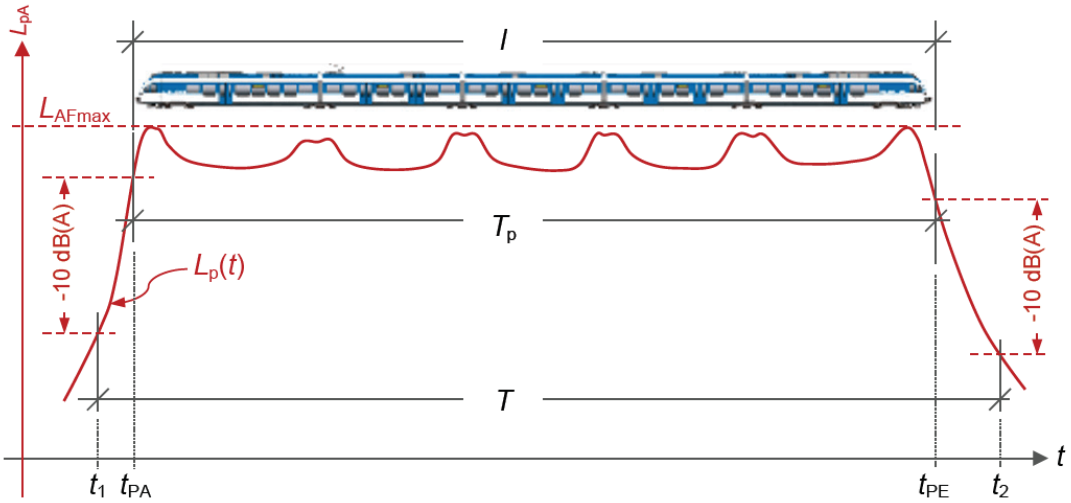


Abb. A3.1: Schematische Darstellung des Zeitverlaufs des Schalldruckpegels $L_{pA}(t)$ einer Zugsvorbeifahrt mit Einzeichnung wichtiger Grössen.

Gemessene Grössen

$L_p(t)$ Schalldruckpegel L_p in Abhängigkeit der Zeit t in dB (Schalldruckpegel-Zeitverlauf)

$L_{pA}(t)$ A-bewerteter Schalldruckpegel L_{pA} in Abhängigkeit der Zeit t in dB(A)

$L_{Aeq,Tp}$ A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschalldruckpegel einer Zugsvorbeifahrt in dB(A)

$$L_{Aeq,Tp} = 10\lg\left(\frac{1}{T_p}\int_{t_{PA}}^{t_{PE}} 10^{\frac{L_{pA}(t)}{10dB}}\,dt\right) dB(A) \quad (1)$$

L_{AFmax} maximaler A-bewerteter, mit Zeitkonstante FAST gemessener Schalldruckpegel der Zugsvorbeifahrt in dB(A)

l Länge des Zuges über Puffer in m
entspricht der Länge zwischen der ersten und letzten registrierten Achse + 4 m

T_p Vorbeifahrtszeit (Durchfahrtszeit, Messdauer gemäss DIN EN ISO 3095:2014) des gesamten Zuges über Puffer in s

T Auswertezeit (Aufzeichnungsdauer gem. DIN EN ISO 3095:2014) in s

t_1 Einfahrtszeit in s (Messbeginn)

t_2 Ausfahrtszeit in s (Messende)

t_{PA} Zeit der Pufferpassage des Messquerschnitts am Zuganfang in s

t_{PE} Zeit der Pufferpassage des Messquerschnitts am Zugende in s

V_Z effektive Geschwindigkeit des Zuges während der Messung in m/s

Berechnete Grössen

Nachfolgend sind die berechneten Grössen und deren Berechnung anhand der gemessenen oder anderer berechneter Grössen beschrieben. Die Grössen werden auch in den Berichten so verwendet.

SEL Schallereignispegel in dB(A)
der auf 1 Sekunde bezogene energieäquivalente Dauerschalldruckpegel einer Zugsvorbeifahrt über die Messzeit *T*

$$SEL = 10\lg\left(\frac{1}{T}\int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L_{pA}(t)}{10dB}} dt\right) dB(A) + 10\lg\left(\frac{T}{1s}\right) dB(A) \quad (2)$$

TEL80 geschwindigkeitsnormierter Transit Exposure Level in dB(A)
der auf die Geschwindigkeit von 80 km/h normierte Transit Exposure Level einer Zugsvorbeifahrt
die Berechnung des *TEL80* wird auf Zugsvorbeifahrten beschränkt,

