

Außengeräuschsimulation von innerstädtischen Verkehrsmitteln im Rahmen des EU-Forschungsprojektes Quiet City

Sandro Guidati, Sebastian Rossberg

HEAD acoustics GmbH, 52134 Herzogenrath, Deutschland, Email: Sandro.Guidati@head-acoustics.de

Einleitung

In der EU-Lärm-Direktive 2002/49/EC werden verschiedene Maßnahmen festgelegt mit dem Ziel, die Lärmbelastung in innerstädtischen Räumen zu dokumentieren und gegebenenfalls zu verringern. Bis zum Jahr 2007 sind beispielsweise Kommunen mit mehr als 250.000 Einwohnern aufgefordert, strategische Lärmkarten zu erstellen. Bis 2008 sollen dann konkrete Maßnahmenkataloge vorgelegt werden, wie der Lärm in den Problembereichen reduziert werden kann. Ziel des EU-Projektes Quiet City ist es, die Kommunen bei der Umsetzung der Direktive zu unterstützen.

Die Firma HEAD acoustics hat in der Vergangenheit Verfahren entwickelt, um das Außengeräusch von PKWs zu simulieren [1-3]. Dabei kann neben dem Gesamtfahrzeuggeräusch auch der Beitrag einzelner Geräuschquellen am Fahrzeug simuliert bzw. auralisiert werden. Damit ist es möglich, die für das Außengeräusch relevanten Quellen zu identifizieren und nach ihrer Bedeutung und damit dem theoretischen Lärminderungspotential zu gewichten. Im Rahmen von Quiet City werden diese Verfahren auf andere Verkehrsträger (z.B. Transporter, Lastkraftwagen, Busse) erweitert.

Quiet City

Das Ziel des Forschungsvorhabens Quiet City ist es, den Kommunen Werkzeuge und Maßnahmenkataloge zur Verfügung zu stellen, um die Vorgaben der EU-Lärm-Direktive 2002/49/EC zu erfüllen. Der Schwerpunkt liegt dabei gezielt auf Maßnahmen, die die Kommunen mittelfristig selbst umsetzen können. PKWs spielen eine maßgebliche Rolle bei der Entstehung von innerstädtischem Lärm. Eine Verringerung ihrer Geräuschemission erfordert langfristige Anstrengungen, die nur von den Herstellern selbst geleistet werden können. Die Kommunen können jedoch Einfluss nehmen auf die Zusammensetzung der PKW-Flotte in der Innenstadt, z.B. durch steuerliche Begünstigung von lärmarmen Fahrzeugen, Verkehrsregulierung oder Schaffung von „quiet zones“, sowie auf die Verringerung der Lärmausbreitung, z.B. mit Hilfe von Schallschutzwänden oder offenporigen Fahrbahnbelägen. Ein wichtiger Beitrag zum innerstädtischen Lärm stammt von Schienenfahrzeugen, Bussen etc. Hier können die Kommunen durch die Wahl der Fahrzeuge/Gleisanlagen direkten Einfluss nehmen. Entsprechend beschäftigt sich ein Teilprojekt innerhalb von Quiet City mit dieser Thematik.

Ein weiterer Schwerpunkt innerhalb von Quiet City liegt auf der Erstellung, Weiterentwicklung bzw. Verbesserung der Lärmkartierung. Entwickelt werden beispielsweise Verfahren zur automatischen Detektierung von so genannten Hotspots (Zonen erhöhter Lärmbelastung).

Lärmkarten basieren auf energieäquivalenten Dauerschallpegeln. Die spektrale Zusammensetzung bzw. die zeitliche Struktur des Verkehrslärms wird dabei weitgehend vernachlässigt. Aus diesem Grund beschäftigt sich ein weiteres Teilprojekt innerhalb von Quiet City mit der Bestimmung von Parametern, die basierend auf psychoakustischen Analysen und Jury Tests die tatsächliche Belastung der Anwohner widerspiegeln. In einem ersten Schritt werden die für den innerstädtischen Lärm typischen Einzelgeräuschereignisse getrennt gemessen und die gewonnenen Zeitsignale psychoakustisch bewertet. In einer späteren Projektphase werden dann in einem Simulationstool die Einzelereignisse wieder zu komplexen Geräuschszenarien zusammengesetzt. Die Simulation erzeugt wiederum Zeitsignale und erlaubt damit in Kombination mit Verkehrssimulationen die psychoakustische Bewertung von Verkehrsregulierungen und Lärminderungsmaßnahmen.

