



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 2018

1. Januar – 31. Dezember 2018

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Verkehr (BAV)
CH-3003 Bern

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.

Projektverantwortung/-koordination

BAV Infrastruktur, Sektion Grossprojekte

Text

BAV Sicherheit, Sektion Umwelt

Titelbild:

Güterzug bei Wichtrach

Inhalt

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 L_{r,e}	8
4.1.1	Fixe Stationen	8
4.1.2	Mobile Station	11
4.2	Akustische Eigenschaften von Fahrbahn und Rollmaterial	11
4.2.1	Schienenrauheit	11
4.2.2	Abklingrate der Schiene (Track Decay Rate, TDR)	12
4.2.3	Entwicklung Vorbeifahrtspegel (TEL 80)	13
4.2.4	Häufigkeitsverteilung Vorbeifahrtspegel	15
4.2.5	Vorbeifahrtspegel leiser Zugstypen an verschiedenen Standorten	18
4.3	Anteil Güterverkehr	21
4.4	Verkehr	21
	Abkürzungsverzeichnis	23
	Verzeichnis der Anhänge	24

1 Zusammenfassung

Das Messnetz war mit hoher Verfügbarkeit in Betrieb. Aufgrund umfangreicher Bauarbeiten war die Messstation in Lindau das ganze Jahr ausser Betrieb.

Aus den Messdaten ergeben sich die folgenden Kernaussagen:

- Bei allen Messstationen liegen die Emissionswerte 2018 unter den Emissionen, die im Rahmen der Lärmsanierung festgelegt wurden.
- Bei den Personenzügen liegen die Vorbeifahrtspegel im täglichen Betrieb in der Regel unter den Grenzwerten für neu zugelassenes Rollmaterial. Ungünstige Oberbauverhältnisse können zu erhöhten Pegelwerten führen.
- Bei den Güterzügen ist der Medianwert der Vorbeifahrtspegel seit 2003 um rund 6 dB gesunken.
- In Itingen und Walenstadt sind die Vorbeifahrtspegel aufgrund des Oberbaus aktuell erhöht.
- Der Anteil des Güterverkehrs an den Gesamtemissionen liegt bei den Transitachsen nachts über 90-95 %. Weitere wahrnehmbare Lärmreduktionen erfordern insbesondere eine Lärminderung beim Güterverkehr.
- Bei akustisch günstigem Oberbau liegen die Messwerte von modernem Rollmaterial deutlich unter den Werten des Berechnungsmodells sonRAIL.

Auf der BAV-Website (www.bav.admin.ch, Themen 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 Projektes Lärmsanierung der Eisenbahnen gemäss dem Bundesgesetz [1]. Die Verordnung [2] (Art. 12 und 13) verpflichtet 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 durchgeführt worden. Diese liefern Informationen zur Lärmentwicklung auf weiteren Strecken.

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, Themen A-Z, Lärmsanierung, Monitoring, Auswertungen).

3 Grundlagen

Für unser Bahnnetz ist die massgebende Lärmquelle der Rad-Schiene-Kontakt. 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 Dieselzügen können auch andere Lärmquellen von Bedeutung sein. Durch die Messungen können die Modellrechnungen überprüft werden. 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.

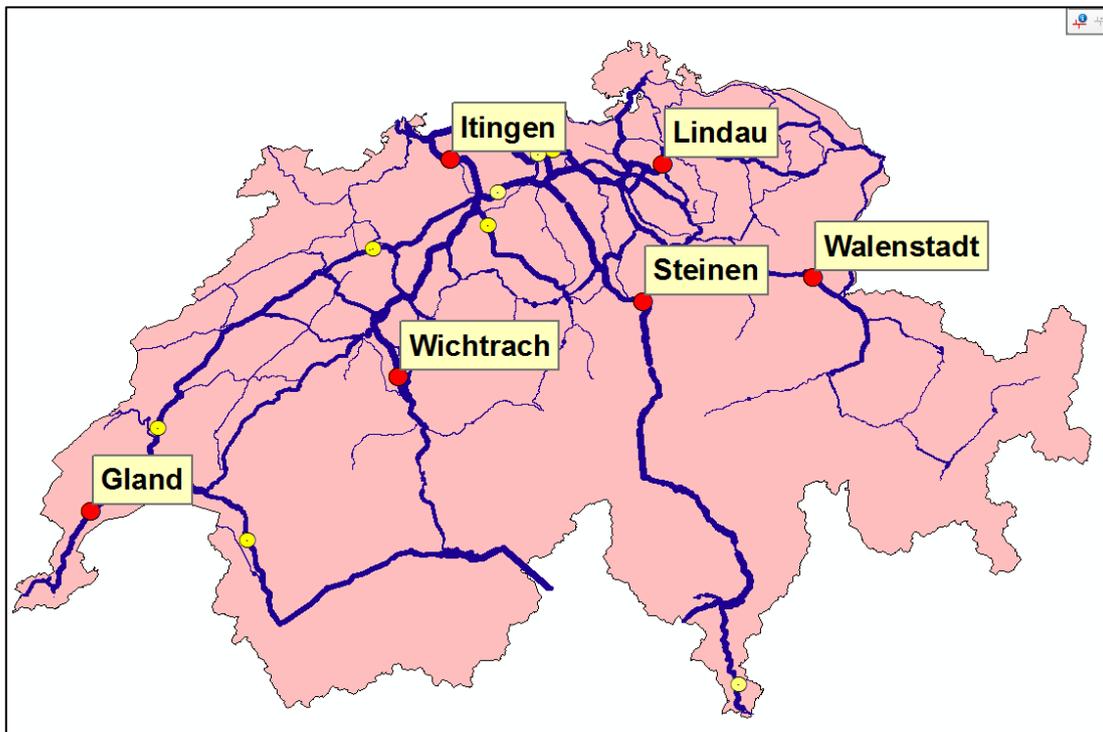


Abb. 1: Messstandorte (Details Anhang 2)

- fixe Standorte seit 2003
- mobile Standorte 2009-2018

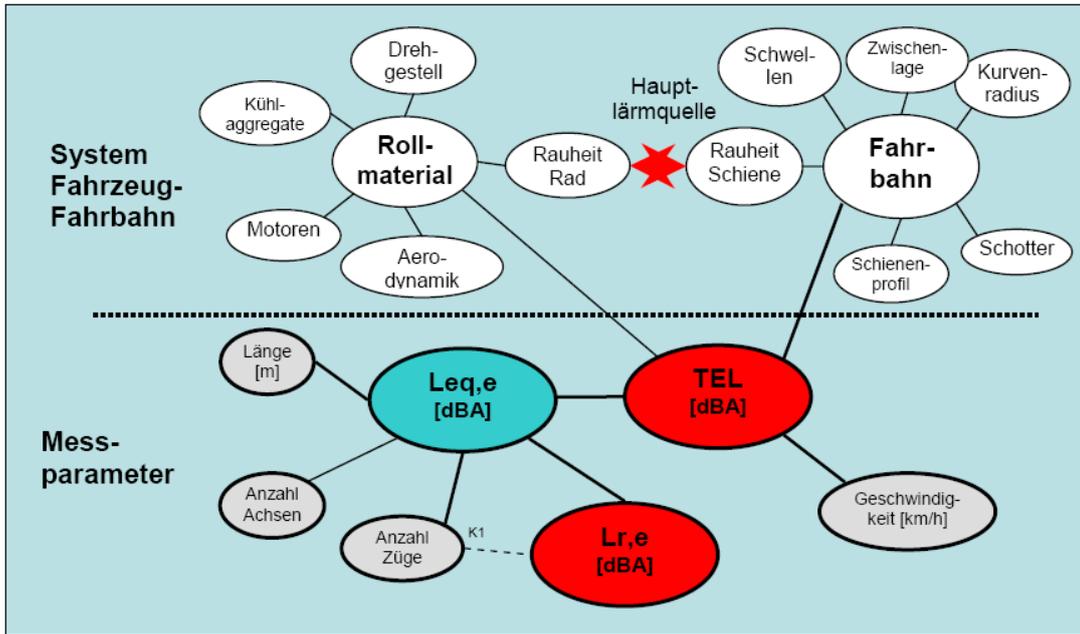


Abb. 2: System Fahrzeug – Fahrbahn und Messparameter des Monitorings Eisenbahnlärm

- 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 Zugvorbeifahrt 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 Zugvorbeifahrten lässt sich der energieäquivalente Dauerschallpegel Leq,e ermitteln. Unter Berücksichtigung der Pegelkorrektur $K1$ gemäss Anhang 4 der Lärmschutzverordnung [3] lässt sich der Beurteilungs-Emissionspegel Lr,e bestimmen.

4 Messresultate

4.1 Beurteilungs-Emissionspegel Lr,e

4.1.1 Fixe Stationen

Der Beurteilungs-Emissionspegel Lr,e ist nach der Lärmschutz-Verordnung (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. Auf grossen Teilen des Netzes entsprechen diese Werte dem Emissionsplan 2015, der vom Bundesrat erlassen wurde. Er bildete die Grundlage für die Lärmsanierung der Eisenbahnen. Wo Ausbauprojekte der Infrastruktur realisiert wurden, entsprechen die festgelegten Emissionswerte dem im Projekt geplanten Endzustand. Diese Daten sind als Bestandteil des [Lärmbelastungskatasters](#) publiziert. Es ist ein wesentliches Ziel des Monitorings, die Entwicklung der Lärmemissionen mit Hilfe dieser Bezugsgrösse zu verfolgen. Der festgelegte Emissionswert kann sowohl durch eine kleine Zahl lauter Züge als auch eine grössere Zahl leiser Züge verursacht werden. In Abbildung 3 sind die Messwerte 2003 bis 2018 den festgelegten Emissionen gegenübergestellt. Heute liegen die Messwerte der Emissionen bei allen Stationen klar unter den festgelegten Emissionen.

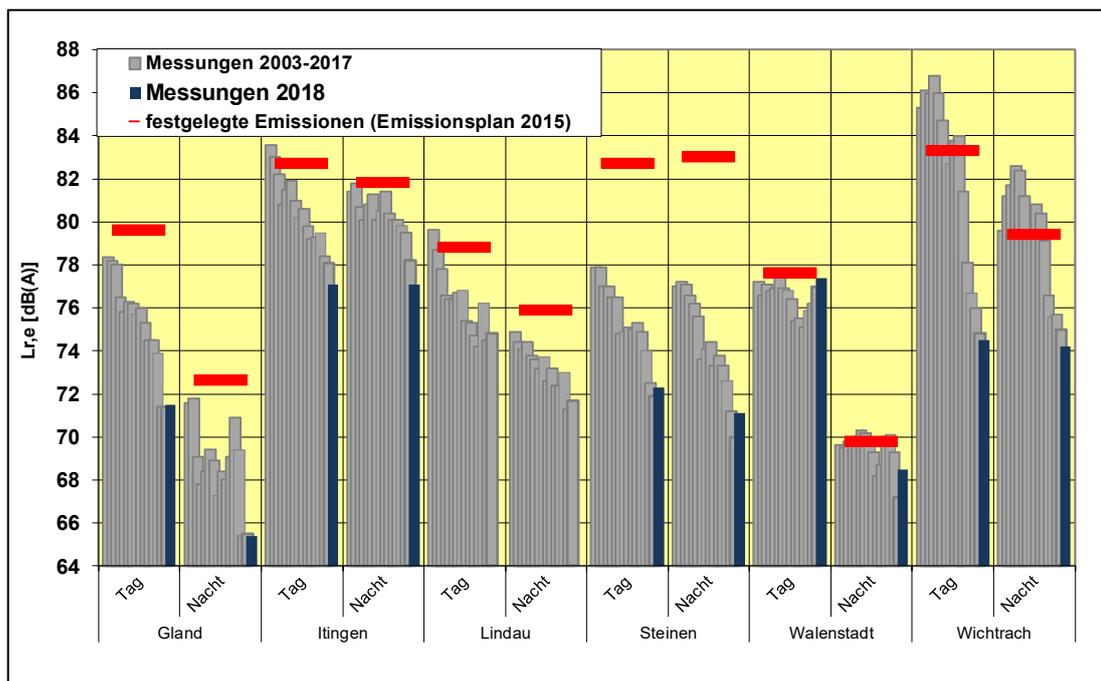


Abb. 3: Gemessene Beurteilungs-Emissionspegel Lr,e 2003 – 2018
Jahresmittel

In den Abbildungen 4 und 5 ist die Abweichung zu den festgelegten Emissionen im zeitlichen Verlauf dargestellt. In der Tagperiode, die von den Reisezügen geprägt ist, zeigen sich klar sinkende Werte. In der Nachtperiode mit dominantem Güterverkehr ist dieser Trend ebenfalls erkennbar.

