

# Neue Straßenverkehrsgeräusche aufgrund neuer Fahrzeugantriebskonzepte

André Fiebig, Roland Sottek

HEAD acoustics GmbH, 52134 Herzogenrath, E-Mail: andre.fiebig@head-acoustics.de

## Einleitung

Mit der zu erwartenden Zunahme von Hybrid- und Elektrofahrzeugen im Straßenverkehr eröffnen sich enorme Chancen zur erheblichen Verringerung von Straßenverkehrslärm. Gerade durch den sukzessiven Wegfall des Verbrennungsmotors kann von einer deutlichen Reduzierung tieffrequenter Geräusche ausgegangen werden. Dennoch erscheint es zwingend erforderlich, sich frühzeitig mit möglichen Auswirkungen derartiger Technologien auseinanderzusetzen. Um valide Prognosen hinsichtlich der Entwicklung der Lärmbelastung und Lärmbelästigung bei Erhöhung des Anteils von Hybrid- und Elektrofahrzeugen am Gesamtverkehr aufstellen zu können, müssen detaillierte Betrachtungen und Untersuchungen vorgenommen werden. Es sind zuverlässige Abschätzungen notwendig, wie sich der Charakter von Straßenverkehrsgeräuschen ändert und wie die Reaktionen der Betroffenen ausfallen werden. Städteplanerische Konzepte zur Schaffung und Bewahrung von „leisen Zonen“ (quiet zones) setzen auf das Geräuschminderungspotential von zukünftigen leisen Fahrzeugen. Jedoch zur erfolgreichen Umsetzung derartiger Konzepte bedarf es der genauen Kenntnis der akustischen Eigenschaften diverser Antriebstechnologien. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die zu erwartende Schalldruckpegelreduzierung nicht ausschließlich die erwartete veränderte Wahrnehmung von Verkehrsgeräuschen widerspiegelt. Dies gilt es experimentell zu untersuchen.

## Messungen von Kraftfahrzeugen

Im Rahmen des Forschungsprojektes „CityHush“ [1] wurden und werden verschiedene Außengeräuschmessungen von Hybrid- und Elektrofahrzeugen auf der Teststrecke des Instituts für Kraftfahrwesen (ika) der RWTH Aachen durchgeführt. Die Messergebnisse werden im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren analysiert.

### Die Unzulänglichkeit der ISO 362

Die Messkampagnen zeigten, dass bei Hybridfahrzeugen verschiedene, komplexe Betriebsstrategien Anwendung finden. Folglich können im Fahrbetrieb sehr unterschiedliche Betriebszustände auftreten und diverse Antriebskomponenten einzeln oder kombiniert angesprochen werden. Bei gleicher Fahrsituation können durchaus sehr verschiedene Betriebszustände vorliegen, die andersartige akustische Emissionen bedingen. Bei Hybridfahrzeugen, die eine komplexe Betriebsstrategie anwenden, um mit zwei verschiedenen Antriebsarten zu operieren, sind Faktoren wie Batterieladestatus, Temperatur oder gewählte Fahrmodi relevant. Daher bedarf es zur adäquaten Evaluation von Außengeräuschen von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Antriebskonzepten einer Modifizierung der Vorbeifahrtsnorm ISO 362. Darüber hinaus zeigten Hörversuchsreihen, dass Anfahrtsituationen ein hohes Lästigkeitspotential bein-

halten [2]. Diese Fahrsituation ist jedoch nicht Bestandteil der Messroutine nach ISO 362.

## Ein kurzer akustischer Vergleich

Die Abbildungen 1 und 2 verdeutlichen das Potential hinsichtlich der Reduzierung des Fahrgeräusches durch die Elektrifizierung des Antriebs. Bei den Testfahrzeugen zeigte sich eine Pegeldifferenz beim Anfahren von mehr als 6 dB und bei einer Vorbeifahrt mit Konstantgeschwindigkeit von 30 km/h immer noch mehr als 3 dB.

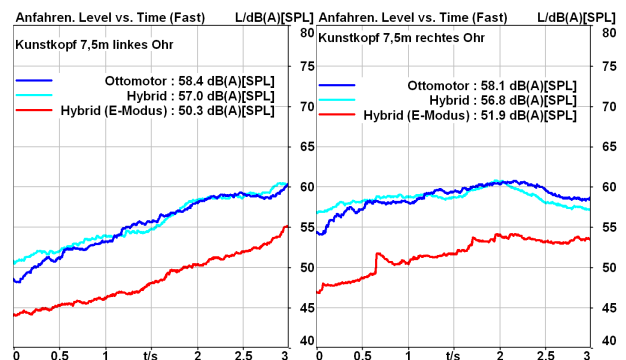


Abbildung 1: Vergleich des Außengeräusches (Kunstkopf in 7,5 m Abstand) eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor mit einem Hybridfahrzeug für die Fahrsituation „langsameres Anfahren“; Schalldruckpegel über Zeit (A-Bewertung).

