# Audiotaktile Interaktion bei der Sportlichkeitswahrnehmung eines Fahrzeugs

M. Ercan Altinsoy

*Lehrstuhl für Kommunikationsakustik, TU Dresden, 01062, Dresden,*
*E-Mail: ercan.altinsoy@tu-dresden.de*

## Einleitung

Sportlichkeit und Komfort gehören zu den wichtigsten Qualitätsdimensionen des Fahrzeuggeräusches. In diesem Beitrag wird zunächst die komplexe Beziehung zwischen der Sportlichkeit und den Parametern des Fahrzeuginnenraum-geräusches aus dem Blickwinkel des Kunden am Beispiel des Beschleunigungsgeräusches im Betriebszustand Teillast/ Vollast (TL/VL) diskutiert. Der Beschleunigungsvorgang in diesem Betriebszustand ist aufgrund des charakteristischen instationären Verhaltens besonders interessant. Während des Beschleunigungsvorgangs können verschiedene, sich in der Zeitstruktur unterscheidende Geräusche wahrgenommen werden, z.B. das Verbrennungsmotor-, Ansaug- oder Windgeräusch. Diese Geräusche und ihr zeitlicher Verlauf können dem Fahrer und den Insassen verschiedene Informationen über die Sportlichkeit und Leistung vermitteln.

Dieser Beitrag untersucht den Einfluss von Ganzkörper-schwingungen auf die Sportlichkeitswahrnehmung eines Fahrzeugs. Zuerst wurden die aufgenommenen und synthetisch erzeugten Geräusche bezüglich der Sportlichkeit bewertet. Anschließend hatten die Versuchspersonen die Aufgabe, verschiedene multimodale Stimulikombinationen bezüglich der wahrgenommenen Sportlichkeit zu beurteilen.

## Begriff „Sportlichkeit“ und auditive- taktile-visuelle Sportlichkeitswahrnehmung

Der Duden definiert das Adjektiv „sportlich“ wie folgt:

*„in einer Weise geartet, die dem Sport als imponierender Leistung gleicht, ähnelt“*

Die Bedeutung der Sportlichkeit ist im Alltag eng mit „hoher Leistung“, „überdurchschnittlicher Geschwindigkeit bzw. Beschleunigung“, „Bewegung“ und in bestimmter Weise auch mit „Aggressivität“ verknüpft. Wenn wir die visuelle Modalität betrachten, kann allein das äußere Erscheinungs-bild eines Fahrzeugs als statische Information ein Sportlichkeitsgefühl hervorrufen. Zum Beispiel assozieren wir häufig eine lange Motorhaube, ein kurzes steiles Heck oder eine aggressive Fahrzeugfront (Kühlergrill, Scheinwerfer) mit einem sportlichen Fahrzeug. Die Farbe des Lackes kann das sportliche Erscheinungsbild ebenfalls unterstützen, z.B. Farben wie „Rot“, „Weiß“ oder „Dunkelgrün“ [1]. Die auditive und taktile Sportlichkeits-wahrnehmung ist jedoch mit zeitlichen Signalveränderungen verknüpft. In diesen Modalitäten spielen also dynamische Informationen statt statischer eine Rolle. Die Aktion/Reaktion-Beziehung stellt einen weiteren wichtigen Aspekt bei der Sportlichkeitsbeurteilung dar. Die Beziehung zwischen dem vom Fahrer betätigten Gaspedal und dem daraus resultierenden Geräusch- und Schwingungssignal wird für die Sportlichkeits- und Leistungsabschätzung benutzt.

## Experimente

Zuerst müssen die im Fahrzeug vorkommenden vibroakustischen Situationen erfasst werden. Dazu erfolgen mehrkanalige Messungen von Luft- (Binaural) und Körperschall (Triaxial Deltatron Seat Accelerometer, Typ 4515B von Brüel & Kjær und Triaxial kapazitive Beschleunigungssenssoren, Typ 8305B10 von Kistler). Gleichzeitig wurden Videoaufnahmen mit einer Full-HD-Kamera durchgeführt.

*Experiment I*

22 normalhörende Versuchspersonen (18 Männer und 4 Frauen) nahmen am ersten Experiment teil. Sie waren zwischen 25 und 55 Jahren alt (Mittelwert: 41 Jahre). Alle Versuchspersonen fahren täglich Auto. 20 Fahrzeuge unterschiedlicher Marken mit unter-schiedlicher Motorisierung wurden für diese Untersuchung ausgewählt. Die Stimuli wurden kalibriert wiedergegeben. Die Versuchspersonen beantworteten folgende Frage: „Wie intensiv ist die Ausprägung der Sportlichkeit?“. In einer kontinuierlichen Skala (100 Punkte) wurden die in der Psychometrik üblichen, äquidistanten Rohrmann-Begriffe (nicht, wenig, mittel, ziemlich, sehr [2]) verwendet. Die Bewertungsoberflächen wurden mit Matlab implementiert.