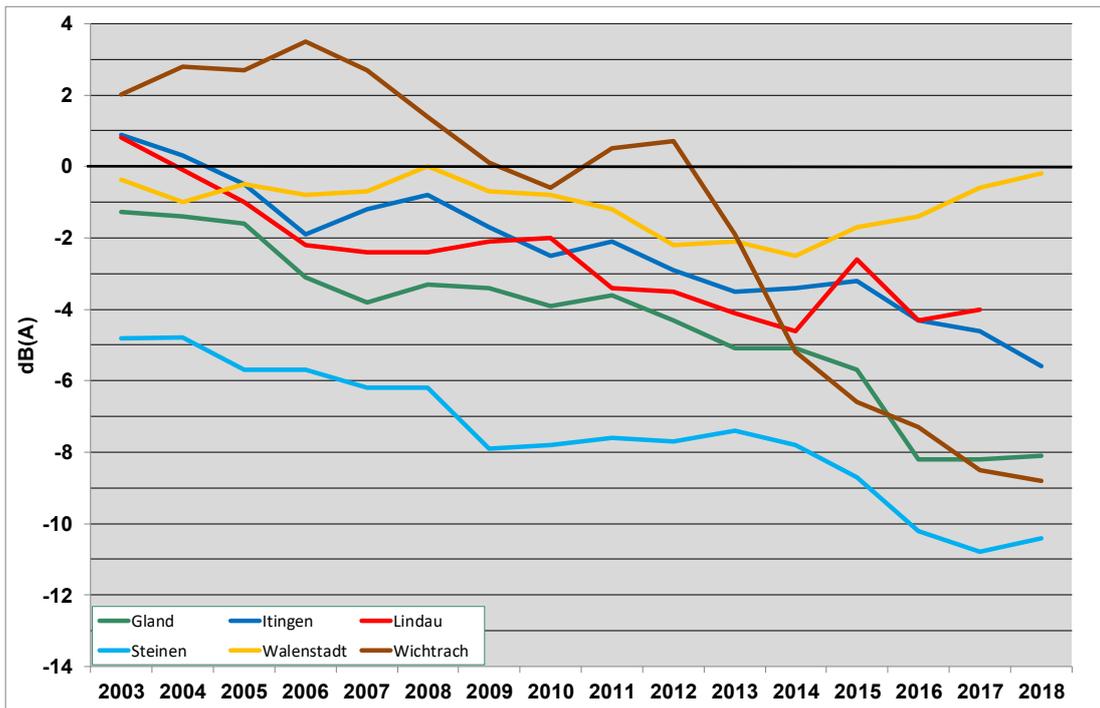


Abb. 4: Differenz Messwert – festgelegte Emissionen, Tagperiode

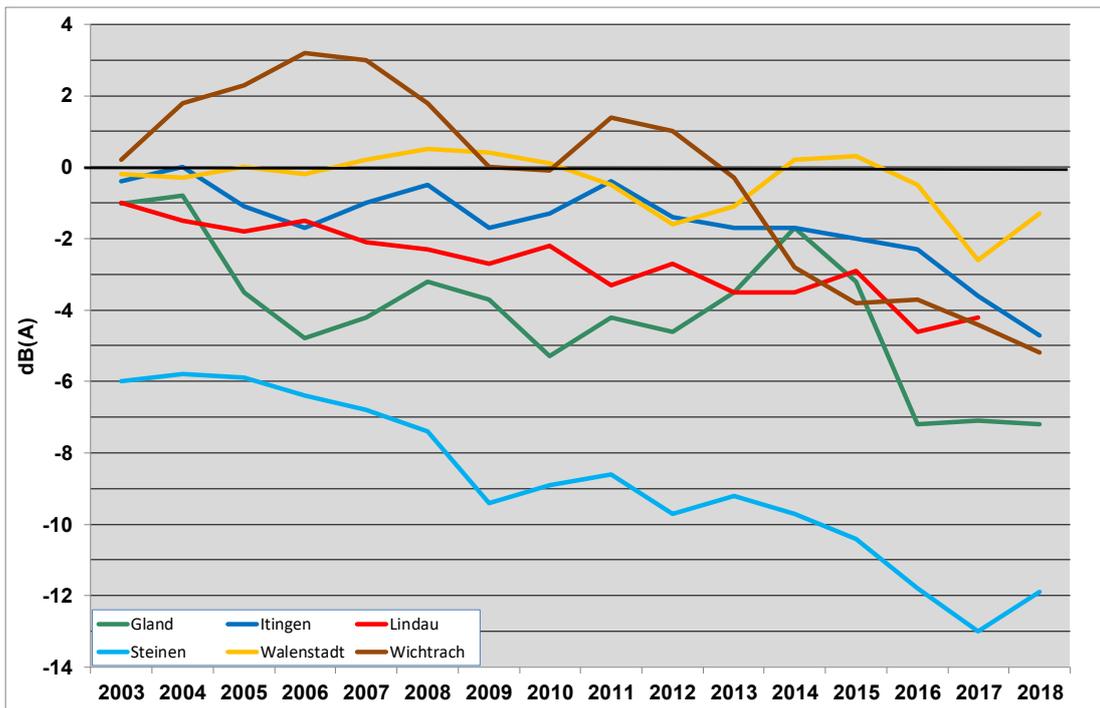


Abb. 5: Differenz Messwert – festgelegte Emissionen, Nachtperiode

Die Entwicklung der Werte ist für die einzelnen Stationen unterschiedlich. 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 sind die Beurteilungs-Emissionspegel $L_{r,e}$ seit 2003 gesunken. Ursache ist das leisere Rollmaterial der Personenzüge v.a. in der Nachtperiode. Ein Anstieg ist im Winter 2008/2009 festzustellen.

Er ist auf den erneuten, vorübergehenden Einsatz von altem Rollmaterial bei Personenzügen zurückzuführen. Der Anstieg in der Nachtperiode vom Juli 2013 bis Ende 2015 wurde durch wenige laute Güterzüge verursacht. Die Emissionswerte sind 2016 teilweise deutlich tiefer. Dies ist auf die reduzierte Geschwindigkeit wegen einer Baustelle beim Bahnhof Gland zurückzuführen. Auch im laufenden Jahr sind die Geschwindigkeiten noch teilweise reduziert. Nach den Umbauarbeiten liegen die Pegel heute tiefer. Im letzten Jahr mussten in Gland relativ viele Messwerte ersetzt werden, da Nagetiere die Leitungen beschädigten.

Itingen

In Itingen sind die Emissionswerte trotz steigender Zugzahl gesunken. Dies ist auf das verbesserte Rollmaterial der Personenzüge zurückzuführen. Die relativ hohen Werte der Vorbeifahrtspegel (TEL80) sind insbesondere auf die geringe Abklingrate der Schiene zurückzuführen. Im Jahr 2018 hat der Sommerplan zu einem Rückgang der Zugzahl geführt. Die festgelegten Emissionen (Emissionsplan 2015) werden klar unterschritten.

Lindau

In Lindau gehen die Pegel dank dem leiseren Rollmaterial trotz starker Verkehrszunahme zurück. Von Mitte 2014 bis Ende 2015 sind die Pegel wegen einem relative hohen Anteil von lauterem Personenzügen leicht gestiegen. Dieser Anteil war 2016 wieder rückläufig. Die relativ lauten S-Bahn-Züge mit der Lok Re450 (vgl. Bericht 2016) fallen aber immer noch auf. Wegen umfangreichen Bauarbeiten wurde die Station Ende August 2017 ausser Betrieb genommen. Sie wird Mitte 2019 wieder installiert. Die festgelegten Emissionen (Emissionsplan 2015) werden klar unterschritten.

Steinen

Die Werte sind seit 2003 deutlich gesunken. Charakteristisch ist der Jahresgang mit 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 vollständigen Unterbrüchen im Transitverkehr. Der längste Unterbruch von 32 Tagen ist in der Ganglinie klar erkennbar. Im Jahr 2017 fällt der Abfall aufgrund einer längeren vollständigen Streckensperrung in Rastatt (D) deutlich auf. 2018 ist die Zahl der Güterzüge wieder auf das Niveau von 2016 angestiegen. Die Emissionswerte liegen sehr klar unter den festgelegten Emissionen (Emissionsplan 2015).

Walenstadt

In Walenstadt sind die Messwerte relativ konstant. Die Verkehrszunahme konnte durch das leisere Rollmaterial kompensiert werden. Beim Gleis 212 führt die geringe Abklingrate der Schiene zu höheren Lärmemissionen. Die nächtliche Lärmerhöhung ist auf einige laute Güterzüge zurückzuführen. Messungen mit der akustischen Kamera zeigten, dass der Neubau der Firma Flumroc auf dem Gleis Richtung Flums zu einer Pegelerhöhung um 0.8 dB(A) führt. Seit Januar 2018 werden die Messungen an einem leicht verschobenen Standort durchgeführt. Vergleichsmessungen zeigten, dass das eine Gleis (212) am neuen Standort akustisch schlechter ist. Dies führte zu einem Anstieg der Emissionswerte 2018. Die Emissionswerte liegen heute aus diesem Grund nur leicht unter den festgelegten Emissionen (Emissionsplan 2015).

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 die aktuelle Standardschwelle B91 ersetzt. Die Pegelwerte liegen seit dem Umbau deutlich tiefer. Die Auswirkungen sind besonders in der Tagperiode massiv, da die Auswirkungen bei modernen Reisezügen deutlich grösser sind. Auch dank dem nun akustisch günstigen Oberbau liegen die Emissionswerte heute deutlich unter den festgelegten Emissionen (Emissionsplan 2015).

4.1.2 Mobile Station

Im April 2018 sind in Selzach Messungen mit der mobilen Station durchgeführt worden. Aus dieser Stichprobe wurden aufgrund der Jahresverläufe der anderen Stationen der Jahresmittelwert für 2018 ermittelt. Messwert und Jahresmittelwert sind in Abbildung 6 dargestellt. Die Pegel liegen deutlich unter den festgelegten Emissionen (Emissionsplan 2015), die für die Lärmsanierung verwendet wurden.

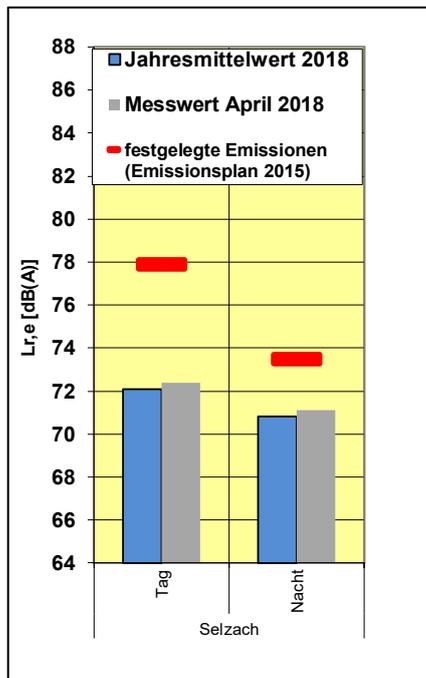


Abb. 6: Gemessener Beurteilungs-Emissionspegel $L_{r,e}$ 2018 in Selzach

4.2 Akustische Eigenschaften von Fahrbahn und Rollmaterial

4.2.1 Schienenrauheit

Die Entstehung des Lärms bei Schienenfahrzeugen ist insbesondere auf die Abweichung von Rad und Schiene von der idealen runden bzw. ebenen Form zurückzuführen. Die sogenannte Schienenrauheit ist am Standort direkt messbar. Im Herbst 2018 ist die Schienenrauheit wieder an allen Standorten gemäss ISO-Norm 3095 [5] gemessen worden. In Lindau wurden wegen dem vorübergehenden Abbau der Messstation auf Messungen verzichtet. Der Einzahlwert $L_{A,CA}$ der Schienenrauheit [6] erlaubt den Vergleich von Messungen an verschiedenen Standorten. Die Daten zeigen, dass die Schienenrauheiten unterschiedlich sind. Aktuell finden wir an allen Standorten eine glatte Schiene oder durchschnittliche Schienenrauheit.

Die Entstehung der Rauheit ist ein komplexes Phänomen, das heute noch nicht umfassend erklärbar ist. Aufgrund einer neuen Unterhaltsstrategie soll künftig Gleise häufiger geschliffen werden, um Schienenschäden zu vermeiden.

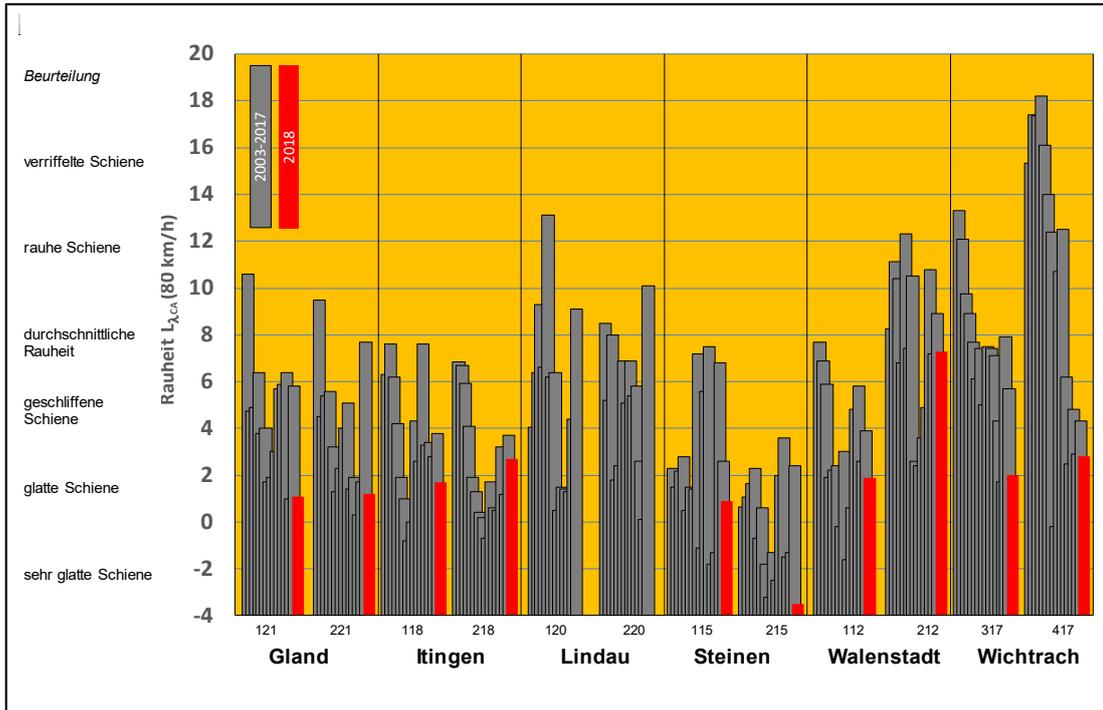


Abb. 7: Schienenrauheit an den Messstandorten beide Gleise, detaillierte Messergebnisse, $L_{A,CA}$ vgl. Anhänge 3 und 6

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 2018 wurde die Abklingrate bei allen Standorten gemessen. In Abbildung 8 sind die entsprechenden Einzelergebnisse TNR [12] dargestellt. Die geringen Abklingraten in Itingen und bei einem Gleis in Walenstadt schlagen sich in erhöhten Vorbeifahrtspegeln nieder (vgl. Abb. 11, 14 und Kap. 4.2.5).

