

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 11 11
F +41 58 765 69 93
www.empa.ch

Klaus Kammer
Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie
und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Umwelt BAFU
Sektion Umweltbeobachtung
3003 Bern

Auswertung der Lärmmonitoring-Daten 2020

Untersuchungsbericht: Empa-Nr. 5214.027080

Ihr Auftrag vom: 30. März 2021

Anzahl Seiten inkl. Beilagen: 27

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Auftrag	3
2 Einleitung	3
3 Vorgehen	4
4 Ergebnisse	7
5 Diskussion	25
A Belagshistorie	27

Dübendorf, 13. Juli 2021
Der Projektleiter:



Dr. Kurt Heutschi

Abteilung Akustik / Lärminderung
Der Abteilungsleiter:



Dr. Jean Marc Wunderli

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Autor/Auftragnehmer

Kurt Heutschi
Empa, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf, Tel. +41 58 765 47 43

Hinweis: Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Zusammenfassung

In einer zweistufigen Prozedur wurden die MFM-U Strassenlärmmonitoringdaten vom 1.1.2020 bis zum 31.12.2020 aufbereitet. Dabei wurde das ganze Jahr 2020 als Einheit sowie jeder Monat separat ausgewertet. In einem ersten Schritt wurden pro Standort anhand der Verkehrszahlen, Geschwindigkeiten und Messwerte Korrekturen zum Emissionsmodell aus SonRoad bestimmt. Im zweiten Schritt wurden schliesslich die totalen durchschnittlichen Freifeldemissionspegel in 1 m Abstand berechnet, unter der Annahme, dass der ganze Verkehr auf eine Spur konzentriert würde. Die Aufschlüsselung in verschiedene Fahrzeugkategorien ergab für die Monate des Jahres 2020 tags akustische Energieanteile des Güterschwerverkehrs zwischen 13 und 45 %, nachts zwischen 13 und 48 %. Die Auswertung der durchschnittlichen Wochengänge zeigt an allen Standorten grosse Variationen in den Freifeldemissionen des Güterschwerverkehrs. Sonntags liegen die 24h-Werte typisch rund 10 dB, Samstags rund 5 dB tiefer als an Wochentagen. In den Tagesgängen der 1h-Werte springt ins Auge, dass wochentags in der Stunde von 5:00 bis 5:59 bereits bedeutende Güterschwerverkehr-Freifeldemissionen entstehen, die nur wenig tiefer liegen als während der Spitzenstunde tagsüber.

Parallel zur Analyse mit SonRoad wurde zusätzlich eine Mikrofonpegelberechnung mit sonROAD18 durchgeführt und daraus für jeden Standort eine spektrale sonROAD18-Belagskorrektur bestimmt.

Für die Analyse der Tenniken-Daten wird jeweils auf die Verkehrszählung Eptingen abgestellt. Diese Zählstelle zeigt für das ganze Jahr 2020 ungewöhnliche Fahrzeugkategorienzuteilungen, sodass keine zuverlässige Umrechnung der Akustikdaten auf Freifeldemissionspegel möglich ist. Aus diesem Grund wurde auf eine Auswertung in Tenniken verzichtet.

1 Auftrag

Mit Vertrag vom 30. März 2021 beauftragte das BAFU die EMPA, Abteilung Akustik / Lärminderung mit der Auswertung und Aufbereitung der MFM-U Lärmmonitoringdaten 2020. Wie im Vorjahr wurden die Auswertungen um die Ermittlung von Tages- und Wochenganglinien ergänzt. Zusätzlich wurde eine Bestimmung der Belagskorrektur gemäss dem neuen Strassenlärmemissionsmodell sonROAD18 vorgenommen.

2 Einleitung

Das MFM-U Strassenlärmmonitoring erfolgt an jedem Standort mittels zweier je auf einer Seite der Autobahn installierter Mikrophone. Die Nähe der Messpositionen zu den Fahrspuren führt dazu, dass die Mikrofonpegel sowohl von den Fahrzeugemissionen als auch von der befahrenen Fahrspur abhängen. Dieser Fahrspureinfluss ist unerwünscht, da dadurch systematische Abhängigkeiten z.B. von der Verkehrsstärke auftreten können. So ist zu erwarten, dass nachts bei schwachem Verkehr die meisten Fahrzeuge auf der Normalspur verkehren. Tagsüber bei hohem Verkehrsaufkommen verteilen sich die Fahrzeuge auf die Normal- und Überholspur. Da bei gleicher Emission ein Fahrzeug auf der Überholspur im Vergleich zu einem Fahrzeug auf der Normalspur rund 2 dB tiefere Pegel am Mikrofon erzeugt, liegen nach einer Korrektur für die Verkehrsstärke und die Geschwindigkeit die Pegel tags systematisch tiefer als in der Nacht. Für die Kommunikation der Emissionen an den MFM-U Standorten wäre es vorteilhaft, diesen Fahrspureffekt zu kompensieren. Überdies ist es wünschenswert, die Emissionen getrennt für den Güterschwerverkehr und den übrigen Verkehr auszuweisen.

In den EMPA-Untersuchungen 432'309 [1] und 457'657 [2] wurden für alle MFM-U Monitoringstationen die Ausbreitungsdämpfungen von den einzelnen Fahrspuren zu den Mikrofonen bestimmt. Es ist damit in Kenntnis der Geschwindigkeiten und der Verkehrsdaten pro Fahrspur im Prinzip möglich, aus den Monitoringdaten auf die durchschnittliche Emission der beiden (akustisch motivierten) Fahrzeugkategorien Personen- und Lastwagen zu schliessen [3]. Die Kategorisierung in Personen- und Lastwagen ist durch das Quellenmodell aus SonRoad [4] bedingt. Die Emissionskennwerte können als fundamentale Beschreibungsgrössen des Fahrzeugparkes auf dem jeweiligen Belag angesehen werden. In einem zweiten Schritt werden anhand dieser Emissionswerte, der Geschwindigkeiten und der Verkehrszahlen die totalen Emissionen der Strasse berechnet.

3 Vorgehen

3.1 Primäre Auswertungen

Die Grundlage bildeten folgende Daten:

- Verkehrszahlen: Stundenwerte pro Fahrspur und SWISS7 Fahrzeugkategorie (siehe Tabelle 1)
- ASTRA Zählerinformationen: für jedes Einzelereignis mit Geschwindigkeit und Aufschlüsselung nach Fahrzeugkategorie, bzw. stündliche Geschwindigkeitsmittelwerte pro Fahrspur und Fahrzeugkategorie
- Lärmmonitoringdaten: Leq-Halbstundenwerte pro Mikrofon als A-Pegel und in Terzbändern

Überdies wurde auf das akustische Emissionsmodell aus SonRoad [4] sowie auf die akustischen Ausbreitungsdämpfungen von den einzelnen Fahrspuren zu den Mikrofonen [1] zurückgegriffen.

Klassennummer	Fahrzeugkategorie
1	Busse/Cars
2	Motorräder
3	Personenwagen
4	Lieferwagen
5	Lastwagen
6	Lastenzüge
7	Sattelzüge

Tabelle 1: SWISS7 Fahrzeugklassierung.

In einem ersten Auswerteschritt wurden die halbstündigen Akustikdaten zu Stundenwerten zusammengefasst. Dies wurde durch energetische Mittelwertbildung jeweils zweier Halbstundenwerte erreicht.

Der Verkehr wurde in vier Sammelkategorien zusammengefasst:

PW (akustische Personenwagen) umfasst die SWISS7 Kategorien 3 und 4

LW (akustische Lastwagen) ¹ umfasst die SWISS7 Kategorien 1, 2, 5, 6, und 7

Güterschwerverkehr umfasst die SWISS7 Kategorien 5, 6 und 7

übriger Verkehr umfasst die SWISS7 Kategorien 1...4

In einem nächsten Schritt wurden die Stunden mit überwiegend *PW* Verkehr detektiert, wobei folgende Bedingung gestellt wurde: $(\text{Anzahl } PW) > 30 \times (\text{Anzahl } LW)$. Dies sind naturgemäss primär Nacht- und Wochenendstunden.

Anhand der ASTRA Zählerinformationen wurden für jede Stunde die durchschnittlichen Geschwindigkeiten für die Kategorien *PW* und *LW* getrennt nach Normalspur und Überholspur bestimmt. Da die ASTRA Zählerinformation nicht vollständig ist, wurden mittlere Geschwindigkeiten als Funktion der Tagesstunde bestimmt. Für die Stunden ohne ASTRA Zählerinformation wurden die entsprechenden Schätzwerte angenommen.

Basierend auf dem akustischen Emissionsmodell aus SonRoad und in Kenntnis der Ausbreitungsdämpfungen wurden mittels der Verkehrszahlen und Geschwindigkeiten in den Kategorien *PW* und *LW* die zu erwartenden Mikrofonpegel berechnet [1]. Im Vergleich mit den tatsächlich gemessenen Pegeln wurden jene 30% der Werte verworfen, die die grössten Differenzen Messung-Berechnung aufwiesen. Damit wurden aussergewöhnliche Situationen wie Stau oder nasse Fahrbahnen etc. ausgeschlossen.

In einer Optimierungsprozedur wurde die quadratische Fehlersumme Messung-Berechnung minimiert, indem an den Emissionstermen von SonRoad eine Korrektur vorgenommen wurde. Dies geschah zuerst nur durch Variation des *PW* Emissionswertes, wobei dafür lediglich die Messperioden mit überwiegend *PW* Verkehr herangezogen wurden. In einem zweiten Umlauf wurde der *LW* Emissionsterm variiert, wobei hier alle

¹Die rechnerische Emissionsmodellierung unterscheidet nur die beiden Fahrzeugkategorien *akustische Personenwagen* und *akustische Lastwagen*. Als *akustische Lastwagen* werden auch die vergleichbare Emissionen erzeugenden Busse und Motorräder gezählt. Wie in einer früheren Untersuchung gezeigt wurde, ist der Einfluss dieser beiden Kategorien weitgehend vernachlässigbar.

Messperioden berücksichtigt wurden. Nach Abschluss dieser Optimierung lagen zwei Korrekturwerte G_{PW} und G_{LW} vor, die die Abweichung der Emissionen in den beiden Kategorien PW und LW gegenüber SonRoad beschreiben.

