



Deutsche Gesellschaft für Akustik - Fachausschuss Fahrzeugakustik -

Verteiler: alle Mitglieder des FAFA
(diese Version ist für die DEGA-Homepage vorgesehen, ohne Teilnehmerliste !)

Workshop des DEGA-Fachausschuss Fahrzeugakustik an der Hochschule für Technik (HFT) in Stuttgart am Donnerstag, 20. Oktober 2011

0 Vorbemerkungen

Aufgrund des am Folgetag am gleichen Veranstaltungsort stattfindenden öffentlichen DEGA-Symposiums „E-Mobilität und Akustik“ fand in diesem Jahr ein nur 1-tägiger FAFA-Workshop statt. Die Hochschule für Technik in Stuttgart hat uns dankenswerterweise ihre Räumlichkeiten zur Verfügung gestellt.

Der Workshop wurde von 47 Mitgliedern des FAFA (von derzeit 129 registrierten FAFA-Mitgliedern) besucht. Die Agenda des Workshops war geprägt durch insgesamt 10 hochrangige Fachvorträge (davon 2 Gastvorträge) aus den Bereichen ...

- Psychoakustik (insbesondere Lautheits-Standardisierung)
- Akustik diverser elektrischer Fahrzeug-Komponenten
- Diverse messtechnisch orientierte Themen
- Fahrgeräusche bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen

Viele informelle Gespräche am Abend im „Haus am See“ (Stuttgart, Max-Eyth-See) halfen das Programm abzurunden. - Etliche Teilnehmer des Workshops haben am folgenden Tag das DEGA-Symposium besucht.



1 Vortragsprogramm

Hier werden die von den Referenten dankenswerterweise zur Verfügung gestellten Abstracts zu den Vorträgen abgedruckt. Eine Veröffentlichung der Vollversionen ist bei den FaFa-Workshops üblicherweise nicht vorgesehen; es besteht aber für Interessierte ggfs. die Möglichkeit, einzelne Vorträge direkt über die Referenten anzufordern!

1.1 **Auswirkungen von neuen psychoakustischen Messverfahren auf die Geräuschbeurteilung von Fahrzeugen**

K. Genuit (HEAD acoustics, Herzogenrath)

Die Psychoakustik gilt zwar einerseits als „junge Disziplin“ im Automobilbereich, wird aber andererseits seit über 30 Jahren mehr oder weniger intensiv eingesetzt. Eine allgemeine Anwendung insbesondere auch bei der Erstellung von Pflichtenheften wird aber noch zurzeit erschwert aufgrund von fehlenden Standardisierungen der psychoakustischen Kenngrößen. Lange Zeit existierte die DIN 45631 für die Bestimmung der Lautheit von stationären Geräuschen (Zwicker Lautheit), die weitestgehend mit der internationalen Norm ISO 532 B im Einklang war. Seit einiger Zeit gibt es in Deutschland die DIN 45631 A1, die auch die Bestimmung der Lautheit von zeitvarianten Geräuschen festlegt (die meisten alltäglichen Geräuschen sind zeitvariant). Gleichzeitig entstand in Deutschland eine DIN Norm zur Berechnung der Schärfe (DIN 45692), die aber geringfügige Änderungen gegenüber der weit verbreiteten von-Bismark-Schärfe aufweist und auch völlig unterschiedlich zu der etwas weniger bekannten Aures-Schärfe ist. Seit einiger Zeit wird auch auf internationaler Ebene versucht, die ISO 532 Lautheit zu überarbeiten. Leider wurde der Antrag aus Deutschland nicht angenommen, bei der Überarbeitung der stationären Lautheit gleich die Bestimmung der nichtstationären Lautheit einzuführen. Zurzeit sieht die DIS 532 (Draft ISO 532) vor, die alten Verfahren ISO 532 A (Stevens-Lautheit) und 532 B (Zwicker-Lautheit) völlig zu eliminieren und eine völlig neue Lautheit nach Moore&Glasberg alleine zu standardisieren. Die Moore&Glasberg-Lautheit ist eine Modifikation der ANSI-S3.4-2007-Lautheit und erlaubt auch die Bestimmung einer binauralen Lautheit. Die Auswirkungen dieser unterschiedlichen Berechnungsverfahren auf die Bestimmung der Lautheit von typischen KFZ-Geräuschen werden in diesem Beitrag diskutiert.