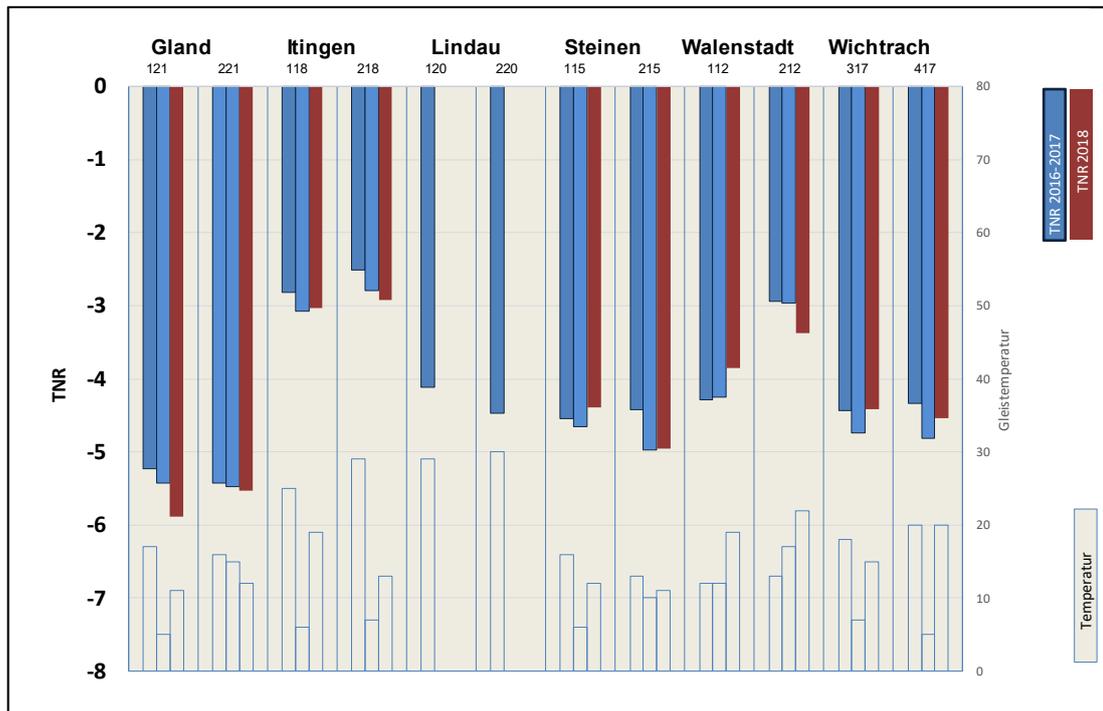


Abb. 8: Schienenabklingrate als Einzahlwert (Track Noise Ratio, TNR[12]) und Gleistemperatur

4.2.3 Entwicklung Vorbeifahrtspegel (TEL 80)

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 9 sind die Medianwerte der Personenzüge pro Gleis für die Jahre 2003-2017 grafisch dargestellt. Bei den Personenzügen führt das Verschwinden der Wagen mit Graugussklotzbremsen und neues Rollmaterial in diesem Zeitraum zu einer Abnahme von rund 5 dB(A). Bei den drei Gleisen mit höheren Vorbeifahrtspegeln konnte eine geringe Abklingrate der Schiene nachgewiesen werden (Itingen, ein Gleis Walenstadt, vgl. Abb. 8). Bei den beiden Gleisen in Wichtrach führten die Gleiserneuerungen 2013 und 2014 zu einem markanten Rückgang der Pegel.

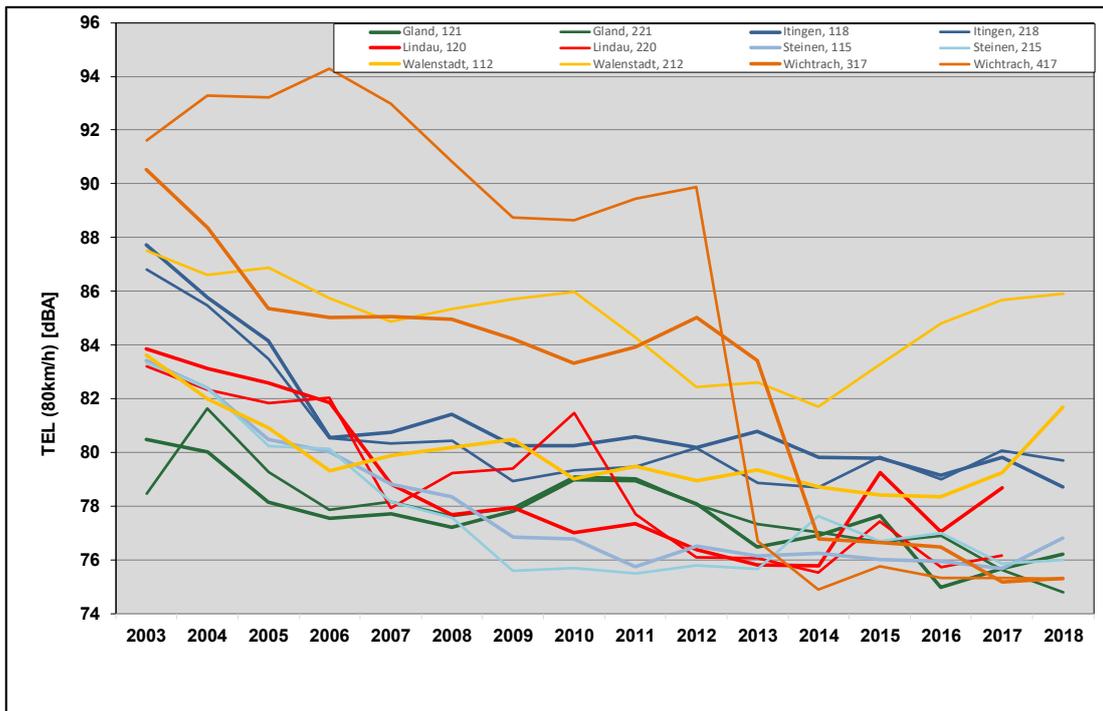


Abb. 9: Personenzüge: TEL, normiert auf V=80 km/h
Medianwert pro Gleis

Güterzüge

Bei den Güterzügen beträgt die Reduktion der gemessenen Vorbeifahrtspegel seit 2003 rund 6 dB. Allerdings sind die Absolutwerte weiterhin deutlich höher als im Personenverkehr.

Das Reduktionspotenzial beim Güterverkehr ist noch nicht ausgeschöpft. In der zweiten Jahreshälfte 2018 betrug der Anteil lärmarmer Wagen an der gesamten Laufleistung rund 86% [11].

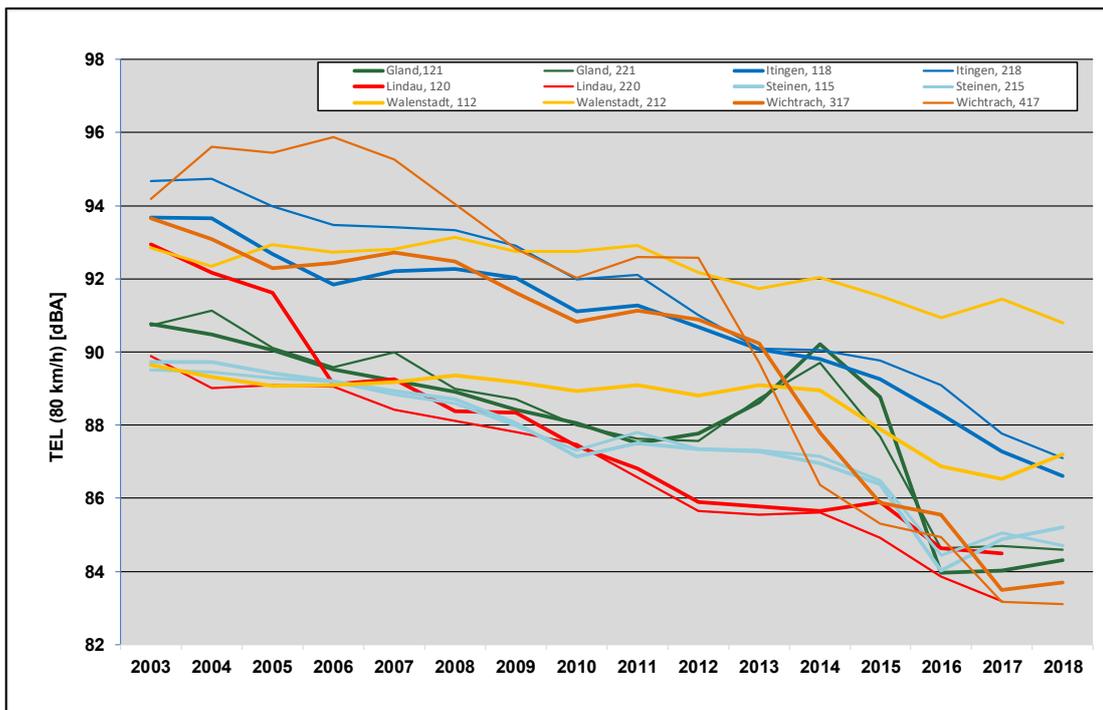


Abb. 10: Güterzüge: TEL, normiert auf V=80 km/h
Medianwert pro Gleis

4.2.4 Häufigkeitsverteilung Vorbeifahrtspegel

Personenzüge

Der Anteil leiser Personenzüge im Jahr 2018 lässt sich aus den Summenkurven in der Abbildung 11 lesen. Der Vergleich mit den Summenkurven des Jahres 2003 (Abb.12) zeigt die zeitliche Veränderung. Bei den Personenzügen sind durch die Rollmaterialsanierung und die Beschaffung von neuem Rollmaterial die lauten Züge praktisch verschwunden. Dies zeigt sich im frühen Anstieg der Summenkurve 2018. Der prozentuale Anteil von Zügen unter 80 dB(A) wird immer höher. Ein hoher Anteil von Zügen liegt unterhalb des entsprechenden Grenzwertes der TSI [8]. Erstaunlich ist bei den meisten Gleisen auch die geringe Streuung der Werte. Die Standardabweichung liegt bei den meisten Gleisen zwischen 1.8 und 2.6. In Steinen liegt sie zwischen 2.9 und 3.1. Dies ist auf einen Anteil lauterer Züge zurückzuführen. Die Verschiebung der Kurven in Walenstadt und Itingen beruht auf der geringen Abklingrate der Gleise an diesen Standorten.

