

Fahrzeugaußengeräuschsimulation

Norbert Alt, Klaus Wolff, Georg Eisele, Fabienne Pichot
 FEV Motorenteknik GmbH, 52078 Aachen, Deutschland

Einleitung

Insbesondere in dicht besiedelten Gebieten stellt die Belastung der Umwelt durch die Abgas- und Lärm Emissionen des Straßenverkehrs ein ernstes Problem dar. Unter anderem getrieben durch gesetzliche Vorgaben wurden in den letzten Jahrzehnten bei der Reduktion der Schadstoffe im Abgas große Fortschritte erzielt. Hierbei stößt man inzwischen an natürliche Grenzen. Vermutlich wird in Zukunft die Reduktion der Geräuschemission von Fahrzeugen ein stärkeres Gewicht bekommen. Ein Anzeichen hierfür ist z.B. die geplante Änderung der gesetzlichen Vorgaben für das Vorbeifahrtgeräusch.

Die Entwicklung von leiseren Fahrzeugen in der Automobilindustrie kann durch die Simulation des Fahrzeugaußengeräusches unterstützt werden. Dadurch ist es möglich das Außengeräusch eines Fahrzeuges bereits in einer frühen Phase des Entwicklungsprozesses zu berechnen und in die Anteile der einzelnen Quellen zu zerlegen. Das erlaubt die Beurteilung von Modifikationen an einzelnen Fahrzeugkomponenten hinsichtlich des Außengeräusches. Dies wird im Folgenden am Beispiel der Vorbeifahrtmessung nach ISO 362 gezeigt.

Vorbeifahrtmessung und Prinzip der Geräuschsimulation

In der Vorbeifahrtmessung nach ISO 362 wird das Fahrzeuggeräusch durch jeweils ein Mikrofon auf jeder Fahrzeugseite erfasst [1] (Abb. 1). Das Fahrzeug fährt mit 50 km/h in die normierte Teststrecke ein, beschleunigt ab 10 m vor der Mikrofonposition bis das Fahrzeugende die Teststrecke von 20m verlassen hat.

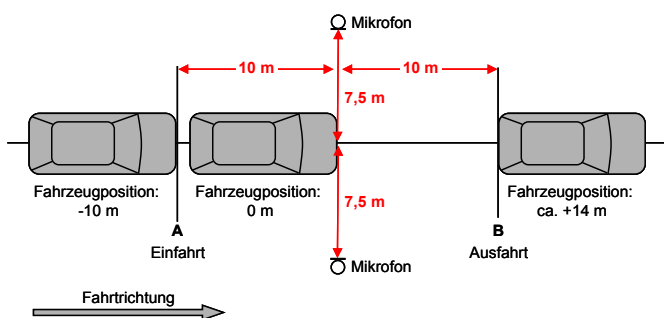


Abbildung 1: Vorbeifahrtmessung nach ISO 362 - Schematischer Messaufbau

Die Simulation des Vorbeifahrtgeräusches (VENS: Vehicle Exterior Noise Simulation, Abb. 2) benötigt als Eingangsgrößen gemessene oder berechnete Daten über das Fahrzeugverhalten (Fahrzeugposition, Fahrzeuggeschwindigkeit, Motordrehzahl), die Geräuschquellen (Reifen, Motor, Ansaugergeräusch, Abgasgeräusch) und die entsprechenden

Transferfunktionen (Dämmung Motorraum, Schallausbreitung). Die Anteile der einzelnen Geräuschquellen am Vorbeifahrtgeräusch werden mit einem auf Matlab basierenden Berechnungsprogramm bestimmt. Hierbei werden die einzelnen Geräuschquellen synchronisiert und mit den von der Fahrzeugposition abhängigen Transferfunktionen gefiltert. Die Summation der Geräuschanteile ergibt schließlich das gesamte Vorbeifahrtgeräusch.

