

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
T +41 44 823 47 43
F +41 44 823 47 93
www.empa.ch

BAFU
Abt. Oekonomie, Forschung und Umweltbeobachtung
Hr. Klaus Kammer
Postfach
3003 Bern

Untersuchungsbericht Nr. 444'949, int. 511.2342

Auswertung der Lärmmonitoring-Daten 2006 für die Berichterstattung MFM-U 2007

Auftraggeber: BAFU, Abteilung Oekonomie, Forschung und Umweltbeobachtung

Ihr Auftrag vom: 10. Januar 2007

Anzahl Seiten: 16

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
1 Auftrag	2
2 Einleitung	2
3 Vorgehen	2
4 Ergebnisse	5
4.1 Camignolo	5
4.2 Moleno	7
4.3 Reiden	9
4.4 Rothenbrunnen	11
4.5 Tenniken	13
5 Diskussion	15

Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
Abteilung Akustik
Dübendorf, 4.4.2007
Sachbearbeiter:

Abteilungsleiter:

Kurt Heutschi

Kurt Eggenschwiler

Zusammenfassung

In einer zweistufigen Prozedur wurden die MFM-U Strassenlärmmonitoringdaten vom 1.1.2006 bis zum 31.12.2006 für die Berichterstattung MFM-U 2007 aufbereitet. Dabei wurde das ganze Jahr 2006 als Einheit sowie jeder Monat separat ausgewertet. In einem ersten Schritt wurden pro Standort anhand der Verkehrszahlen, Geschwindigkeiten und Messwerte Korrekturen zum Emissionsmodell von 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 das Jahr 2006 tags akustische Energieanteile des Güterschwerverkehrs zwischen 13 und 60 %, nachts zwischen 8 und 52 %. Dabei zeigten Camignolo und Rothenbrunnen die geringsten, Tenniken die grössten Güterschwerverkehrsanteile.

1 Auftrag

Mit Vertrag vom 10.1.2007 beauftragte das BAFU, Abteilung Oekonomie, Forschung und Umweltbeobachtung die EMPA, Abteilung Akustik mit der Auswertung und Aufbereitung der MFM-U Lärmmonitoringdaten 2005.

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 Mikrophon 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 der EMPA-Untersuchung 432'309 [1] wurden für alle MFM-U Monitoringstationen die Ausbreitungsdämpfungen von den einzelnen Fahrspuren zu den Mikrophenen 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 [2]. Die Kategorisierung in Personen- und Lastwagen ist durch das Quellenmodell aus SonRoad [3] 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

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 (Camignolo und Moleno)
- Lärmmonitoringdaten: Leq-Halbstundenwerte pro Mikrophon als A-Pegel und in Terzbändern

Überdies wurde auf das akustische Emissionsmodell aus SonRoad [3] sowie auf die akustischen Ausbreitungsdämpfungen von den einzelnen Fahrspuren zu den Mikrophenen [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 umfasst die SWISS7 Kategorien 3 und 4

LW 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 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 [3]). 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).

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

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.

Im folgenden Abschnitt *Ergebnisse* 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 angegeben.

4 Ergebnisse

4.1 Camignolo

Datengrundlagen:

- Stundenmittelwerte der Geschwindigkeiten von 2006-01-01 bis 2006-12-31
- Verkehrs- und Lärmdaten von 2006-01-01 bis 2006-12-31

	Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
G-PW	0.6	0.6	0.7	0.5	0.7	0.4		0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	1.1
G-LW	-1.1	-0.4	-0.6	-0.7	-1.6	-1.2		-2.4	-1.9	-1.7	-0.6	-0.6	-0.2
v-PW-Tag	118.1	119.1	119.3	119.9	119.9	119.8		118.2	117.5	114.3	116.2	116.6	119.1
v-PW-Nacht	119	119.1	119.4	120.7	120.8	120.5		120.2	118.1	114.9	117.7	117.9	119.8
v-LW-Tag	96	93.6	93.3	94.4	97.2	98		98.6	99.2	96	94.9	94	94.6
v-LW-Nacht	100.4	97	97.6	98.5	101.5	100.6		103.5	103.6	100.1	98.8	99.5	100.4
N-LW-Tag	198	175	212	222	192	210		202	156	217	220	211	168
N-LW-Nacht	28	22	28	29	29	32		32	25	30	29	29	24
N-Tot-Tag	2651	2039	2247	2436	2801	2809		3104	3079	3049	2823	2444	2275
N-Tot-Nacht	603	386	464	464	634	582		976	879	663	553	493	510
L-LW-Tag	82	82	82.7	82.8	81.5	82.3		80.9	80.4	81.8	82.9	82.6	82.1
L-LW-Nacht	73.8	73.3	74	74.3	73.4	74.2		73.3	72.8	73.4	74.2	74.3	73.9
L-Rest-Tag	88	86.9	87.3	87.5	88.4	88.3		88.6	88.6	88.2	88	87.5	87.8
L-Rest-Nacht	81.9	79.8	80.8	80.7	82.3	81.7		83.8	83.2	81.8	81.3	80.9	81.6
L-Tot-Tag	89	88.1	88.6	88.8	89.2	89.3		89.3	89.2	89.1	89.2	88.7	88.8
L-Tot-Nacht	82.5	80.7	81.6	81.6	82.8	82.4		84.2	83.6	82.4	82.1	81.8	82.3

Tabelle 2: Ergebnisse für das Jahr 2006 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).

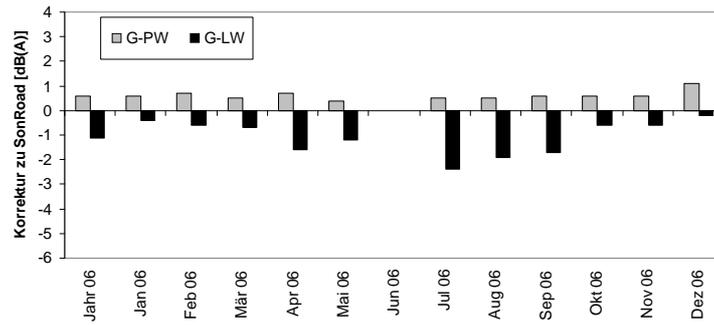


Abbildung 1: Emissions-Korrekturen *G* gegenüber SonRoad (Standardbelag) für PW und LW an der Messstelle Camignolo.

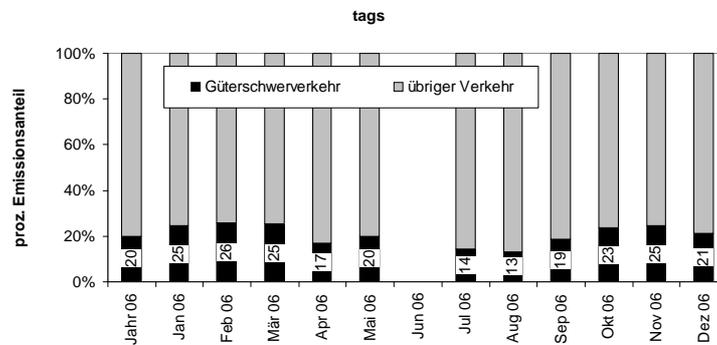


Abbildung 2: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, tags, an der Messstelle Camignolo.

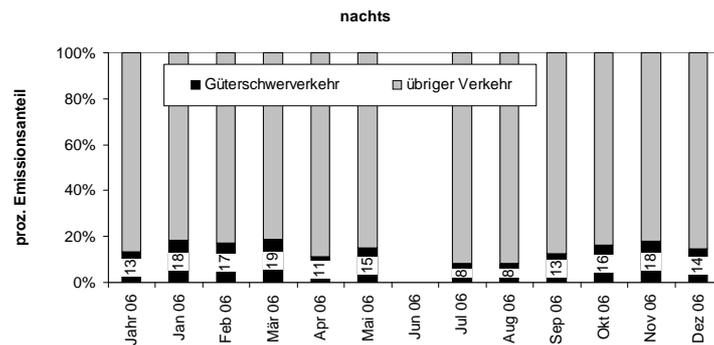


Abbildung 3: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, nachts, an der Messstelle Camignolo.