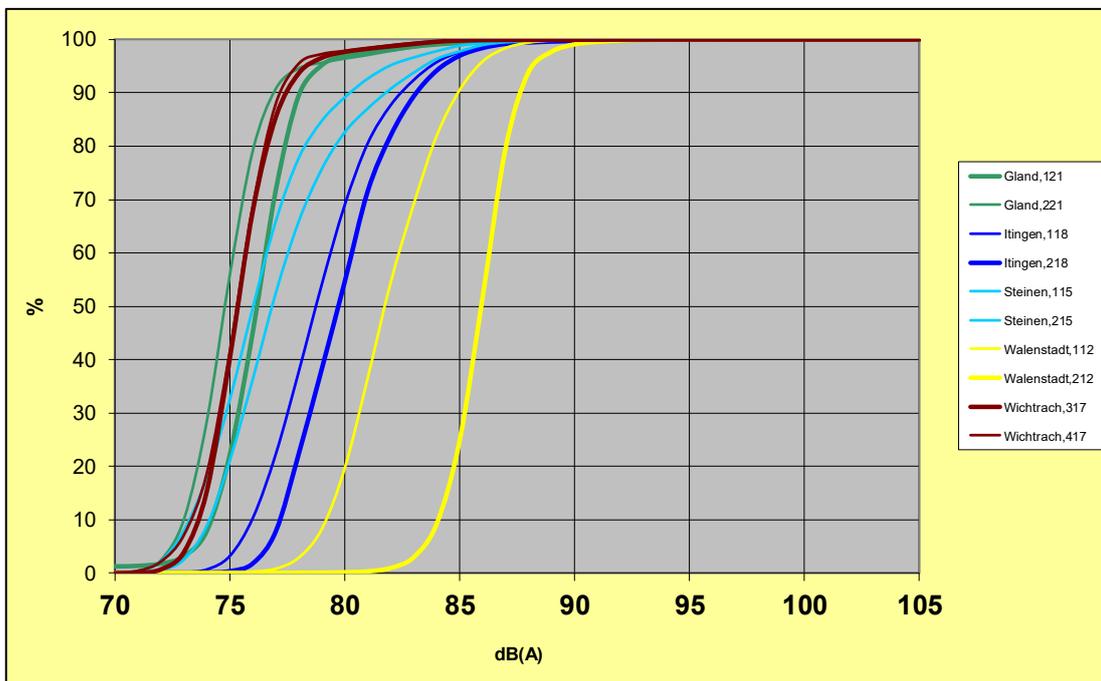


Abb. 11: Summenkurve der TEL 80-Werte für Personenzüge 2018
beide Gleise

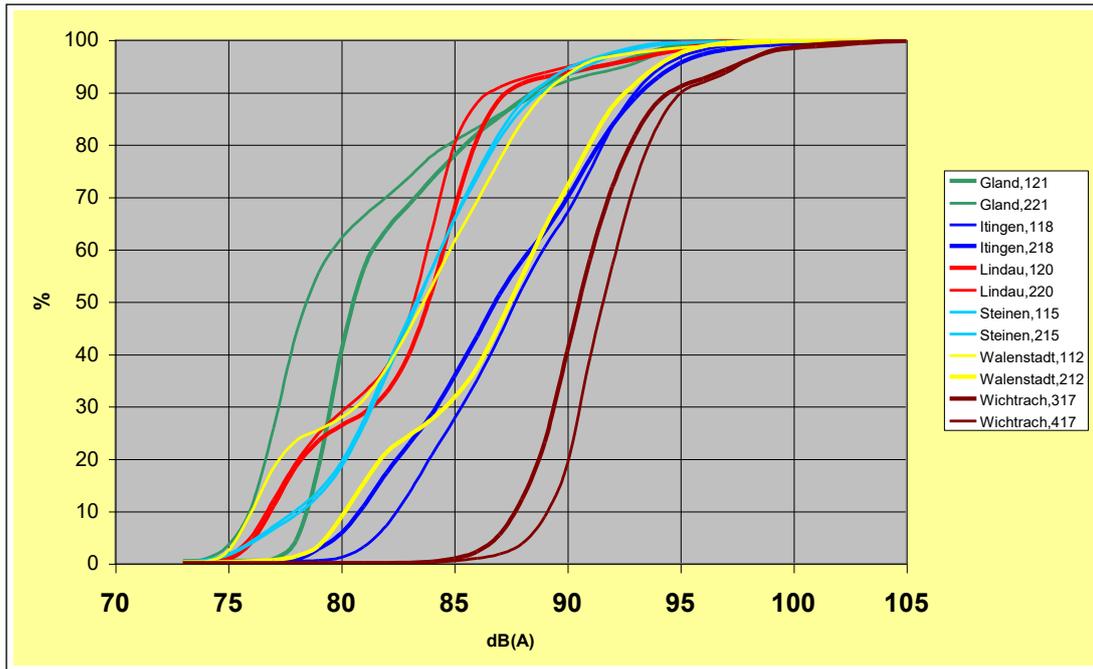


Abb. 12: Summenkurve der TEL 80-Werte für Personenzüge 2003 beide Gleise

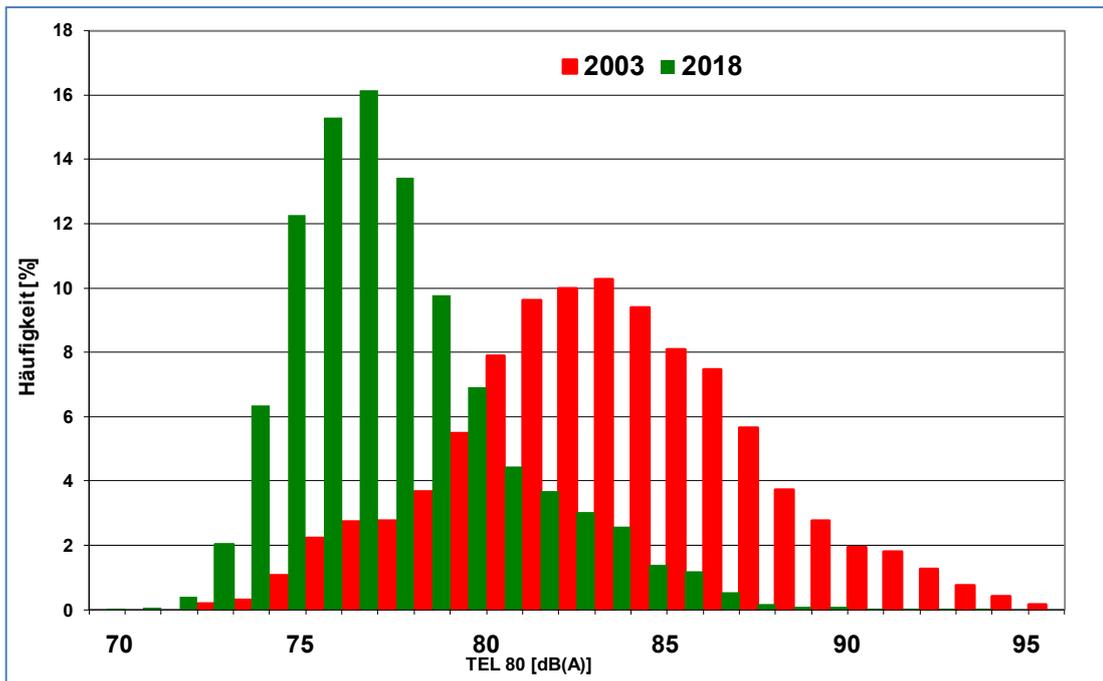


Abb. 13: Steinen (Gleis 115), Häufigkeitsverteilungen TEL 80 der Personenzüge in den Jahren 2003 und 2018

Die Entwicklung in Steinen (Abb. 13) zeigt exemplarisch die Entwicklung 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 gut zu beobachten. Die Messwerte zeigen, dass die Grenzwerte der TSI [8] für neues Rollmaterial für die Typenprüfung auch im fahrplanmässigen Betrieb eingehalten werden.

Güterzüge

Bei den Güterzügen (Abb. 14 bis 16) ist eine Abnahme der Vorbeifahrtspegel zunehmend erkennbar. Mit Ausnahme eines Gleises liegt der Medianwert der Vorbeifahrtspegel (TEL80) unter 88 dB(A), bei einem steigenden Anteil auch unter 85 dB(A). Leider führt leiseres Rollmaterial erst bei einem hohen Anteil lärmarmen Wagen in einem Zug zu einer markanten Verbesserung. Die unterschiedliche Zusammensetzung führt auch zu einer stärkeren Streuung der Vorbeifahrtspegel. Die Standardabweichung liegt zwischen 3.0 und 4.7 und damit klar höher als bei den Personezügen.

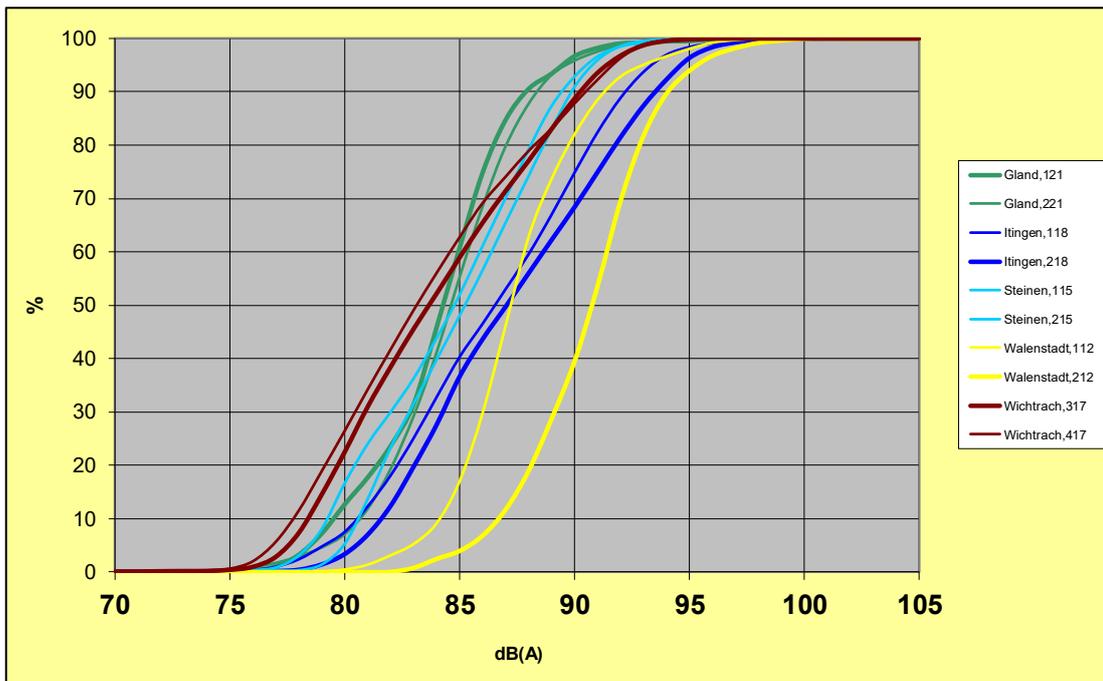


Abb. 14: Summenkurve der TEL 80-Werte für Güterzüge 2018 beide Gleise

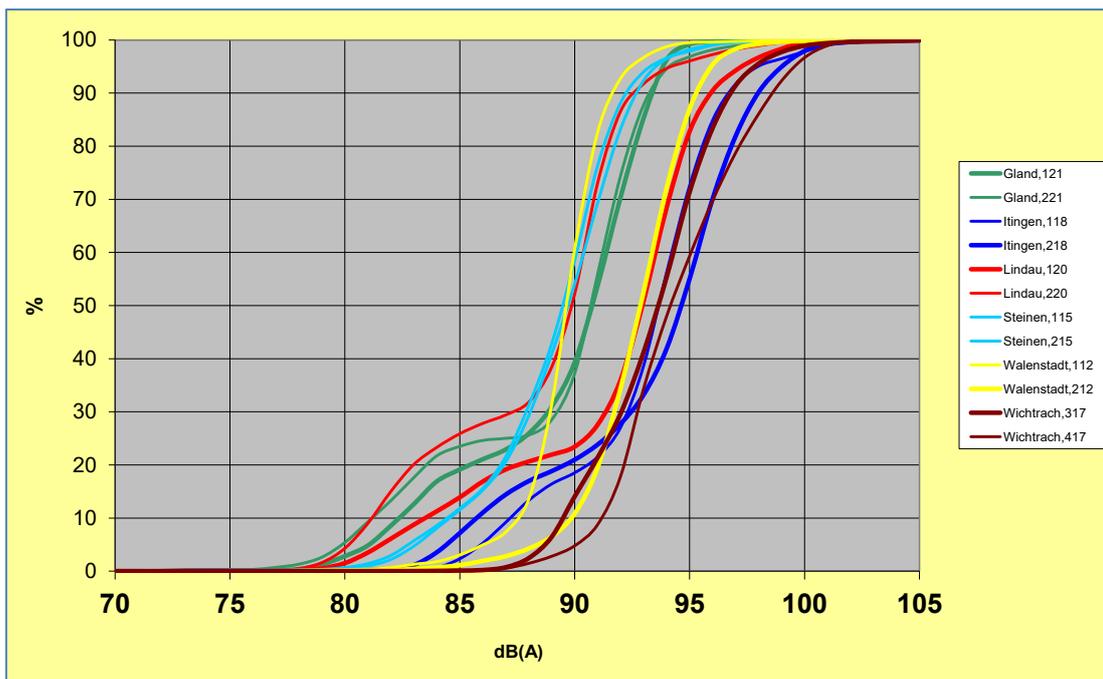


Abb. 15: Summenkurve der TEL 80-Werte für Güterzüge 2003 beide Gleise

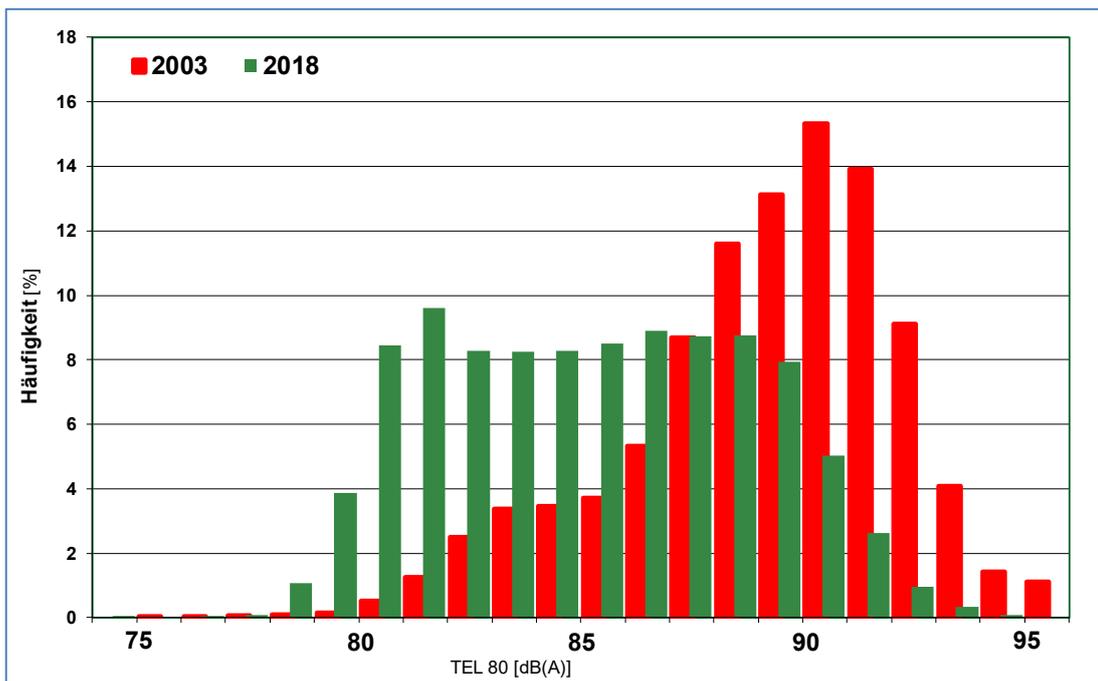


Abb. 16: Steinen (Gleis 115), Häufigkeitsverteilungen TEL 80 der Güterzüge in den Jahren 2003 und 2018

In Steinen (Abb. 16) ist eine Verschiebung hin zu leiseren Güterzügen in der zweigipfligen Verteilung klar erkennbar. In vielen Zügen sind aber laute und leise Wagen eingereiht.

4.2.5 Vorbeifahrtspegel leiser Zugstypen an verschiedenen Standorten

Für den Zeitraum Mai bis August 2017 sind die Vorbeifahrtspegel von modernem, leiserem Rollmaterial vertieft ausgewertet worden. In diesem Zeitraum war auch die Messstation in Lindau in Betrieb. Für den Zeitraum von vier Monaten kann von einem gleichen akustischen Zustand des Oberbaus ausgegangen werden. Den Messwerten sind auch die Modellwerte gemäss sonRAIL für verschiedene Schienenrauheiten gegenübergestellt.