TEL Transit Exposure Level in dB(A)
der auf die Vorbeifahrtszeit T_p bezogene Schallereignispegel *SEL* einer Zugsvorbeifahrt

$$TEL = SEL - 10\lg\left(\frac{T_p}{1s}\right) dB(A) \quad (3)$$

die mit mehr als 60 km/h (V_Z > 16.67 m/s) und ohne Beschleunigung (positiv oder negativ) stattgefunden haben

$$TEL80 = TEL - 30\lg\left(\frac{V_Z}{\frac{80}{3.6} m/s}\right) dB(A) \quad (4)$$

TEL_m energieäquivalenter Mittelwert des Transit Exposure Level in dB(A)
pro Beurteilungszeitintervall,
pro Gleis
pro Zugkategorie,
pro Messstelle

$$TEL_m = 10\lg\left(\sum_N 10^{\frac{SEL}{10dB}}\right) - 10\lg\left(\frac{\sum T_p}{\frac{N}{1s}}\right) \quad (5)$$

$TEL80_{gew}$ längengewichteter und geschwindigkeitsnormierter Transit Exposure Level in dB(A)
pro Beurteilungszeitintervall,
pro Gleis
pro Zugkategorie,
pro Messstelle

$$TEL80_{gew} = 10\lg\left(\frac{\left(\sum_N\left(10^{\frac{TEL80_{gew}}{10dB}}\cdot l\right)\right)}{\left(\sum_N l\right)}\right) dB(A) \quad (6)$$

$L_{eq,e}$ äquivalenter Emissions-Dauerschallpegel in dB(A)
A-bewerteter energieäquivalenter Summenschalldruckpegel aller Zugsvorbeifahrten im Beurteilungszeitintervall (Tag oder Nacht), bezogen auf 1 m Abstand von der Gleisachse,
pro Beurteilungszeitintervall,
pro Gleis
pro Zugkategorie,
pro Messstelle

$$L_{eq,e} = 8.75dB(A) + 10\lg\left(\sum_N 10^{\frac{SEL}{10dB}}\right) dB(A) - A1$$

mit
A1 = 10 lg(16 h·3‘600 s/h·1/s) dB(A) für den Tag, 06:00:00 ≤ t_1 < 22:00:00
A1 = 10 lg(16 h·3‘600 s/h·1/s) dB(A) für die Nacht, t_1 < 06:00:00 || t_1 ≥ 22:00:00
N Anzahl der Züge

Die Monats- und Jahresmittelwerte berechnen sich aus den energetischen Mittelwerten der entsprechenden Tageswerte:

$$L_{eq,e,Monat/Jahr} = 10\lg\left(\frac{1}{n}\cdot\sum_N 10^{\frac{L_{eq,e}}{10}}\right) dB(A) \quad (7)$$

mit
n Anzahl der Tage im Monat bzw. im Jahr

N Anzahl der Züge
pro Beurteilungszeitintervall (Tag oder Nacht),
pro Gleis
pro Zugkategorie,
pro Messstelle
pro Bezugszeitintervall (Stunde, Tag, Monat, Jahr)

Z_m mittlere Anzahl der Achsen pro Zug
pro Beurteilungszeitintervall (Tag oder Nacht),
pro Gleis
pro Zugkategorie,
pro Messstelle
pro Bezugszeitintervall (Stunde, Tag, Monat, Jahr)

$$Z_m = \frac{n_{Axles}}{N} \quad (8)$$

mit
n_{Axles} Summe der Achsen aller Züge

V_{eff} mittlere effektive Geschwindigkeit pro Zug in m/s
pro Beurteilungszeitintervall (Tag oder Nacht),
pro Gleis

pro Zugkategorie,
pro Messstelle
pro Bezugszeitintervall (Stunde, Tag, Monat, Jahr)

$$V_{eff} = \frac{\left(\sum_N V_Z\right)}{N} \tag{9}$$

l_m mittlere Zuglänge über Puffer eines Zuges in m
pro Beurteilungszeitintervall (Tag oder Nacht),
pro Gleis
pro Zugkategorie,
pro Messstelle
pro Bezugszeitintervall (Stunde, Tag, Monat, Jahr)

$$l_m = \frac{\left(\sum_N l\right)}{N} \tag{10}$$

V_{gew} mittlere mit den Zuglängen gewichtete Geschwindigkeit eines Zuges in m/s
pro Beurteilungszeitintervall (Tag oder Nacht),
pro Gleis
pro Zugkategorie,
pro Messstelle
pro Bezugszeitintervall (Stunde, Tag, Monat, Jahr)

$$V_{gew} = \frac{\left(\sum_N (V_Z \cdot l)\right)}{\left(\sum_N l\right)} \tag{11}$$