4.2 Moleno

Datengrundlagen:

- Stundenmittelwerte der Geschwindigkeiten von 2006-01-01 bis 2006-12-31
- Verkehrs- und Lärmdaten von 2006-01-01 bis 2006-12-31

	Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
G-PW	-1.7	-2	-1.3	-2.1	-2	-3.1		-3.5	-2.7	-2.9	-2.3	-0.7	-1
G-LW	-0.7	-1.9	-1	-0.6	-0.9	-0.9		-1.1	-0.1	-0.3	0.2	-1.4	-0.7
v-PW-Tag	123	122.7	122.8	124.4	124.5	123.4		122.4	122.3	121.9	123.2	123.1	123.8
v-PW-Nacht	122.8	121.1	121.1	124.4	124.3	123.4		122.3	121.5	122.3	124.1	124	123.2
v-LW-Tag	93.2	90.3	90.4	91.1	93.6	94.5		96.6	97	94.4	93	90.9	91.5
v-LW-Nacht	96.7	92.8	92.9	95	97.2	96.8		99.7	100.3	98	96.4	95.1	96.1
N-LW-Tag	162	140	173	180	153	177		170	128	178	175	172	133
N-LW-Nacht	21	17	21	22	23	24		26	20	21	21	21	18
N-Tot-Tag	1515	1051	1143	1249	1583	1637		2049	2053	1793	1645	1260	1208
N-Tot-Nacht	343	199	215	243	368	336		666	569	376	301	239	256
L-LW-Tag	81.3	79.3	81.1	81.8	80.9	81.6		81.3	81.2	82.2	82.6	80.7	80.4
L-LW-Nacht	72.8	70.3	72.1	73	72.9	73.1		73.5	73.3	73.2	73.6	72	72.1
L-Rest-Tag	83.7	81.4	82.4	82.2	83.8	83.2		83.9	84.5	83.7	83.7	83.5	83.2
L-Rest-Nacht	77.5	74.5	75.6	75.8	77.8	76.4		78.9	79	77.1	76.7	76.6	76.7
L-Tot-Tag	85.7	83.5	84.8	85	85.6	85.5		85.8	86.2	86	86.2	85.3	85
L-Tot-Nacht	78.8	75.9	77.2	77.6	79	78.1		80	80	78.6	78.4	77.9	78

Tabelle 3: Ergebnisse für das Jahr 2006 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).

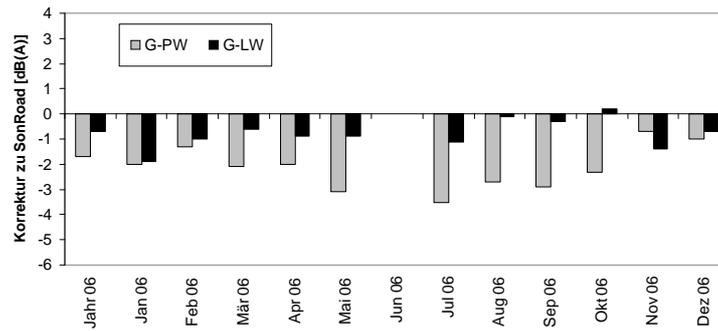


Abbildung 4: Emissions-Korrekturen G gegenüber SonRoad (Standardbelag) für PW und LW an der Messstelle Moleno.

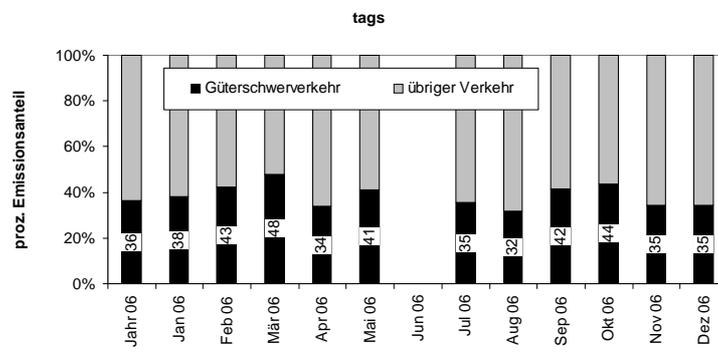


Abbildung 5: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, tags, an der Messstelle Moleno.