In einem letzten Schritt wurden schliesslich im Sinne eines Mittelwertes die entstandenen Emissionen für die ganze Strasse bestimmt. Dazu wurde an jedem MFM-U Standort der Verkehr auf eine Spur konzentriert und der resultierende A-bewertete Leq_{tot} in 1 m Abstand unter Freifeldbedingungen, d.h. ohne Bodeneinfluss ausgewiesen (siehe Gl. 1 bis 4 bzw. [1] und [4]). Diese Berechnung verwendete das Emissionsmodell von SonRoad mit den gefundenen Korrekturwerten G_{PW} und G_{LW} , die Verkehrszahlen und Geschwindigkeiten. Der Leq_{tot} ist für den Gesamtverkehr und für den *Güterschwerverkehr* ausgewiesen und zwar getrennt für den Tag (6-22 Uhr) und die Nacht (22-6 Uhr).

$$Leq_{tot} = 10 \log \left(\sum_{j,k} 10^{0.1(G_j + Leq_{j,k})} \right) \quad (1)$$

mit

G_j Pegelanpassung für die beiden Fahrzeugkategorien ($j = PW$ bzw. LW)

$$Leq_{j,k} = L_{W,A,j,k} - 28.5 - 10 \log(v_{j,k}) - 7.5 + 10 \log(N_{j,k}) \quad (2)$$

mit

$L_{W,A,j,k}$ A-bewerteter Schalleistungspegel eines Fahrzeuges der Kategorie j auf der Spur k
 $v_{j,k}$ Mittlere Fahrzeuggeschwindigkeit eines Fahrzeuges der Kategorie j auf der Fahrspur k in km/h
 $N_{j,k}$ Stündliche Verkehrsmenge der Kategorie j auf der Fahrspur k

$$L_{W,A,PW,k} = 28.5 + 10 \log \left(10^{0.1(7.3+35 \log(v_{PW,k}))} + 10^{0.1(60.5+10 \log(1+(\frac{v_{PW,k}}{44})^{3.5}))} \right) \quad (3)$$

$$L_{W,A,LKW,k} = 28.5 + 10 \log \left(10^{0.1(16.3+35 \log(v_{LW,k}))} + 10^{0.1(74.7+10 \log(1+(\frac{v_{LW,k}}{56})^{3.5}))} \right) \quad (4)$$

mit

$v_{j,k}$ Fahrzeuggeschwindigkeit der Kategorie j auf der Spur k [km/h]

Die Rechnung für den *Güterschwerverkehr* verwendete die *Güterschwerverkehr*-Verkehrszahlen, jedoch die Quellenleistung und Geschwindigkeiten der LW -Kategorie. Der dadurch verursachte Fehler lässt sich als gering abschätzen. Zum einen macht der Fahrzeuganteil der zwar zur LW -Klasse, aber nicht zur *Güterschwerverkehr*-Klasse gehört (SWISS7 Kategorien 1 und 2) stationsabhängig typisch weniger als 30% aus. Zum anderen liegt die gemittelte Quellenleistung der SWISS7 Kategorien 1 und 2 in der gleichen Grössenordnung wie die gemittelte Quellenleistung der SWISS7 Kategorien 5 bis 7. Eine leichte Überschätzung des *Güterschwerverkehr*- Leq_{tot} ergibt sich aus dem Umstand, dass die verwendete LW -Geschwindigkeit mit den zusätzlichen Kategorien Busse/Cars und Motorräder tendenziell etwas höher liegen dürfte als die effektive *Güterschwerverkehr*-Geschwindigkeit.

Nebst der gemäss LSV vorgegebenen Tag/Nacht-Aufschlüsselung wird zusätzlich der sogenannte day-evening-night-Pegel L_{den} ausgewertet. Dabei wird die Lärmbelastung durch einen einzigen Pegel dargestellt, wobei zur Abbildung der erhöhten Störf Wirkung in den Abend- und Nachtstunden eine entsprechende Gewichtung vorgenommen wird:

$$L_{den} = 10 \log \left[\frac{d}{24} \cdot 10^{0.1L_d} + \frac{e}{24} \cdot 10^{0.1(L_e+K_e)} + \frac{24-d-e}{24} \cdot 10^{0.1(L_n+K_n)} \right] \quad (5)$$

L_d entspricht dem Leq während den Tagstunden, L_e dem durchschnittlichen Abendpegel und L_n dem durchschnittlichen Nachtpegel. Der Zuschlag K_e entspricht 5 dB, K_n ist 10 dB. Bei der Definition des Abend-Zeitintervalls besteht ein gewisser Spielraum. Da in der Schweiz noch keine Einteilung festgelegt wurde,

wird hier die Abenddefinition von Deutschland übernommen, obwohl auf Grund der unterschiedlichen Arbeitszeiten abweichende Vorstellungen betreffend den Feierabend bestehen dürften. Es wird angenommen, dass der Tag von 6 bis 18 Uhr ($d = 12$), der Abend von 18 bis 22 Uhr ($e = 4$) und die Nacht von 22 bis 6 Uhr dauert.

3.2 Tages- und Wochenganglinien

In Erweiterung zur oben dargestellten Primärauswertung wurden zusätzlich an jedem Standort die Wochen- und Tagesgänge der Freifeldemissionen in den Fahrzeugkategorien *LW* (Güterschwerverkehr), *Rest* (übriger Verkehr) und *Tot* (Gesamtverkehr) bestimmt. Die Wochengänge zeigen die mittleren 24h Werte, aufgeschlüsselt nach Wochentagen. Die Tagesgänge zeigen die 1h Werte, aufgeschlüsselt nach Tagesstunde und Wochentag. In beiden Fällen wurden die Wochentage gemäss ihrem 7-Tage-Zyklus in die Statistik einbezogen. Hierbei wurde ignoriert, dass gewisse Feiertage auf Tage unter der Woche fielen. Wie in der Auswertung 2014 gezeigt wurde, ergeben sich dadurch nur geringe Unsicherheiten.

3.3 sonROAD18 Belagskorrektur

Mit sonROAD18 steht ein aktualisiertes Strassenlärm-Emissionsmodell [5] zur Verfügung, das für jede SWISS10-Fahrzeugkategorie die abgestrahlte Schalleistung in Abhängigkeit der Geschwindigkeit schätzt. Das Modell berücksichtigt eine auf das Rollgeräusch anzuwendende spektrale Belagskorrektur, die die akustischen Eigenschaften des Belags modelliert. Ausgehend von den stündlichen Verkehrsdaten wurden für diese Auswertung unter Berücksichtigung der geometrischen Verdünnung und der Luftdämpfung virtuelle Mikrofonpegel berechnet und die Belagskorrektur für beste Übereinstimmung mit den Messungen im Jahresmittel angepasst. Dabei wurde nicht nach den beiden Fahrtrichtungen unterschieden, sondern eine integrale Belagskorrektur pro Standort ermittelt. Zur Kontrolle der Symmetrie in beide Richtungen wurde anschliessend je die Differenz der gemessenen und berechneten Mikrofonpegel bestimmt. Die Parameteranpassungen und Vergleiche wurden anhand eines Plausibilitätskriteriums ausschliesslich auf Basis von *gültigen* Stundenwerten durchgeführt.

4 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden pro Standort die Emissionskorrekturwerte zu SonRoad, die mittleren Geschwindigkeiten, die durchschnittlichen stündlichen Verkehrsmengen auf allen Fahrspuren sowie die Freifeldemissionspegel als Leq in 1 m Abstand ausgewiesen. Zusätzlich sind die prozentualen Anteile der akustischen Energie der einzelnen Fahrzeugkategorien sowie die Tages- und Wochenganglinien angegeben. Als weitere Auswertung ist die spektrale Belagskorrektur für beste Übereinstimmung: *sonROAD18-Berechnung und Messung* angefügt.

4.1 Camignolo

Datengrundlagen:

- ASTRA Einzelereignisdaten 2020 (Zähler 289)
- Verkehrs- und Akustikdaten 2020

Bemerkung:

In den Monaten März und April standen keine regulären bzw. validierten Verkehrsdaten zur Verfügung. Für die Schätzung der stündlichen Verkehrsmengen wurde deshalb wie folgt vorgegangen:

- Berechnung der fahrspuraufgelösten stündlichen Verkehrsmengen in SWISS-10 Klassen aus den Einzelvorbeifahrtsdaten VBV durch OASI. Diese Daten weisen allerdings temporäre Lücken auf.
- Zusammenfassung der Daten zu fahrspuraufgelösten Verkehrsmengen in SWISS-7 Klassen.
- Berechnung der durchschnittlichen Anteile der Verkehrsmengen auf der Normal- bzw. Überholspur in SWISS-7 Klassen.
- Zusammenfassung der Verkehrsmengen auf der Normal- und Überholspur je als Summe in die beiden Richtungen Nord und Süd.
- Vergleich dieser Richtungssummen mit den Analysen des ASTRA. Bei Übereinstimmung (in knapp 80% der Stunden) direkte Verwendung der fahrspuraufgelösten Verkehrsmengen in SWISS-7 Klassen. Bei Abweichung Schätzung der fahrspuraufgelösten Verkehrsmengen in SWISS-7 Klassen aus den Analysen des ASTRA und den durchschnittlichen Anteilen der Verkehrsmengen auf der Normal- bzw. Überholspur.

	Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
G-PW	-2.3	-2.4	-2.7	-2.2	-2.2	-1.5	-1.9	-3.3	-2.7	-3.4	-2.1	-2.3	-1.0
G-LW	-1.6	-1.6	-1.7	-1.2	-0.5	-2.4	-2.2	-2.1	-2.7	-1.7	-1.5	-1.9	-1.3
v-PW-Tag	114.3	114.6	114.2	114.2	114.4	115.1	115.1	115.3	114.4	113.8	113.8	114.4	113.0
v-PW-Nacht	113.9	114.6	114.1	113.7	113.3	112.6	113.3	115.0	114.7	113.7	113.0	113.1	111.6
v-LW-Tag	94.6	91.8	92.1	91.7	93.2	96.0	96.7	97.7	98.4	96.9	94.0	92.2	90.2
v-LW-Nacht	94.4	93.2	93.3	91.4	92.8	93.9	95.6	96.7	98.5	95.9	93.4	92.7	90.5
N-LW-Tag	168	155	178	148	101	152	173	201	153	208	198	188	163
N-LW-Nacht	24	26	29	22	16	19	22	29	24	28	27	25	25
N-Tot-Tag	2580	2601	2613	1567	1050	1921	2684	3485	3467	3719	3219	2439	2228
N-Tot-Nacht	465	472	478	246	166	289	508	804	800	651	507	336	296
L-LW-Tag	80.7	80.1	80.7	80.3	79.5	79.6	80.4	81.2	79.5	81.7	81.5	80.7	80.5
L-LW-Nacht	72.3	72.5	72.8	72.1	71.4	70.4	71.3	72.8	71.4	72.9	72.7	72.0	72.4
L-Rest-Tag	84.9	84.6	84.3	82.6	81.1	84.3	85.5	85.7	85.9	85.8	85.8	84.3	85.0
L-Rest-Nacht	77.3	77.2	77.0	74.4	72.9	75.8	78.1	79.1	79.5	78.0	77.7	75.6	76.0
L-Tot-Tag	86.3	85.9	85.9	84.6	83.4	85.6	86.7	87.0	86.8	87.2	87.2	85.9	86.3
L-Tot-Nacht	78.5	78.5	78.4	76.4	75.2	76.9	78.9	80.0	80.1	79.2	78.9	77.2	77.6
v-PW-Tag6-18	113.8	114.0	113.6	114.0	114.1	114.6	114.6	114.4	113.8	113.3	113.3	114.0	112.5
v-PW-Evening	116.6	116.9	116.3	115.6	115.5	117.2	117.1	118.2	116.9	116.2	116.1	116.4	115.4
v-LW-Tag6-18	93.9	91.2	91.4	91.5	92.8	95.2	95.7	96.5	97.3	96.1	93.3	91.9	89.8
v-LW-Evening	99.3	95.6	96.1	93.0	95.8	100.0	102.2	104.2	105.0	102.7	99.0	94.9	92.6
N-LW-Tag6-18	200	182	213	172	117	185	208	245	182	245	235	224	194
N-LW-Evening	80	79	91	75	52	78	83	93	70	96	86	81	74
N-Tot-Tag6-18	2854	2788	2832	1757	1172	2186	2959	3855	3794	4088	3565	2753	2534
N-Tot-Evening	1816	2084	2053	997	684	1305	1978	2569	2520	2599	2197	1504	1343
L-LW-Tag6-18	81.4	80.8	81.4	81.0	80.1	80.3	81.1	81.9	80.1	82.3	82.2	81.4	81.3
L-LW-Evening	77.9	77.5	78.1	77.5	76.9	77.1	77.7	78.5	76.8	78.9	78.4	77.3	77.4
L-Rest-Tag6-18	85.3	84.9	84.6	83.0	81.6	84.9	85.8	86.1	86.3	86.1	86.3	84.9	85.5
L-Rest-Evening	83.7	83.9	83.6	80.7	79.5	82.9	84.5	84.7	84.8	84.4	84.4	82.6	83.1
L-Tot-Tag6-18	86.8	86.3	86.3	85.1	83.9	86.2	87.1	87.5	87.2	87.6	87.7	86.5	86.9
L-Tot-Evening	84.7	84.8	84.7	82.4	81.4	83.9	85.3	85.6	85.4	85.5	85.4	83.7	84.1
L-LW-den	82.0	81.7	82.2	81.7	80.9	80.7	81.5	82.5	80.9	82.8	82.6	81.8	81.9
L-Rest-den	86.7	86.6	86.4	84.0	82.6	85.8	87.4	88.0	88.2	87.5	87.4	85.7	86.2
L-Tot-den	88.0	87.8	87.8	86.0	84.9	87.0	88.4	89.1	89.0	88.8	88.7	87.2	87.6