Die Ergebnisse des ersten Experiments (nur auditive Darbietung) sind in Abbildung 1 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Versuchspersonen die Geräusche von "wenig" bis zu "sehr sportlich" bewertet haben. Die Bewertungen wurden in diesem großen Skalenbereich gleichmäßig verteilt. Es haben sich keine Fahrzeuggruppen, die sich deutlich von anderen unterscheiden, herausgebildet.

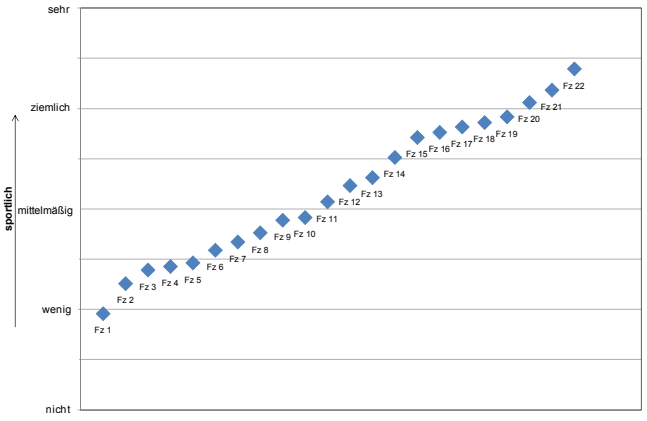


**Abbildung 1:** Die Sportlichkeitsbeurteilungen von 22 Fahrzeuggeräuschen in einer kontinuierlichen Skala von "nicht" bis zu "sehr".

Die spektralen Analysen der zwei sehr sportlichen Fahrzeuge sind in Abbildung 2 dargestellt. Der Verbrennungsmotor ist als Geräuschquelle in diesem Betriebszustand sehr dominant. Die zeitlichen Veränderungen der Motorordnungen spielen eine entscheidende Rolle bei der auditiven Sportlichkeitswahrnehmung. Die maßgebenden Faktoren sind die Frequenzerhöhung und die Pegelerhöhung der Motorordnung im Verlauf über der Zeit. Beide Faktoren sind in diesem Betriebszustand fast gleichgewichtet. Die Analyse der 22 Fahrzeuggeräusche zeigt, dass die höheren Motorordnungen stärker zu gewichten sind als die niedrigeren Motorordnungen. Zusätzlich stellt das Verhältnis der benachbarten Motorordnungen zueinander ein wichtiges Kriterium für die Sportlichkeit dar.

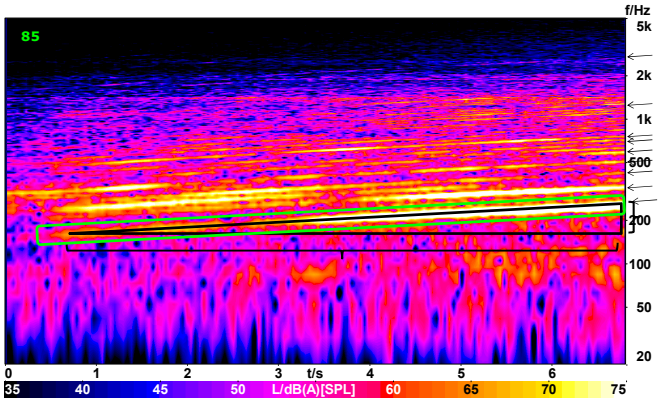


**Abbildung 2:** Zeitvariante Darstellung der Frequenzverteilung im Fahrzeuggeräusch, das die höchste Sportlichkeitsbewertung bekommen hat (85/100). Die Darstellung wurde mit Hilfe der Short-Time-Fourier-Transformation erstellt.

*Experiment II*

Acht normalhörende Versuchspersonen (sieben Männer und eine Frau) nahmen am zweiten Experiment teil. Sie waren zwischen 20 und 56 Jahren alt (Mittelwert: 35 Jahre). Alle Versuchspersonen fahren täglich Auto.

