„Herr Martin und sein Horn“

Über die Effektivität akustischer Warnsignale bei Einsatzfahrzeugen

Carmen Huber, Isabella Czedik-Eysenberg, Christoph Reuter
Musikwissenschaftliches Institut der Universität Wien

Hintergrund

Unabhängig davon, ob es sich um ein Feuerwehr-, Polizei- oder Rettungsfahrzeug handelt: Das Ziel eines Einsatzfahrzeuges ist stets ein schnellstmögliches Eintreffen am Berufungs- oder Zielort. Nicht nur die Sicherheit von Patienten oder Opfern eines Unglücks, sondern auch die des Einsatzpersonals ist dabei durch Risiken des Straßenverkehrs gefährdet: Eine Vielzahl an Befunden berichten von einer erhöhten Unfallhäufigkeit bei Einsatzfahrzeugen, essentiell bedingt durch eine schlechte Erkennbarkeit, vor allem bei der Annäherung zu Straßenkreuzungen (Biggers 1996, Maddern et al. 2011). Der Einsatz von visuellen und akustischen Warnsignalen unterschiedlicher Art gilt dabei als anerkanntes „Mittel der Wahl“ zur Gewinnung der Aufmerksamkeit der Verkehrsteilnehmer bei herannahenden Einsatzfahrzeugen. Eine Optimierung akustischer Warnsignale bei Einsatzfahrzeugen im Sinne einer Erzielung höherer Erkennbarkeit äußert sich somit als zentraler Aspekt einer Gewährleistung erhöhter Sicherheit im allgemeinen Straßenverkehr. Eine bloße Erhöhung der Lautstärke kann hierbei allerdings nicht als effektive Option betrachtet werden (Maddern et al. 2011). Hierfür sprechen auch Berichte über eine erhöhte Inzidenz von Hörschäden bei Einsatzkräften (Johnson et al. 1980, Pepe et al. 1985). Die psychoakustischen Merkmale *Directivity*, *Perceived Urgency*, *Localisation* und *Masking* werden in der vorliegenden Literatur unter anderem als relevante Schlüsselfaktoren zur Erreichung erhöhter Effektivität von akustischen Warnsignalen angeführt (Howard et al. 2011, Maddern et al. 2011). Das von Catchpole & McKeown erstellte *Framework for the Design of Emercency Vehicle Sirens* beschreibt vier wesentliche Gestaltungsparameter, die zur Erzielung einer optimalen Effektivität entsprechend der Anforderungen von Mensch und Umwelt anzupassen sind: *Sound Source Intensity*, *Sound Pattern Design*, *Sound Source Placement* und *Usage.* Die Effektivität akustischer Warnsignale wird hierbei anhand der Vermittlung von *Meaning*, *Urgency* und *Location* definiert (Catchpole & McKeown 2007).

Ziel

Unter besonderer Beachtung psychoakustischer Schlüsselfaktoren gilt das Ziel der Studie einer Bewertung der Effektivität einer repräsentativen Auswahl akustischer Warnsignale auf Basis umfangreicher Signalanalysen.

Zentrale Fragestellungen sind:

- Wie können akustische Warnsignale hinsichtlich ihrer Effektivität basierend auf psychoakustischen Kriterien klassifziert werden?
- In welchen Kriterien zeigen sich signifikante Divergenzen unter gebräuchlichen akustischen Warnsignalen?