K1 Pegelkorrektur nach Lärmschutzverordnung (LSV) in Abhängigkeit der Verkehrsmenge

$$K1 = \begin{cases} -15\,dB(A) & für \quad N < 7.9 \\ 10\lg\left(\frac{N}{250}\right) dB(A) & für \quad 7.9 \le N \le 79 \\ -5\,dB(A) & für \quad N > 79 \end{cases} \tag{12}$$

mit
N mittlere Anzahl aller Züge pro Tag oder pro Nacht im betrachteten Zeitintervall (Monat, Jahr)

$L_{r,e}$ Emissions-Beurteilungspegel in dB(A) für den Tag oder die Nacht

$$L_{T,e} = L_{eq,e} + K1 \quad (13)$$

Vergleich mit Messungen in Deutschland

Bei vergleichbaren Messungen in Deutschland wird der Mittelungspegel LAeq in einer Distanz von 25 m ausgewiesen:

$L_{Aeq,\ 25m} = Leq_{Messung\ 7.5m} - 5.4$

Der in der Schweiz gebräuchliche Wert Leq,e [4] könnte auch als $L_{Aeq,1m}$ bezeichnet werden. Die Werte lassen sich somit direkt vergleichen:

$Leq,e = L_{Aeq,1m} = L_{Aeq,\ 25m} + 14.15$

Einzahlwert für Rauheit $L_{\lambda CA}$

$L_{\lambda CA}$ ist ein Einzahlwert für die Rauheit von Schiene oder Rad. Die Grösse berücksichtigt die Bedeutung der verschiedenen Wellenlänge für die Geräuschentstehung. Die Werte sind proportional zur Lärmentwicklung. Die Grösse wird wie folgt berechnet [6]:

$$L_{\lambda CA} = 10 \log \sum_{\lambda=20\,cm}^{0,4\,cm} 10^{\frac{1}{10}\{R(\lambda)+\Lambda(\lambda)+C(\lambda)+A(f(\lambda,v))\}} \quad \text{in [dB]}$$

wobei

R(λ) gemessenes Rauheitsspektrum als Funktion der Wellenlänge λ in [cm]

Λ(λ) =-a*LOG(λ/λ_0) Lambda-Filter in [dB], mit λ_0 = 5 cm, a=25 cm

C(λ) Kontaktfilter:

C(λ) = 0	für	$\lambda \geq 10^{(8.5/10)}$
C(λ) = 10*LOG(λ) – 8.5	für	$10^{(3.5/10)} < \lambda < 10^{(8.5/10)}$
C(λ) = 20*LOG(λ) – 12	für	$\lambda \leq 10^{(3.5/10)}$

A(f) A-Filterbewertung, Frequenz f berechnet aus:

$f(\lambda,V) = \frac{v/3.6}{\lambda/100}$

V= Zugsgeschwindigkeit [km/h]

Die untenstehende Tabelle zeigt Vergleichswerte aus holländischen Messungen für den Wert $L_{\lambda}CA$ (V=120 km/h).

Beschreibung	$L_{\lambda CA}$
Glatte Schiene	0 – 4 dB
Geschliffene Schiene	5 – 7 dB
Durchschnittliche Rauheit (NL)	7 – 9 dB
Grenzkurve TSI (80 km/h-200 km/h)	7.8 - 8.9
Glattes Rad (Scheibenbremse, K-Sohle)	10 – 11 dB
Schienenrauheit Berechnungsmodell NL	12 dB
Verriffeltes Gleis	14 – 17 dB
Rauhe Räder (Gussklotzbremsen)	18 – 20 dB
Stark verriffeltes Gleis	25 – 28 dB

ANHANG 4: KENNZAHLEN 2024

Station		Lr,e [dBA] alle Züge		K1		Leq,e [dBA] alle Züge	
		T	N	T	N	T	N
I02	Gland	70.5	65.4	-5	-7.4	75.5	72.8
I03	Itingen	71.8	70.2	-5	-5.5	76.8	75.7
I06	Lindau	73.2	69.6	-5	-5.0	78.2	74.6
I04	Steinen	68.9	68.2	-5	-5.9	73.9	74.0
I05	Walenstadt	70.7	60.4	-5	-10.5	75.7	70.9
I01	Wichtrach	70.8	67.9	-5	-7.1	75.8	75.0