Für dieses Experiment wurde ein Fahrzeug, dessen Geräusch mittelmäßig sportlich beurteilt wurde, ausgewählt. Akustisch-vibratorisch-optische Stimuli dieses Fahrzeugs wurden im Multimodalen Messlabor (MMM) der TU Dresden wiedergegeben. In diesem Messraum sind ein hochwertiges Wellenfeldsynthese(WFS)-System, ein HD-Beamer, eine hydraulische Bewegungsplattform (6 Freiheitsgrade) und ein Shaker im Einsatz. Im Experiment wurde der vibratorische Stimulus variiert. Folgende Variationen wurden gewählt: keine Vibrationen vorhanden, Vibrationen basierend auf den Aufnahmen, 40 Hz Sinusschwingung mit einer Pegelerhöhung in Abhängigkeit von der Drehzahl (+Straßenanregung), 0.5te Motorordnung mit einer Pegelerhöhung in Abhängigkeit von der Drehzahl (+Straßenanregung), 80 Hz Sinusschwingung mit einer Pegelerhöhung in Abhängigkeit von der Drehzahl (+Straßenanregung), amplitudenmodulierte 100 Hz Sinusschwingung (Modulationsfrequenz 40 Hz) mit einer Pegelerhöhung in Abhängigkeit von der Drehzahl (+Straßenanregung), amplitudenmodulierte 120 Hz Sinusschwingung (Modulationsfrequenz 80 Hz) mit einer Pegelerhöhung in Abhängigkeit von der Drehzahl (+Straßenanregung).

Die Ergebnisse des zweiten Experiments (multimodale Darbietung) sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Versuchspersonen bewerteten die akustisch-optische Darbietung ohne Vibrationen als "wenig sportlich". Die Darbietung der tatsächlich aufgenommenen Vibrationen steigerte das Sportlichkeitsgefühl. Mit gezielt gestalteten Vibrationen konnte die Sportlichkeitswahrnehmung des Fahrzeugs bis zum Skalenpunkt „ziemlich“ erhöht werden.

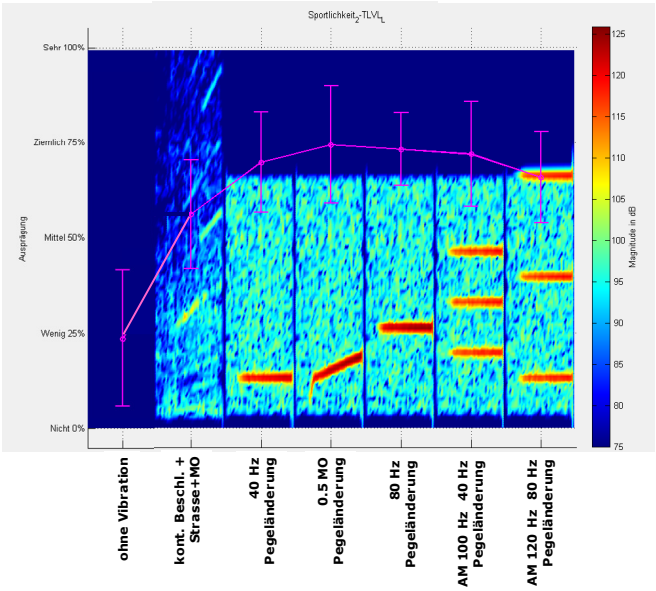


**Abbildung 3:** Die Sportlichkeitsbeurteilungen von multimodalen Stimuli (akustisch-vibratorisch-optisch) als Variation vom **vibratorischen** Stimulus.

## Zusammenfassung

Die auditive und taktile Sportlichkeitswahrnehmung basiert auf Pegel- und Frequenzänderungen im Verlauf über der Zeit. Insbesondere die Motorordnungen spielen eine wichtige Rolle. Die wahrgenommene Sportlichkeit des Fahrzeugs kann durch eine gezielt gestaltete Vibration gesteigert werden. Die Anpassung zwischen dem Schwingungs- und Schallsignal hinsichtlich der zeitlichen Struktur ist sehr wichtig (siehe auch [3]). Eine schlechte zeitliche Anpassung kann negative Folgen für die Sportlichkeitswahrnehmung haben.

## Literatur

[1] Menzel, D., Fastl, H., Graf, R. und Hellbrück, J.: Influence of Vehicle Color on Loudness Judgments. J. Acoust. Soc. Amer., 123/5:2477–2479, 2008.

[2] Rohrmann, B.: Empirische Studien zur Entwicklung von Antwortskalen für die sozialwissenschaftliche Forschung. Zeitschrift für Sozialpsychologie 9, 1978

[2] Altinsoy, E.: Auditory-Tactile Interaction in Virtual Environments. Shaker Verlag, 2006