

Untersuchung auf LKW-sensible akustische Merkmale

Dario Bozzolo¹, Nicola Della²

¹ IFEC Consulenze SA, 6802 Rivera, Schweiz, Email: dario.bozzolo@ifec.ch

² IFEC Consulenze SA, 6802 Rivera, Schweiz, Email: nicola.della@ifec.ch

Einleitung

Das BUWAL Projekt "Monitoring Flankierende Massnahmen - Umwelt (MfM-U) Teil Strassenlärm" [1] sollte die Entwicklung der von den Lastkraftwagen (LKW) verursachten Strassenlärmbelastung längs der Nord-Süd-Achse unter Einwirkung der flankierenden Massnahmen zur Entlastung der Strasse verfolgen [2].

Diese Entwicklung hängt sowohl von der effektiv erreichten Verlagerung des LKW-Verkehrs von der Strasse zur Schiene als auch von anderen Faktoren ab, wie technischen Fortschritten im Fahrzeugpark (Motor, Pneus), Belagsveränderungen (Abnutzung, Einbau von lärmarmen Belägen), effektiv gefahrenen Geschwindigkeiten, LKW-Verkehrsregelung (erlaubte Fahrzeiten) und -Steuerung, u.s.w.

Für das Monitoring werden an insgesamt sechs Standorten entlang der A2 und A13 akustische Immissionen des Strassenverkehrs nahe der Quelle (zusammen mit den Verkehrsmengen und den gefahrenen Geschwindigkeiten) messtechnisch kontinuierlich erfasst. Dies geschieht je mittels zweier Mikrophone auf beiden Seiten der Autobahn in einem Abstand von 6,5 m von der Mitte der Normalspur und in einer Höhe von etwa 3,2 m bezüglich der Belagsoberfläche [3] [4].

Mit der vorliegenden Arbeit wurde versucht, mit Zuhilfenahme von möglichst wenigen theoretischen Ansätzen und Modellen angenäherte quellennahen Immissionsspektren der PW und der LKW aus den gesamten Strassenlärm zu gewinnen.



Abbildung 1: Lärmmessstation bei der Autobahn A2 in Moleno

Analysierte Datensätze

Für die Auswertungen wurden ausgewählte Akustik-, Verkehrs- und Meteo-Daten der Messstationen Camignolo, Moleno, Reiden und Tenniken berücksichtigt. Als akustische Daten standen die Spektren und die A-bewerteten Gesamtpegel zur Verfügung. Die erfassten Fahrzeugklassen (nach Swiss 7 oder Swiss 10) wurden ihrerseits auf folgende unkonventionelle Art zu Fahrzeugkategorien zusammengefasst, um die Merkmale des LKW-Verkehrs besser zum Vorschein zu bringen:

- die Klassen 5 bis 7 stellten die LKW (Lastwagen, Lastenzüge und Sattelzüge) dar;
- alle andere Klassen zusammen wurden den übrigen, hier als Referenzwagen RW bezeichneten Fahrzeugen zugeordnet, welche sowohl leise (PW) als auch lärmige Fahrzeuge (Bus und Motorräder) enthalten.

Die berücksichtigten Zeitperioden beschränkten sich auf die Dauer eines Monats (September, Oktober oder November, je nach Standort). Die Monate wurden so ausgewählt, dass die verfügbaren Datensets möglich vollständig waren. Akustische Messungen bei nassem Belag wurden Dank der erhöhten Emission in den Terzen oberhalb von 2 kHz automatisch erkannt und eliminiert.

Methodologisches Vorgehen

Ziel des methodologisches Vorgehen war die Bestimmung des quellennahen Immissionsspektrums bei der Vorbeifahrt eines einzelnen Fahrzeugs pro Stunde (RW, bzw. LKW) auf der Normalspur mit einer bestimmten Referenzgeschwindigkeit (120 km/h für RW und 80 km/h für LKW).