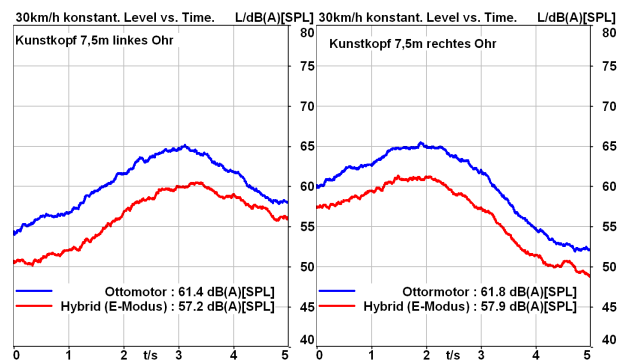
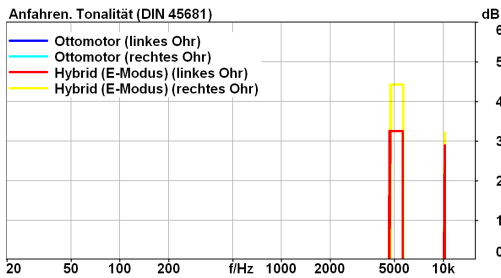


Abbildung 2: Vergleich des Außengeräusches (Kunstkopf in 7,5 m Abstand) eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor mit einem Hybridfahrzeug für die Fahrsituation „30 km/h konstant“; Schalldruckpegel über Zeit (A-Bewertung).

Der Vergleich der analysierten Fahrsituationen verdeutlicht aber auch die Abnahme der Bedeutung der Geräuschreduzierung durch einen Elektromotor mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit. D.h. im Hinblick auf die Erzeugung von leisen Zonen durch etwaige Zufahrtbeschränkungen ist beispielsweise darauf zu achten, dass gezielt Geschwindigkeitsbereiche vorgegeben werden, in denen Elektrofahrzeuge betrieben werden. Darüber hinaus muss erwähnt werden, dass Elektrofahrzeuge spezielle Geräuscheigenschaften bedingen, die unabhängig vom Schalldruckpegel perzeptionsrelevant sein können. Abbildung 3 zeigt tonale Auffälligkeiten bei einem Fahrzeug im Elektrobetrieb.

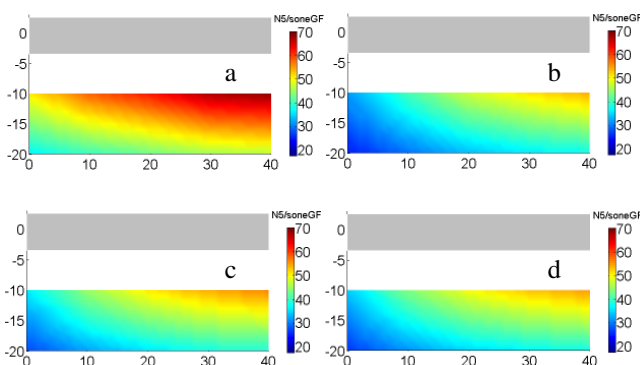


**Abbildung 3:** Vergleich des Außengeräusches eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor mit einem Hybridfahrzeug für die Fahr situation „Anfahren“; Tonalitätsanalyse

Aufgrund der geringen Dauer einer einzelnen Vorbeifahrt und dem instationären Charakter ist das Ergebnis der Tonalitätsanalyse nur bedingt aussagekräftig, dennoch verdeutlicht es bereits das Störwirkungspotential durch hochfrequente Töne, das eines gesonderten Zuschlags bedürfen könnte. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass im Bereich von neuen Antrieben verbesserte Analysen, beispielsweise für das Phänomen der empfundenen Tonhaltigkeit, zu entwickeln sind. Hier sind erweiterte psychoakustische Modellbildungen erforderlich.