Die ausgewerteten Daten in Abbildungen 17 bis 20 zeigen folgende wesentliche Punkte:

1. Auf akustisch günstigem Oberbau liegen die Messwerte einige Dezibel unter den Modellwerten.
2. Auf akustisch schlechtem Oberbau werden bis zu zehn Dezibel höhere Werte gemessen.
3. Die einzelnen Vorbeifahrten weisen eine relative geringe Streuung auf. Die Standardabweichung beträgt maximal 2 dB.

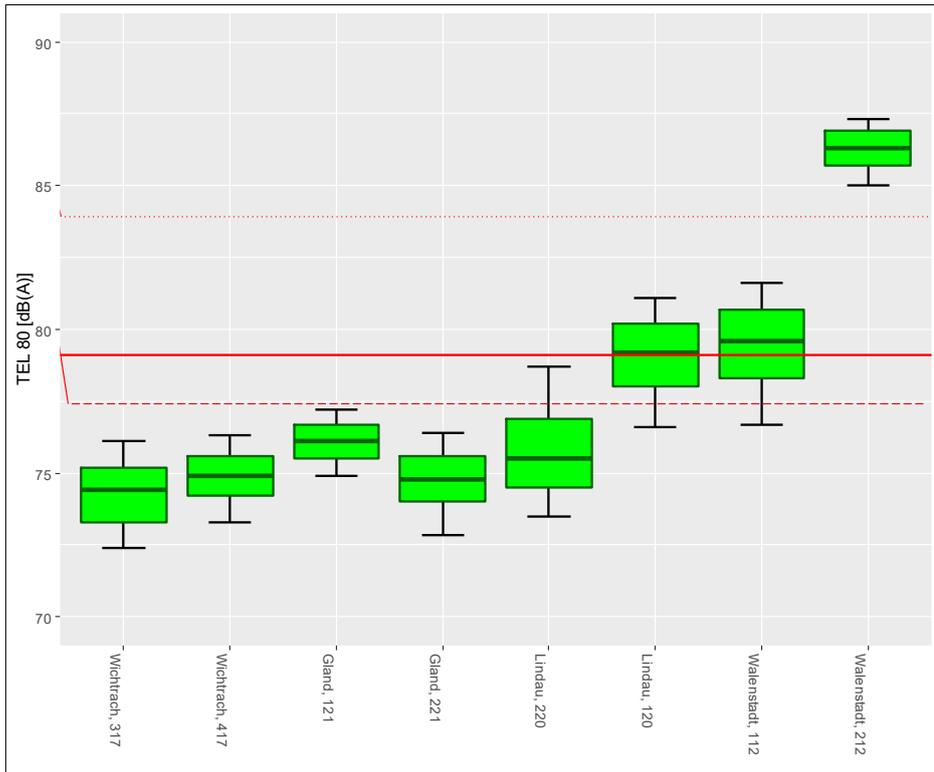


Abb. 17: Vorbeifahrtspegel RABe 511 und RABe 515 (SBB, Regio-Dosto und BLS, Mutz) 26'282 Vorbeifahrten, Standardabweichung: 0.9-2.0
 Box: Perzentile 25, 50, 75, Whisker: Perzentile 10, 90
 rot: Modellwerte sonRAIL für glatte, mittlere und raue Schiene

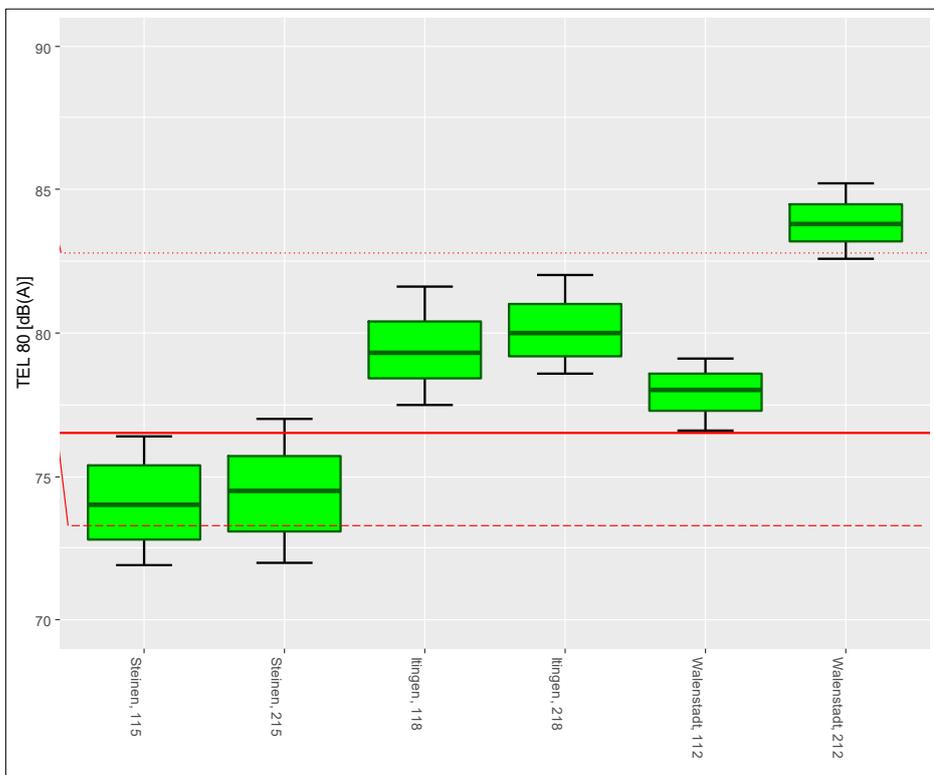


Abb. 18: Vorbeifahrtspegel Flirt 18'517 Vorbeifahrten, Standardabweichung: 1.0-1.9
 Box: Perzentile 25, 50, 75, Whisker: Perzentile 10, 90
 rot: Modellwerte sonRAIL für glatte, mittlere und raue Schiene

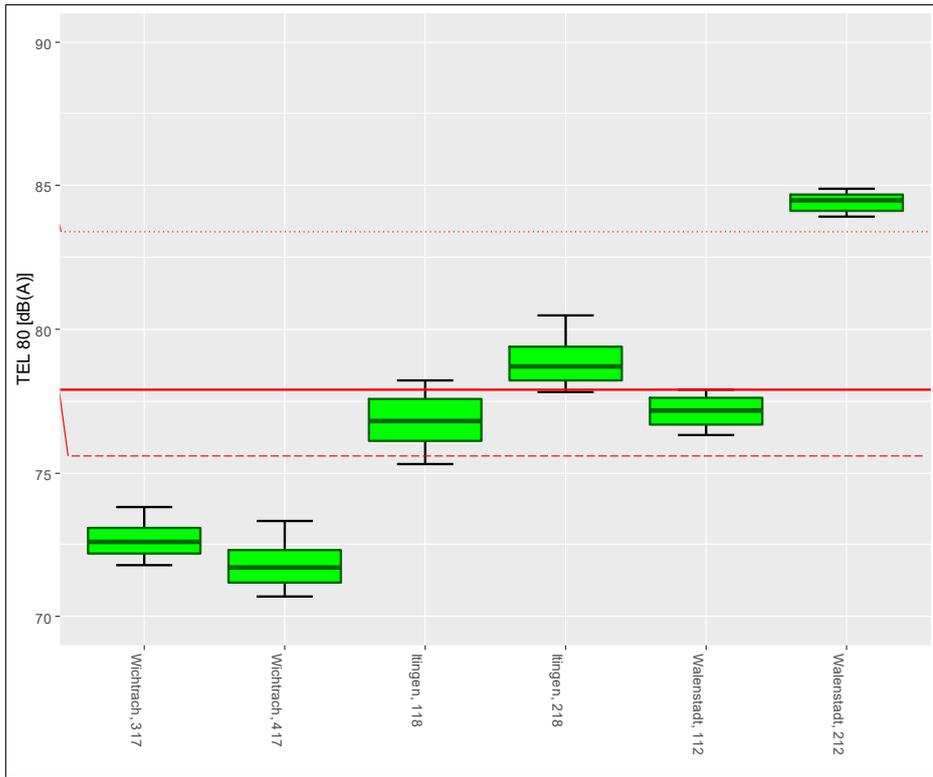


Abb. 19: Vorbeifahrtspegel ICE 1
 3'328 Vorbeifahrten, Standardabweichung: 0.5-1.5
 Box: Perzentile 25, 50, 75, Whisker: Perzentile 10, 90
 rot: Modellwerte sonRAIL für glatte, mittlere und rauhe Schiene

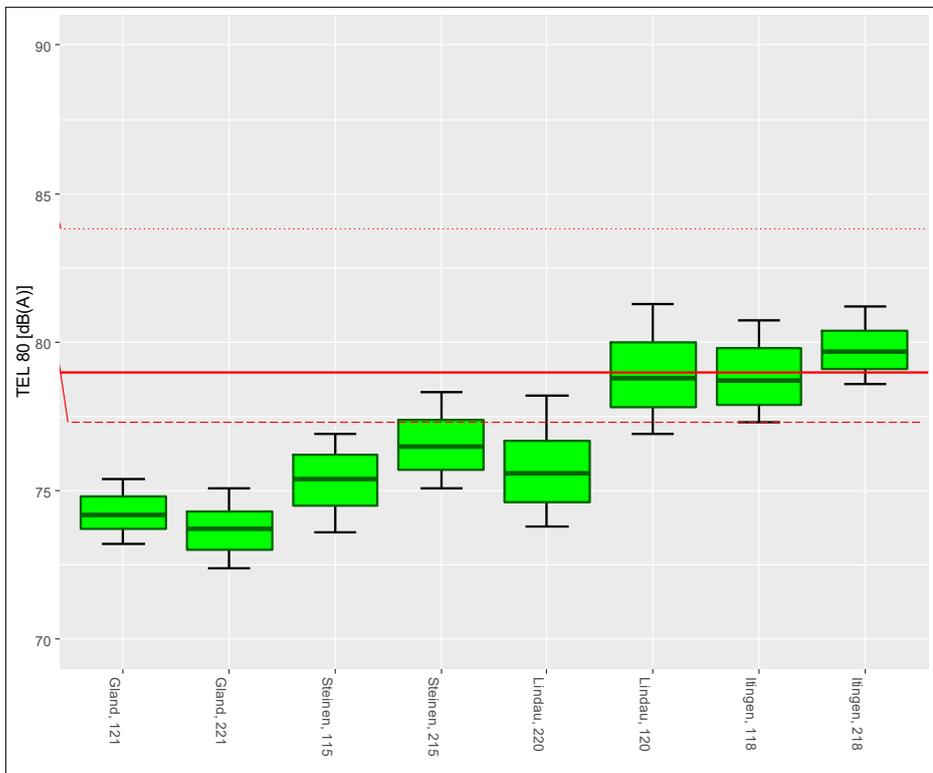


Abb. 20: Vorbeifahrtspegel RABDe 500 (ICN)
 8'657 Vorbeifahrten, Standardabweichung 0.9-1.8
 Box: Perzentile 25, 50, 75, Whisker: Perzentile 10, 90
 rot: Modellwerte sonRAIL für glatte, mittlere und rauhe Schiene

4.3 Anteil Güterverkehr

Aufgrund des lautereren Rollmaterials im Güterverkehr und der langen Züge ist seine Bedeutung für die Lärmemissionen entscheidend. Abbildung 21 zeigt den Anteil der Güterzüge am gesamten Emissionspegel $L_{eq,e}$. Klar ersichtlich ist die hohe Bedeutung des Güterverkehrs insbesondere in der Nacht.

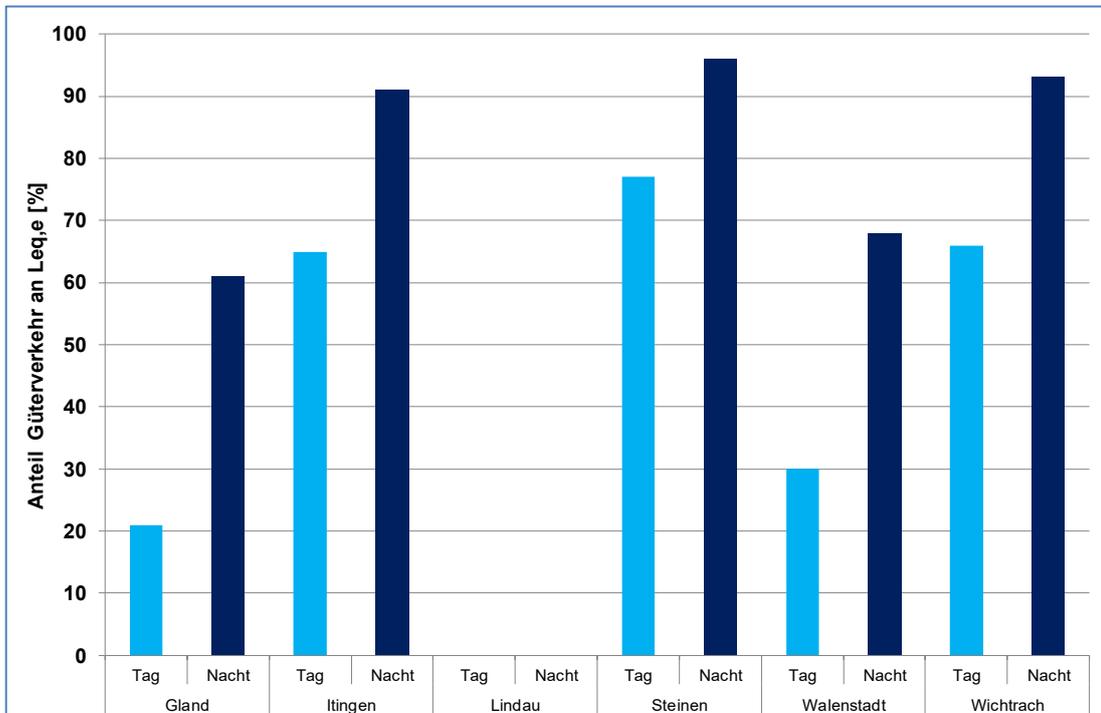


Abb. 21: Anteil des Güterverkehrs an den Gesamtemissionen 2018

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 zu fast gleichen grossen Reduktionen des Gesamtpegels.