1.2 **Frequenz- und zeitachsen-bezogener Vergleich herannahender E- und ICE-Fahrzeuge“**

A. Dangelico (Acoustic-Consult, Berlin)

Der Vortrag befasst sich mit der Problematik der akustischen Wahrnehmbarkeit von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen, speziell im urbanen Umfeld. Es werden zunächst die charakteristischen spektralen Eigenschaften von konventionellen und elektrisch angetriebenen Fahrzeugen verglichen. Der zeitliche Verlauf der Spektren bei tiefen Frequenzen (unterhalb 130 Hz) ermöglicht dem Passant bei konventionellen Fahrzeugen eine intuitive Erkennung des momentanen Betriebszustands des



Fahrzeugs („Startbereitschaft“, „Fahren“, „Anhalten“). Verschiedene Aspekte für die Gestaltung von Warngeräuschen für „Quiet Cars“ werden vorgestellt, u.a. ob gewisse Eigenschaften von konventionell angetriebenen Fahrzeugen übernommen werden könnten.

1.3 **Schwingungen eines SRM (Switched-Reluctance-Motor) für Elektroantriebe**

R. Boonen (K.U. Leuven)

The cause of the noise radiated by a switched reluctance motor (SRM) has been investigated and presented on the FAFA 2011 workshop in Stuttgart. A SRM rotates by reluctance torque. The rotor consists of a package of steel plates. The stator consists also of a package of steel plates wherein the exciter coils are present. When a set of coils is excited, the stator attracts the rotor, which rotates until it is aligned with the stator coils. The radial component of the attraction force excites the stator and causes vibrations. To investigate this phenomenon, operational noise and vibration measurements have been carried out. The frequencies dominantly present in the noise spectra have been identified by experimental as well as numerical modal analysis. The current pulses which drive the SRM generate harmonics up to 5 kHz. In this frequency range, the dominant modes present in the noise are the pair modes (ellipse, square, etc...). These modes are inherently present in the SRM as a consequence of its working principle. In further research, measures to reduce the vibration amplitudes will be investigated.

1.4 **Elektrische Lenkungen und Geräusche im Fahrzeug**

H. Kostyra (TRW Automotive, Düsseldorf)

Zwischenzeitlich verlassen die Fluide das Fahrzeug in Strömen und so auch im Lenkungsbereich. Die elektrischen Lenkungen machen bereits heute schon den größten Teil der Pkw-Lenkensysteme aus. Ihre technischen Vorteile sind längst anerkannt und gewünscht. Doch wie sieht es mit Ihrem Einsatz auf der akustischen Seite aus? Man müsste zumindest annehmen, dass mit Wegfall von Fluidpumpen und Hydraulikleitungen und Einsatz der elektrischen Lenkungen die Behandlung der durch Lenkungen verursachten Innenraumgeräusche einfacher wird. Mit diesem Beitrag soll gezeigt werden, was aus Sicht des Lenkungsherstellers getan werden muss, um die Aufgabe einer auch aus akustischer Sicht erfolgreichen Integration im Fahrzeug bewältigen zu können. Da die elektrischen Lenkungen im Regelfall keinen Luftschall verursachen und die Innenraumakustik nahezu vollständig durch Körperschallübertragung beeinflusst wird, ist die Kenntnis der Komponentensignatur der Lenkung ebenso wichtig wie die des Geräuschtransferpfades im Fahrzeug. Schließlich sind auch geeignete Simulationswerkzeuge zur Vorhersage und Designoptimierung nach akustischen Gesichtspunkten in der Entwicklung wie auch Prüfverfahren zur akustischen Qualitätssicherung in der Produktion von Lenkungen unerlässlich.