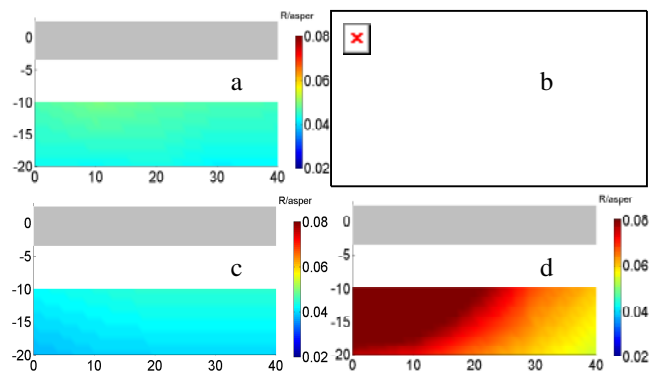
### Die Thematik der Warnsignale

Im Forschungsprojekt „CityHush“ [1] wird eine Technologie zur Synthese und Simulation von Verkehrsgläuschen entwickelt, die es erlauben wird, beliebige Verkehrsszenarien zu erzeugen und zu auralisieren. Damit werden die Auswirkungen der Elektrifizierung des Straßenverkehrs auf das Gesamtverkehrsgläuschen bei unterschiedlichen Elektrifizierungsgraden der Fahrzeugflotte abgeschätzt. Diese Synthesetechnologie ermöglicht auch die akustisch-auditive Bewertung der Auswirkungen von potentiellen Warnsignalen für leise Fahrzeuge. Da zur Gefahrenvermeidung hinsichtlich des „Überhörens“ von leisen Fahrzeugen akustische Warnsignale befürwortet werden, gilt es rechtzeitig „Nebenwirkungen“ eines solchen Vorhabens zu evaluieren.



**Abbildung 4:** Verkehrssimulation „Ampel“ bei „0 m“; Fahrzeuge stehen an der Ampel und fahren nach einer virtuellen Rotphase an; Lautheitskarten ( $N_3$ ) für mehrere Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (a), mehrere Elektrofahrzeuge (b), Elektrofahrzeuge mit Warnsignal 1 (c) und Elektrofahrzeuge mit Warnsignal 2 (d)

In der Abbildung 4 ist zu erkennen, dass durch das Hinzufügen von Warnsignalen (c, d) das Verkehrsgläuschen geringfügig lauter wird. Ferner verdeutlicht Abbildung 5, dass je nach Wahl und Überlagerung von Warnsignalen der Charakter des Verkehrsgläusches massiv verändert wird.



**Abbildung 5:** Verkehrssimulation „Ampel“ bei „0 m“; Fahrzeuge stehen an der Ampel und fahren nach einer virtuellen Rotphase an; Rauigkeitskarten (Gehörmodell [3]) für mehrere Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (a), mehrere Elektrofahrzeuge (b), Elektrofahrzeuge mit Warnsignal 1 (c) und Elektrofahrzeuge mit Warnsignal 2 (d)

Im Szenario d (Warnsignal besteht aus Gaussimpulsen) erhöht sich die Rauigkeit und damit der zu erwartende Störwirkungsgrad erheblich. Derartige Untersuchungen, über einfache Schalldruckpegelbetrachtungen hinaus, sind unbedingt durchzuführen, bevor Warnsignale in leisen Fahrzeugen implementiert werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass eine Erhöhung der Fußgängersicherheit nicht mit einer erheblichen Zunahme von Lärmbelastung erzwungen wird [4].

### Zusammenfassung

Da sich der Charakter von Straßenverkehrsgläuschen in naher Zukunft drastisch ändern wird, sollte frühzeitig eine detaillierte Vorhersage der Konsequenzen, akustisch wie auch perceptiv, vorgenommen werden. Damit lässt sich das mit einer zunehmenden Elektrifizierung des Straßenverkehrs verbundene enorme Lärminderungspotential ausschöpfen. Dazu bedarf es der Durchführung von Hörversuchen, um die Bewertung der Außengeräusche von Hybrid- und Elektrofahrzeugen zuverlässig vorhersagen zu können. Des Weiteren müssen psychoakustische Analysen zum Einsatz kommen, um einen Zusammenhang zwischen den Geräuscheigenschaften auf der einen Seite und den hervorgerufenen Reaktionen beim Hörer auf der anderen Seite herstellen zu können, da der Schalldruckpegel als Maß zur Abschätzung der Geräuschbelastung voraussichtlich an Bedeutung verlieren wird.

### Literatur

- [1] EU Forschungsprojekt “City Hush - Acoustically green road vehicles and city areas“, SPC8-GA-2009-233655
- [2] Fiebig, A.: Neue Verkehrsgläusche aufgrund der zunehmenden Verbreitung alternativer Antriebe. Potentiale zur Verringerung von (tieffrequentem) Lärm, Lärmbekämpfung 1 (2011), 37-38
- [3] Sottek, R.: Evaluierung eines perceptiven Modells der Motorrauigkeit, 1. Aachener Akustik Kolloquium, 2009
- [4] Fiebig, A., Marla, P.: Auralization and psychoacoustic analysis of virtual road traffic scenarios, Noise in the Built Environment, Ghent, Belgium, 2010