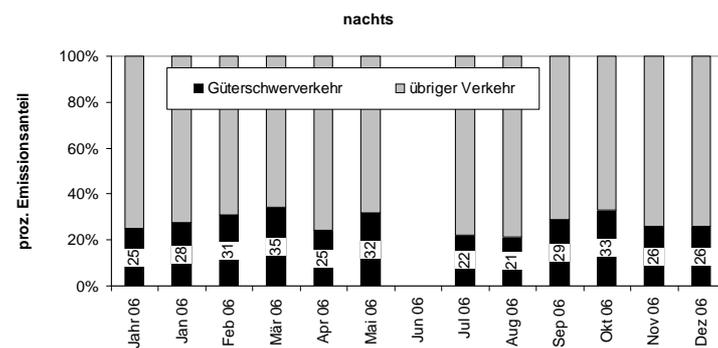


Abbildung 6: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, nachts, an der Messstelle Moleno.

4.3 Reiden

Datengrundlagen:

- ASTRA Einzelereignisdaten von 2006-01-01 bis 2006-12-31
- Verkehrs- und Lärmdaten von 2006-01-01 bis 2006-12-31

	Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
G-PW	0.1	0.3	0.2	-0.1	-0.1	-0.6		-1.2	0.1	-0.2	0	0	0.2
G-LW	-0.6	-0.1	-0.5	-0.1	-0.5	-0.1		-1.5	-1.1	-1.2	-1.1	-0.5	-0.4
v-PW-Tag	117.9	117.6	116.2	115.5	117.9	118.2		118.6	118.5	118.7	118.4	117.7	118
v-PW-Nacht	118	118.1	115.2	112.5	117.9	118.7		118.8	117.1	119.5	119.6	119.4	118.3
v-LW-Tag	92.4	90.7	92	90.3	92.4	92.7		94.2	93.9	94.5	92.2	91	91.3
v-LW-Nacht	94.9	93.5	94.9	91.7	95.3	94.7		97.1	96	97.2	94.7	93.7	94.4
N-LW-Tag	292	263	309	321	274	312		289	262	309	313	314	250
N-LW-Nacht	58	47	55	58	52	62		61	59	63	62	63	53
N-Tot-Tag	2474	2102	2203	2277	2504	2562		2737	2775	2764	2599	2413	2224
N-Tot-Nacht	552	395	403	426	566	559		827	763	616	519	481	486
L-LW-Tag	84	83.9	84.4	84.7	83.8	84.8		83.1	83.1	83.8	83.7	84.3	83.4
L-LW-Nacht	77.2	76.7	77.1	77.5	76.8	77.9		76.7	76.8	77.2	77	77.6	76.9
L-Rest-Tag	86.9	86.2	86	86	86.7	86.6		86.3	87.6	87.3	87	86.4	86.5
L-Rest-Nacht	80.5	79.1	78.9	78.6	80.6	80.2		81.3	81.9	80.8	80.1	79.7	80
L-Tot-Tag	88.7	88.2	88.3	88.4	88.5	88.8		88	88.9	88.9	88.7	88.5	88.2
L-Tot-Nacht	82.2	81.1	81.1	81.1	82.1	82.2		82.6	83.1	82.4	81.8	81.8	81.7

Tabelle 4: Ergebnisse für das Jahr 2006 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).