1.5 Ein spezielles Filter zur Beseitigung von transienten Störungen

U. Letens / M. Guski (Daimler, Sindelfingen / ITA an der RWTH Aachen)

Vor dem Hintergrund einer typ- und markenspezifischen NVH-Gestaltung erhält der Klangcharakter des nach außen abgestrahlten Antriebsgeräuschs zunehmend Bedeutung. Neben den üblichen Pegelbetrachtungen nimmt hier die auditive Bewertung einen hohen Stellenwert ein. Leider weisen die auf Prüfgeländen erstellten Geräuschnahmen oftmals Störgeräusche auf, die bei der Bewertung zu Irritationen führen können (z.B. Vogelstimmen). Ein spezielles digitales Filter zur Reduzierung solcher Störgeräusche in vorliegenden Geräuschaufnahmen wurde entwickelt und einige Ergebnisse werden beispielhaft vorgestellt. Die Implementierung erfolgt als interaktives Tool, bei dem die zu filternden Zeit-/Frequenzbereiche auf einer graphischen Oberfläche zu markieren sind. Die entsprechenden Filterparameter werden dann jeweils automatisch generiert. - Das vorgestellte Filtersystem stellt ein leicht erlern- und anwendbares Tool dar, mit dem insbesondere bei Außengeräusch-Aufnahmen vorhandene mittel- bis hochfrequente transiente Störungen deutlich reduziert werden können. Mit dem Verfahren wird eine zufriedenstellende Wirkung bei gleichzeitiger Vermeidung von Artefakten erreicht. - Als Fernziel wird eine weitgehende Automatisierung der interaktiven Arbeit angestrebt. Hierzu ist noch eine robuste Erkennung der störenden Geräuschanteile zu entwickeln.

1.6 Measuring and analyzing road traffic noise

R. Sottek (HEAD acoustics, Herzogenrath)

The European-funded CityHush project aims at the implementation of quiet zones with noise levels 10-15 dB(A) lower than before. The development of alternative drive concepts (quiet electric or hybrid vehicles) opens a multitude of opportunities for reducing noise levels in cities. But, in order to fully utilize the noise reduction potential, holistic noise and vibration abatement approaches must be applied addressing issues like tire-road noise, vehicle-type-oriented access concepts, psychoacoustic analyses, and infrastructures as well as comprehensive emission considerations and soundscape concepts.

As part of the project, a microphone array system including a camera module is being developed allowing for detection, separation and quantification of the various noise sources contributing to the overall noise of road traffic, which consists of many individual vehicles. Each vehicle contains a number of noise sources (e. g. tire-road interaction, engine etc.). The combination of optical and acoustical information will be used for identifying the noise sources of each passing vehicle.

One major issue concerns the detailed acoustical analyses and psychoacoustic evaluations of hybrid and electric vehicles under various running conditions, beyond simple sound pressure level considerations. Moreover, by using extensive measurement data, a traffic noise synthesizer for generating pass-by noise of quiet vehicles as well as complete traffic scenarios with different vehicle types, numbers and speeds is developed. The synthesis tool allows not only for calculation of acoustical indicators from virtual traffic scenarios, but also for binaural auralization of the resulting noises. This tool offers manifold possibilities with regard to urban planning.



1.7 Statistische Aussagen zur Genauigkeit von Innengeräuschmessungen bei PKW
J. Bienert (Hochschule Ingolstadt)

In der Fahrzeugakustik schreitet die Entwicklung des Fahrzeuginnengeräusches eher evolutionär als revolutionär voran. Das bedeutet, dass die Schritte zur Verbesserung des Geräusches klein sind, wenn neue Modellreihen entwickelt werden.

Für den Fahrzeugakustiker ergibt sich somit die Aufgabe, kleine Unterschiede für Fahrzeuge mit unterschiedlichen Komponenten (z.B. Reifen) oder Unterschiede zu Wettbewerbsfahrzeugen zu erkennen. Die Aufgabe wird meistens über standardisierte Messfahrten auf speziellen Akustikfahrbahnen bearbeitet.

In der Regel ist jedoch nicht objektiv bekannt, wie genau die Messergebnisse bei diesen Messfahrten sind. Nur mit Kenntnis der Genauigkeit ist es auch möglich, die Fahrzeuge vergleichend zu bewerten. Die Aufgabe wird von den Ingenieuren stets mit Messungen „so genau wie möglich“ angegangen. Fahrten auf öffentlichen Straßen mit gutem, gleichmäßigem Fahrbahnbelag und wenig Verkehr werden dabei in der Regel nicht berücksichtigt, obwohl die Genauigkeit in vielen Fällen ausreichend wäre.

Die vorgestellten Analysen beantworten zwei grundlegende Fragen:

- Wie groß ist der Vertrauensbereich einer Straßenmessung? Hieraus lässt sich die größenmäßige Sortierung verschiedener Fahrzeuge bewerten.
- Sind zwei gemessene Ergebnisse statistisch signifikant unterschiedlich oder müssen Sie als gleich angenommen werden?