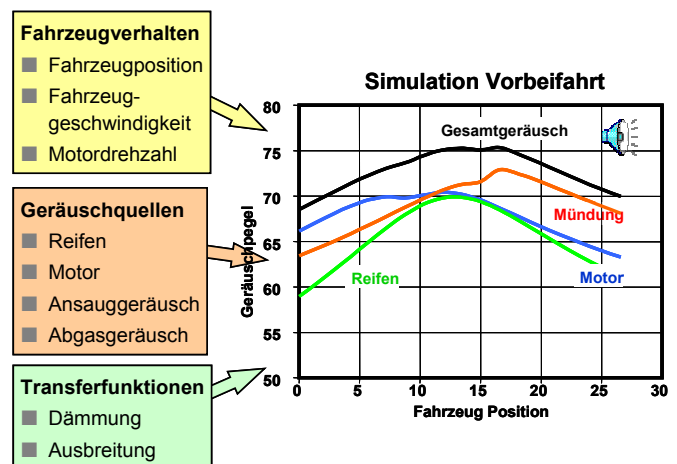


Abbildung 2: Eingangsgrößen für die Simulation des Vorbeifahrtgeräusches

Die Berechnung erfolgt ähnlich zu der bereits seit längerem als Standardmethode eingesetzten Simulation des Fahrzeuginnengeräusches (VINS – Vehicle Interior Noise Simulation) [2], allerdings gibt es einige wesentliche Unterschiede: Es gibt keinen Körperschallanteil, die Luftschalltransferfunktionen sind von der Fahrzeugposition abhängig und der Dopplereffekt ist zu berücksichtigen.

Geräuschquellen

Die Geräuschquellen können unabhängig von den realen Gegebenheiten bei der Vorbeifahrtmessung bestimmt werden (Abb. 3). Üblicherweise erfolgt die Messung des Motorluftschalls auf dem Motorprüfstand, die Mündungsgeräusche der Ansaug- und Abgasanlage werden auf einem Fahrzeugprüfstand gemessen oder durch 1-D-CFD Rechnungen bestimmt und das Reifengeräusch wird mit einem Fahrzeug auf der Straße oder einem Prüfstand gemessen.

Alternativ können auch Anregungsdaten aus einer vorhandenen Datenbank eingebracht werden. So ist zum Beispiel das Reifengeräusch nicht stark fahrzeugabhängig und muss deshalb nicht für jedes Fahrzeug neu gemessen werden. Auch die Einbeziehung weiterer Geräuschquellen wie z.B. der Oberflächenabstrahlung von Abgasanlagenkomponenten ist möglich.

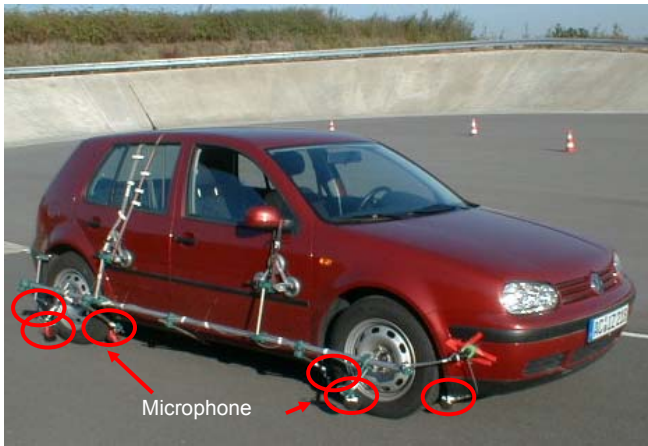


Abbildung 3: Messung des Reifengeräusches auf der Straße oder auf dem Prüfstand

Transferpfade

Die Messung der Luftschalltransferfunktionen erfolgt reziprok mit Maximalfolgenanregung (Abb. 4).

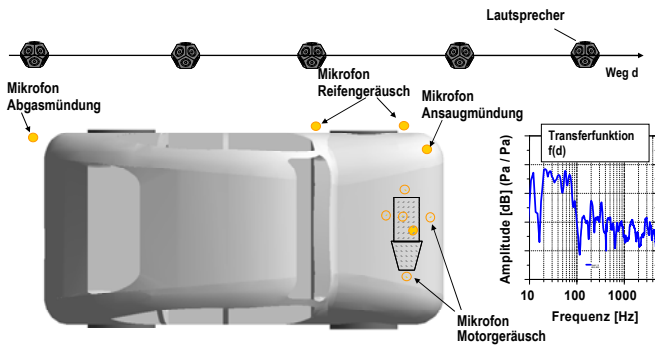


Abbildung 4: Reziproke Messung der Transferfunktionen für die einzelnen Quellen und Fahrzeugpositionen

Bei der reziproken Messung befindet sich der Lautsprecher an der Position, die dem Mikrofon bei der Vorbeifahrt entspricht. Die Mikrofone sind an den Orten der betrachteten Quellen: 6 Seiten des Motors, Ansaugmündung, Abgasmündung, 4 Reifen. Die Lautsprecherposition wird entsprechend der Vorbeifahrtsituation in mehreren Schritten variiert. Abbildung 5 zeigt exemplarisch die Änderung der Transferfunktion über der Fahrzeugposition. Für die hier gezeigten Quellen Ansaug- und Abgasmündung sind die durch das Fahrzeug verursachten Abdeckungseffekte deutlich zu erkennen.

