Untersuchung von Farbeinflüssen auf die Lautheit mit einem Einregelverfahren

Daniel Menzel, Elias Faccinelli, Hugo Fastl

AG Technische Akustik, MMK, TU München, Arcisstr. 21, D-80333 München, men@mmk.ei.tum.de

Einleitung

Der Einfluss visueller Reize auf die Lautheit wurde in früheren Experimenten anhand unterschiedlich eingefärbter Standbilder von Personenzügen und Sportwagen mittels freier Größenschätzung untersucht (Patsouras et al. 2002, Fastl 2004, Menzel 2007, Menzel et al. 2008). Die Farbe Rot ließ hierbei Geräusche um bis zu 10% lauter erscheinen, während Hellgrün die beurteilte Lautheit tendenziell verringerte. Dieses Phänomen zeigte sich auch in interkulturellen Studien (Rader et al. 2004, Fastl et al. 2008).

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die bisher als relative Lautheitsänderungen spezifizierten Farbeinflüsse mittels der psychoakustischen Methode des Einregelns zu messen um äquivalente Pegeländerungen in dB ermitteln zu können.

Stimuli und Versuchsablauf

Zur Vermeidung eines eventuellen Einflusses des Bedeutungsgehalts der visuellen Stimuli wurden keine Bilder realer Objekte sondern einfarbige Flächen verwendet. Diese wurden auf einem 19“ Röhrenbildschirm bei einem Betrachtungsabstand von 70 cm präsentiert. Als zu untersuchende Farben wurden Rot und Hellgrün gewählt, da diese beiden Farben in früheren Studien die deutlichsten Einflüsse auf die Lautheit zeigten.

Als akustischer Stimulus wurde gleichmäßig anregendes Rauschen (GAR) verwendet, das in einer schallisolierten Kabine über dynamische Kopfhörer (Beyer DT48) mit vorgeschaltetem Freifeldentzerrer nach Fastl und Zwicker (2007) diotisch dargeboten wurde.

Aufgabe der Probanden war es, den Pegel eines Testschalls im direkten Vergleich mit einem vorangegangenen Referenzschall iterativ solange zu verändern, bis beide Schalle als gleichlaut empfunden wurden. Gleichzeitig zur Darbietung der Schalle sahen die Versuchspersonen die oben erwähnten Farbflächen, wobei dem Referenzschall entweder der rote oder der grüne Farbreiz zugeordnet war, während der Testschall mit dem jeweils anderen Farbreiz verbunden war. Unter der Hypothese, dass Rot einen erhöhten Lautheitseindruck hervorruft, ist zu erwarten, dass bei Rot als Referenzfarbe der eingeregelte Testschallpegel über dem Referenzschallpegel liegt, da der vom grünen Bild begeleitete Testschall mehr Pegel benötigt, um die gleiche Lautheitswahrnehmung zu erzeugen. Grün als Referenzfarbe sollte dementsprechend zu einem niedrigeren Testschallpegel führen.

Jede der Iterationen folgte demselben zeitlichen Ablauf (Abb. 1): Die Referenzfarbe wurde dargestellt, nach einer Zeit Δt wurde der Referenzschall (Gesamtpegel L_{ref}) eingeschaltet und war für die Dauer T = 2.5s hörbar.

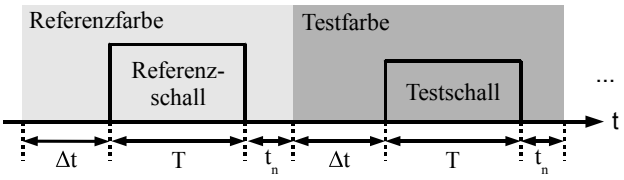

Abb. 1: Zeitlicher Ablauf einer Iteration des Einregelvorgangs.

Um den Einfluss von Nachverdeckungseffekten zu minimieren wurde nach Abschalten des Schalls zusätzlich eine Wartezeit t_n eingefügt. Anschließend wurde von der Referenz- auf die Testfarbe gewechselt. Diese war wiederum für die Zeit Δt sichtbar, bevor der einzuregelnde Testschall (Dauer T = 2.5s) dargeboten wurde. Nach einer weiteren Wartezeit t_n wurde auf eine neutrale graue Hintergrundfarbe umgeschaltet und die Versuchsperson hatte die Möglichkeit, über einen am Bildschirm dargestellten, unbeschrifteten Regler den Pegel des zu diesem Zeitpunkt nicht hörbaren Testschalls zu verändern. Der maximal mögliche Regelbereich wurde dabei jedes Mal zufällig variiert, um einen Einfluss der optischen Position des Reglers auszuschließen. Diese Abfolge wurde solange wiederholt, bis der Proband den Referenz- und den Testschall als gleichlaut empfand. Daraus resultierte der eingeregelte Testschallpegel L_{test}. Der Startpegel des Testschalls wurde zu Beginn jedes neuen Einregelvorgangs pseudo-zufällig auf $L_{ref} \pm 6$dB gesetzt. Um Biaseffekte zu vermeiden wurde darauf geachtet, dass beide Startpegel gleichhäufig vorkamen.