Tabelle 2: Ergebnisse für das Jahr 2020 in Camignolo. G-PW, G-LW: PW und LW Emissions-Korrekturen zu SonRoad in dB(A); v-PW und v-LW: PW und LW Geschwindigkeiten in km/h; N-LW: durchschnittlicher stündlicher Güterschwerverkehr, N-Tot: durchschnittlicher stündlicher Verkehr gesamt; L-LW, L-Rest, L-tot: Freifeldemission Güterschwerverkehr, übriger Verkehr und Gesamtverkehr (Leq in 1 m) in dB(A), Tag: 6-22, Nacht: 22-6, Tag6-18: 6-18, Evening: 18-22, Lden: Day-Evening-Night-Pegel.

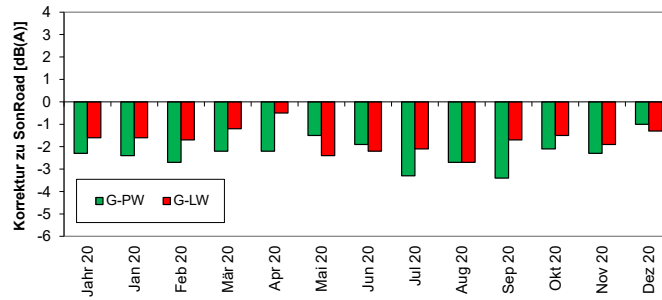


Abbildung 1: Emissions-Korrekturen G gegenüber SonRoad (Standardbelag) für PW und LW an der Messstelle Camignolo.

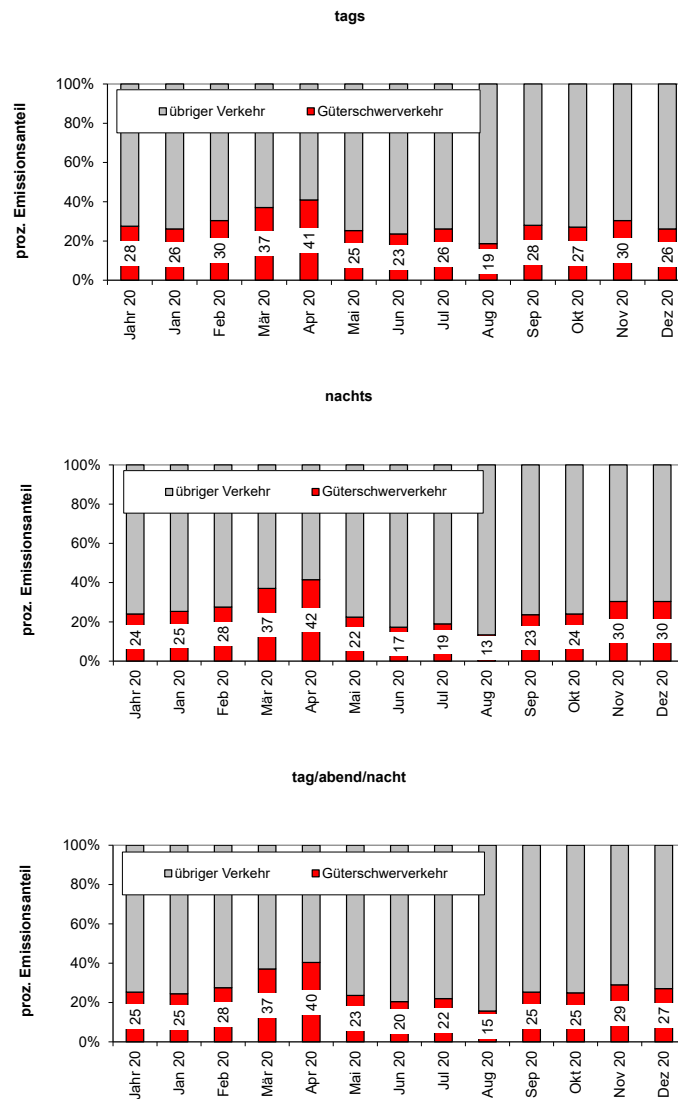


Abbildung 2: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, tags (oben), nachts (mitte) bzw. tag/abend/nacht (unten) an der Messstelle Camignolo.

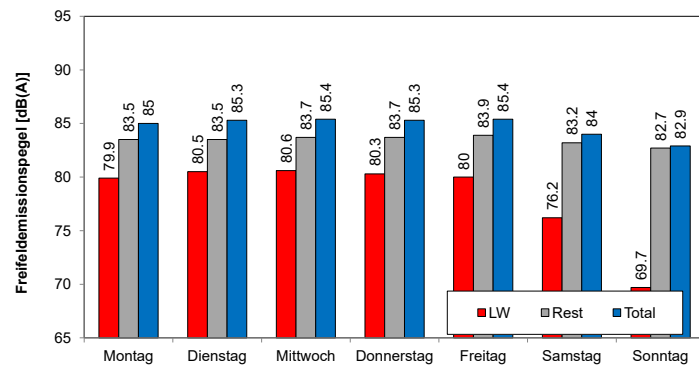


Abbildung 3: Wochengang der 24h Freifeldemissionspegel für den Güterschwerverkehr (LW), den übrigen Verkehr (Rest) und den Gesamtverkehr (Total) an der Messstelle in Camignolo.

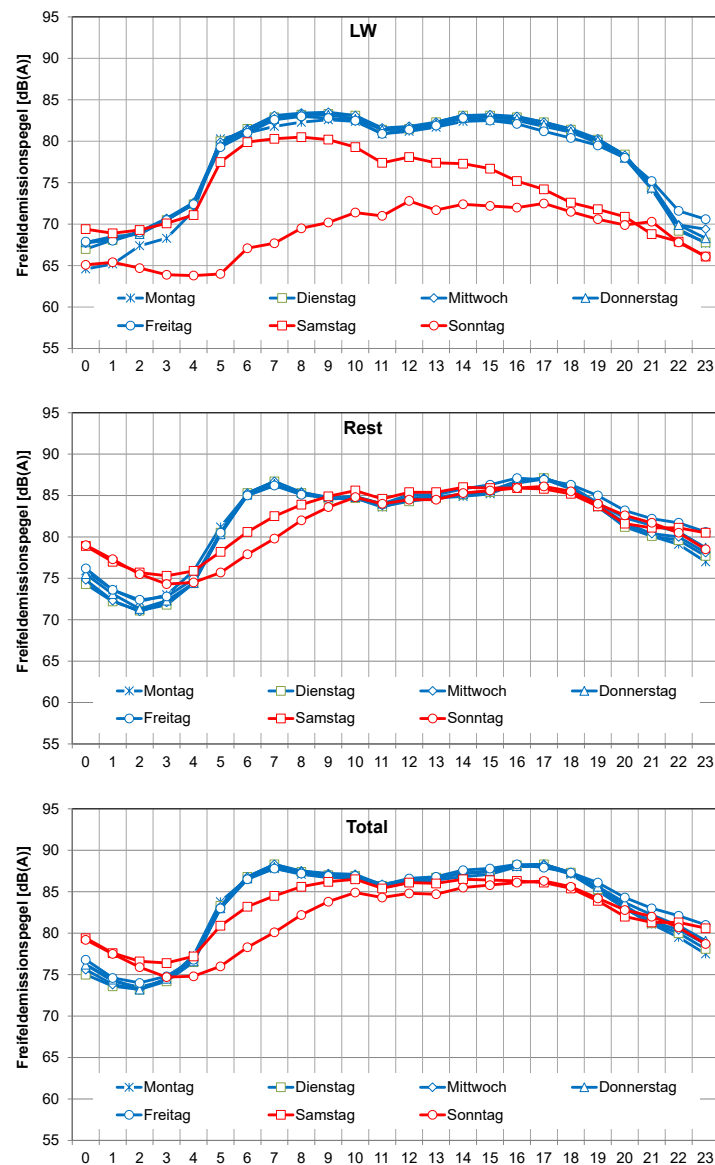


Abbildung 4: Tagesgang der stündlichen Freifeldemissionspegel für den Güterschwerverkehr (oben), den übrigen Verkehr (mitte) und den Gesamtverkehr (unten) an der Messstelle Camignolo.

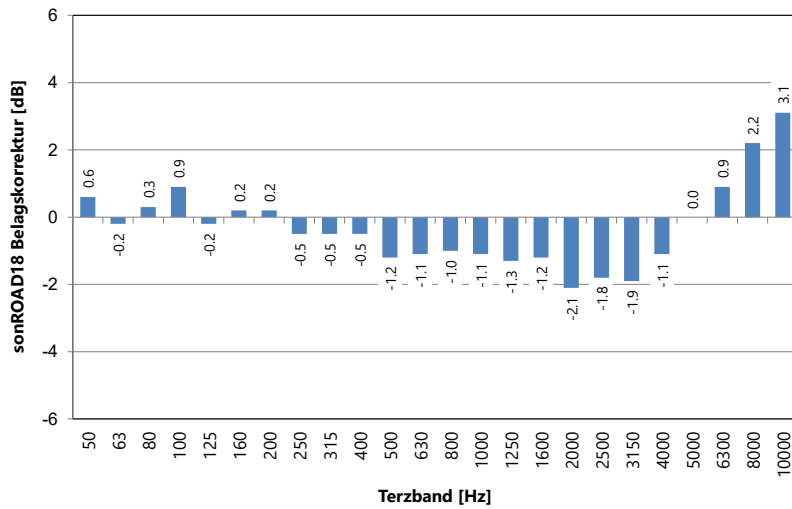


Abbildung 5: sonROAD18 Belagskorrektur für die Messstelle Camignolo.