Qualitative Messmethodik

Das Standardmessverfahren für die Bestimmung des Fahrzeugaußengeräusches ist die Vorbeifahrt (z.B. nach ISO 362). Dabei wird lediglich mit zwei Mikrofonen zu beiden Seiten der Fahrbahn gemessen. Lärminderungsmaßnahmen sind nur dann effektiv, wenn sie an den für die Wahrnehmung dominanten Lärmquellen angreifen. Daher ist es erforderlich, für die typischen Fahrzustände die jeweiligen Hauptlärmquellen zu detektieren. Um diese Untersuchung an einer möglichst großen Anzahl von Fahrzeugen durchzuführen, wurde eine qualitative Messmethodik entwickelt. Dabei wird an den Hauptlärmquellen des Fahrzeugs eine begrenzte Anzahl von Mikrofonen angebracht. Für einen Standard PKW sind dies fünf Positionen: Ansaugung, Motor, Abgasendrohr, Einlauf und Auslauf eines Reifens. Die Mikrofone werden mit einem System aus Aluminiumrohren und Magnethaltern am Fahrzeug befestigt. Damit kann die gesamte Instrumentierung des Fahrzeugs in ca. 1.5 h durchgeführt werden. Die Lärmentwicklung wird in einer Reihe von typischen Betriebszuständen vermessen (konstant 30 km/h, konstant 50 km/h, mittlere Beschleunigung aus 30 km/h, Ampelsituation). Parallel dazu wird das Gesamtgeräusch mit Hilfe eines Kunstkopfes in 7.5 m Entfernung aufgezeichnet. Die Einzelmikrofonaufnahmen liefern Rückschlüsse auf die für den jeweiligen Betriebszustand typischen Geräuschanteile. Eine quantitative Bestimmung der Einzelbeiträge zum Gesamtgeräusch ist hingegen nicht möglich, da der Einfluss der Luftschallübertragungsfunktion zwischen der Nahfeldmikrofonposition und dem Fernfeldbeobachter unbekannt ist. Durch Abgleich der Einzelmikrofonaufnahmen mit der Kunstkopfaufnahme können jedoch die jeweils dominanten Lärmquellen identifiziert werden. Wichtig ist dabei stets die Verifizierung

durch einen Hörvergleich. Bislang wurden 20 Fahrzeuge verschiedener Klassen mit Hilfe der beschriebenen Methodik untersucht. Abbildung 1 zeigt Kunstkopfaufnahmen für zwei unterschiedliche Fahrzeugtypen im selben Betriebszustand. Ein erstes Ergebnis ist eine Aufstellung der pegeldominanten Lärmquellen für die verschiedenen Fahrzeugklassen und Fahrzustände. Die gewonnenen Zeitsignale dienen als Grundlage der sich anschließenden psychoakustischen Evaluierung.

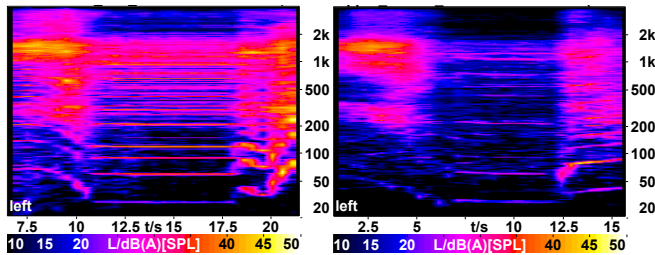


Abbildung 1: Vergleich der Kunstkopfaufnahme (linkes Ohr, Ampelsituation) eines Utility-Fahrzeugs (links) und Obere-Mittelklasse-Fahrzeugs (rechts).

Quantitative Messmethodik

Um den Einfluss verschiedener Lärminderungsmaßnahmen zu simulieren ohne jede mögliche Konfiguration zu messen, ist es erforderlich, die einzelnen Lärmmechanismen eines Fahrzeuges getrennt und quantitativ korrekt zu erfassen und dann gezielt zu verändern (z.B. Einfluss von Flüsterasphalt auf das Reifen/Fahrbahngeräusch). Ein Verfahren zur quantitativen Bestimmung dieser Einzelgeräusche wird in [1-3] beschrieben. Alle dominanten Quellen werden mit Nahfeldmikrofonen gemessen. Zusätzlich erfolgt die Bestimmung der Luftschallübertragungsfunktionen zwischen den Nahfeldmikrofonen und dem Fernfeld (Abbildung 2).