Für Normierungszwecke wurden neben trivialen Ansätzen die in [3] ermittelten Ausbreitungsdämpfungen von den einzelnen Fahrspuren und die Emissionsformel aus dem Model SonRoad verwendet [5]. Nicht berücksichtigt blieb die relative Änderung der Pegel bei den einzelnen Terzen, welche aus einer Erhöhung oder Erniedrigung der Geschwindigkeiten hervorgeht.

In einem ersten Schritt kann aus den stündigen Lärmspektren mit sehr kleinen LKW-Beiträgen (LKW-Anteil $\leq 0,5\%$) ein Immissionsspektrum für die Vorbeifahrt auf der Normalspur eines Referenzwagens RW pro Stunde mit einer wohldefinierten Fahrgeschwindigkeit hergeleitet werden, indem man aus dem Pegel in der i-ten Terz den Einfluss der auf den einzelnen Fahrspuren verschiedenen Verkehrsmenge und gefahrenen Geschwindigkeiten weg subtrahiert

Der nächste Schritt besteht darin, aus den während der LKW-Fahrperiode gemessenen Immissionsspektren (mit

LKW-Anteil > 30%) ein mittleres Spektrum (LKW + RW) zu bilden und dann den Beitrag der Referenzwagen energetisch zu subtrahieren. Das erhaltene LKW-Spektrum wird gleichzeitig auf die Immission für die Vorbeifahrt auf der Normalspur eines LKWs pro Stunde mit einer wohldefinierten Fahrgeschwindigkeit zurückgeführt. Schritt 1 (unter Berücksichtigung des LKW-Beitrags) und Schritt 2 werden dann in einem iterativen Optimierungs-Prozess durchgelaufen und die Konvergenz wird normalerweise mit 3-4 Berechnungsabläufen erreicht.

Angenäherte Immissionsspektren von RW und LKW

Für alle vier untersuchten Standorte wurden die Immissionsspektren sowohl eines RWs als auch eines LKWs nach dem obigen Verfahren ermittelt. Es zeigt sich, dass die Spektren eines RW für Camignolo, Moleno und Reiden (wo ähnliche Beläge vorhanden sind) zum grössten Teil übereinstimmen (siehe Abbildung 2). Deutliche Abweichungen oberhalb von 800 Hz sind jedoch bei Tenniken festzustellen, da dort die schallabsorbierende Wirkung des eingebauten Drain-Belags völlig zur Geltung kommt. Grössere Unterschiede zwischen den einzelnen Standorten sind jedoch bei den LKW-Spektren festzustellen (siehe Abbildung 3).

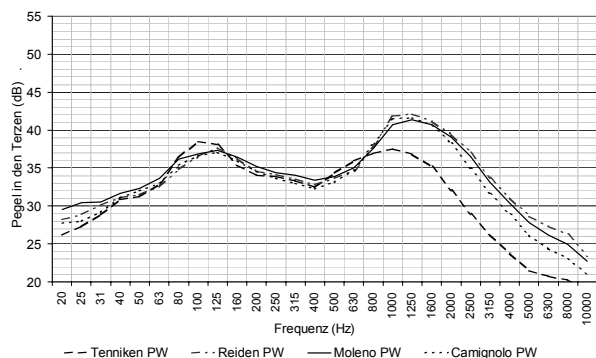


Abbildung 2: Immissionsspektren eines Referenzwagens (1 Fz/Std.; 120 km/h; Normalspur): Mittelwert aus beiden Fahrrichtungen bei den Standorten Camignolo, Moleno, Reiden und Tenniken