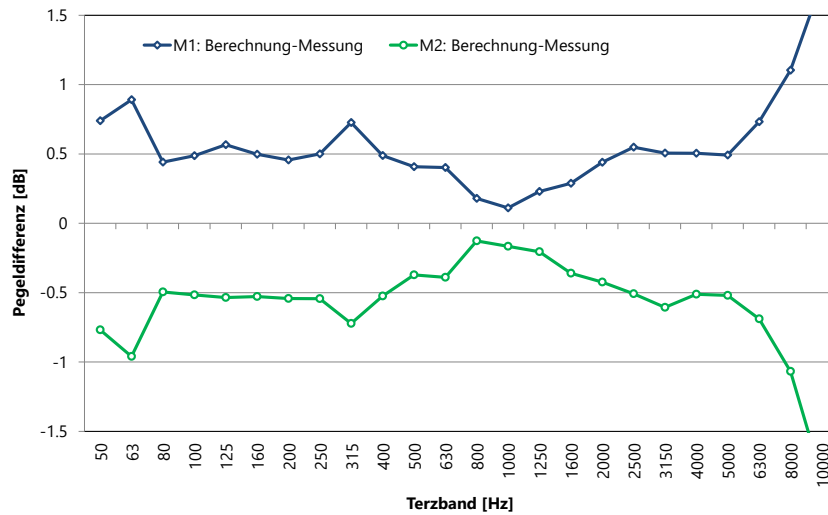


Abbildung 6: sonROAD18-Berechnung minus Messung für die beiden Mikrophone M1 (N-S/W-O) und M2 (S-N/O-W) an der Messstelle Camignolo.

4.2 Moleno

Datengrundlagen:

- ASTRA Einzelereignisdaten 2020 (Zähler 265)
- Verkehrs- und Akustikdaten 2020 (fehlende Verkehrsdaten Juli)

	Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
G-PW	0.0	0.4	0.0	0.1	-0.4	0.1	-0.3		-0.3	-0.2	0.0	0.3	0.6
G-LW	-1.0	-0.6	-1.0	-1.3	-0.8	-2.0	-1.0		-0.8	-1.3	-1.0	-1.1	0.3
v-PW-Tag	118.6	119.0	119.2	118.5	119.5	119.5	119.9		117.9	118.1	118.1	118.7	117.8
v-PW-Nacht	117.0	117.3	117.6	118.4	117.7	117.8	117.8		116.7	116.7	116.2	117.7	115.1
v-LW-Tag	92.6	90.8	90.7	88.9	90.0	93.8	94.9		97.7	96.1	92.3	90.2	89.4
v-LW-Nacht	91.9	91.8	91.6	90.1	89.8	90.3	92.2		95.3	94.1	91.9	90.8	89.9
N-LW-Tag	129	125	143	122	87	116	136		115	159	152	144	120
N-LW-Nacht	20	21	23	18	13	17	19		20	22	23	20	21
N-Tot-Tag	1383	1349	1357	743	502	1051	1574		2253	2165	1757	1249	1121
N-Tot-Nacht	227	224	222	113	71	136	249		513	355	276	159	151
L-LW-Tag	80.0	80.1	80.4	79.2	78.3	78.6	80.4		80.1	80.9	80.8	80.2	80.7
L-LW-Nacht	71.8	72.5	72.5	70.9	70.0	70.1	71.7		72.3	72.1	72.5	71.7	73.2
L-Rest-Tag	84.3	84.6	84.2	81.3	79.2	83.3	84.9		86.5	86.3	85.3	84.0	83.8
L-Rest-Nacht	76.4	76.7	76.3	73.2	70.4	74.0	76.6		79.8	78.3	77.1	74.9	74.8
L-Tot-Tag	85.7	85.9	85.7	83.4	81.8	84.6	86.2		87.4	87.4	86.6	85.5	85.5
L-Tot-Nacht	77.7	78.1	77.8	75.2	73.2	75.5	77.8		80.5	79.2	78.4	76.6	77.1
v-PW-Tag6-18	118.4	118.9	119.1	118.6	119.5	119.2	119.6		117.6	117.8	118.1	118.5	117.9
v-PW-Evening	119.3	119.3	119.3	118.1	119.6	120.7	121.0		119.1	119.3	118.4	119.5	117.7
v-LW-Tag6-18	92.3	90.5	90.3	88.7	89.7	93.6	94.5		97.1	95.6	91.9	90.1	89.3
v-LW-Evening	94.7	92.7	92.9	89.9	91.7	94.9	97.9		101.0	99.2	94.8	91.2	90.2
N-LW-Tag6-18	148	139	165	140	99	131	156		132	183	176	167	139
N-LW-Evening	72	76	79	70	53	70	74		67	87	81	75	65
N-Tot-Tag6-18	1526	1464	1484	828	564	1152	1716		2469	2399	1932	1402	1277
N-Tot-Evening	948	949	977	491	323	752	1124		1616	1467	1228	791	671
L-LW-Tag6-18	80.6	80.6	80.9	79.8	78.8	79.1	81.0		80.6	81.5	81.4	80.9	81.4
L-LW-Evening	77.8	78.2	78.0	76.9	76.4	76.6	78.1		78.1	78.7	78.3	77.5	78.2
L-Rest-Tag6-18	84.8	84.9	84.5	81.8	79.7	83.7	85.2		86.9	86.6	85.6	84.4	84.3
L-Rest-Evening	82.8	83.1	82.9	79.5	77.3	82.0	83.5		85.1	84.7	83.8	82.1	81.5
L-Tot-Tag6-18	86.2	86.3	86.1	83.9	82.3	85.0	86.6		87.8	87.8	87.0	86.0	86.1
L-Tot-Evening	84.0	84.3	84.1	81.4	79.9	83.1	84.6		85.9	85.7	84.9	83.4	83.2
L-LW-den	81.4	81.8	81.9	80.6	79.7	79.9	81.7		81.7	82.1	82.1	81.5	82.4
L-Rest-den	86.0	86.2	85.9	82.8	80.5	84.6	86.4		88.6	87.9	86.8	85.1	84.9
L-Tot-den	87.3	87.6	87.3	84.9	83.1	85.8	87.6		89.4	88.9	88.1	86.7	86.9

Tabelle 3: Ergebnisse für das Jahr 2020 in Moleno. G-PW, G-LW: PW und LW Emissions-Korrekturen zu SonRoad in dB(A); v-PW und v-LW: PW und LW Geschwindigkeiten in km/h; N-LW: durchschnittlicher stündlicher Güterschwerverkehr, N-Tot: durchschnittlicher stündlicher Verkehr gesamt; L-LW, L-Rest, L-tot: Freifeldemission Güterschwerverkehr, übriger Verkehr und Gesamtverkehr (Leq in 1 m) in dB(A), Tag: 6-22, Nacht: 22-6, Tag6-18: 6-18, Evening: 18-22, Lden: Day-Evening-Night-Pegel.

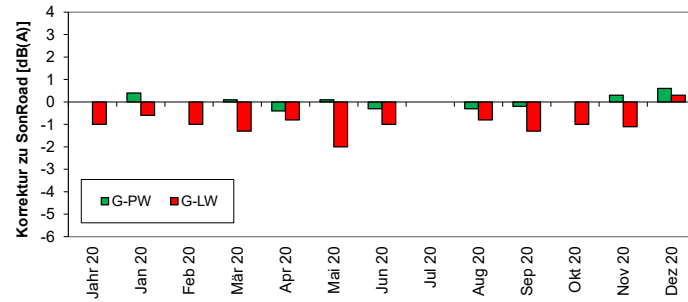


Abbildung 7: Emissions-Korrekturen G gegenüber SonRoad (Standardbelag) für PW und LW an der Messstelle Moleno.

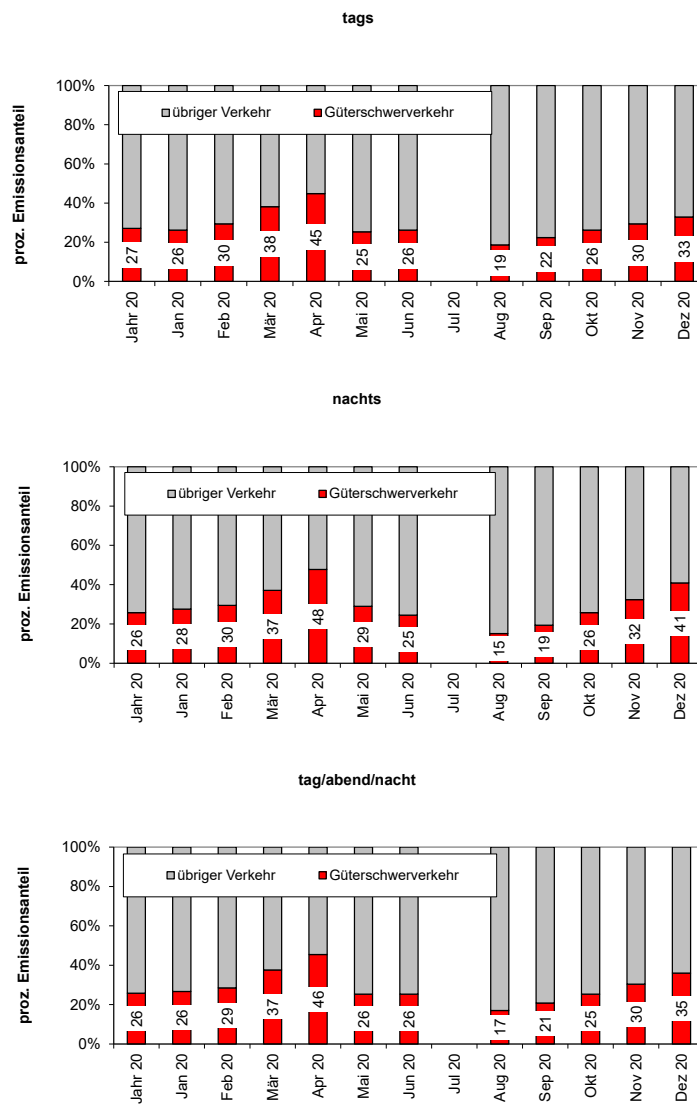


Abbildung 8: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, tags (oben), nachts (mitte) bzw. tag/abend/nacht (unten) an der Messstelle Moleno.

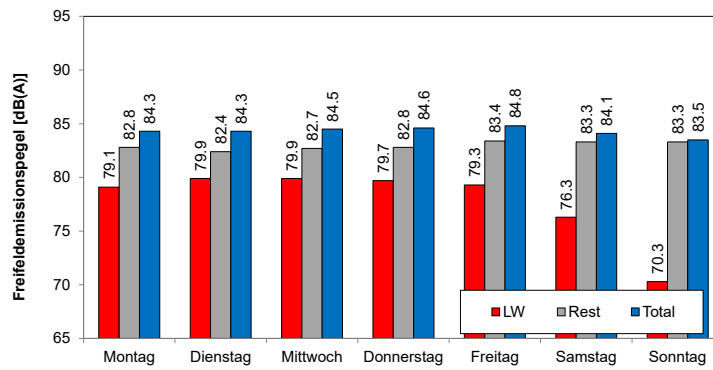


Abbildung 9: Wochengang der 24h Freifeldemissionspegel für den Güterschwerverkehr (LW), den übrigen Verkehr (Rest) und den Gesamtverkehr (Total) an der Messstelle in Moleno.