Abbildung 2: Reziproke Messung der Luftschallübertragungsfunktionen an einem Bus. Punktschallquelle am rechten Bildrand.

Die Nahfeldaufnahmen werden mit den Übertragungsfunktionen gefiltert und aufsummiert. Man erhält damit ein synthetisiertes Zeitsignal, das einer Fernfeldaufnahme entspricht (Abbildung 3). Dabei kann das Vorbeifahrtgeräusch des gesamten Fahrzeugs oder beliebiger einzelner Komponenten oder Komponentengruppen bestimmt werden (Abbildung 4). Damit erhält man ein Ranking der dominanten Geräuschquellen, kann diese getrennt psychoakustisch bewerten und das Potential der verschiedenen Lärminderungsmaßnahmen evaluieren.

Diese Methode wurde im Rahmen von Quiet City auf ausgewählte Fahrzeuge der verschiedenen interessierenden Fahrzeugklassen angewandt.

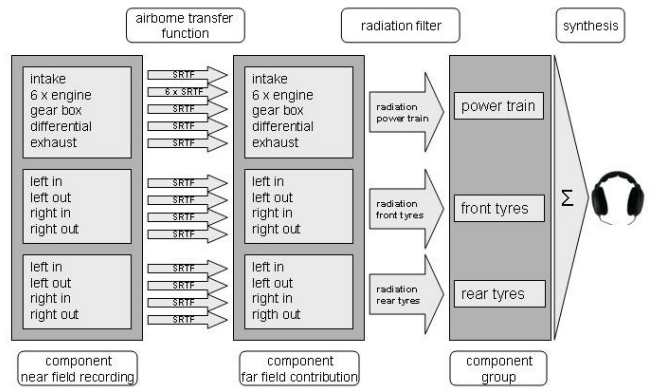


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Außen-geräuschsynthese.

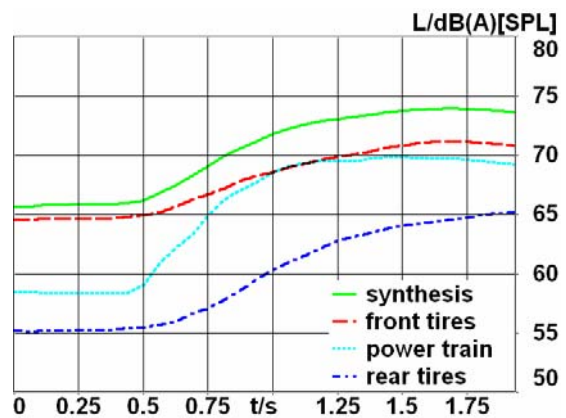


Abbildung 4: Pegel vs. Time für das Gesamtgeräusch (Synthesis) sowie den Komponentengruppen (Vorderräder, Antriebsstrang, Hinterräder) einer Vorbeifahrt nach ISO 362 eines Kleinwagens.

Zusammenfassung und Ausblick

In den ersten 12 Monaten des EU-Forschungsprojektes Quiet City wurde eine große Anzahl von Fahrzeugen unterschiedlicher Klassen akustisch gemessen. Die erste Methode erlaubt in kurzer Zeit die qualitative Bestimmung der für verschiedene Fahrzustände dominanten Geräuschquellen. Die zweite Methode liefert quantitative Aussagen über die Anteile der einzelnen Geräuschquellen zum Fahrzeuggesamtgeräusch. Beide Methoden liefern Zeitsignale. Diese Signale bilden die Grundlage für die sich anschließende psychoakustische Bewertung, deren Ergebnisse voraussichtlich in 2007 vorgestellt werden.

Literatur

- [1] H. Hoffsummer; K. Genuit; U. Müsch: Auralisation des Vorbeifahrtsgeräusches aus einer Multimikrofonaufnahme im Außengeräuschprüfstand, DAGA 2003, Aachen
- [2] R. Sottek, W. Krebber, K. Genuit: Road traffic noise simulation in urban streets, InterNoise 2002, Dearborn/MI, USA
- [3] S. Guidati, R. Sottek, K. Genuit: Simulated Pass-By in Small Rooms Using Noise Synthesis Technology, DAGA 2004, Strasbourg