Quantifikation von Umgebungseinflüssen auf Vorbeifahrtsmessungen

Paul Reiter[1], Reinhard Wehr[1,2]

[1] *Austrian Institute of Technology GmbH, Wien, Österreich, Email: paul.reiter@ait.ac.at*

[2] *Technische Universität Wien, Wien, Österreich, Email: reinhard.wehr@ait.ac.at*

Einleitung

Haupteinflussfaktor auf den Straßenverkehrslärm ist die Interaktion zwischen Reifen und Straße (tyre-road noise) die unter anderem vom Typ der Fahrbahnoberfläche abhängt. Um diesen Einfluss zu quantifizieren gibt es mehrere standardisierte Messmethoden wie z.B. die in ISO 11819-1 [1] beschriebene Statistical Pass-By method (SPB). Dabei werden die Schallemissionen einer statistisch signifikanten Anzahl von individuellen Fahrzeugvorbeifahrten messtechnisch erfasst und der im Durchschnitt maximale Schalldruckpegel bezogen auf eine Referenzgeschwindigkeit berechnet. Bei der praktischen Durchführung dieser Messmethode sind jedoch teilweise akustisch problematische Umgebungsbedingungen vorhanden. Beispielsweise können sich Leitplanken, Betonschutzwände, Gebäude oder auch unebenes/absorbierendes Gelände auf die Messergebnisse auswirken. Eine Quantifizierung verschiedener Störeinflüsse ist daher notwendig um die Vergleichbarkeit von Messungen nach ISO 11819-1 zu erhalten. Aufgrund von am Computer effizient durchführbaren Parametervariationen bieten sich für diese Abschätzung Simulationen an. Dafür wurden mehrere für SPB-Messungen typische Umgebungsbedingungen ausgewählt und mit einer 2D Randelementmethode simuliert. In dieser Arbeit werden die Ergebnisse dieser Simulationen präsentiert.

Randelementmethode (BEM)

Die Randelementsimulationen wurden mit einem am AIT selbst entwickelten 2D Solver durchgeführt, der die Burton-Miller Integralformulierung verwendet und Oberflächenadmittanzen unterstützt. Die Vereinfachung des Modells auf 2D Querschnitte reduziert massiv die Rechenzeit und Komplexität des Problems, eine akustisch korrekte Modellierung des 3-dimensionalen, abstrahlenden und sich bewegenden Fahrzeugs ist in 2D aber nicht zielführend. Unphysikalische Singularitäten im Schallfeld, die bei Simulationen mit Punktquellen auftreten, in der Praxis aufgrund der sowohl zeitlich als auch räumlich verschmierten Quelle aber nicht vorhanden sind, müssen dennoch vermieden werden. Zu diesem Zweck wurden die Simulationen mit mehreren verschiedenen Anordnungen von innerhalb eines Raumbereichs zufällig verteilten Punktquellen durchgeführt und die Ergebnisse danach gemittelt (siehe Abbildung 1).

Die Simulationen wurden für jeweils 5 Frequenzen pro Terzband im für den Straßenverkehr relevanten Spektrum von 100 bis 5000 Hz durchgeführt. Aus den Ergebnissen wurden Terzbandpegel für alle simulierten Varianten sowie für einen Referenzfall berechnet. Die Terzbandpegel des Referenzfalls $L_{i,r}$ wurden von den Terzbandpegeln der einzelnen Varianten $L_{i,a}$ subtrahiert und die daraus resultierenden Differenzen, gewichtet mit dem standardisierten Verkehrslärmspektrum $L_{i,T}$ aus ISO 1793-3 [2], energetisch aufsummiert um eine Einzahlbewertung (Gleichung 1) zu bestimmen. Diese fasst die zu erwartende Veränderung des Ergebnisses einer SPB Messung aufgrund der Umgebungseinflüsse in einer Zahl zusammen.

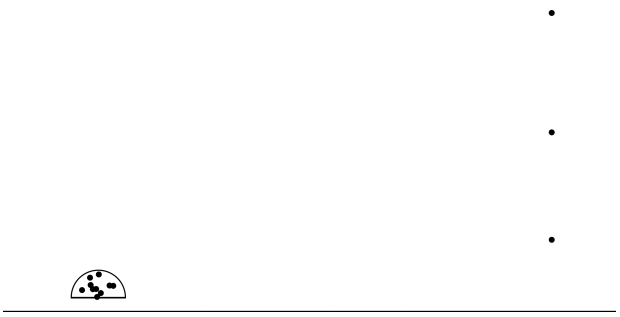

Abbildung 1: Die Quellen sind zufällig in einem Halbkreis mit Radius 0,5 m, 0,15 m über dem Boden, in der Mitte des ersten Fahrstreifens, verteilt. Die Mikrofone befinden sich 7,5 m rechts von den Quellen, in Höhen von 1,2 m, 3 m und 5 m.

$$\Delta L_{\mathrm{SPB}} = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_i 10^{0.1(L_{i,a} - L_{i,r} + L_{i,T})}}{\sum_i 10^{0.1 L_{i,T}}} \right) \qquad (1)$$

Simulierte Varianten

In den Grafiken 2 bis 9 sind die simulierten Varianten dargestellt.