Tabelle A4.1: Jahresmittelwerte 2024, Akustik
T=Tag 6-22 Uhr, N= Nacht 22-6 Uhr

		Anzahl Züge pro Tag						Anzahl Achsen pro Zug						gemittelte Gesamtlänge [m]					
		Alle		PZ		GZ		Alle		PZ		GZ		Alle		PZ		GZ	
		T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N
I02	Gland	257	45	236	31	16	11	38	29	38	27	45	42	232	174	238	164	215	243
I03	Itingen	316	71	272	44	37	25	40	52	32	24	103	103	234	252	212	160	440	428
I06	Lindau	537	103	507	82	25	18	32	28	32	25	44	43	198	164	197	151	244	240
I04	Steinen	220	65	161	28	54	35	41	57	24	18	93	92	241	308	175	126	461	472
I05	Walenstadt	146	22	128	17	14	4	33	26	31	22	60	48	204	161	196	147	322	252
I01	Wichtrach	229	49	197	26	28	21	40	57	33	26	99	102	239	272	210	161	467	438

Tabelle A4.2: Jahresmittelwerte 2024, Verkehr
Alle Züge = Personenzüge (PZ) + Güterzüge (GZ) + Dienstzüge +nichtbestimmbare Züge

ANHANG 5: MONATSMITTELWERTE Lr,e 2003-2024

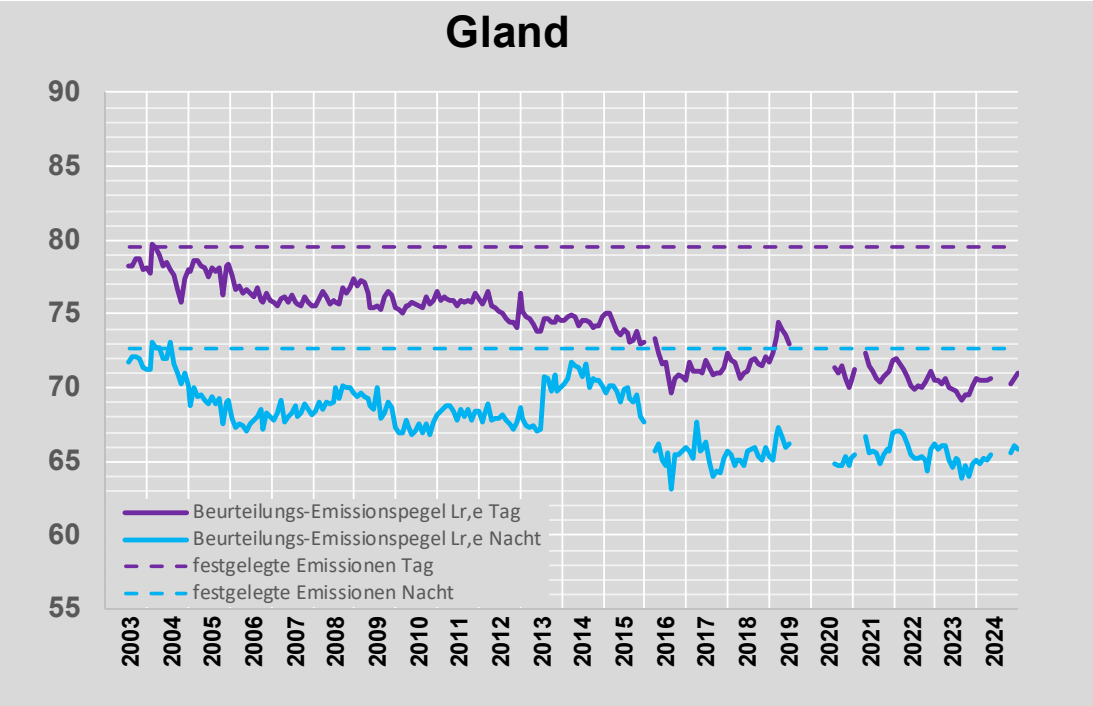


Abb. A5.1: Messstation Gland, Messwerte Lr,e (Monatsmittel)