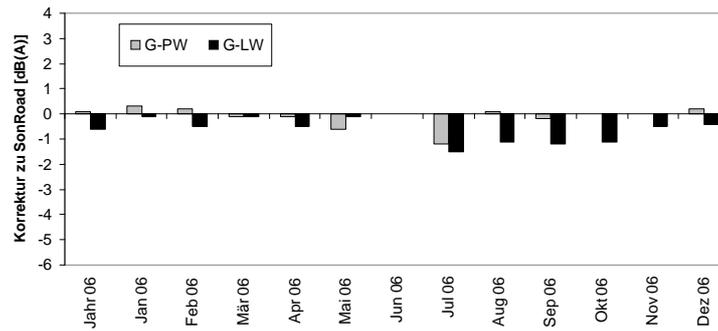


Abbildung 7: Emissions-Korrekturen G gegenüber SonRoad (Standardbelag) für PW und LW an der Messstelle Reiden.

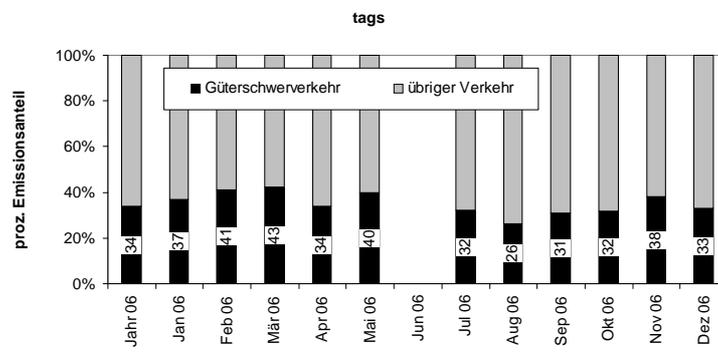


Abbildung 8: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, tags, an der Messstelle Reiden.

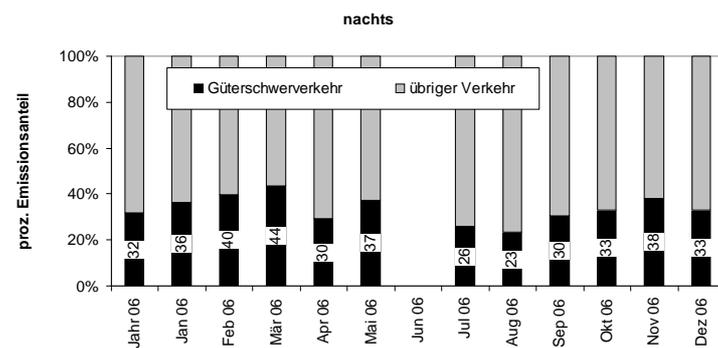


Abbildung 9: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, nachts, an der Messstelle Reiden.

4.4 Rothenbrunnen

Datengrundlagen:

- ASTRA Einzelereignisdaten von 2006-01-01 bis 2006-12-31
- Verkehrs- und Lärmdaten von 2006-01-01 bis 2006-12-31

	Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
G-PW	1	1.5	1.7	0.9	0.5	0.8		0.5	0.8	0.5	1	1	1.9
G-LW	-1.3	0	-0.4	0.1	0.1	-1.1		-2.1	-0.7	-1	-0.7	-0.3	-1.2
v-PW-Tag	102	100.8	102.1	102.1	102.9	102.1		102	102	101.6	102.1	101.8	102.4
v-PW-Nacht	102.2	99.8	101.8	101.6	103	102.3		102.6	101.9	102.6	103.2	102.7	102.2
v-LW-Tag	90.9	87.6	88.8	88	90.7	91.8		92.9	92.5	91.8	90.6	89.8	92
v-LW-Nacht	93.8	91.1	92.7	91.9	93.4	92.6		95.5	94.7	93.6	94.3	94.7	96
N-LW-Tag	40	31	36	40	40	44		45	40	48	44	45	31
N-LW-Nacht	5	4	5	5	6	9		5	5	9	6	5	4
N-Tot-Tag	849	661	743	739	923	872		1043	1100	1067	881	667	687
N-Tot-Nacht	132	82	93	93	140	194		209	181	234	122	88	94
L-LW-Tag	74.4	74.3	74.6	75.6	75.7	75		74.2	75.1	75.5	75.4	75.9	73.7
L-LW-Nacht	65.9	65.4	66.5	67.2	67.6	68.1		65	66.7	68.3	67	66.7	64.6
L-Rest-Tag	81.9	81.1	81.9	81.1	82.1	82		82.5	83.1	82.6	82.2	80.6	81.8
L-Rest-Nacht	74	72.2	73.1	72.5	74	75.5		75.5	75.1	76	73.8	72.2	73.2
L-Tot-Tag	82.6	81.9	82.6	82.2	83	82.8		83.1	83.7	83.4	83	81.9	82.4
L-Tot-Nacht	74.6	73	74	73.6	74.9	76.2		75.9	75.7	76.7	74.6	73.3	73.8

