

# Psychoakustische Untersuchungen zum Einfluss der Farbe auf die Lautheit von Sportwagen

Daniel Menzel

AG Technische Akustik, Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, TU München. Email: menzel@tum.de

## Einführung

Die vom Menschen wahrgenommene Lautstärke hängt nicht nur von akustischen Eingangsgrößen wie dem Schallpegel oder der Spektralverteilung ab, sondern kann auch durch nicht-akustische Faktoren beeinflusst werden. Diese Phänomene wurden in früheren Untersuchungen näher studiert (siehe [1]), unter anderem auch der Einfluss der Farbe auf die Lautheit. In [2] konnte gezeigt werden, dass Zugvorbeifahrtgeräusche als lauter empfunden werden, wenn gleichzeitig das Standbild eines rot eingefärbten Zuges präsentiert wird, während die Darbietung eines hellgrün eingefärbten Zuges zu einer Reduzierung der Lautheit führen kann. Auch in anderen Kulturkreisen zeigten sich dieselben Ergebnisse, wie eine Untersuchung mit japanischen Probanden belegte [3].

Diese Effekte der audio-visuellen Interaktion spiegeln sich bei der Farbgebung typischer Sportwagenmarken wider, da hier häufig kräftige Farben („Ferrari-Rot“) gewählt werden. Eine Ausnahme bilden z.B. britische Sportwagen, die meistens in dunklem grün lackiert sind. In einer psychoakustischen Versuchsreihe sollte ermittelt werden, ob sich Dunkelgrün ebenfalls als typische „Sportwagenfarbe“ zeigt und gegenüber anderen Farbe als lauter empfunden wird.

## Stimuli und Versuchsdurchführung

Als visueller Stimulus wurde das Foto eines britischen Sportwagens (Aston Martin V8) verwendet, dessen ursprüngliche dunkelgrüne Farbe (DG) am Computer retouchiert wurde, sodass für den Versuch zusätzlich die Bilder eines roten (R), hellgrünen (G) sowie blauen (B) Fahrzeugs zur Verfügung standen (siehe Abbildung 1).

Passend zu den Bildern wurde ein Vorbeifahrtgeräusch mit sportlichem Charakter gewählt, das mit vier verschiedenen Pegeln ( $L_{AFmax}$ ) von 90, 86, 82 und 78 dB(A) präsentiert wurde, was in diesem Fall  $N_5$ -Lautheiten von 78.5, 61.8, 48.6 und 38.2 sone entspricht. Die Dauer des Geräusches betrug 4 Sekunden.

Die Versuchsmethode war Größenschätzung ohne Ankerschall. Die akustischen Stimuli wurden in einer schallisolierten Meßzelle diotisch über elektrodynamische Kopfhörer (Beyer DT 48) mit Freifeldentzerrer nach [4, S. 7] dargeboten. Zur Präsentation der Sportwagen diente ein CRT-Monitor mit einer Bildschirmdiagonalen von 19" und einem Betrachtungsabstand von ca. 70 cm. Die Versuchspersonen wurden angewiesen, während des Experiments ihren Blick auf den Bildschirm gerichtet zu halten.

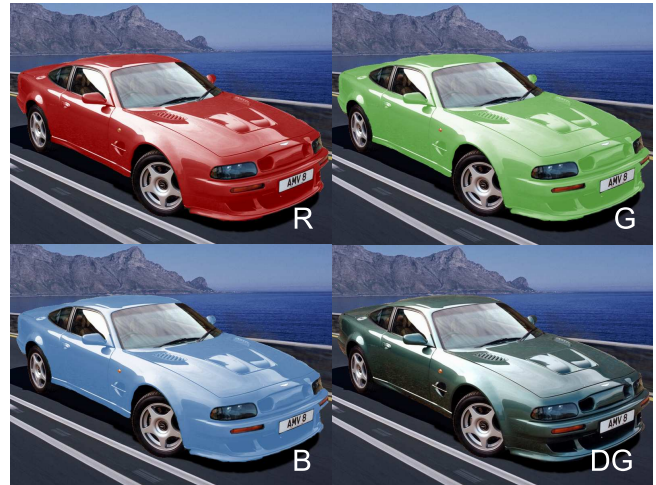


Abbildung 1: Verwendete optische Stimuli. Die Originalfarbe Dunkelgrün ist rechts unten dargestellt.