Da jede der Simulationen mehrfach mit verschiedenen zufälligen Quellenanordnungen durchgeführt wurde, sind die Punktquellen im Folgenden als einziger Punkt, im Zentrum des Halbkreises, zusammengefasst dargestellt.

Abbildung 2: Straße mit Safety-barrier in der Mitte

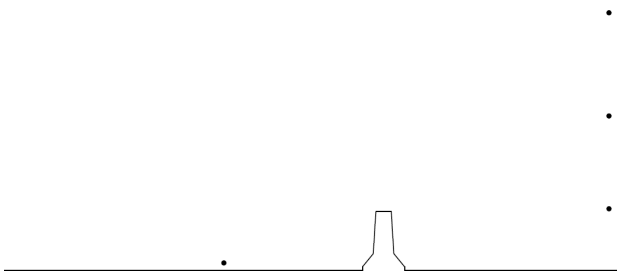

Abbildung 3: Straße mit Safety-barrier am Rand

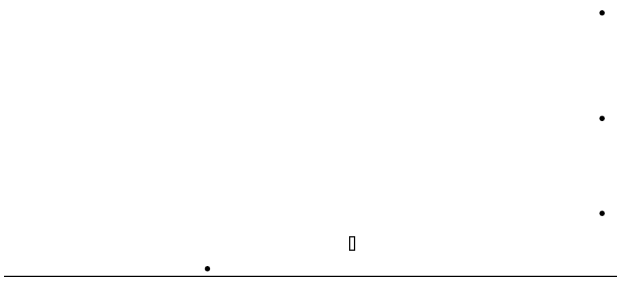

Abbildung 4: Straße mit Leitplanke

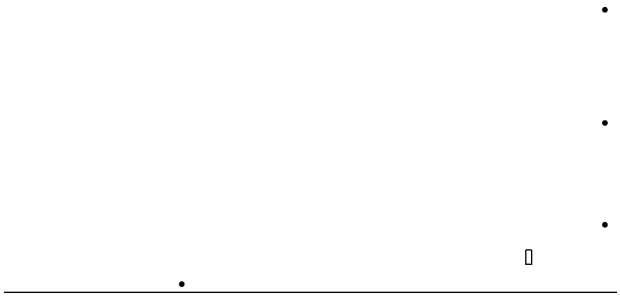

Abbildung 5: Straße mit Pannenstreifen und Leitplanke

Abbildung 6: Gebäude in 25 m Entfernung von den Mikrofonen

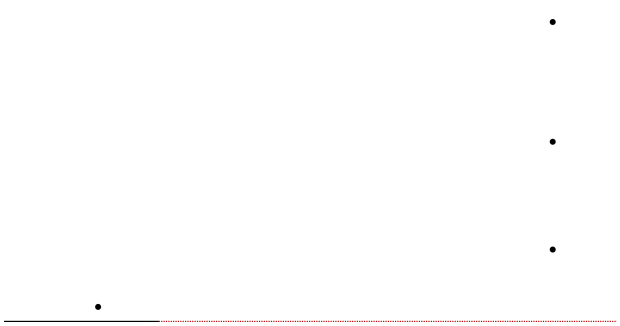

Abbildung 7: Absorbierender Boden (rot hervorgehoben)

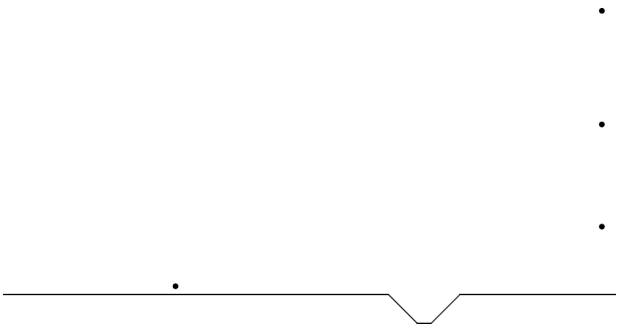

Abbildung 8: Straße mit Straßengraben

Abbildung 9: Straße mit Pannenstreifen und Straßengraben

Ergebnisse

In den Grafiken 10 bis 17 sind die Ergebnisse der simulierten Varianten dargestellt. Strichliert sind die Ergebnisse für jede simulierte Frequenz dargestellt, durchgezogen sind die Terzbandwerte eingezeichnet und in der Legende sind die Einzahlbewertungen nach Gleichung 1 für jedes der drei Mikrofone eingetragen.