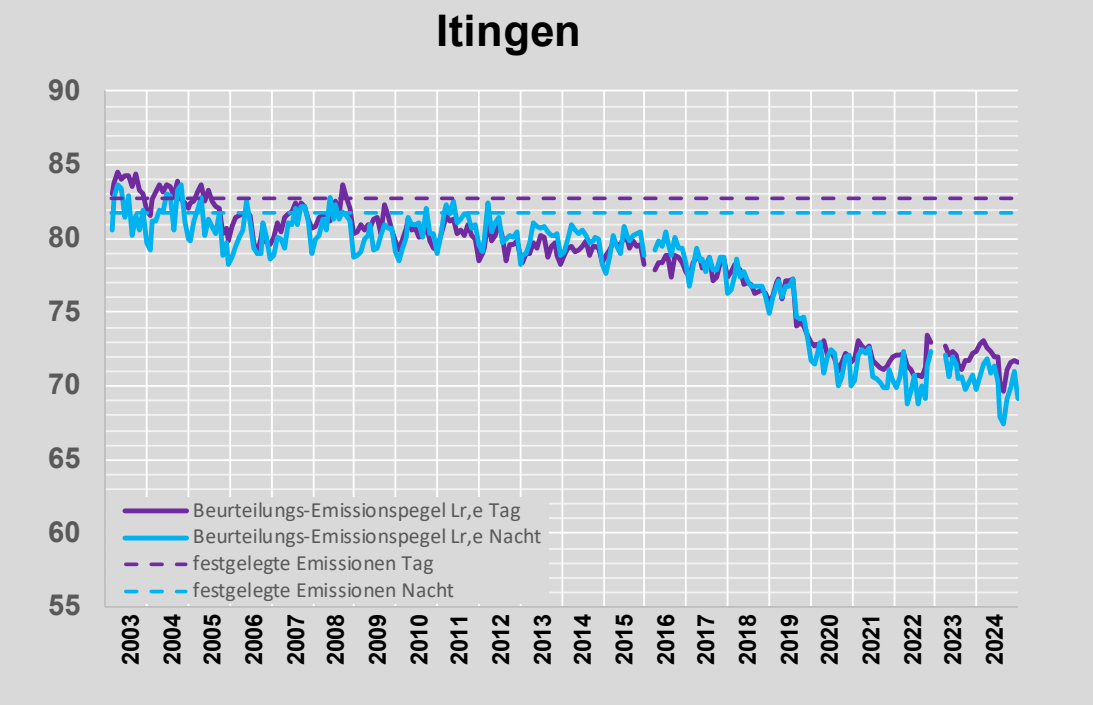


Abb. A5.2: Messstation Itingen, Messwerte Lr,e (Monatsmittel)

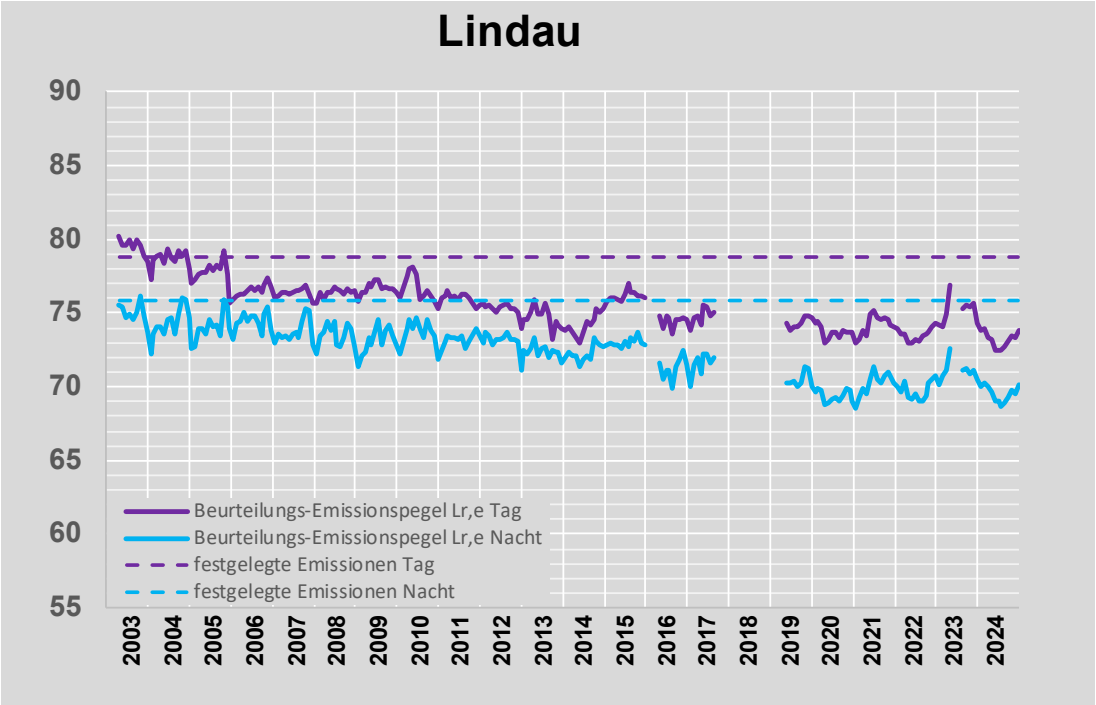


Abb.A5.3: Messstation Lindau, Messwerte Lr,e (Monatsmittel)