1.8 Vergleichende Geräuschuntersuchung an einem Mini-Bike: Verbrennungsmotor vs. Elektroantrieb

W. Foken, P. Stücke (Westfälische Hochschule Zwickau)

Im Rahmen eines Auftrages des ADAC-Sachsen an ein studentisches Team der WHZ wurde ein handelsübliches Mini-Bike (Metrakit Mini GP 50) auf Elektroantrieb umgerüstet. Dabei sollten vergleichbare betriebstechnische Daten wie Gewicht, Leistung, Maximalgeschwindigkeit oder Beschleunigung erreicht werden. Gleichzeitig war es wichtig, eine geringere Geräuschbelastung zu realisieren.

Im Vortrag werden die Daten aus der beschleunigten Vorbeifahrt (ISO 362) nach unterschiedlichen Kriterien im Vergleich untersucht.

Der Vergleich der A-bewerteten maximalen Vorbeifahrtpegel liefert eine Differenz von ca. 15 dB zu Gunsten des E-Bikes. Werden die psychoakustischen Kenngrößen im Maximum der Vorbeifahrt verglichen, zeigt sich ein differenzierteres Bild. Rauigkeit und Schärfe unterscheiden sich für beide Bikes nur geringfügig.

Das E-Bike ist als Vergleichsobjekt auch aus akustischer Sicht von Interesse. Potenzielle Hersteller von straßentauglichen E-Zweirädern höherer Leistungsklassen sollten frühzeitig auf eine verbesserte Geräuschqualität des Antriebsaggregates achten.



1.9 Evaluierung künftiger e-mobility Soundscapes in urbanen Räumen unter Benutzung eines interaktiven Simulators

Th. Heinz (NoViSim, Arnstadt / Gastvortrag)

Mit Hilfe des interaktiven Simulators (DTS/ESS) lassen sich akustische e-mobility Aufgabenstellungen effizient und flexibel lösen. Die definierte virtuelle Umgebung dient zum Design und Refinement potentieller Target-Sounds. Die Auralisierung der akustischen Szenarien erfolgt aus der Fußgängerperspektive und ermöglicht so eine Vorselektion möglicher akustischer Zielcharaktere.

Nach erfolgreicher Evaluierung im Simulator werden die Sounds direkt in ein Mehrkanal-Soundgenerator-System (QVSound) gespeist. In der Realwelt können dann als finale Evaluierung letzte Modifikationen vorgenommen werden und dem Management Entscheidungshilfen an die Hand gegeben werden.

1.10 Porsche Active Sound Design

R. Jöst (Porsche, Weissach / Gastvortrag)

1. Ziele

- Porschetypischer, emotionaler Innen- & Außensound, sowohl im E-Betrieb als auch bei Hybridfahrzeugen in Verbindung mit Verbrennungsmotor, Maskierung von Störgeräuschen im Innenraum.
- Sicherstellung der akustischen Wahrnehmbarkeit für Fußgänger im E-Betrieb, Erfüllung zukünftiger gesetzlicher Vorgaben.
- Akustische Harmonisierung beim Übergang der Betriebszustände bei Hybridfahrzeugen (E-Betrieb \Leftrightarrow verbrennungsmotorischer Betrieb)
- akustische Rückmeldung des Fahrzustands.
- Betrachtet werden ausschließlich Fahrzeuge mit elektrischem Hybridantrieb und reine Elektrofahrzeuge

2. E-Sound Systeme Signalgenerierung

Untersuchte Systeme:

- System 1: harmonische Anregung durch Überlagerung von modulierten Sinus-Signalen
- System 2: Anregung mit im Zeitbereich frei definierbaren, modulierten Signalen (z.B. gekappte Sinusschwingung mit variabler Steigung)
- System 3: Anregung mit aufnahmebasierten, modulierten Signalen

Wiedergabesysteme / Schallwandler

- Exciter (Shaker) im Innenraum bzw. an der Stirnwand/Wasserkasten
- Exciter an Exterieurbauteilen (Frontklappe, Kotflügel)
- Lautsprecher der Audio-Anlage
- Lautsprecherbox im Motorraum

3. Projekt Boxster E - Ziele der Akustik

- Sammeln von Erfahrungen mit verschiedenen Sound Systemen
- Definition der Qualitätsanforderungen bezüglich der Audiowiedergabe
- Ist eine Soundinszenierung mit Komponenten in HiFi Qualität notwendig?