Zusätzlich zum Einfluss der Farbe sollte ermittelt werden, ob die Dauer der Farbdarbietung vor Beginn des Schalls relevant für audio-visuelle Interaktionen ist. Hierfür wurde der Referenzpegel L_{ref} konstant auf 60dB gehalten und die Zeit Δt vor Beginn der Schalle, in denen nur die jeweilige Farbe zu sehen war, zwischen 0, 1 und 2s variiert. Die Zeit t_n betrug 0.5s, so dass sich zwischen den Schallen eine Pause von 0.5, 1.5 bzw. 2.5s ergab. Es nahmen 16 normal hörende Versuchspersonen im Alter zwischen 22 und 42 Jahren (Median 25 Jahre) an diesem Experiment teil.

Ergebnisse

Abb. 2 zeigt die Pegeldifferenzen, die sich bei letztgenanntem Experiment ergeben haben. Bei Δt = 1s und Δt = 2s zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen L_{test} und L_{ref}. Die Versuchspersonen waren in der Lage, die Pegel mit einem Bereich wahrscheinlicher Schwankung von etwa 0.5 bis 1dB anzugleichen. Es ergaben sich dabei keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Referenzfarbe.

Für Δt = 0s sind die Pegeldifferenzen signifikant von 0 verschieden und betragen sowohl bei der roten als auch bei der grünen Referenzfarbe etwa 0.5dB, was bedeutet, dass zur Herstellung gleicher Lautheit unabhängig von der Farbe der

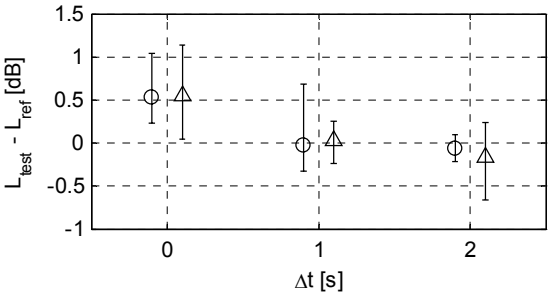

Abb. 2: Ergebnisse des Einregelvorgangs bei L_{ref} = 60dB für verschiedene Zeiten Δt. Dargestellt sind Mediane und Interquartilbereiche der Pegeldifferenz zwischen eingeregeltem Testschall und Referenzschall für die Referenzfarben Rot (Kreise) und Grün (Dreiecke).

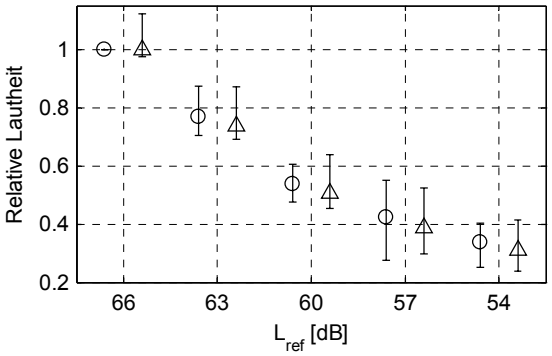

Abb. 3: Ergebnisse der Größenschätzung dargestellt als Mediane und Interquartilbereiche der relativen Lautheiten bei Betrachtung der Farben Rot (Kreise) und Grün (Dreiecke), normiert auf 66dB/Rot.

Pegel des Testschalls im Mittel um 0.5dB über den Pegel des Referenzschalls angehoben wurde.

Da der Abstand zwischen Ende des Referenzschalls und Beginn des Testschalls in diesem Fall t_n = 0.5s betragen hatte, können Nachverdeckungseffekte als Ursache für dieses Phänomen ausgeschlossen werden. Ein Kontrollexperiment ohne Farbeinflüsse (Grau als Referenz- und Testfarbe) zeigte vergleichbare Ergebnisse (Signifikant von Null verschiedene Pegeldifferenz nur bei Δt = 0s), sodass ein Einfluss des plötzlichen Farbwechsels auf den Einregelvorgang hier ebenfalls ausscheidet.