4.4 Verkehr

In den Abbildungen 22 und 23 ist die Entwicklung der Zugzahlen seit Messbeginn dargestellt. Der gesamte Verkehr hat in dieser Zeitperiode um 20-43% zugenommen. Beim Güterverkehr war vor allem in Itingen und Wichtrach eine Zunahme zu verzeichnen.

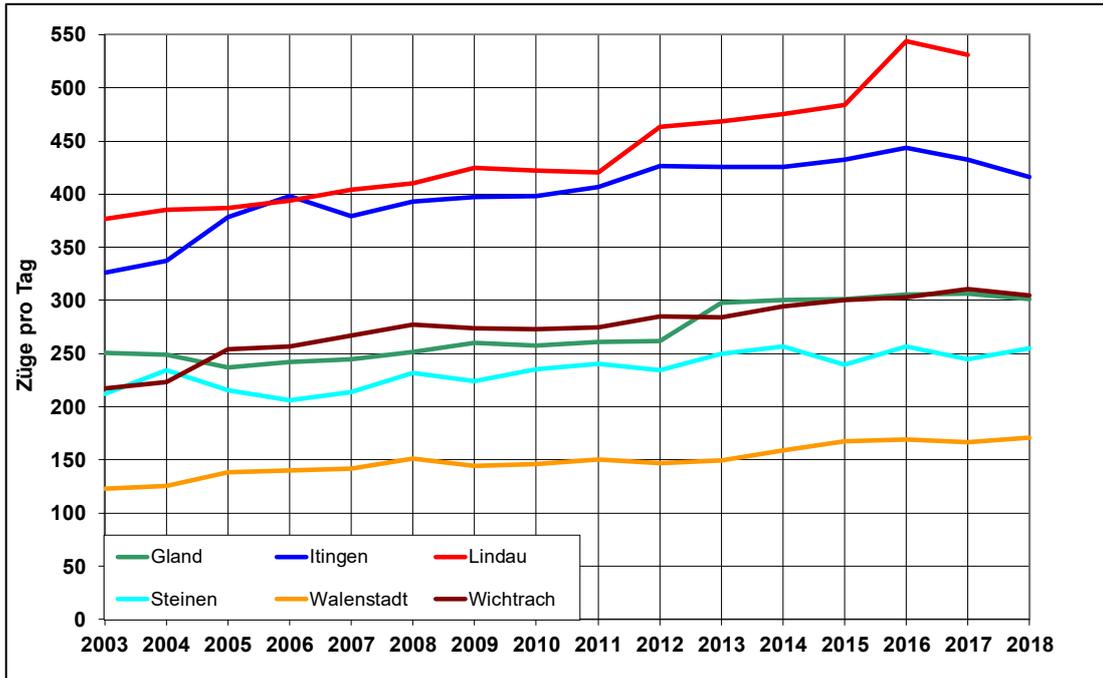


Abb. 22: Entwicklung Gesamtverkehr, mittlere Anzahl Züge pro Tag 2003-2018

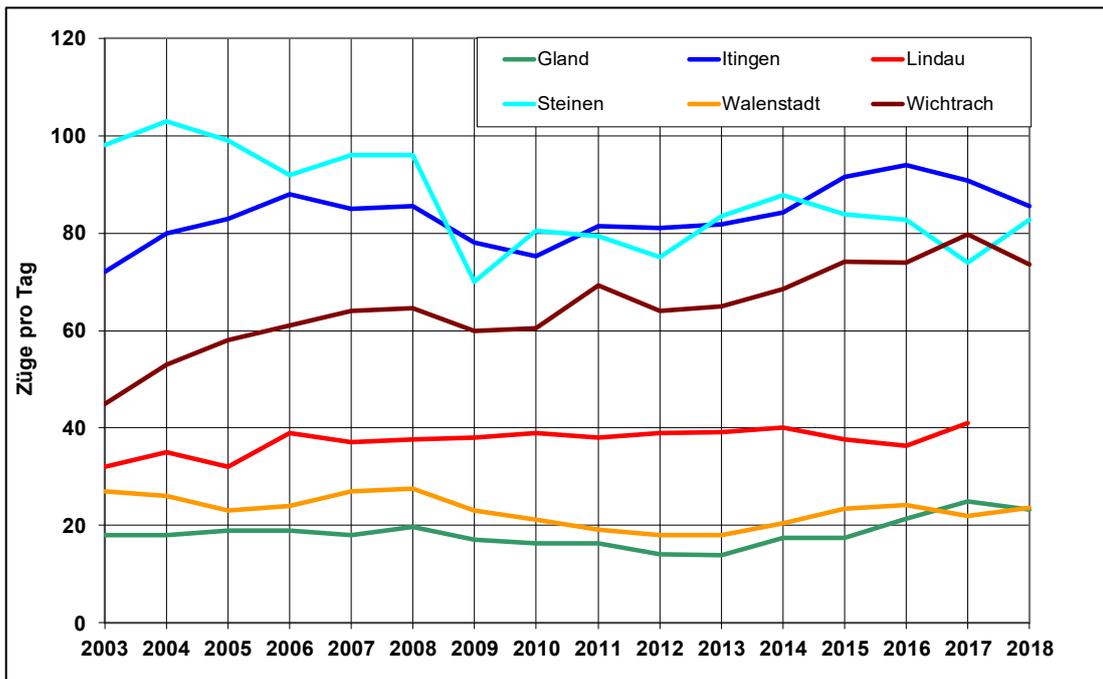


Abb. 23: Entwicklung Güterverkehr, mittlere Anzahl Züge pro Tag 2003-2018

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
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 Zugvorbeifahrt dB(A), vgl. Anhang 3
Lr,e	Emissionsbeurteilungspegel der Lärmemission gemäss Lärmschutzverordnung (LSV), entspricht der Summe von Leq,e und Pegelkorrektur K1
LSV	Lärmschutzverordnung vom 15. Dezember 1986 [3]
L_{λCA}	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 [19]
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 [12]
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	

Verzeichnis der Anhänge

ANHANG 1	Messkonzept
ANHANG 2	Messnetz
ANHANG 3	Spezielle Messgrößen
ANHANG 4	Kennzahlen 2018
ANHANG 5	Monatsmittelwerte Lr,e 2003-2018
ANHANG 6	Schienenrauheit und Track-Decay-Rate 2018
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 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.

Ort	Code	DfA -Nr.	Bahn-km	Gleis-Nr. (Monitoring)	Hauptfahrrichtung	Schienen-typ	Schwellen- typ	Messperiode
Wichtrach	101	290	127.4	317	Bern-Thun	UIC 60	Beton (bis 4.14) B-91 (ab 4.14) Beton (bis 4.13) B-91 (ab 4.13)	seit 1.1.2003
				417	Thun-Bern	UIC 60		
Gland	102	150	32.6	121	Genf-Lausanne	UIC 60	B-91	seit 1.7.2003
				221	Lausanne-Genf	UIC 60	B-91	
Itingen	103	500	19.8	218	Olten-Basel	UIC 60	B-70	seit 1.2.2003
				118	Basel-Olten	UIC 60	B-70	
Steinen	104	600	14.7	115	Flüelen-Arth-Goldau	UIC 60	B-91	seit 1.2.2003
				215	Arth-Goldau-Flüelen	UIC 60	B-91	
Walenstadt	105	890	10.6	112	Sargans-Zürich	UIC 54	Zweiblock SL (bis 11.06)	seit 1.1.2003
				112	Sargans-Zürich	UIC 60	B-91 (ab 11.06)	
				212	Zürich-Sargans	UIC 60	B-70	
Lindau	106	751	19.6	120	Winterthur-Zürich	UIC 60	B-70 (8.17)	seit 1.4.2003 vorübergehend ausser Betrieb seit 1.9.17
				220	Zürich-Winterthur	UIC 60	B-91(bis 8.17)	

Tabelle A2.1: Messstandorte festes Messnetz

Ort	Code	DfA-Nr.	Bahn-km	Gleis-Nr. (Monitoring)	Hauptfahrrichtung	Schienentyp	Schwellentyp	Messperiode
Metten-dorf	107	840	47.5	150 250	Frauenfeld-Romanshorn Romanshorn-Frauenfeld	UIC 54E UIC 54E	Stahl Stahl	9.11.-29.11.2009
Wikon	108	500	49.5	149 249	Luzern-Olten Olten Luzern	UIC54E UIC54E	Stahl Stahl	24.4.-27.5.2010
Windisch	109	710	29	128 228	Brugg-Baden Baden-Brugg	UIC60 UIC60	Beton B70 Beton B91	12.8.-8.9.2010
Bavois	110	210	23.2	513 613	Lausanne-Olten Olten-Lausanne	UIC60 UIC60	Beton B70 Beton B70	17.9.-7.10.2010
Versvey	111	100	35.2	123 223	Lausanne-Sion Sion-Lausanne	UIC54 UIC54	Holz Holz	8.10.-9.11.2010
Melano	112	600	193.1	100 200	Chiasso-Lugano Lugano-Chiasso	UIC54 UIC54	Holz Holz	10.9.-23.9.2011
Schönen-werd	113	540	47.7	300 400	Aarau-Olten Olten-Aarau	UIC60 UIC60	Holz Holz	17.8.-2.9.2011
Villna-chern	114	700	34.6	134 234	Brugg-Pratteln Pratteln-Brugg	UIC60 UIC60	Beton Beton	27.6.-8.8.2011
Selzach	115	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 Zugs vorbeifahrt wird ein Datensatz mit den gemessenen und berechneten Grössen abgelegt. In einer separaten Datei werden das Achsmuster und der Pegel-Zeit-Verlauf gespeichert.

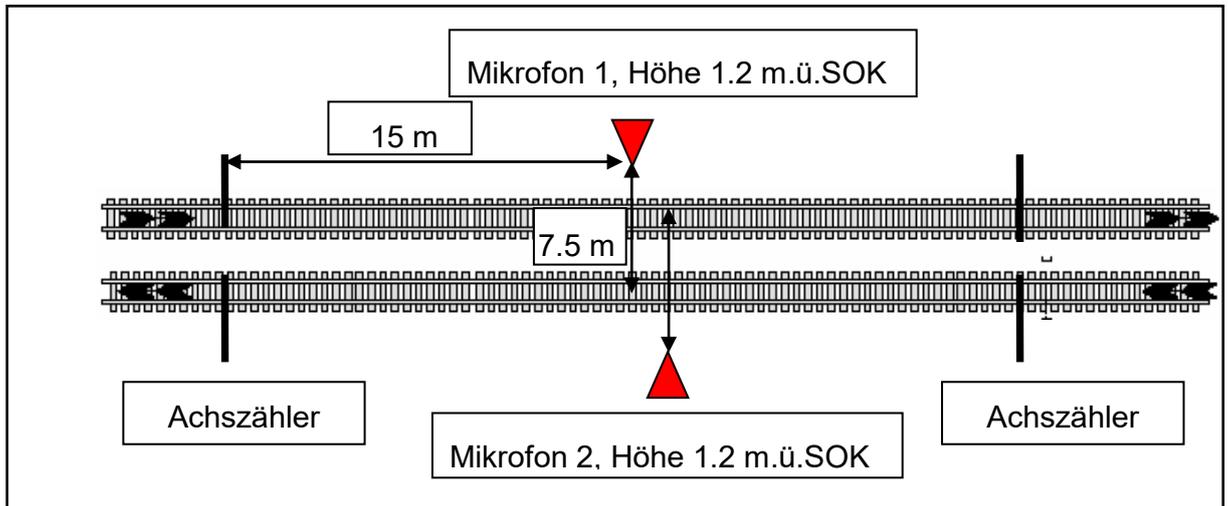


Abb. A2.1: Situation Messstandort

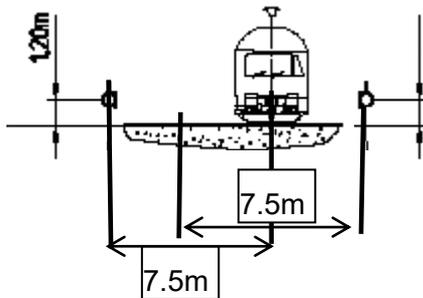


Abb. A2.2: Querschnitt Messstandort

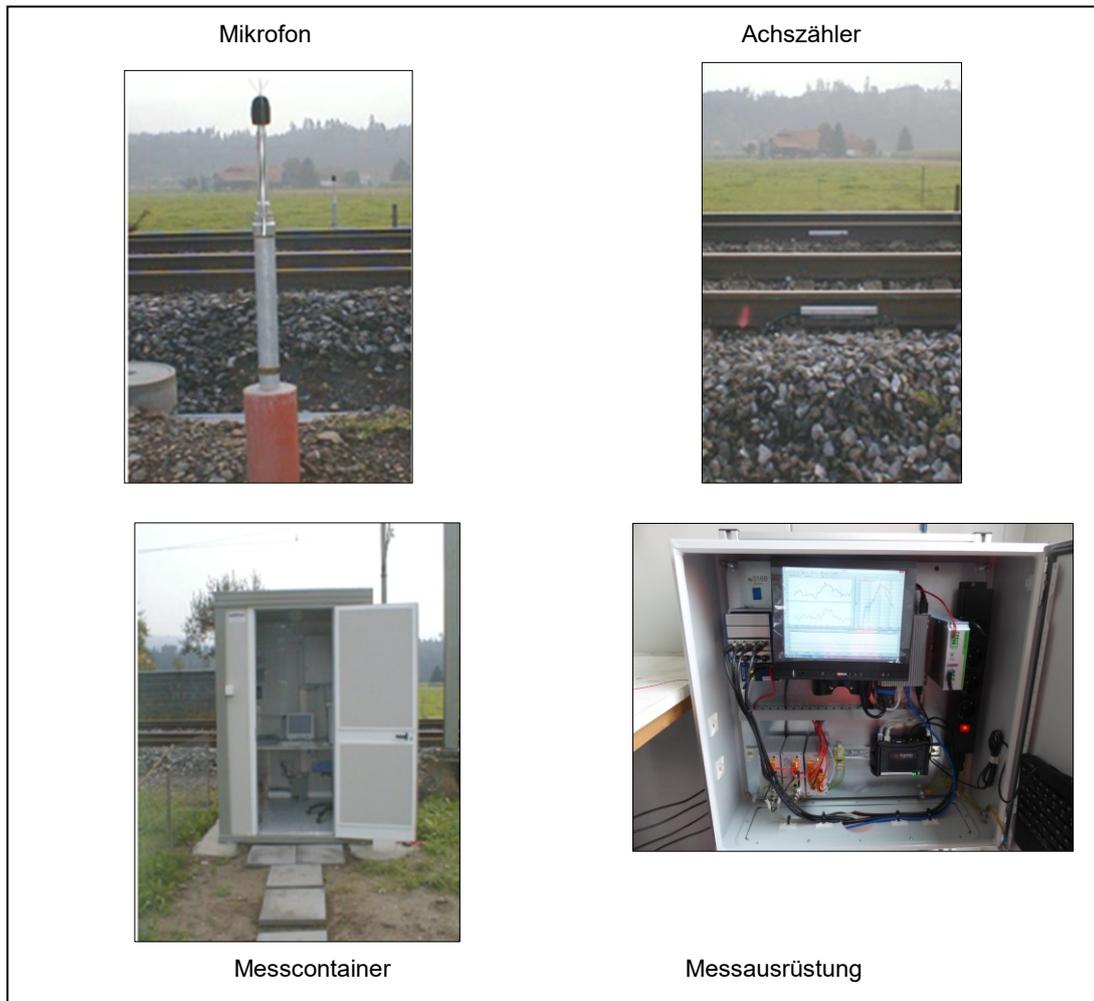


Abb. A2.3: Messtation

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 Zugs vorbeifahrt.