Jede Schall/Bild-Kombination wurde in einem Versuchsdurchgang vier mal in zufälliger Reihenfolge präsentiert, wobei darauf geachtet wurde, dass es kein Schallpaar gab, das immer in derselben Reihenfolge auftrat. Jeder Proband absolvierte zwei Versuchsdurchgänge. Zu Beginn jeder Sitzung wurde eine kurze Trainingssequenz aus vier Schall/Bild-Paaren eingefügt.

Insgesamt nahmen an diesem Experiment 16 normalhörende Personen im Alter zwischen 22 und 62 Jahren (Median: 26 Jahre) teil.

## Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse des Experiments. Hierfür wurden die individuellen Mediane pro Versuchsdurchgang gebildet und auf den jeweiligen Median des dunkelgrünen Fahrzeugs bei 90 dB(A) bezogen. Dargestellt sind Median und Interquartilbereich dieser Werte, gruppiert nach Maximalpegel des Schalls.

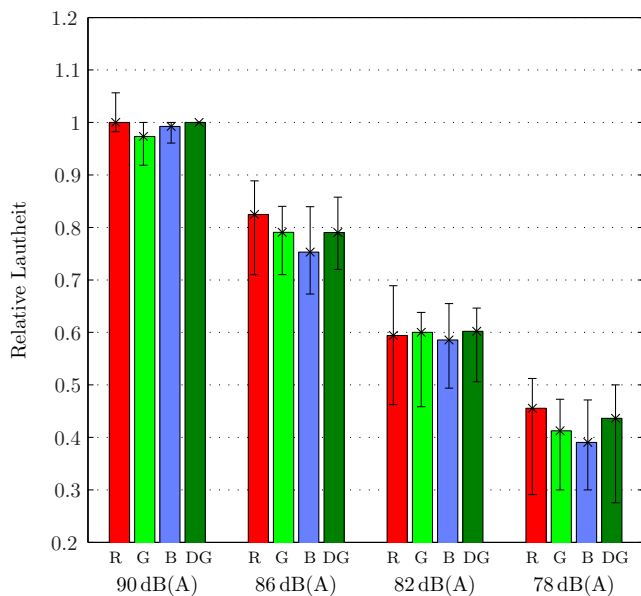
Betrachtet man zunächst die Unterschiede zwischen den Pegelgruppen, bestätigen sich die aufgrund der  $N_5$ -Lautheiten zu erwartenden relativen Lautheitsverhältnisse. Rechnerisch ergeben sich hier die Werte 0.79, 0.62 bzw. 0.49 für die Schalle mit den Pegeln 86, 82 bzw. 78 dB(A), welche sich in den subjektiven Ergebnissen der Größenschätzung widerspiegeln.

Innerhalb der Gruppen hingegen zeigen sich deutliche Unterschiede bezüglich der Mediane. In drei von vier Fällen wird das rote Fahrzeug dabei lauter empfunden als das hellgrüne bzw. blaue. Der rote Wagen erscheint dabei um maximal 10.4% (Mittel 4.12%) lauter als der

hellgrüne, bzw. um maximal 16.6% (Mittel 7.08%) lauter als der blaue. Wird gleichzeitig zum Schall das Bild des dunkelgrünen Sportwagens präsentiert, wird die Lautheit immer höher eingeschätzt als bei Darbietung des blau eingefärbten Bildes. Die Abweichungen betragen hierbei maximal 11.7% (Mittel 5.1%). Vergleicht man die Werte des dunkelgrünen und des hellgrünen Fahrzeugs zeigt sich kein eindeutiges Ergebnis, allerdings ist auch hier die Tendenz zu erkennen, Dunkelgrün als lauter zu bewerten (Max. 5.7%, Mittel 2.2%).

Einzelne Personen lassen sich in diesem Versuch unterschiedlich stark von der Farbe beeinflussen. Während bei manchen Probanden gar kein Interaktionseffekt mit einem gleichzeitig präsentierten Bild zu erkennen ist, weisen die Ergebnisse anderer Versuchsteilnehmer Unterschiede um bis 40% (R-G) bzw. bis zu 23% (DG-G) auf.