Tabelle 5: Ergebnisse für das Jahr 2006 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).

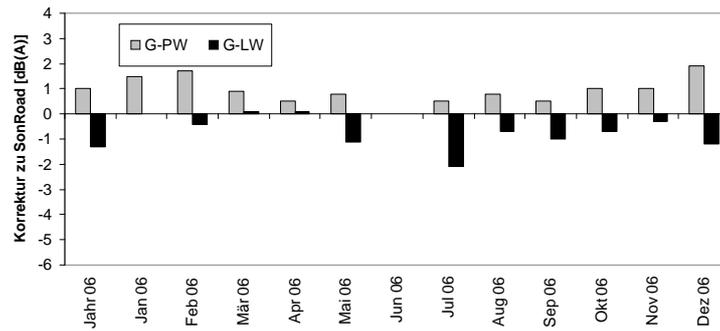


Abbildung 10: Emissions-Korrekturen *G* gegenüber SonRoad (Standardbelag) für PW und LW an der Messstelle Rothenbrunnen.

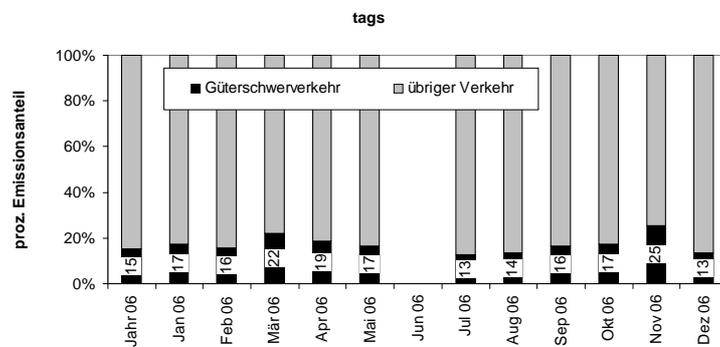


Abbildung 11: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, tags, an der Messstelle Rothenbrunnen.

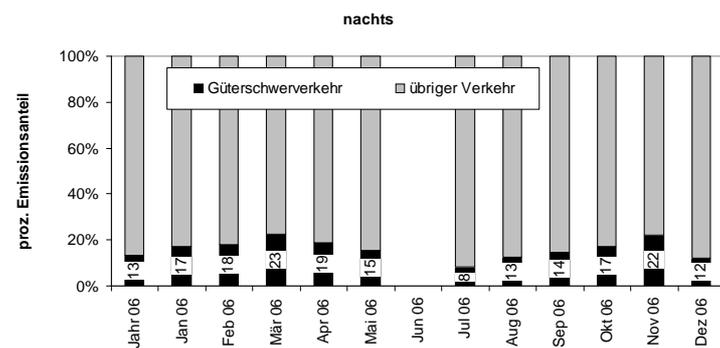


Abbildung 12: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, nachts, an der Messstelle Rothenbrunnen.