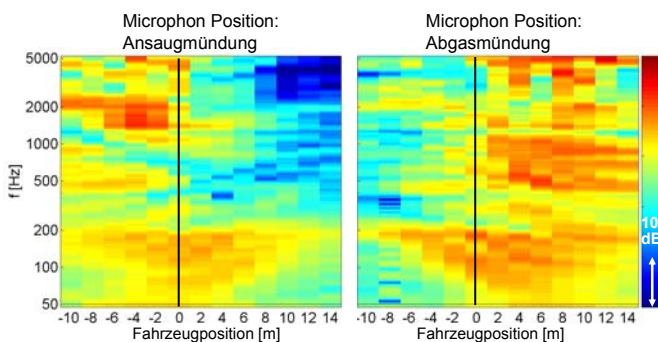


Abbildung 5: Die Transferfunktionen der Mündungsgeräusche sind geprägt durch Fahrzeug-Abdeckungseffekte

Simulationsergebnis

Abbildung 6 zeigt eine gute Übereinstimmung des simulierten mit dem gemessenen Vorbeifahrtgeräusch. Die stärkste Geräuschquelle ist das Aggregat und liegt hier ca. 3 dB über dem Pegel des Reifengeräusches. Wie zu erwarten trägt die Ansaugmündung vor allem im ersten Teil der Messstrecke bei, die Abgasmündung hingegen bei der Fahrzeugausfahrt. Da die Simulation die einzelnen Geräuschanteile als hörbare Signale liefert ist auch eine subjektive Beurteilung der Geräuschqualität möglich.

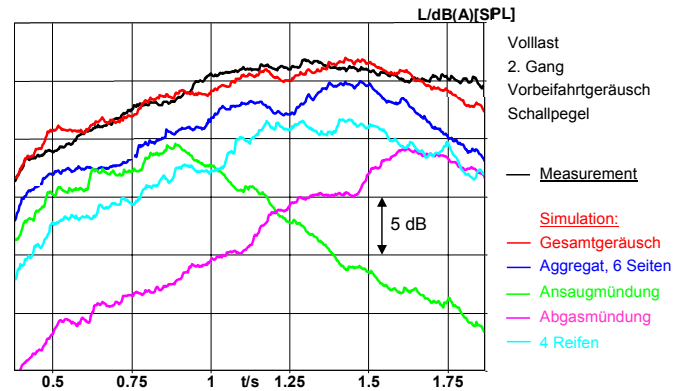


Abbildung 6: Vergleich des gemessenen und simulierten Vorbeifahrtgeräusches

Zusammenfassung

Derzeit ist der Außengeräuschpegel der beschleunigten Vorbeifahrt der einzige gesetzliche Grenzwert für die Fahrzeugakustik. Im Rahmen einer weiteren Geräuschemissionsreduzierung ist eine Verschärfung der Grenzwerte und/oder der Prozedur zu erwarten.

Die Simulation des Vorbeifahrtgeräusches kann die Entwicklungsaktivitäten der Automobilhersteller auf diesem Gebiet unterstützen. Sie basiert auf der Messung der einzelnen Teilschallquellen und der entsprechenden Luftschalltransferfunktionen. Wichtige Teilschallquellen sind z.B. Motor, Ansaugmündung, Abgasmündung und Reifen. Die Transferfunktionen sind von der Position des Fahrzeuges abhängig und werden reziprok gemessen.

In der Simulation werden die einzelnen Anregungen synchronisiert und mit den Transferfunktionen gefiltert. Dadurch wird das Gesamtgeräusch auf die einzelnen Geräuschpfade zurückgeführt und die einzelnen Geräuschpfade können bezüglich Anregung, Übertragungsverhalten und Frequenzgehalt analysiert werden.

Dies ermöglicht eine Konzentration der Entwicklungsarbeiten auf die dominanten Beiträge und die Schwachstellen des Fahrzeuges und Motors.

Literatur

[1] ISO 362: Acoustics - Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles - Engineering method, International Organization for Standardization
 [2] Georg Eisele, Klaus Wolff, Norbert Alt, Michel Hüser, „Application of Vehicle Interior Noise Simulation (VINS) for NVH Analysis of a Passenger Car”, SAE 2005-01-2514