Die Interquartilbereiche in Abbildung 2 überlappen sich innerhalb der Pegelgruppen teilweise deutlich, allerdings zeigt sich zwischen den Pegelstufen eine gute Trennung, was darauf schließen lässt, dass im Allgemeinen keine Verwechslungen der verschiedenen Schalle aufgetreten sind.



**Abbildung 2:** Mediane und Interquartilbereiche der relativen Lautheiten, gruppiert nach Pegel und normiert auf den Wert des dunkelgrünen Fahrzeugs bei 90 dB(A).

Ein Vergleich der Ergebnisse mittels eines einseitigen Vorzeichen-Rang-Tests nach Wilcoxon sollte Aufschluss darüber geben, welche der oben beschriebenen Unterschiede als signifikant zu werten sind. Hierzu wurden die individuellen Mediane pro Versuchsdurchgang herangezogen, so dass pro Bild/Schall-Paar 32 Werte für die statistische Auswertung zur Verfügung standen.

Die Ergebnisse dieses Tests sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Legt man ein 5%-Niveau zugrunde, treten bei den folgenden Kombinationen signifikante Unterschiede auf: R-G, R-B, DG-G (90 dB(A)); R-B, DG-G, DG-B (86 dB(A)); R-B, DG-B (78 dB(A)).

90 dB(A)		86 dB(A)		
	G	B	G	B
R	<b>0.0035</b>	<b>0.021</b>	0.053	<b>0.031</b>
DG	<b>0.026</b>	0.10	<b>0.040</b>	<b>0.017</b>

82 dB(A)		78 dB(A)		
	G	B	G	B
R	0.15	0.19	0.23	<b>0.023</b>
DG	0.20	0.13	0.31	<b>0.05</b>

**Tabelle 1:** Ergebnisse des einseitigen Signifikanztests nach Wilcoxon. Auf einem 5%-Niveau signifikante Werte sind fett gedruckt.

## Diskussion

Die in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnisse bestätigen einerseits das schon bekannte Phänomen, dass rote Farb-reize zu einer erhöhten Lautheitswahrnehmung führen. Andererseits konnte auch gezeigt werden, dass sich für dunkelgrüne Farb-reize ähnliche Verhältnisse ergeben. Bei gleichem physikalischem Schalldruckpegel erscheint ein rotes Fahrzeug um bis zu 16.6% lauter, ein dunkelgrünes um bis zu 11.7% lauter als ein blauer oder hellgrüner Sportwagen. Dieser Effekt zeigte sich deutlich bei drei von vier untersuchten Pegeln, was sich auch durch eine Signifikanzuntersuchung bestätigen ließ.

Eine Interpretationsmöglichkeit dieser Ergebnisse ist, dass sowohl das kräftige Rot als auch das britische Dunkelgrün als für Sportwagen typische Farben angesehen werden, während die zwei zum Vergleich gewählten Farben Blau und Hellgrün für untypisch und nicht zum Fahrzeug passend gehalten werden. Diese Farben lassen daher nicht den Eindruck eines „echten“ Sportwagens entstehen, was sich auf die Wahrnehmung des mit solchen Fahrzeugen normalerweise in Verbindung gebrachten Motorsounds auswirken könnte. Da die Versuchsperson also keinen „richtigen“ Sportwagen sieht, bewertet sie das Motorgeräusch vermutlich als entsprechend leiser.

*Der Autor dankt Prof. Dr.-Ing. H. Fastl für die Anregung und die Möglichkeit zur Durchführung dieser Arbeit.*

## Literatur

- [1] Fastl, H.: Audio-visual interactions in loudness evaluation. 18th ICA, Kyoto (2004), 1161-1166
- [2] Patsouras, C., Filipou, T., Fastl, H.: Influence of color on the loudness judgement. Proc. Forum Acusticum, Sevilla (2002), PSY-05-002-IP, CD-ROM
- [3] Rader, T., Moringa, M., Matsu, T., Fastl, H., Kawanano, S., Namba, S.: Crosscultural Effects in Audio-Visual Interactions. Transactions of the TC Noise and Vibration of the Acoustical Society of Japan (2004), N-2004-31
- [4] Fastl, H., Zwicker, E.: Psychoacoustics - Facts and Models. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007