4.5 Tenniken

Datengrundlagen:

- ASTRA Einzelereignisdaten (Zähler Eptingen) von 2006-01-01 bis 2006-12-31
- Verkehrs- und Lärmdaten von 2006-01-01 bis 2006-12-31

	Jahr	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
G-PW	-1.8	-3.6	0.3	-1.9	-1.2	-3.3		-7.2	-0.6	-2.9	-1.3	-1.7	-2.5
G-LW	-2.5	-1.7	-4.3	-1.5	-1.6	-1.4		-2.8	-3.7	-3.2	-3.8	-2.3	-1.7
v-PW-Tag	107.5	107.8	105.5	105	107.1	108.4		106.3	107.6	107.7	108.8	108.6	108.5
v-PW-Nacht	110.7	110.9	107.1	107.4	110.6	111.3		110.7	110.4	111.5	111	113.2	111.9
v-LW-Tag	96.6	95.8	96.6	94.6	96.5	97.1		97.2	98.4	97.9	97	95.2	96.7
v-LW-Nacht	104.6	104.5	103.6	100.4	106.2	103.8		107.1	106	108	102.3	104.1	103.3
N-LW-Tag	331	302	373	389	314	335		318	299	347	352	362	280
N-LW-Nacht	47	42	49	51	47	50		50	47	48	47	46	43
N-Tot-Tag	2620	2296	2479	2460	2703	2608		2912	2990	2835	2655	2428	2387
N-Tot-Nacht	548	395	431	441	560	564		792	742	599	504	457	474
L-LW-Tag	83.2	83.5	82	84.8	83.8	84.4		82.7	81.7	82.8	82.2	83.7	83.3
L-LW-Nacht	75.7	76	73.9	76.7	76.8	76.9		75.8	74.5	75.3	74.2	75.8	76
L-Rest-Tag	84.3	82.2	85.5	83.7	85.3	83.5		80.9	86	83.9	84.8	83.9	83.5
L-Rest-Nacht	78.1	75.6	78.4	76.9	79.1	77.5		76	80.4	77.7	78.1	77.6	76.9
L-Tot-Tag	86.8	85.9	87.1	87.3	87.6	87		84.9	87.4	86.4	86.7	86.8	86.4
L-Tot-Nacht	80.1	78.8	79.7	79.8	81.1	80.2		78.9	81.4	79.7	79.6	79.8	79.5

Tabelle 6: Ergebnisse für das Jahr 2006 in Tenniken. 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).

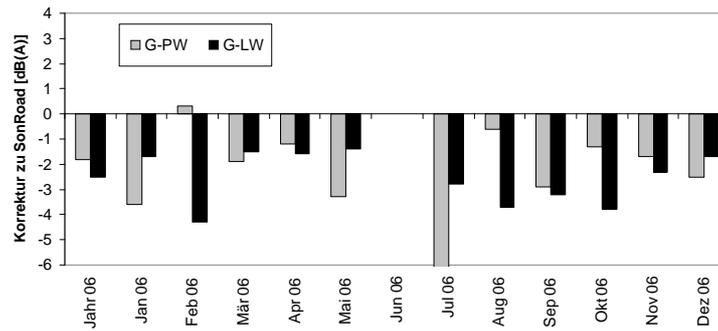


Abbildung 13: Emissions-Korrekturen G gegenüber SonRoad (Standardbelag) für PW und LW an der Messstelle Tenniken.

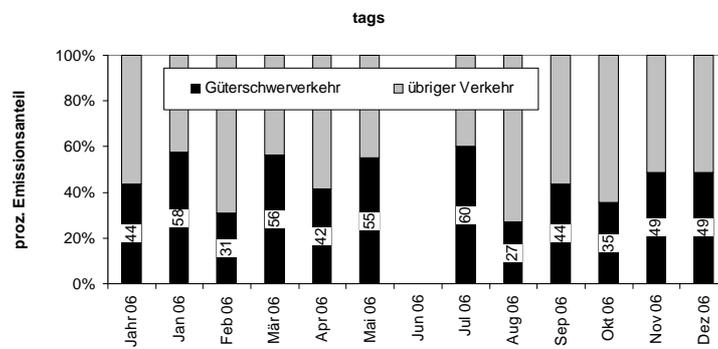


Abbildung 14: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, tags, an der Messstelle Tenniken.