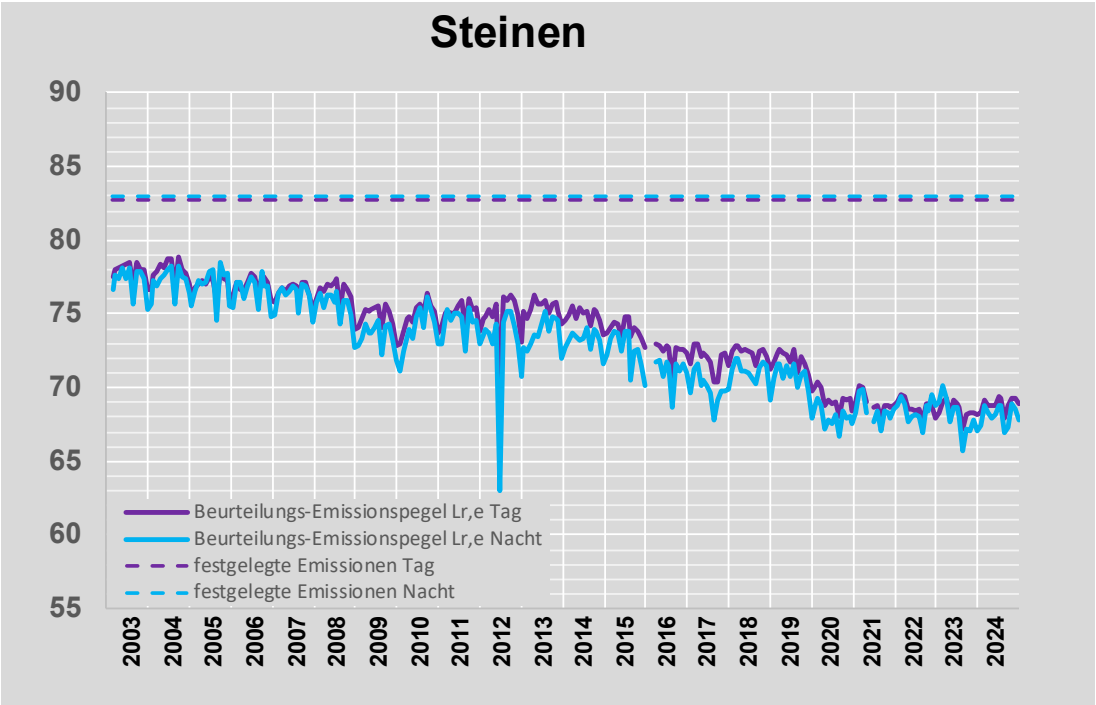


Abb. A5.4: Messstation Steinen, Messwerte Lr,e (Monatsmittel)