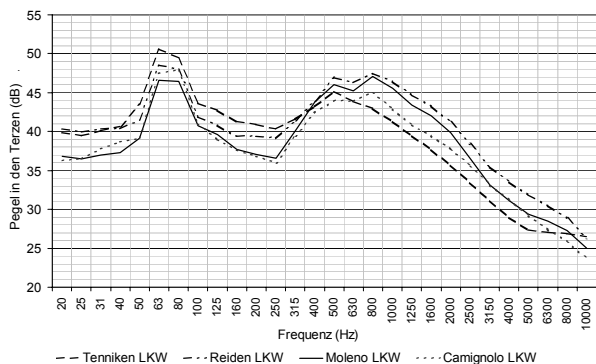


Abbildung 3: Immissionsspektren eines LKWs (1 Fz/Std.; 80 km/h; Normalspur): Mittelwert aus beiden Fahrrichtungen bei den Standorten Camignolo, Moleno, Reiden und Tenniken

Validierung der normierten Spektren

Zur Kontrolle der hergeleiteten Immissionsspektren für RW und LKW wurden sowohl der Pegelverlauf (siehe Abbildung 4) als auch die Immissionsspektren in den betrachteten Standorten und für alle Monatsstunden zurückberechnet. Die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung ist im allgemeinen befriedigend (zwischen 0,5 und 1,0 dB(A)).

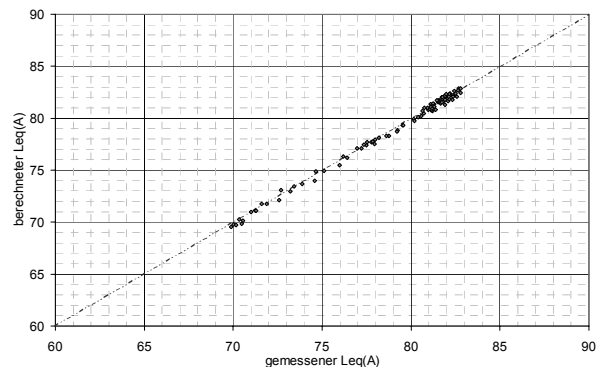


Abbildung 4: Vergleich zwischen gemessenen und berechneten L_{eq} -Pegel beim Standort Camignolo

Schlussfolgerungen

Es wurde eine Methode entwickelt, um spektrale Merkmale von LKW aus dem Spektrum des gesamten Strassenverkehrs lärms zu gewinnen. Das Algorithmus könnte weiter verbessert und bei der automatischen Auswertung der kontinuierlich erfassten MfM-U-Lärmdaten herangezogen werden. Die auf dieser Weise ermittelten und normierten Immissionsspektren eines LKWs oder eines RWs erlauben die Berechnung des Immissionsspektrum bei jeder momentanen Fahrzeugzusammensetzung des Verkehrs, wenn die Verkehrsmengen und Fahrgeschwindigkeiten pro Fahrspur (unterteilt nach RW und PKW) bekannt sind und wenn keine merkliche Änderungen am Fahrzeugpark, bzw. am Belag bezüglich eines Referenz-Zustands eingetreten sind. Im Weiterem kann ein Vergleich zwischen gemessenen und auf dieser Basis nachberechneter Immissionen auf eventuelle Veränderungen der für LKW-Lärmemission massgebenden Parameter hindeuten und diese Veränderungen sogar qualitativ und quantitativ erkennen lassen.

Literatur

- [1] URL: http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_ubeobacht/rubrik3/mfm-u/
- [2] M. Balmer, K. Ingold, M-H. Schaffner, K. Kammer, H. Bögli, Monitoring flankierende Massnahmen Umwelt (MfM-U), DAGA '05 (2005)
- [3] Kurt Heutschi, Schätzung der mittleren akustischen Leistungen von Personen- und Lastwagen anhand von quellennahen Strassenlärmemissionmessungen, DAGA '05 (2005)
- [4] ISO 11819-1 Acoustics - Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - Part 1: Statistical pass-by method (1997)
- [5] Kurt Heutschi, SonRoad - Berechnungsmodell für Strassenlärm, BUWAL, Schriftreihe Umwelt Nr. 366 (2004)