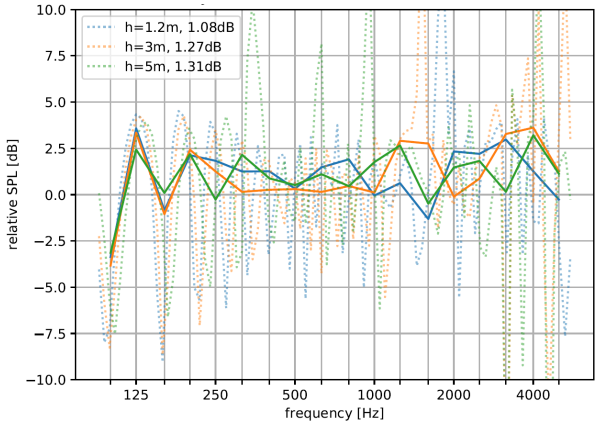

Abbildung 10: Straße mit Safety-barrier in der Mitte

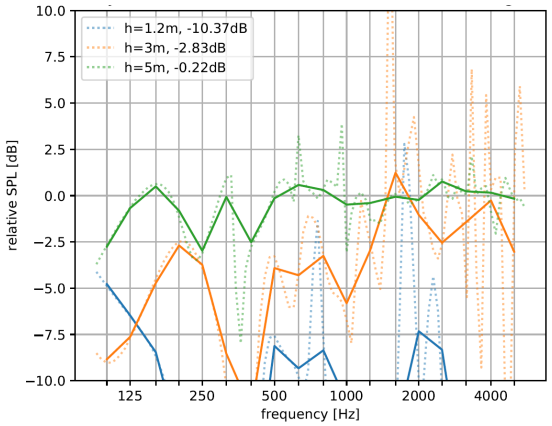

Abbildung 11: Straße mit Safety-barrier am Rand

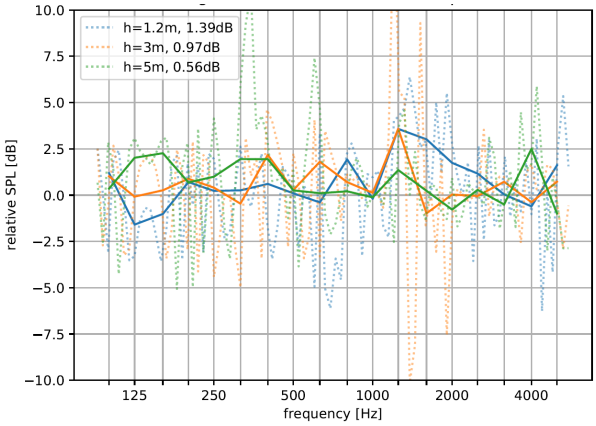

Abbildung 14: Gebäude in 25 m Entfernung von den Mikrofonen

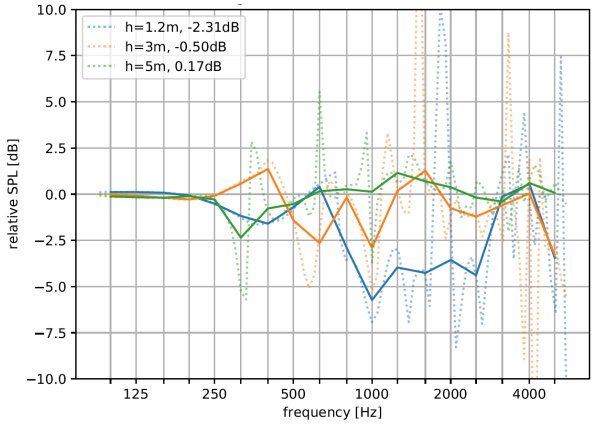

Abbildung 12: Straße mit Leitplanke

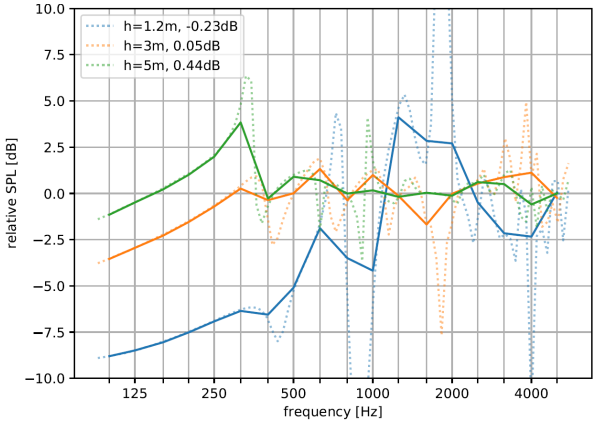

Abbildung 15: Absorbierender Boden

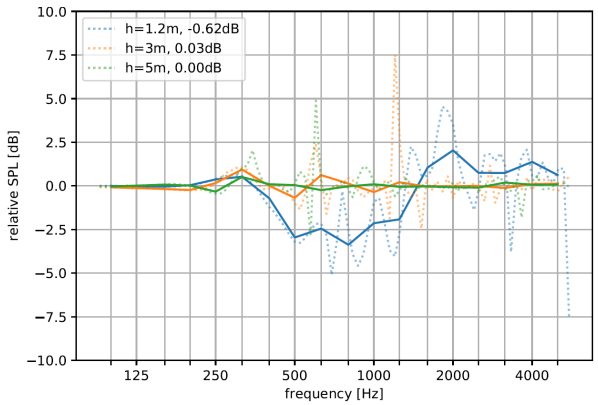

Abbildung 13: Straße mit Pannenstreifen und Leitplanke

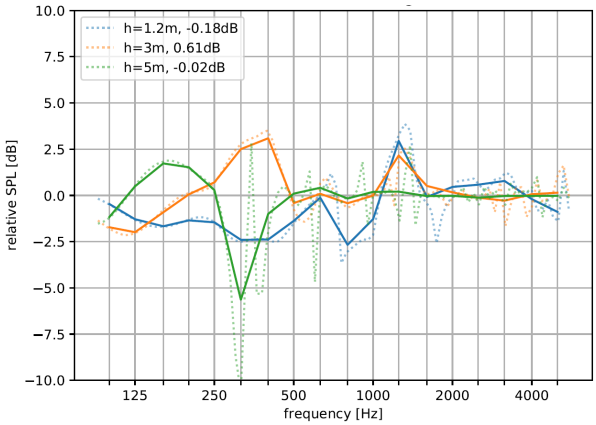

Abbildung 16: Straße mit Straßengraben

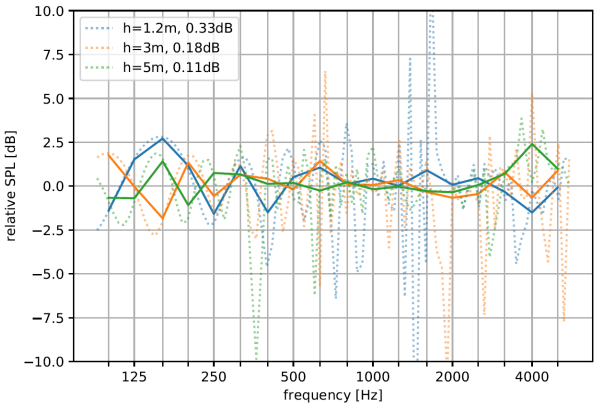

Abbildung 17: Straße mit Pannenstreifen und Straßengraben

Fazit

Für die meisten untersuchten Fälle liegen die Auswirkungen auf einen potenziellen Messwert, mit ca. 1 dB unter der Messungenauigkeit der SPB Methode. Umgebungseinflüsse wie z.B. eine Leitplanke bzw. eine Safety-barrier am Straßenrand können allerdings, wie auch zu erwarten war, große Auswirkungen auf das Messergebnis haben. Insbesondere das unterste Mikrofon war dabei zumindest teilweise abgeschattet.

Mögliches Verbesserungspotenzial steckt unter anderem in der Simulation der Bodenabsorption, die in dieser Arbeit nur mit einer Oberflächenadmittanz angenommen wurde. Eine Kopplung an eine Domäne mit den Eigenschaften eines porösen Absorbers könnte Abhilfe schaffen, und die Ergebnisse realistischer machen.

Des Weiteren ist zu beachten dass diese Arbeit aufgrund der starken Vereinfachungen nur eine grobe Abschätzung auf die Auswirkungen verschiedener Umgebungseinflüsse zulässt. Insbesondere die Schallquelle, die in der Realität aus bewegten Fahrzeugen verschiedenen Typs besteht, ist in Simulationen generell nur schwer abzubilden, wenn gleichzeitig auch die Rechenzeit überschaubar bleiben soll.

Literatur

[1] ISO 11819-1, Akustik - Messung des Einflusses von Straßenoberflächen auf Verkehrsgeräusche - Teil 1: Statistisches Vorbeifahrtverfahren

[2] ISO 1793-3, Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Prüfeigenschaften zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 3: Standardisiertes Verkehrslärmspektrum