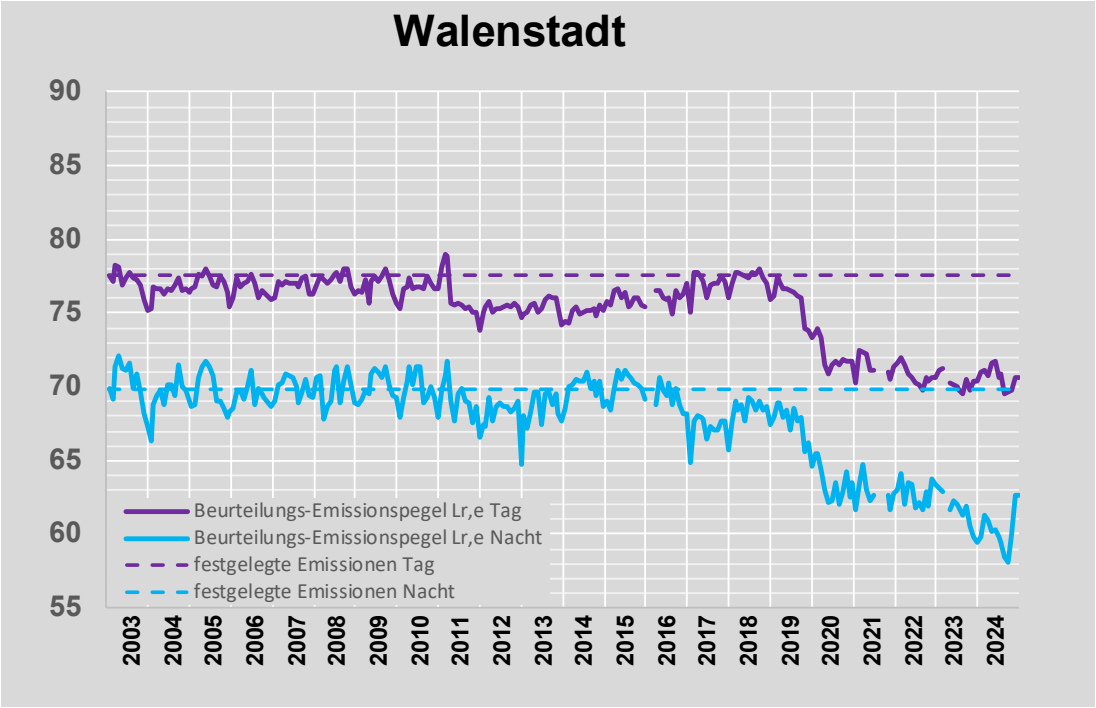


Abb. A5.5: Messstation Walenstadt, Messwerte Lr,e (Monatsmittel)

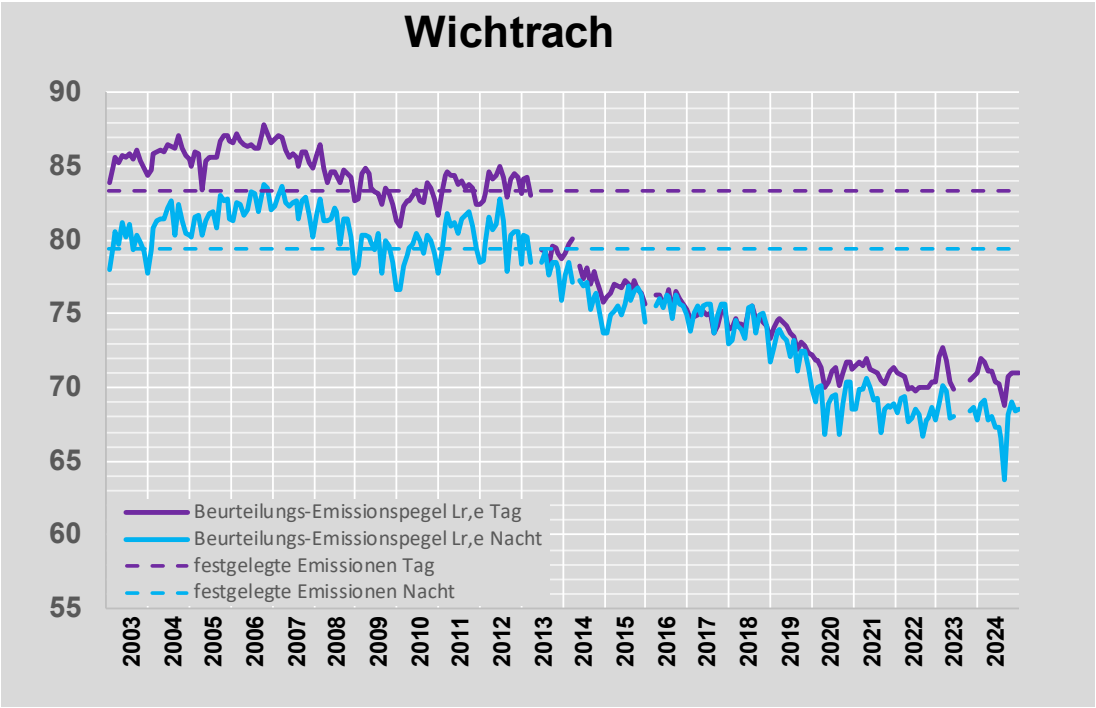


Abb. A5.6: Messstation Wichtrach, Messwerte Lr,e (Monatsmittel)