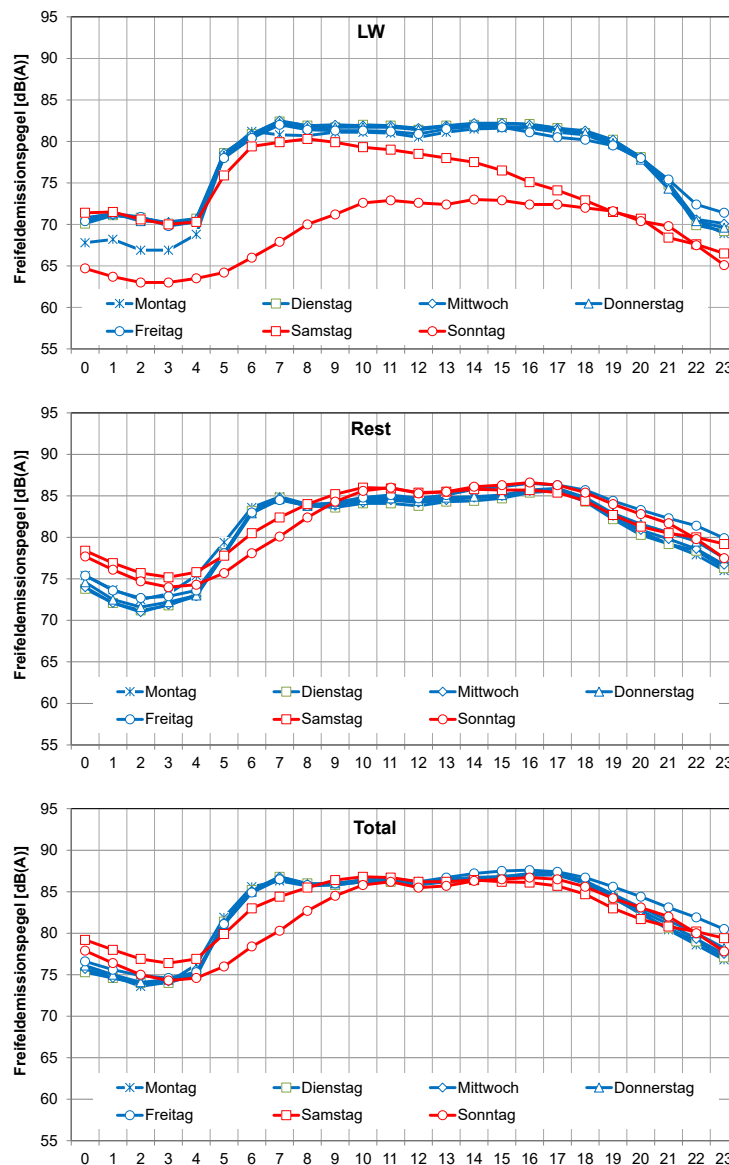


Abbildung 10: Tagesgang der stündlichen Freifeldemissionspegel für den Güterschwerverkehr (oben), den übrigen Verkehr (mitte) und den Gesamtverkehr (unten) an der Messstelle Moleno.

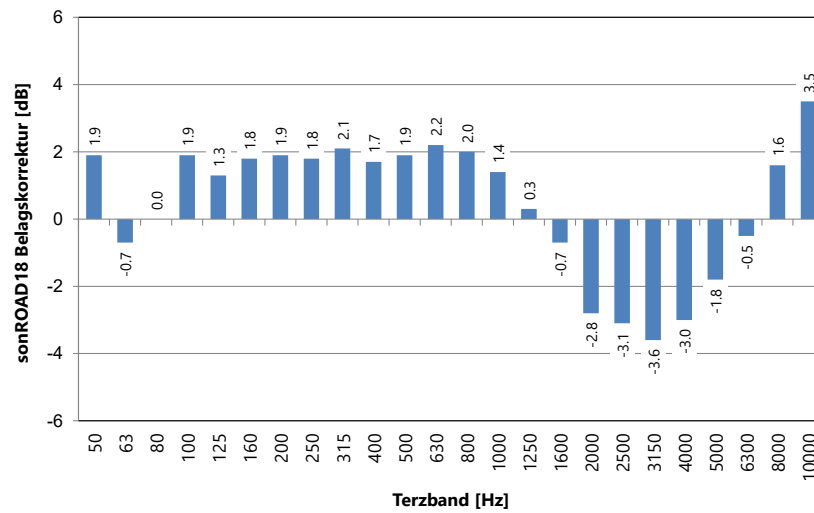


Abbildung 11: sonROAD18 Belagskorrektur für die Messstelle Moleno.

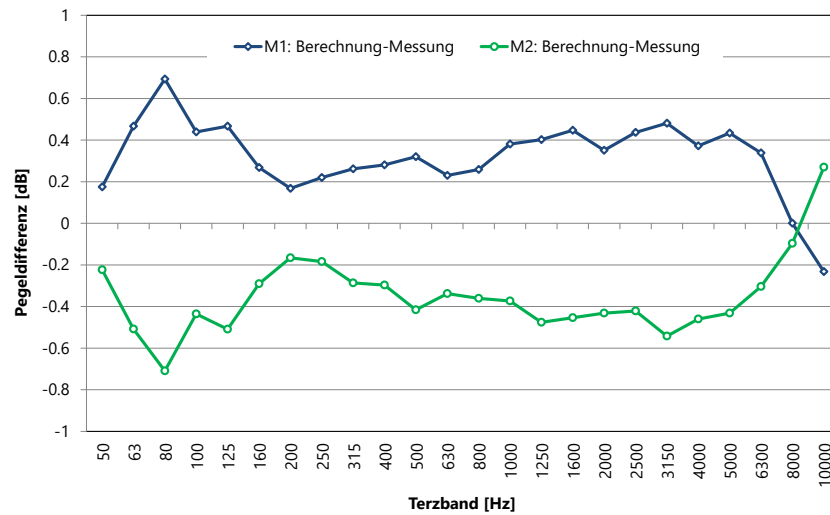


Abbildung 12: sonROAD18-Berechnung minus Messung für die beiden Mikrophone M1 (N-S/W-O) und M2 (S-N/O-W) an der Messstelle Moleno.

4.3 Reiden

Datengrundlagen:

- ASTRA Einzelereignisdaten 2020 (Zähler 239, Unterbruch Juli bis September). Eine unkorrekte Parametersetzung des Verkehrszählers führte ab der Wiederinbetriebnahme im September bis Ende Jahr zu falschen Geschwindigkeiten, die durch eine globale Skalierung mit 1.25 korrigiert werden konnten.
- Verkehrs- und Akustikdaten 2020

	Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
G-PW	0.7	0.9	0.3	0.4	0.2	0.1	0.3				0.7	1.0	1.2
G-LW	0.0	-0.3	0.3	-0.1	-0.4	-0.4	-0.7				0.8	0.5	0.8
v-PW-Tag	115.6	115.7	115.1	115.9	117.2	116.6	116.4				114.0	114.6	114.6
v-PW-Nacht	114.8	115.6	115.0	115.3	115.2	115.9	115.6				112.7	114.0	112.7
v-LW-Tag	90.0	89.2	89.1	89.1	90.6	91.7	91.3				89.5	89.4	89.5
v-LW-Nacht	89.1	89.2	89.1	88.8	88.8	89.5	90.1				88.6	88.8	88.0
N-LW-Tag	256	275	302	296	238	262	292				216	211	186
N-LW-Nacht	63	67	70	69	55	68	71				56	54	51
N-Tot-Tag	2452	2699	2802	2291	1664	2363	2824				2723	2471	2268
N-Tot-Nacht	459	544	537	430	306	446	552				478	433	388
L-LW-Tag	83.7	83.7	84.7	84.2	83.1	83.6	83.7				83.7	83.3	83.1
L-LW-Nacht	77.6	77.6	78.4	77.9	76.6	77.6	77.5				77.8	77.4	77.4
L-Rest-Tag	87.2	87.8	87.3	86.5	85.1	86.7	87.5				87.8	87.6	87.4
L-Rest-Nacht	79.7	80.7	80.0	79.0	77.2	78.9	80.1				80.1	79.8	79.4
L-Tot-Tag	88.8	89.2	89.2	88.5	87.2	88.4	89.0				89.2	89.0	88.8
L-Tot-Nacht	81.8	82.4	82.3	81.5	79.9	81.3	82.0				82.1	81.8	81.5
v-PW-Tag6-18	115.2	115.1	114.6	115.5	117.1	116.5	115.9				113.4	114.0	114.2
v-PW-Evening	117.6	118.0	117.1	117.5	117.7	117.5	118.7				116.9	117.4	116.7
v-LW-Tag6-18	89.6	88.9	88.8	88.8	90.4	91.3	90.8				89.0	89.0	89.1
v-LW-Evening	93.0	91.8	91.8	91.2	92.0	94.8	95.2				93.5	92.8	92.5
N-LW-Tag6-18	307	332	363	355	290	308	348				262	254	223
N-LW-Evening	100	107	116	114	90	104	122				84	82	75
N-Tot-Tag6-18	2716	2979	3085	2543	1892	2563	3086				3048	2764	2542
N-Tot-Evening	1656	1875	1937	1523	1012	1686	2031				1796	1593	1448
L-LW-Tag6-18	84.5	84.5	85.5	85.0	83.9	84.2	84.5				84.5	84.1	83.8
L-LW-Evening	79.9	79.8	80.8	80.3	79.0	79.8	80.3				80.0	79.5	79.4
L-Rest-Tag6-18	87.6	88.0	87.6	86.8	85.5	87.0	87.8				88.1	88.0	87.9
L-Rest-Evening	85.9	86.6	86.1	85.0	83.2	85.5	86.5				86.4	86.1	85.8
L-Tot-Tag6-18	89.3	89.6	89.7	89.0	87.8	88.8	89.5				89.7	89.5	89.3
L-Tot-Evening	86.9	87.4	87.2	86.3	84.6	86.5	87.4				87.3	87.0	86.7
L-LW-den	85.8	85.8	86.7	86.2	85.0	85.7	85.9				86.0	85.5	85.4
L-Rest-den	89.1	89.7	89.2	88.3	86.6	88.4	89.4				89.5	89.3	89.0
L-Tot-den	90.7	91.2	91.2	90.4	88.9	90.3	91.0				91.1	90.8	90.6

Tabelle 4: Ergebnisse für das Jahr 2020 in Reiden. G-PW, G-LW: PW und LW Emissions-Korrekturen zu SonRoad in dB(A); v-PW und v-LW: PW und LW Geschwindigkeiten in km/h; N-LW: durchschnittlicher stündlicher Güterschwerverkehr, N-Tot: durchschnittlicher stündlicher Verkehr gesamt; L-LW, L-Rest, L-tot: Freifeldemission Güterschwerverkehr, übriger Verkehr und Gesamtverkehr (Leq in 1 m) in dB(A), Tag: 6-22, Nacht: 22-6, Tag6-18: 6-18, Evening: 18-22, Lden: Day-Evening-Night-Pegel.