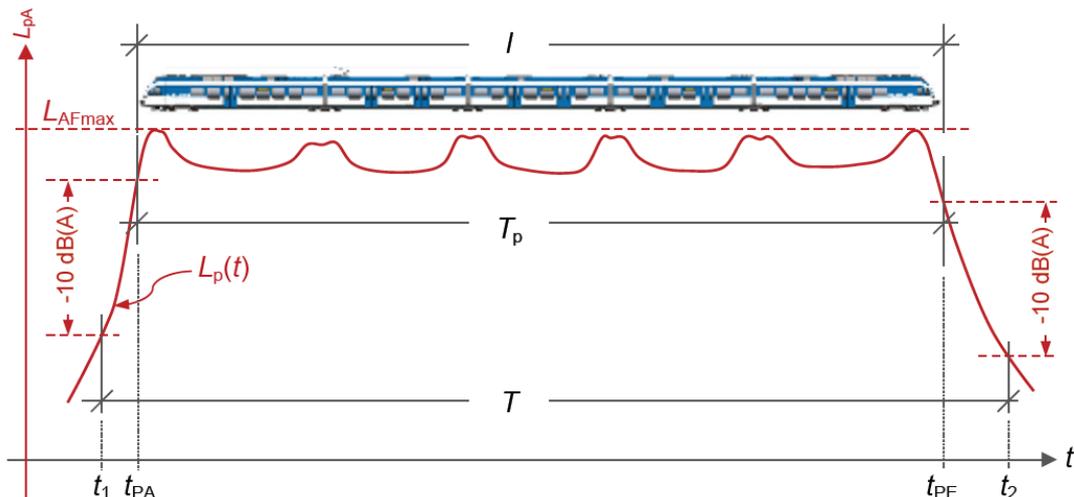


Abbildung A3.1. Schematische Darstellung des Zeitverlaufs des Schalldruckpegels $L_{pA}(t)$ einer Zugs vorbeifahrt mit Einzeichnung wichtiger Grössen.

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 Zugs vorbeifahrt in dB(A)

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

L_{AFmax}	maximaler A-bewerteter, mit Zeitkonstante FAST gemessener Schalldruckpegel der Zugs vorbeifahrt 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	Auswertzeit (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

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

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

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

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, die mit mehr als 60 km/h ($V_Z > 16.67 \text{ m/s}$) und ohne Beschleunigung (positiv oder negativ) stattgefunden haben

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

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

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

$TEL80_{gew}$ 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

$$L_{eq,e} = 8.75 dB(A) + 10 \lg \left(\sum_N 10^{\frac{SEL}{10dB}} \right) dB(A) - A1 \quad (7)$$

mit

$A1 = 10 \lg(16 \text{ h} \cdot 3'600 \text{ s/h} \cdot 1/\text{s}) \text{ dB(A)}$ für den Tag, $06:00:00 \leq t_1 < 22:00:00$

$A1 = 10 \lg(16 \text{ h} \cdot 3'600 \text{ s/h} \cdot 1/\text{s}) \text{ dB(A)}$ für die Nacht,

$t_1 < 06:00:00 \parallel t_1 \geq 22:00:00$

N Anzahl der Züge

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

$$L_{eq,e, \text{Monat} / \text{Jahr}} = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_N 10^{\frac{L_{eq,e}}{10}} \right) dB(A) \quad (8)$$

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)

$$Z_m = \frac{n_{Axles}}{N} \quad (9)$$

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)

$$V_{eff} = \frac{\left(\sum_N V_Z \right)}{N} \quad (10)$$

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)

$$l_m = \frac{\left(\sum_N l \right)}{N} \quad (11)$$

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)

$$V_{gew} = \frac{\left(\sum_N (V_Z \cdot l) \right)}{\left(\sum_N l \right)} \quad (12)$$

$K1$ Pegelkorrektur nach Lärmschutzverordnung (LSV) in Abhängigkeit der Verkehrsmenge

$$K1 = \begin{array}{ll} -15 \text{ dB(A)} & \text{für } N < 7.9 \\ 10 \lg\left(\frac{N}{250}\right) \text{ dB(A)} & \text{für } 7.9 \leq N \leq 79 \\ -5 \text{ dB(A)} & \text{für } N > 79 \end{array} \quad (13)$$

mit N ist die 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

$$L_{r,e} = L_{eq,e} + K1 \quad (14)$$

Vergleich mit Messungen in Deutschland

Bei vergleichbaren Messungen in Deutschland wird der Mittelungspegel L_{Aeq} in einer Distanz von 25 ausgewiesen:

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

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

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

Einzahlwert für Rauheit $L_{\lambda CA}$

$L_{\lambda CA}$ ist ein Einzahlwert für die Rauheit von Schiene und Rad. Die Grösse berücksichtigt die Bedeutung der verschiedenen Wellenlänge für die Geräusentstehung. Die Werte sollten proportional zur Lärm-entwicklung sein. Die Grösse wird wie folgt berechnet [6]:

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

wobei

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

$\Lambda(\lambda)$ $= -a \cdot \text{LOG}(\lambda/\lambda_0)$ Lambda-Filter in [dB], mit $\lambda_0 = 5 \text{ cm}$, $a=25 \text{ cm}$

$C(\lambda)$ Kontaktfilter:

$C(\lambda) = 0$ für $\lambda \geq 10^{(8.5/10)}$

$C(\lambda) = 10 \cdot \text{LOG}(\lambda) - 8.5$ für $10^{(3.5/10)} < \lambda < 10^{(8.5/10)}$

$C(\lambda) = 20 \cdot \text{LOG}(\lambda) - 12$ 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 = Zuggeschwindigkeit [km/h]

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

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
Glatte 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 2018

Station		Lr,e [dBA] alle Züge		K1		Leq,e [dBA] alle Züge	
		T	N	T	N	T	N
I02	Gland	71.5	65.4	-5.0	-7.6	76.5	73.0
I03	Itingen	77.1	77.1	-5.0	-5.0	82.1	82.1
I06	Lindau						
I04	Steinen	72.3	71.1	-5.0	-6.5	77.3	77.7
I05	Walenstadt	77.4	68.5	-5.0	-9.9	82.4	78.4
I01	Wichtrach	74.5	74.2	-5.0	-6.2	79.5	80.4
I15	Selzach	72.1	70.8	-5.0	-6.8	77.1	77.6

Tabelle A4.1: Jahresmittelwerte 2018, Akustik

T=Tag 6-22 Uhr, N= Nacht 22-6 Uhr

Station		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	259	43	243	30	13	10	35	30	35	28	50	40	219	174	220	175	236	216
I03	Itingen	338	78	277	44	54	32	43	52	33	26	98	93	247	261	212	161	458	419
I06	Lindau																		
I04	Steinen	200	55	150	19	47	36	40	66	26	20	87	92	221	339	162	126	421	456
I05	Walenstadt	146	25	126	17	16	7	33	34	29	23	72	65	201	201	183	144	388	359
I01	Wichtrach	244	61	197	28	43	30	44	58	33	28	96	90	249	287	206	169	464	420
I15	Selzach	166	53	132	23	30	27	30	33	27	22	46	44			178	145	226	231

Tabelle A4.2: Jahresmittelwerte 2018, Verkehr

Alle Züge = Personenzüge(PZ)+Güterzüge(GZ)+Dienstzüge+nicht bestimmbare Züge

ANHANG 5: MONATSMITTELWERTE LR,E 2003-2018

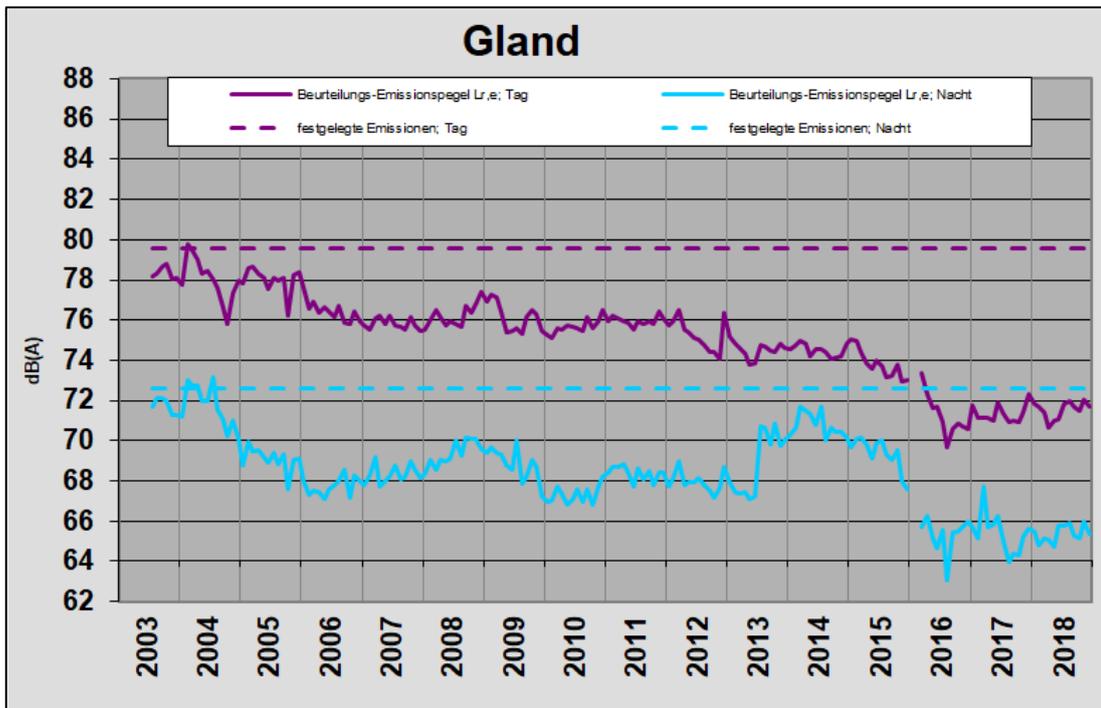


Abb. A5.1: Messstation Gland, Messwerte Lr,e (Monatsmittel)

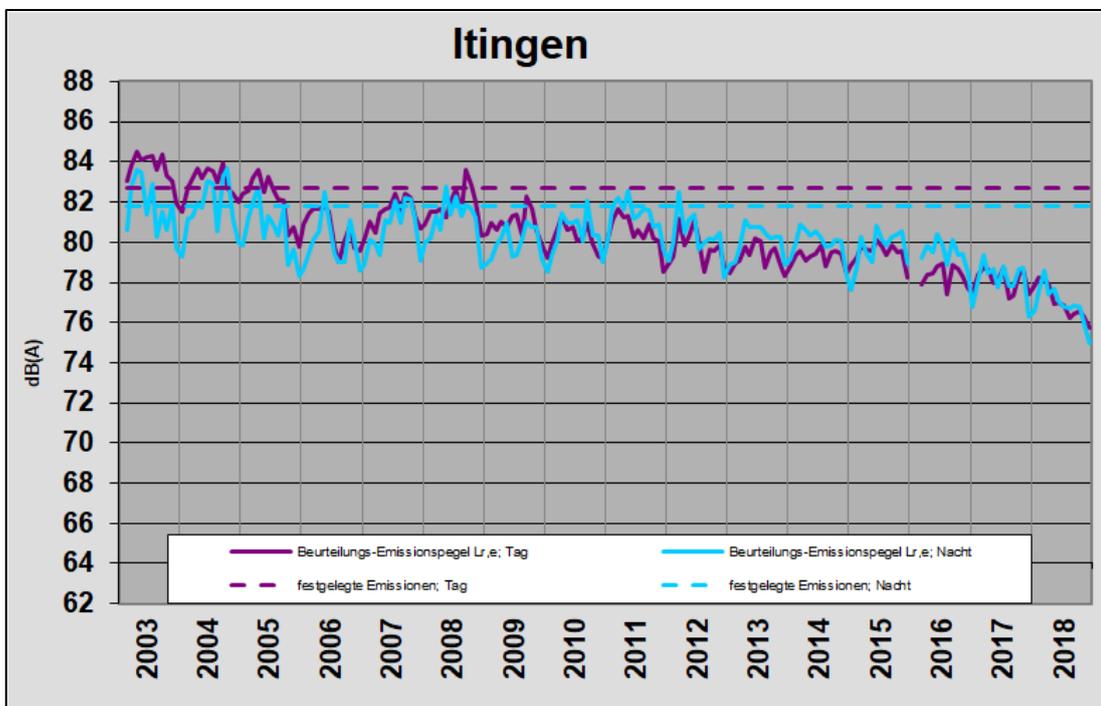


Abb. A5.2: Messstation Itingen, Messwerte Lr,e (Monatsmittel)