Vergleich mit anderen Verfahren

Um die Vergleichbarkeit mit früheren Versuchen herstellen zu können wurden zusätzlich 13 Versuchspersonen (23 bis 33 Jahre, Median 27 Jahre) gebeten, die Lautheiten von GAR mit Gesamtpegeln von 54, 57, 60, 63 und 66dB per Größenschätzung ohne Ankerschall zu beurteilen, während gleichzeitig rote und grüne Farbflächen präsentiert wurden. Die akustischen und optischen Versuchsbedingungen waren dieselben wie im vorangegangenen Experiment. Abb. 3 zeigt die so ermittelten relativen Lautheiten, individuell normiert auf die Werte bei Betrachtung des roten Stimulus und GAR mit 66dB. Man erkennt die aus früheren Untersuchungen bekannte Tendenz, dass die Lautheit in Verbindung mit der Farbe Rot im Vergleich mit Grün überschätzt wird.

Diskussion

Die Ergebnisse des per Einregelverfahren durchgeführten Lautheitsabgleichs zeigen keine Beeinflussung durch gleichzeitig präsentierte Farben, während unter gleichen Bedingungen mittels Größenschätzung bestimmte Lautheitsurteile eine Tendenz zur Überschätzung bei Betrachtung roter Flächen erkennen lassen. Eine denkbare Ursache für die gefundenen Unterschiede hinsichtlich der Messung audio-visueller Interaktionen könnte darin liegen, dass sich Versuchspersonen während des iterativen Einregelvorgangs verstärkt auf den akustischen Stimulus konzentrieren, um die geforderte Aufgabe des Lautheitsabgleichs zu erfüllen. Der Einfluss eines zusätzlich dargebotenen visuellen Reizes wird dadurch möglicherweise reduziert. Die Methode der Größenschätzung erfordert hingegen ein spontanes Lautheitsurteil, das sich durch die visuelle Stimulation mit Farbflächen anscheinend leichter beeinflussen lässt.

Dies könnte darauf hindeuten, dass der Farbeinfluss auf die Lautheit vorwiegend das Lautheitsurteil betrifft, und nur in geringerem Maß die Lautheitswahrnehmung. Diese Hypothese könnte durch Untersuchungen mit weiteren psychoakustischen Versuchsmethoden überprüft werden. Die Verwendung von experimentellen Verfahren die auf spontanen Urteilen beruhen, wie z.B. Kategorienskalierung, sollte dabei zu Ergebnissen führen, die eine Beeinflussung des Lautheitsurteils durch Farbreize zeigen. Bei Methoden, die eine Konzentration auf den akustischen Stimulus erfordern, wie z.B. Messung von Hörschwellen mit einem Einregelverfahren, ist hingegen zu erwarten, dass audio-visuelle Interaktionen schwächer ausgeprägt sind.

Literatur

Fastl, H. (2004): Audio-visual interactions in loudness evaluation. In: Proc. 18th International Congress on Acoustics, Kyoto, Japan, 1161-1166

Fastl, H. und Zwicker, E. (2007): Psychoacoustics - Facts and Models. 3rd Edition, Springer, Berlin, New York

Fastl, H.; Rader, T.; van den Boogaart, G.; Kuwano, S.; Namba, S. (2008): Cross-cultural comparison of colour evaluation using semantic differential. In: Fortschritte der Akustik - DAGA ’08

Menzel, D. (2007): Psychoakustische Untersuchungen zum Einfluss der Farbe auf die Lautheit von Sportwagen. In: Fortschritte der Akustik - DAGA '07, 855-856

Menzel, D., Fastl, H., Graf, R., Hellbrück, J.: Influence of vehicle color on loudness judgments. J. Acoust. Soc. Am, 2008, im Druck

Patsouras, C.; Filipou, T.; Fastl, H. (2002): Influences of color on the loudness judgement. In: Proc. Forum Acusticum, Sevilla, PSY-05-002-IP, CD-ROM

Rader, T.; Moringa, M.; Matsu, T.; Fastl, H.; Kuwano, S.; Namba, S. (2004): Crosscultural Effects in Audio-Visual Interactions. In: Transactions of the Technical Committee Noise and Vibration of the Acoustical Society of Japan, N-2004-31