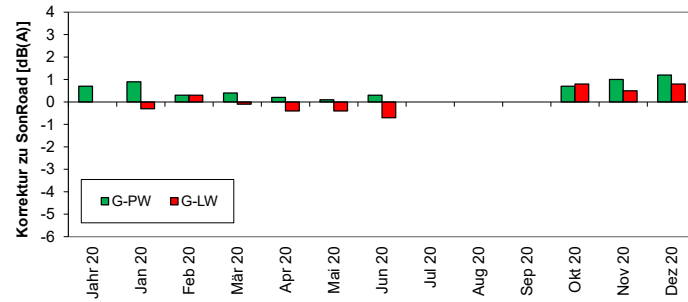


Abbildung 13: Emissions-Korrekturen G gegenüber SonRoad (Standardbelag) für PW und LW an der Messstelle Reiden.

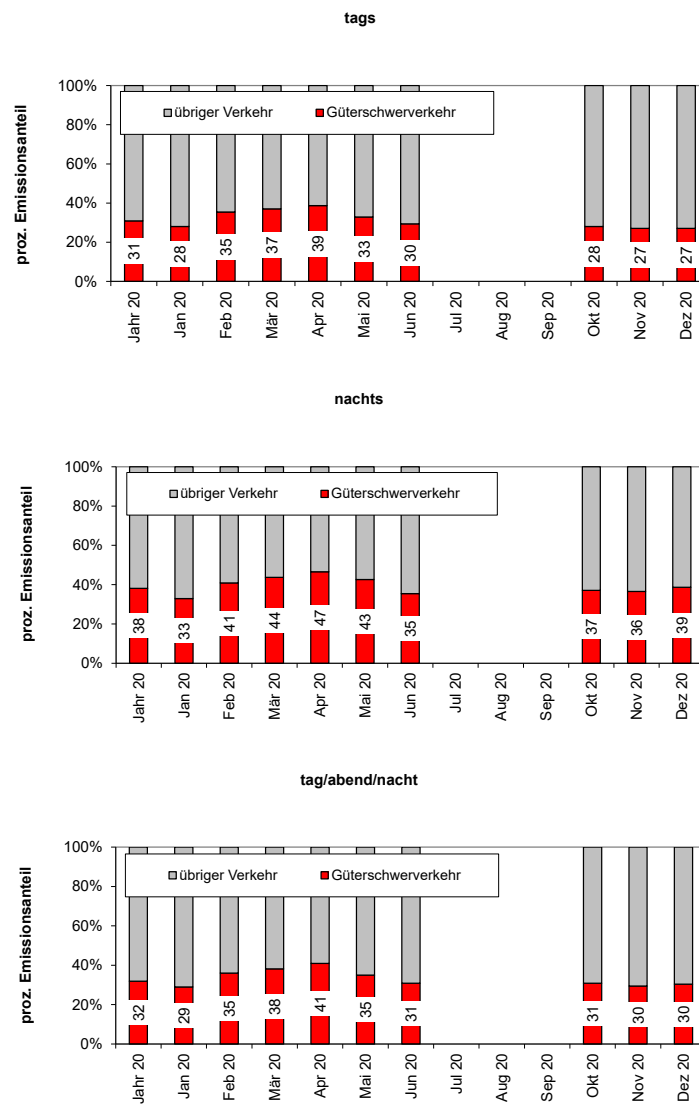


Abbildung 14: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, tags (oben), nachts (mitte) bzw. tag/abend/nacht (unten) an der Messstelle Reiden.

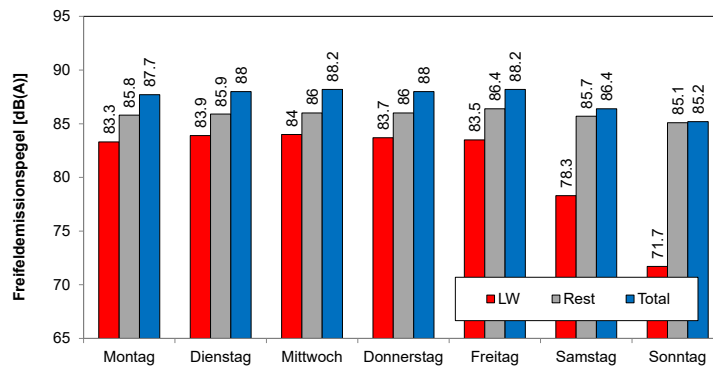


Abbildung 15: Wochengang der 24h Freifeldemissionspegel für den Güterschwerverkehr (LW), den übrigen Verkehr (Rest) und den Gesamtverkehr (Total) an der Messstelle in Reiden.

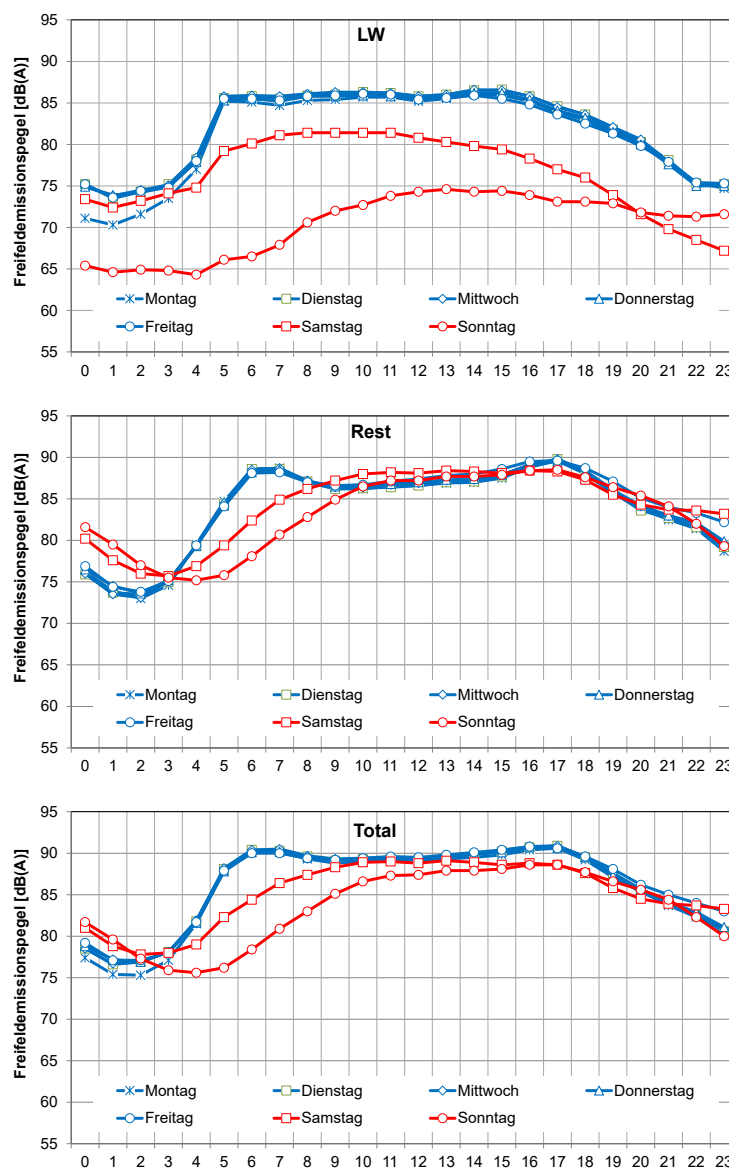


Abbildung 16: Tagesgang der stündlichen Freifeldemissionspegel für den Güterschwerverkehr (oben), den übrigen Verkehr (mitte) und den Gesamtverkehr (unten) an der Messstelle Reiden.

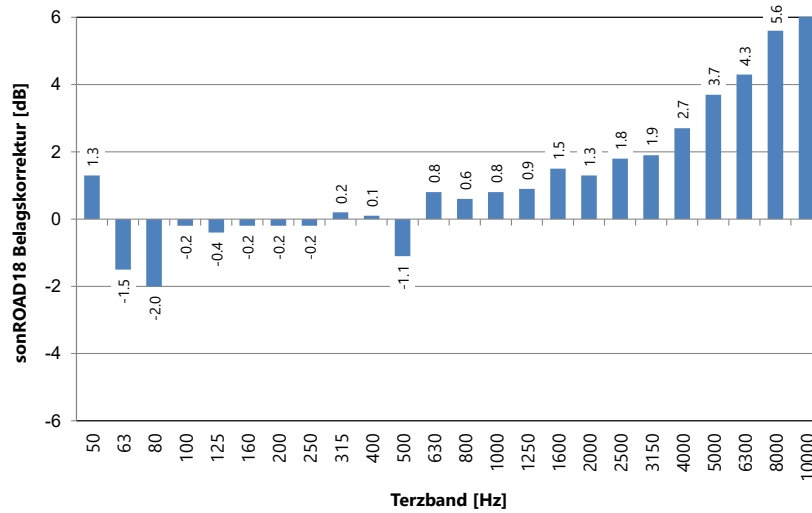


Abbildung 17: sonROAD18 Belagskorrektur für die Messstelle Reiden.

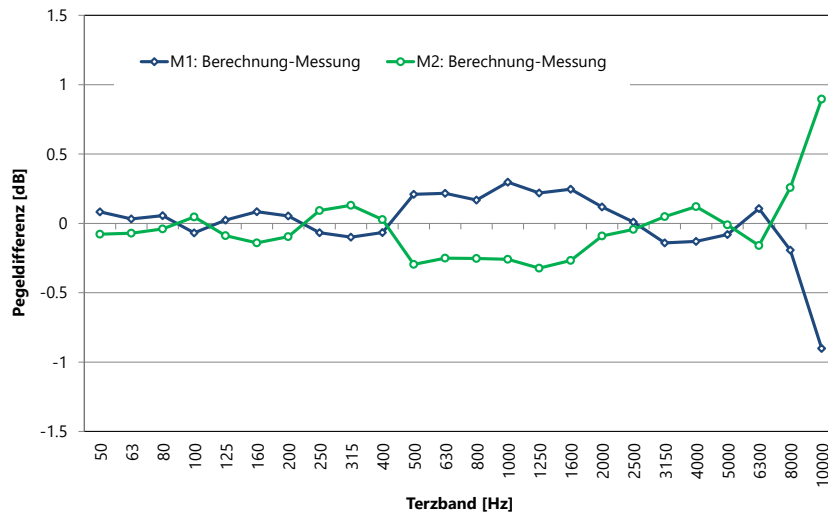


Abbildung 18: sonROAD18-Berechnung minus Messung für die beiden Mikrophone M1 (N-S/W-O) und M2 (S-N/O-W) an der Messstelle Reiden.