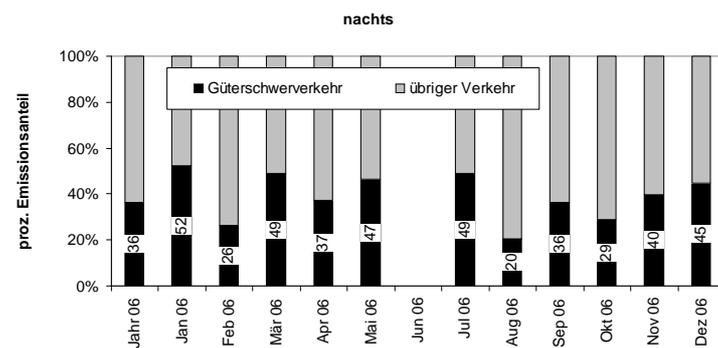


Abbildung 15: Prozentualer Emissionsanteil des Güterschwerverkehrs an der gesamten Energie, nachts, an der Messstelle Tenniken.

5 Diskussion

Die Diskussion bezieht sich im Wesentlichen auf die Korrekturwerte G . Diese Pegelkorrekturen beschreiben die Anpassung des Emissionsmodells aus SonRoad für beste Übereinstimmung Messung-Berechnung. G bildet mögliche Änderungen des Fahrzeugparks (aufgeschlüsselt in die beiden Kategorien PW und LW) und die Belagskorrektur gegenüber dem SonRoad zu Grunde gelegten Schwarzbelag ab.

- Für das Jahr 2006 ergeben sich Güterschwerverkehrsenergieanteile tags zwischen 13 und 60 %, nachts liegen die Werte zwischen 8 und 52 %. Camignolo und Rothenbrunnen zeigen die geringsten, Tenniken die höchsten Schwerverkehrsanteile.
- Die übers Jahr 2006 gemittelten Korrekturen G gegenüber dem Emissionsmodell SonRoad liegen an den Stationen Camignolo und Reiden für PW zwischen 0.1 und 0.6 dB(A), für LW zwischen -1.2 und -0.6 dB(A). In Rothenbrunnen wurden für PW 1.0 dB(A) höhere Pegel registriert, währenddem die Pegel für LW 1.3 dB(A) unter SonRoad liegen. Diese deutlich tiefer liegenden Pegel für LW wurden bereits in früheren Auswertungen beobachtet und könnten unter Umständen mit einem speziellen Fahrzeugmix auf dieser Route zusammenhängen. An den Stationen Moleno und Tenniken ergeben sich als Folge des lärmarmen Belags mit -1.8...-1.7 dB(A) für PW bzw. -2.5...-0.7 dB(A) für LW deutliche Korrekturen gegenüber SonRoad (Standardbelag). Im Vergleich zum Vorjahr sind die Korrekturen bei Moleno und Tenniken etwas geringer, d.h. die Lärminderung des Belags scheint leicht abgenommen zu haben.
- An der Station Tenniken sind die über's Jahr auftretenden monatlichen Streuungen der Korrekturen G deutlich grösser als an den übrigen Messstellen. Die Ursache dafür ist noch nicht völlig geklärt. Eine mögliche Erklärung ist der Umstand, dass die Verkehrszählung und die Geschwindigkeitsmessung nicht im gleichen Querschnitt wie die akustische Messung erfolgt. Überdies scheinen Drainbeläge eine ausgeprägtere Pegelabhängigkeit vom Fahrbahnzustand (nass/trocken) zu zeigen.

Literatur

- [1] EMPA Untersuchungsbericht 432309, int. 511.2206, MFM-U: Ermittlung der akustischen Ausbreitungsdämpfungen, 2004.
- [2] K. Heutschi, Schätzung der mittleren akustischen Leistungen von Personen- und Lastwagen anhand von quellennahen Strassenlärmimmissionsmessungen, Tagung Fortschritte der Akustik DAGA 2005.
- [3] K. Heutschi, SonRoad: New Swiss Road Traffic Noise Model, Acta Acustica united with Acustica, vol. 90, p. 548-554, 2004.
- [4] U. Sandberg, J. A. Ejsmont, Tyre/Road Noise Reference Book, Informex, 2002.