ANHANG 6: SCHIENENRAUHEIT UND TRACK-DECAY-RATE

Station		Gleis	Rauheit $L_{\lambda CA}$ [dB]		Abklingrate TNR [dB]		Messung	
			80 km/h	120 km/h	PZ 140 km/h	GZ 90 km/h	[°C]	Datum
I02	**Gland**	121	6.1	6.1	-5.00	-4.60	16	17.09.2024
		221	8.4	8.7	-5.20	-4.80	19	17.09.2024
I03	**Itingen**	118	5.2	4.7	-3.10	-3.00	24	15.09.2024
		218	5.2	5.5	-3.00	-2.80	16	15.09.2024
I03	**Itingen**	118	1.2	1.51				24.09.2024
		218	-3.0	-2.0				24.09.2024
I06	**Lindau**	120	17.9	18.2	-4.60	-4.20	3	11.12.2024
		220	21.6	21.9	-4.60	-4.30	3	11.12.2024
I04	**Steinen**	115	15.5	15.9	-4.00	-4.10	15	18.09.2024
		215	17.2	17.6	-4.60	-4.40	22	18.09.2024
I04	**Steinen**	115	1.3	1.3				24.09.2024
		215	2.3	2.4				24.09.2024
I05	**Walenstadt**	112	9.2	9.2	-4.20	-4.10	12	14.09.2024
		212	16.6	17.1	-2.80	-2.60	13	14.09.2024
I05	**Walenstadt**	112	2.2	2.5				18.09.2024
		212	-0.4	1.0				18.09.2024
I01	**Wichtrach**	317	1.2	1.5	-5.10	-4.60	13	16.09.2024
		417	12.6	12.9	-4.30	-4.30	21	16.09.2024
I01	**Wichtrach**	317	-2.6	-1.7				11.09.2024
		417	1.6	2.1				11.09.2024

Tabelle A6.1: Rauheitswerte und Track-Decay-Rate 2024 pro Gleis, die transparenten Messwerte stammen von der Firma Accon, die grün eingefärbten Werte wurden von den SBB gemessen

ANHANG 7: 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] SEMIBEL, Schweizerisches Emissions- und Immissionsmodell für die Berechnung von Eisenbahnlärm, Schriftenreihe Umweltschutz Nr.116,1990.

[5] ISO 3095: Railway applications – Acoustics – Measurement of noise emitted by railbound vehicles, 2013.

[6] Harmonoise: Definition of Track Influence: Roughness in Rolling Noise, 17. Juli 2003.

[7] BAV: Eisenbahn-Ausbauprogramme, Standbericht 2017, 1. Januar - 31. Dezember 2017.

[8] Verordnung (EU) Nr. 1304/2014 vom 26. November 2014 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems «Fahrzeuge-Lärm».

[9] Änderung der Verordnung (EU) Nr.1304/2014 in Bezug auf die Anwendung der technischen Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems «Fahrzeuge-Lärm» auf Bestandsgüterwagen, Amtsblatt der Europäischen Union L139I/89ff vom 27.5.2019.

[10] DIN EN 15610: Bahnanwendungen – Geräuschemission – Messung der Schienenrauheit im Hinblick auf die Entstehung von Rollgeräusch, 8/2009.

[11] BAFU: sonRAIL, Projektdokumentation, 2010.

[12] BAV: Monitoring lärmarme Güterwagen, 4. Quartal 2020 und 1. Quartal 2021.

[13] Thompson David: Single Number Descriptor of Track Decay Rates, A Proposal for SBB, 2012.

[14] Hafner M., Scossa-Romano E.: Angleichung der SEMIBEL Emissionsparameter an die sonRAIL Emissionsmessungen durch "curvefitting", Bern, 2013.

[15] DIN EN 15461: Bahnanwendungen – Schallemission - Charakterisierung der dynamischen Eigenschaften von GleisabschnitttenfürVorbeifahrtsgeräuschmessungen,1/2011.

[16] MBBM: Monitoring Eisenbahnlärm 2015-2025, Sondermessungen Standort I15 – Selzach, 2018.

[17] MBBM: Monitoring Eisenbahnlärm 2015-2025, Umbau Messstation Walenstadt Dokumentation der Messdifferenzen, 2018.

[18] MBBM: Monitoring Eisenbahnlärm 2015-2025, Jahresbericht 2022.

[19] ERA: Full Impact Assessment, Revision of the Noise TSI: Application of NOI TSI requirements to existing freight wagons, 2018.

[20] Umweltbundesamt: Strategien zur effektiven Minderung des Schienengüterverkehrslärms, 2017.

[21] Beckenbauer Thomas, Attinger Robert: Bahnlärmmonitoring in der Schweiz – Erkennung lauter Güterwagen, Eisenbahntechnische Rundschau ETR 11/2020.

[22] Eisenbahn-Bundesamt: Lärm-Monitoring, Schallmessungen im Schienenverkehr, Jahresbericht 2021.

[23] EMPA: Schlussbericht zum Forschungsprojekt MineTrack (Data Mining on Railway Track Noise Measurements), 2023.

[24] Allianz Fahrweg: Variability of Track Decay Rate Measurements, February 2025