4.4 Rothenbrunnen

Datengrundlagen:

- ASTRA Einzelereignisdaten 2020 (Zähler 238)
- Verkehrs- und Akustikdaten 2020

	Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
G-PW	-1.1	-1.0	-0.6	-1.2	-1.9	-1.8	-2.2	-2.5	-2.2	-1.2	-1.1	-0.9	-0.4
G-LW	-0.9	-0.3	0.4	-0.6	-0.7	-0.9	-0.7	-0.9	-0.9	-2.2	-0.3	-0.6	0.3
v-PW-Tag	100.5	100.9	94.1	100.3	100.8	101.8	101.9	102.0	101.2	100.7	100.6	100.7	99.7
v-PW-Nacht	101.7	100.7	109.9	101.3	100.7	101.4	101.3	101.9	101.0	100.9	100.6	101.1	98.8
v-LW-Tag	92.8	92.6	84.9	92.9	90.1	93.4	93.8	95.5	96.6	94.8	92.0	90.1	90.3
v-LW-Nacht	95.9	97.2	95.6	94.6	92.7	95.1	95.3	97.6	99.5	95.4	96.1	94.9	93.5
N-LW-Tag	35	29	31	35	31	33	38	42	32	40	41	38	28
N-LW-Nacht	5	4	4	5	4	3	6	6	4	7	5	4	4
N-Tot-Tag	926	901	947	603	479	735	958	1293	1337	1253	1051	777	746
N-Tot-Nacht	106	102	102	67	50	77	113	174	174	149	105	78	67
L-LW-Tag	74.1	73.8	74.3	74.6	73.8	73.9	74.8	75.1	74.0	73.6	75.3	74.6	74.1
L-LW-Nacht	65.7	65.8	66.3	66.5	65.1	64.2	66.5	66.3	65.3	66.5	66.0	65.6	66.1
L-Rest-Tag	80.5	80.4	80.5	78.2	76.9	79.2	80.1	81.3	81.5	81.7	81.1	79.7	80.0
L-Rest-Nacht	71.6	71.7	73.1	69.4	67.4	69.5	71.0	72.7	72.9	72.5	71.7	70.3	70.3
L-Tot-Tag	81.4	81.3	81.4	79.8	78.6	80.3	81.2	82.2	82.2	82.3	82.1	80.9	81.0
L-Tot-Nacht	72.6	72.7	73.9	71.2	69.4	70.6	72.3	73.6	73.6	73.5	72.7	71.6	71.7
v-PW-Tag6-18	100.2	100.8	91.3	100.1	100.8	101.8	101.7	101.9	101.1	100.7	100.6	100.6	99.8
v-PW-Evening	102.0	101.4	107.5	101.6	101.0	102.1	102.3	102.6	101.6	101.0	100.7	101.3	99.5
v-LW-Tag6-18	92.2	92.1	83.5	92.4	89.9	93.0	93.3	94.7	95.9	94.2	91.5	89.7	90.1
v-LW-Evening	97.0	95.8	94.0	96.7	91.8	96.4	97.5	100.6	101.0	98.6	96.2	94.1	92.6
N-LW-Tag6-18	42	34	37	41	38	39	46	50	39	48	49	46	33
N-LW-Evening	14	13	14	14	12	13	15	16	12	16	14	14	10
N-Tot-Tag6-18	1028	1002	1052	681	539	811	1053	1418	1485	1389	1166	873	852
N-Tot-Evening	621	601	633	371	295	511	686	918	902	868	709	490	413
L-LW-Tag6-18	74.9	74.5	74.9	75.4	74.5	74.7	75.6	75.9	74.8	74.4	76.2	75.4	74.8
L-LW-Evening	70.4	70.7	71.4	71.0	69.7	70.2	71.2	71.5	70.1	69.8	71.1	70.5	70.0
L-Rest-Tag6-18	80.9	80.9	80.6	78.7	77.4	79.6	80.5	81.7	82.1	82.1	81.5	80.1	80.6
L-Rest-Evening	78.9	78.8	80.0	76.4	74.8	77.6	78.6	79.8	79.9	80.1	79.4	77.9	77.4
L-Tot-Tag6-18	81.9	81.8	81.6	80.4	79.2	80.8	81.7	82.7	82.8	82.8	82.6	81.4	81.6
L-Tot-Evening	79.5	79.4	80.6	77.5	76.0	78.3	79.3	80.4	80.3	80.5	80.0	78.6	78.1
L-LW-den	75.3	75.2	75.7	75.9	74.7	74.6	76.0	76.1	75.0	75.3	76.1	75.5	75.3
L-Rest-den	81.8	81.8	82.5	79.5	77.9	80.2	81.3	82.7	82.9	82.9	82.2	80.8	80.9
L-Tot-den	82.7	82.6	83.3	81.1	79.6	81.3	82.4	83.6	83.6	83.6	83.1	81.9	81.9

Tabelle 5: Ergebnisse für das Jahr 2020 in Rothenbrunnen. G-PW, G-LW: PW und LW Emissions-Korrekturen zu SonRoad in dB(A); v-PW und v-LW: PW und LW Geschwindigkeiten in km/h; N-LW: durchschnittlicher stündlicher Güterschwerverkehr, N-Tot: durchschnittlicher stündlicher Verkehr gesamt; L-LW, L-Rest, L-tot: Freifeldemission Güterschwerverkehr, übriger Verkehr und Gesamtverkehr (Leq in 1 m) in dB(A), Tag: 6-22, Nacht: 22-6, Tag6-18: 6-18, Evening: 18-22, Lden: Day-Evening-Night-Pegel.

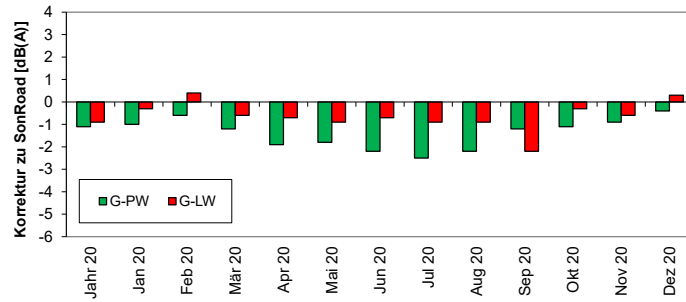


Abbildung 19: Emissions-Korrekturen G gegenüber SonRoad (Standardbelag) für PW und LW an der Messstelle Rothenbrunnen.

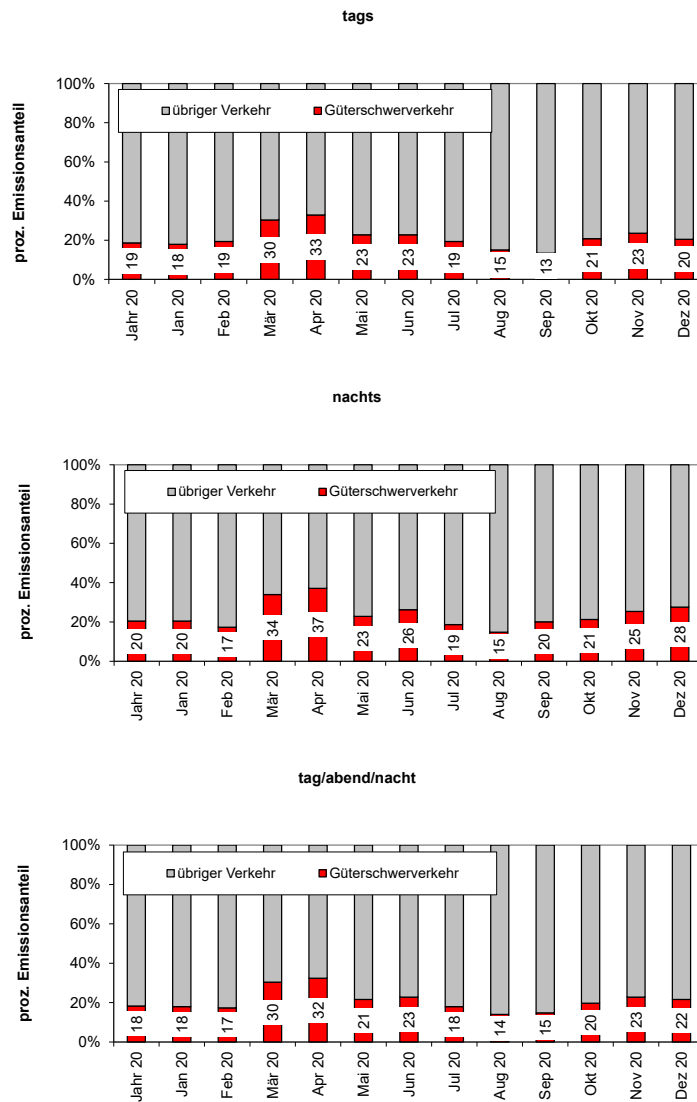


Abbildung 20: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, tags (oben), nachts (mitte) bzw. tag/abend/nacht (unten) an der Messstelle Rothenbrunnen.

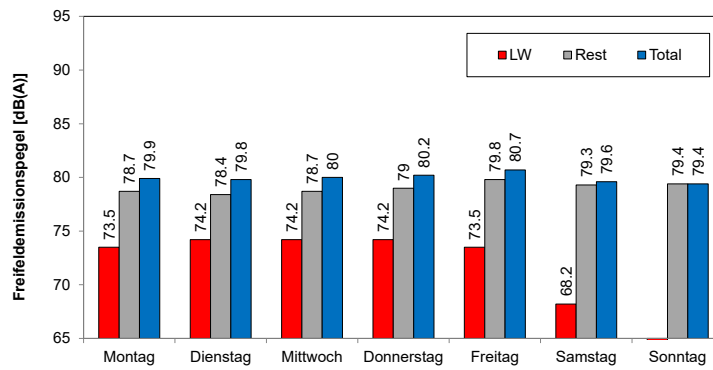


Abbildung 21: Wochengang der 24h Freifeldemissionspegel für den Güterschwerverkehr (LW), den übrigen Verkehr (Rest) und den Gesamtverkehr (Total) an der Messstelle in Rothenbrunnen.

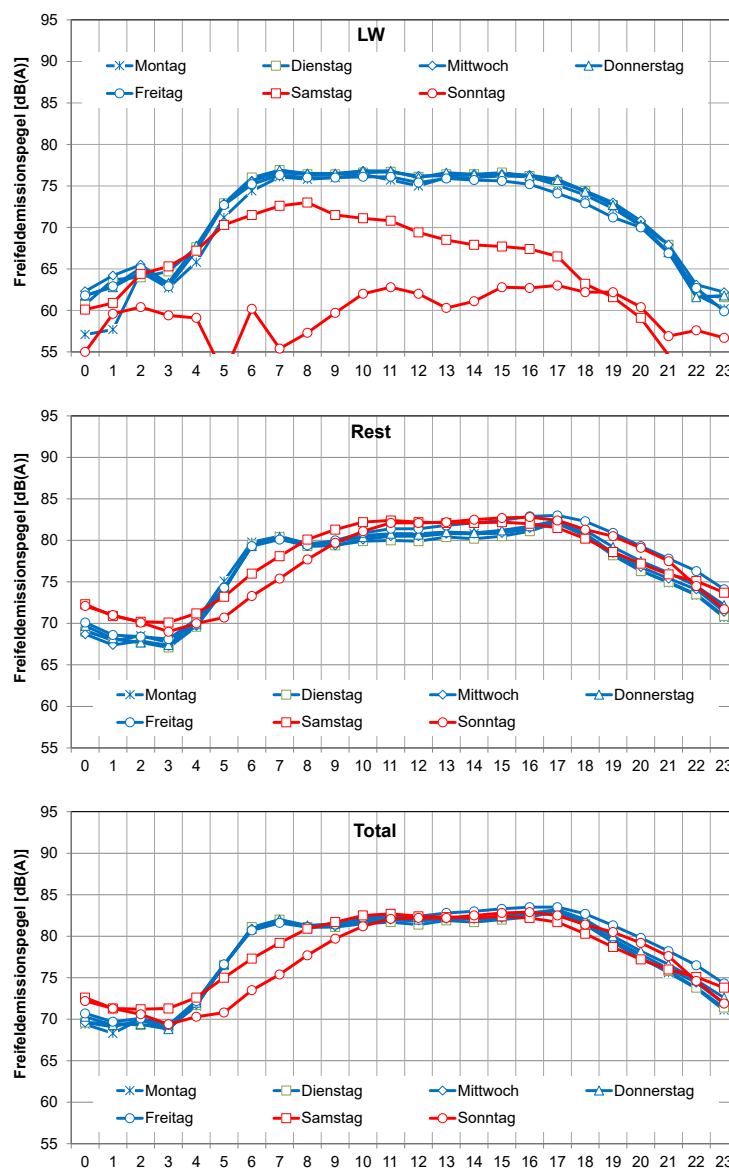


Abbildung 22: Tagesgang der stündlichen Freifeldemissionspegel für den Güterschwerverkehr (oben), den übrigen Verkehr (mitte) und den Gesamtverkehr (unten) an der Messstelle Rothenbrunnen.