- Einholen von Meinungsbildern beim Fahrzeugbetrieb
- 4. Fazit:
 - ASD ist für die Fußgängerwarnung sinnvoll und notwendig
 - Die Soundempfindung ist extrem subjektiv, die Erwartungen von Probanden sind vom Verbrennungsmotor geprägt
 - Die Soundkopie eines Verbrennungsmotors gelingt auch mit vergleichsweise schlichter Technik (keine Soundinszenierung notwendig)
 - Die Definition eines zu einem emotionalen E-Fahrzeuges passenden Sounds ist noch nicht abgeschlossen

2 Plenumsdiskussion zu diversen Themen

2.1 FAFA auf DEGA-Homepage / Mitgliederverwaltung

Bekannterweise wird die Mitgliederdatenbank derzeit neu strukturiert. Da u.a. vorgesehen ist, dass die persönlichen Daten der Mitglieder von diesen selbst gepflegt werden sollen, sind Anregungen bzgl. der künftigen Funktionalität erwünscht (Hinweise bitte entweder an die FAFA-Leitung oder direkt an die DEGA-Geschäftsstelle).

2.2 DAGA 2012 in Darmstadt

Im kommenden Jahr findet die DAGA in Darmstadt statt (19. - 22. März).

Eines der drei am Montag stattfindenden Vorkolloquien befasst sich mit der Fahrzeugakustik und wird von Prof. Beidl (TU Darmstadt, Institut für Verbrennungskraftmaschinen) koordiniert.

Ferner wird eine strukturierte Sitzung zur „E-Mobilität und Akustik“ angeboten. Darüber hinaus wird mindestens eine weitere Sitzung mit verschiedenen Themen aus der Fahrzeugakustik angeboten.

Ein Aufruf von Prof. Költzsch zu Beiträgen für eine strukturierte Sitzung über die „Geschichte der Akustik“ wurde bereits im Vorfeld des Workshops versandt.

2.3 AG-Messtechnik

Die Punkte, die die AG Messtechnik betreffen, werden im Gesamtplenium diskutiert und durch Herrn Raabe moderiert.

Das von der AG-Messtechnik organisierte Seminar „Mess- und Analysetechnik in der Fahrzeugakustik“ wurde am 11. und 12. Oktober von ca. 80 Teilnehmern besucht und kann damit (zum wiederholten Male) als erfolgreich bezeichnet werden.

Der bereits seit längerer Zeit geplante Ringversuch zu Impedanz und Absorptionsmessungen kann voraussichtlich im Januar 2012 unter der Regie von Herrn Heise (Airbus) gestartet werden. Es sind noch weitere Teilnehmer möglich!



2.4 Neuwahlen zur FAFA-Leitung

Während der DAGA 2012 in Darmstadt endet satzungsgemäß die Amtsperiode der aktuellen FAFA-Leitung (Dr.-Ing. Uwe Letens als Leiter, Prof. Dr.-Ing Wolfgang Foken als Stellvertreter).

Der derzeitige Stellvertreter kann aufgrund zweier Amtsperioden in Folge nicht mehr erneut kandidieren. Der jetzige Leiter kann und wird erneut kandidieren.

Zu den in Darmstadt während der FAFA-Sitzung durchzuführenden Wahlen folgt noch eine weitere Mitteilung im Januar 2012.

3 **Verschiedenes**

Der FAFA kann wiederum auf einen gelungenen Workshop zurückblicken. Allen am Erfolg dieses Workshops beteiligten Kollegen sei gedankt: den Referenten für ihre Bereitschaft, ansprechende Fachvorträge vorzubereiten und zu präsentieren, den zahlreichen interessierten Teilnehmern für ihre regen Diskussionsbeiträge. Darüber hinaus haben sicher auch die vielen informellen Gespräche „am Rande“ den Charakter des Workshops positiv geprägt.

Für den Workshop im Herbst 2012 werden noch potentielle Gastgeber gesucht ...!

Sindelfingen, den 20.12.2011

(Uwe Letens)

Dr.-Ing. Uwe Letens
c/o Daimler AG
Tel. 07031-90-46770
uwe.letens@daimler.com

Zwickau, den 20.12.2011

(Wolfgang Foken)

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Foken
Westfälische Hochschule Zwickau
Tel./Fax: 0375 536 34 40/3393
wolfgang.foken@fh-zwickau.de

Anlagen: Teilnehmerliste, Gruppenphoto
**(diese Version ist für die DEGA-Homepage vorgesehen,
daher ohne Teilnehmerliste, ohne Gruppenphoto !)**