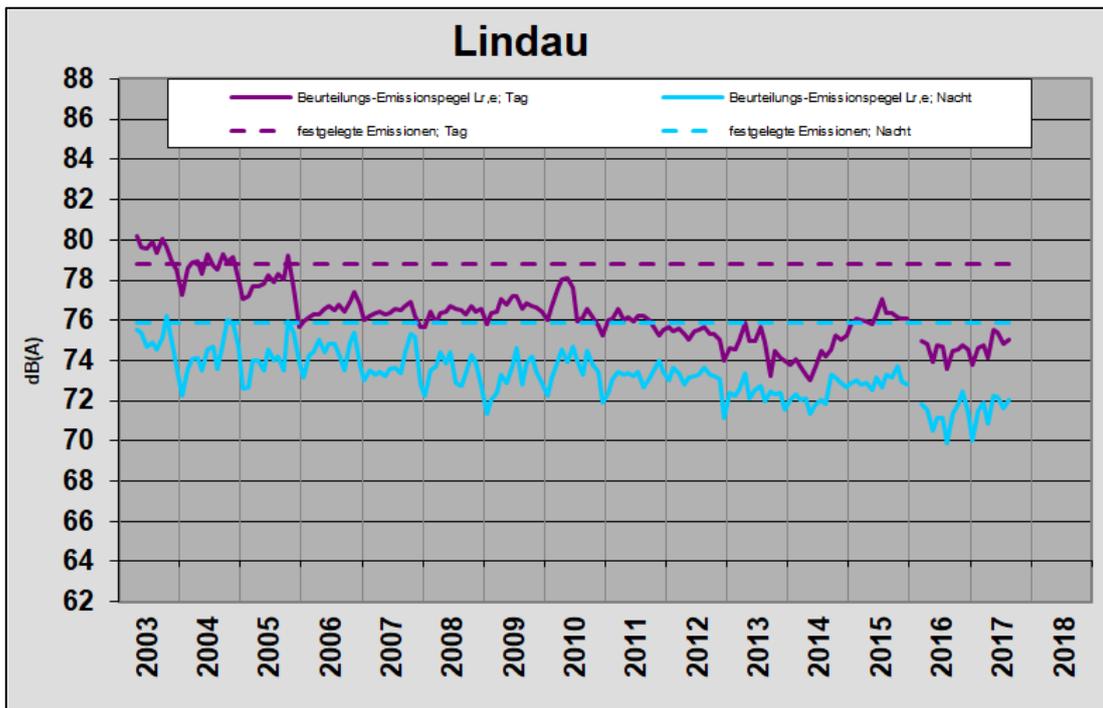


Abb. A5.3: Messstation Lindau, Messwerte Lr,e (Monatsmittel)

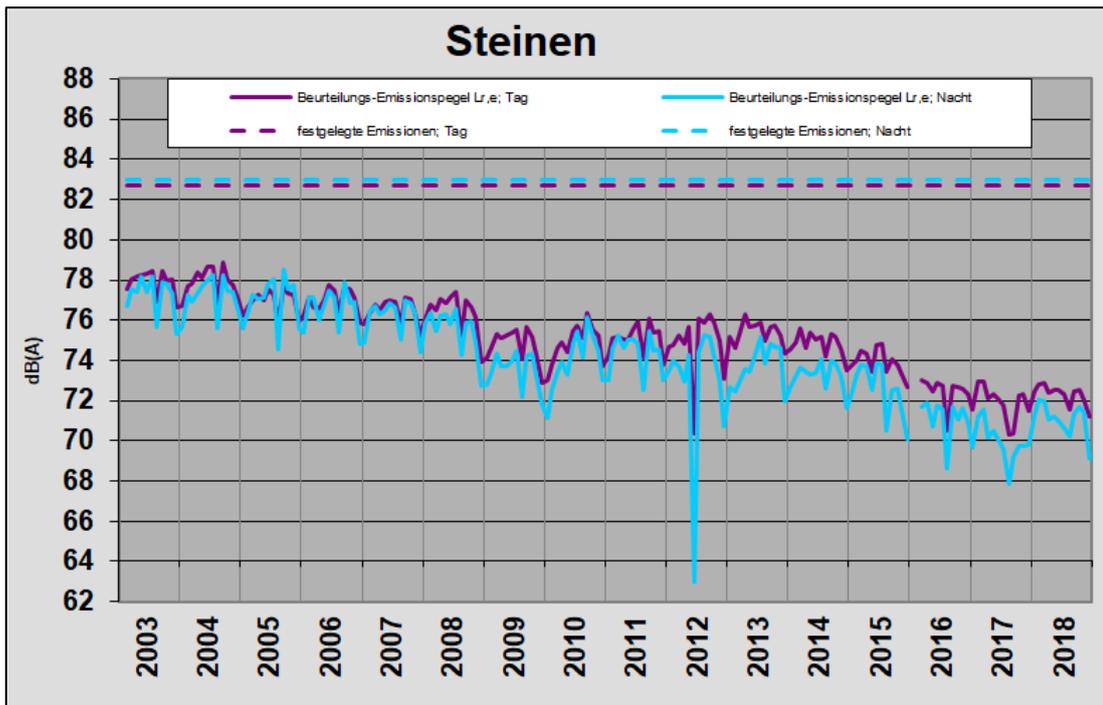


Abb. A5.4: Messstation Steinen, Messwerte Lr,e (Monatsmittel)

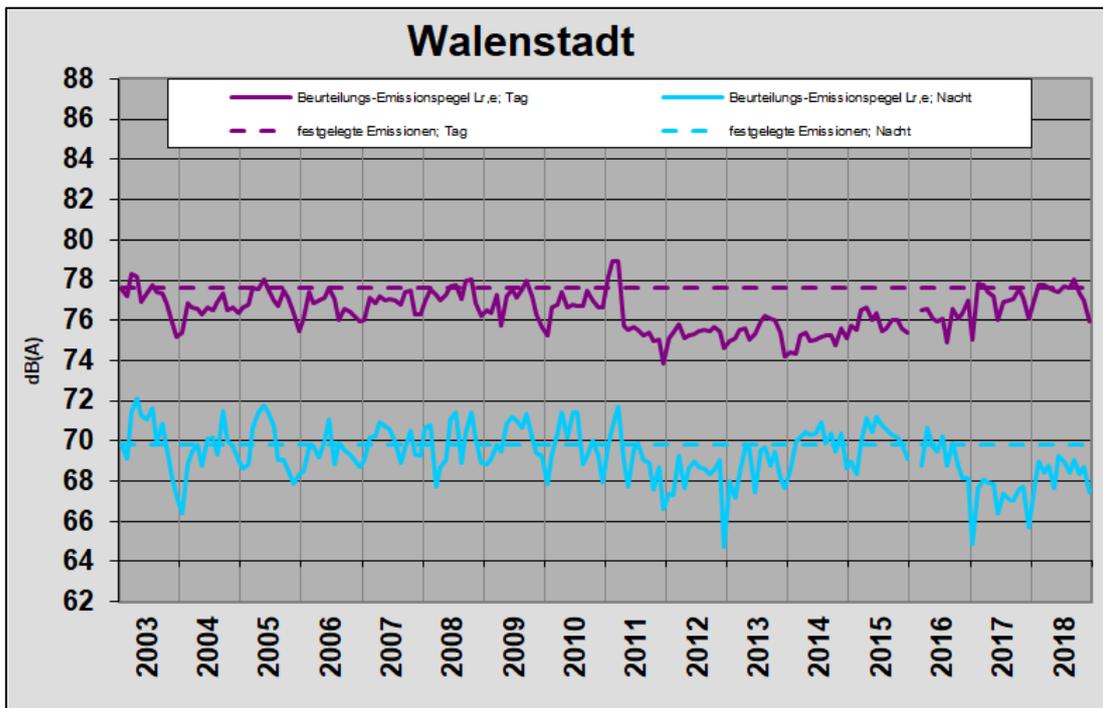


Abb. A5.5: Messstation Walenstadt, Messwerte Lr,e (Monatsmittel)

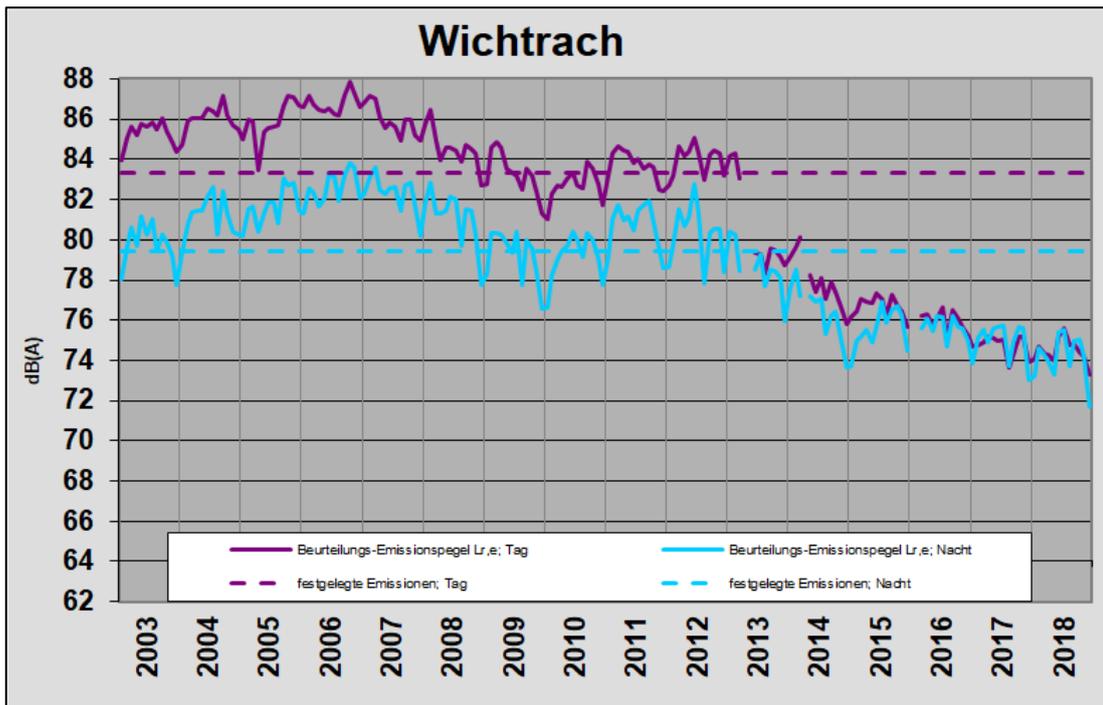


Abb. A5.6: Messstation Wichtrach, Messwerte Lr,e (Monatsmittel)

ANHANG 6: SCHIENENRAUHEIT UND TRACK-DECAY-RATE 2018

Station		Gleis	Rauheit L _{ACA} [dB]		Abklingrate TNR [dB]		Messung	
			80 km/h	120 km/h	PZ 140 km/h	GZ 90 km/h	[°C]	Datum
I02	Gland	121	1.1	2.1	-5.88	-5.06	11	13.11.2018
		221	1.2	1.7	-5.53	-4.85	12	13.11.2018
I03	Itingen	118	1.7	2.6	-3.03	-2.90	19	11.11.2018
		218	2.7	3.3	-2.92	-2.66	13	11.11.2018
I06	Lindau	120						
		220						
I04	Steinen	115	0.9	3.9	-4.39	-4.14	12	14.11.2018
		215	-3.5	-2.7	-4.95	-4.47	11	14.11.2018
I05	Walenstadt	112	1.9	3.8	-3.85	-3.71	19	10.11.2018
		212	7.3	8.3	-3.37	-3.07	22	10.11.2018
I01	Wichtrach	317	2.0	3.2	-4.41	-4.09	15	12.11.2018
		417	2.8	3.5	-4.54	-4.22	20	12.11.2018

Tabelle A6.1: Rauheitswerte und Track-Decay-Rate 2018 pro Gleis

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] Technische Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) zum Teilsystem „Fahrzeuge — Lärm“, Amtsblatt der EU vom 12. Dezember 2014.
- [9] DIN EN 15610: Bahnanwendungen – Geräuschemission – Messung der Schienenrauheit im Hinblick auf die Entstehung von Rollgeräusch, 8/2009.
- [10] BAFU: sonRAIL, Projektdokumentation, 2010.
- [11] BAV: Monitoring lärmarme Güterwagen, 2. Halbjahr 2018.
- [12] Thompson David: Single Number Descriptor of Track Decay Rates, A Proposal for SBB, 2012.
- [13] Hafner M., Scossa-Romano E.: Angleichung der SEMIBEL Emissionsparameter an die sonRAIL Emissionsmessungen durch "curve fitting", Bern, 2013.
- [14] DIN EN 15461: Bahnanwendungen - Schallemission - Charakterisierung der dynamischen Eigenschaften von Gleisabschnitten für Vorbeifahrtsgeräuschmessungen, 1/2011.
- [15] MBBM: Monitoring Eisenbahnlärm 2015-2025, Sondermessungen Standort I15 – Selzach, 2018.
- [16] MBBM: Monitoring Eisenbahnlärm 2015-2025, Umbau Messstation Walenstadt Dokumentation der Messdifferenzen, 2018.