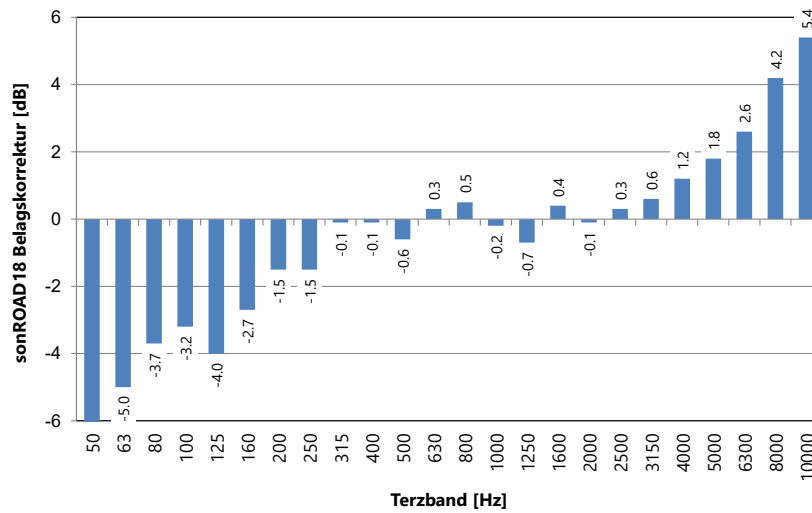


Abbildung 23: sonROAD18 Belagskorrektur für die Messstelle Rothenbrunnen.

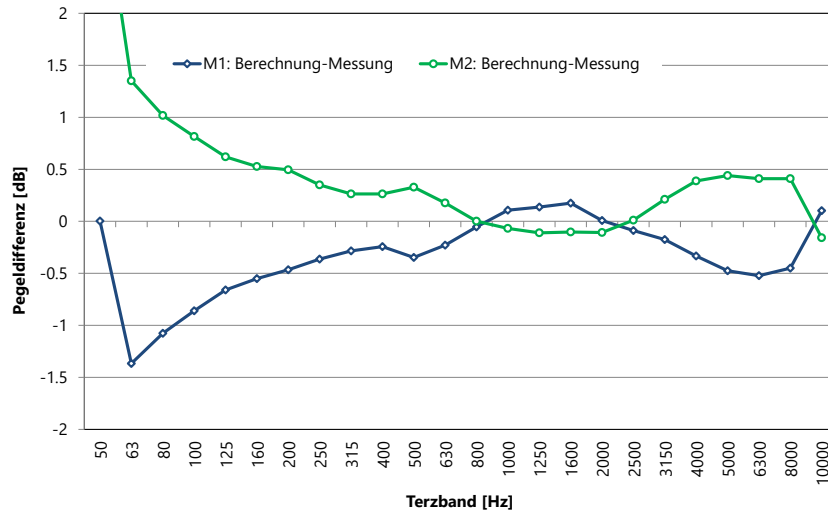


Abbildung 24: sonROAD18-Berechnung minus Messung für die beiden Mikrophone M1 (N-S/W-O) und M2 (S-N/O-W) an der Messstelle Rothenbrunnen.

4.5 Tenniken

Bemerkungen zur Datenlage:

Gemäss Rücksprache von Ulrich Joss vom Dipartimento del territorio des Kantons Tessin mit Vertretern des ASTRA sind im Jahr 2020 am hier interessierenden Induktionsschleifen-Zähler Eptingen nach wie vor ungewöhnliche Fahrzeugkategorien-Häufigkeitsverteilungen aufgetreten. Damit müssen die Daten als unzuverlässig und fehlerhaft eingestuft werden. Eine Justierung der Schleifen ist in Planung, sodass künftig wieder mit verlässlichen Zählerdaten gerechnet werden darf.

5 Diskussion

5.1 *G*-Werte und Güterschwerverkehrsenergieanteile

Die Pegelkorrekturen *G* beschreiben die Anpassung des Emissionsmodells aus SonRoad für beste Übereinstimmung Messung-Berechnung. *G* bildet allfällige Änderungen des Fahrzeugparks (aufgeschlüsselt in die beiden Kategorien *PW* und *LW*) und die Belagskorrektur gegenüber dem SonRoad zu Grunde gelegten Schwarzbelag ab.

- Die übers Jahr 2020 gemittelten Korrekturen *G* gegenüber dem Emissionsmodell SonRoad ergeben sich als arithmetischer Durchschnitt für *PW* und *LW* wie folgt: Camignolo: -2.0 dB, Moleno: -0.5 dB, Reiden: 0.4 dB und Rothenbrunnen: -1.0 dB.
- Gegenüber dem Vorjahr haben sich die jahresdurchschnittlichen *G*-Werte wie folgt verändert: Camignolo: +0.1, Moleno: +0.3, Reiden: +0.4 dB und Rothenbrunnen: +0.3.
- Für das Jahr 2020 ergaben sich monatliche Energieanteile des Güterschwerverkehrs tags zwischen 13 und 45 %, nachts zwischen 13 und 48 %.
- Die Wochengänge der Freifeldemissionen des Güterschwerverkehrs zeigen an allen Standorten an Sonntagen ein Minimum, gefolgt von den Samstagen. Sonntags liegen die Güterschwerverkehr-Freifeldemissionen 8 dB (Reiden) bis 14 dB (Rothenbrunnen) tiefer als an Wochentagen, samstags sind die Werte 3 dB (Moleno) bis 6 dB (Reiden, Rothenbrunnen) geringer als unter der Woche.
- Die Tagesgänge zeigen an allen Standorten von Montag bis Freitag und etwas abgeschwächt am Samstag in der Stunde von 5:00 bis 5:59 eine bedeutende Zunahme der Güterschwerverkehr-Freifeldemissionen. Im Vergleich zum tagsüber erreichten Stundenhöchstwert liegen die Emissionen von 5:00 bis 5:59 lediglich zwischen 1 dB (Reiden) und 4 dB (Moleno, Rothenbrunnen) tiefer.

5.2 sonROAD18-Belagskorrekturen

5.2.1 Camignolo

Die sonROAD18-Belagskorrektur beträgt im mittleren, den A-Pegel bestimmenden, Frequenzbereich -1 bis -2 dB und passt damit gut zu den SonRoad *G*-Werten. Die Asymmetrie in die beiden Richtungen ist im mittleren Frequenzbereich mit rund 0.5 dB relativ gering.

5.2.2 Moleno

Die sonROAD18-Belagskorrektur ergibt spektral ein uneinheitliches Bild mit deutlich negativen Werten zwischen 1.6 kHz und 6.3 kHz. Der Vergleich der beiden Richtungen lässt auf einen rund 1 dB lauterem Belag in die Richtung S-N/O-W schliessen.

5.2.3 Reiden

Die sonROAD18-Belagskorrektur liegt unterhalb von 630 Hz typisch rund um 0 bzw. ist leicht negativ. Oberhalb von 1 kHz nimmt die Korrektur mit der Frequenz stetig zu. Die Asymmetrie in die beiden Richtungen ist mit Ausnahme von 10 kHz gering.

5.2.4 Rothenbrunnen

Die sonROAD18-Belagskorrektur nimmt stark negativ beginnend praktisch kontinuierlich gegen hohe Frequenzen hin zu. Oberhalb von 200 Hz ist die Asymmetrie in die beiden Richtungen klein, unterhalb wird sie gross. Ganz tieffrequent wird im Vergleich Berechnung / Messung keine befriedigende Übereinstimmung erzielt. Da in diesem Frequenzbereich das Antriebsgeräusch wichtig ist, ist mit der auf das Rollgeräusch wirkenden Belagskorrektur keine Anpassung möglich. Der gemessene Pegel in Richtung S-N/O-W liegt bezogen auf die rechnerische Erwartung zu tief.

Literatur

- [1] EMPA Untersuchungsbericht 432'309, int. 511.2206, MFM-U: Ermittlung der akustischen Ausbreitungsdämpfungen, 2004.
- [2] EMPA Untersuchungsbericht 457'657, int. 511.2511, Auswertung der Lärmmonitoring-Daten 2010, 2011.
- [3] K. Heutschi, Schätzung der mittleren akustischen Leistungen von Personen- und Lastwagen anhand von quellennahen Strassenlärmimmissionsmessungen, Tagung Fortschritte der Akustik DAGA 2005.
- [4] K. Heutschi, SonRoad: New Swiss Road Traffic Noise Model, Acta Acustica united with Acustica, vol. 90, p. 548-554, 2004.
- [5] K. Heutschi, B. Locher, sonROAD18 - Berechnungsmodell für Strassenlärm, 2018.

A Belagshistorie

An den Standorten Camignolo, Moleno, Reiden und Rothenbrunnen kann gemäss IFEC Studie² folgende Belagsgeschichte aufgestellt werden:

	Camignolo	Moleno	Reiden	Rothenbrunnen
2003	SMA11	AB16s	SMA11	AB16s
2004	SMA11		SMA11	AB16s
2005	SMA11	AC8HLeca18%	SMA11	AB16s
2006	SMA11	AC8HLeca18%	SMA11	AB16s
2007	SMA11	AC8HLeca18%	SMA11	AB16s
2008	SMA11	AC8HLeca18%	SMA11	AB16s
2009	SMA11	AC8HLeca18%	SMA11	AB16s
2010	SMA11	AC8HLeca18%	SMA11	AB16s
2011	SMA11		SMA11	AB16s
2012	SMA11	SDA8	SMA11	AB16s
2013		SDA8	SMA11	
2014	SDA8	SDA8	SMA11	SDA8
2015	SDA8	SDA8	SMA11	SDA8
2016	SDA8	SDA8	SMA11	SDA8
2017	SDA8	SDA8	SMA11	SDA8
2018	SDA8	SDA8	SMA11	SDA8
2019	SDA8	SDA8	SMA11	SDA8
2020	SDA8	SDA8	SMA11	SDA8

Tabelle 6: Belagshistorie an den MFM-U Standorten.

²A. Bernasconi, Akustische Merkmale der einzelnen Fahrzeugklassen an den MFM-U-Standorten mit Hilfe der SPB-Analyse, IFEC, März 2015.