Methoden

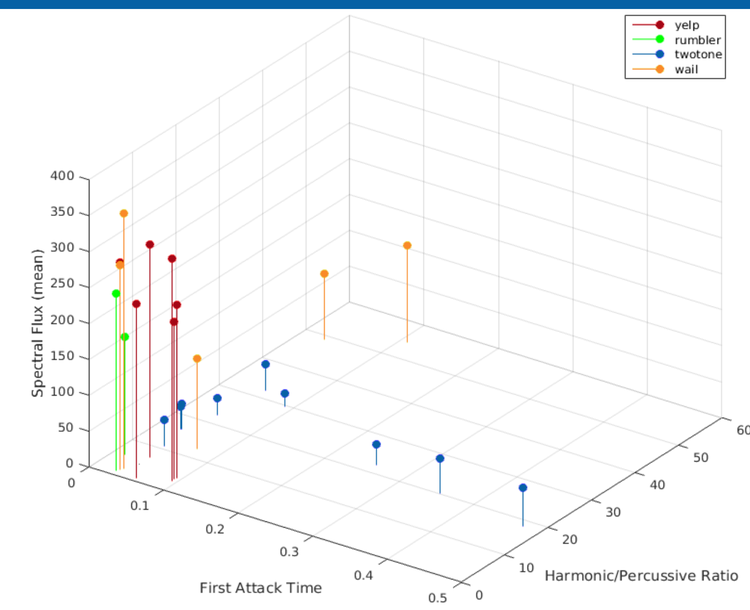
Eine begrenzte Auswahl von 22 akustischen Warnsignalen wurde mittels der Software Matlab umfangreichen Signalanalysen unterzogen (Driedger & Müller 2014: TSM Toolbox, Genesis 2009: Loudness Toolbox, Lartillot & Toiviainen 2007: MIR Toolbox), um jene Klangeigenschaften zu extrahieren und zu bewerten, die eine Relevanz für ihre entsprechende Effektivität bzw. Dringlichkeit und Durchsetzungsfähigkeit besitzen.

Die Auswahl der Stimuli orientiert sich hierbei an der Klassifizierung von *Common Emercency Vehicle Siren Sounds* durch Catchpole & McKeown, die sogenannte *Yelps* (kontinuierlich trillernd), *Wails* (kontinuierlich auf- und abschwellend) *und Hi-Lo Sounds* (Zweitonfolgen) als gebräuchlich bezeichnen (Catchpole & McKeown 2007). Ergänzend hierzu werden *Rumbler*-Sirenen (tieffrequent) in der Untersuchung berücksichtigt.

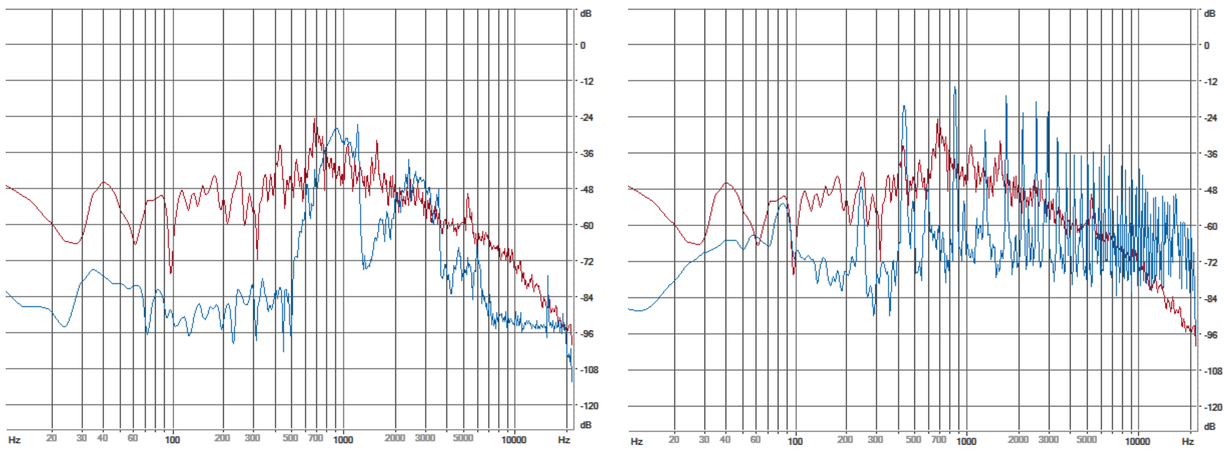
Neben den Signalanalysen wurden die Warnsignale mit Hilfe der Software AudioEase Speakerphone unter gleichen Umständen in typische akustische Umgebungen verlagert (Städtischer Park, Stadtverkehr, skandierende Menschenmenge), um sie unter alltäglichen, stark verdeckenden Bedingungen vergleichen zu können.

Ergebnisse

Nach der klanglichen Merkmalsanalyse lassen sich die die verschiedenen Warnsignale mit Hilfe von *First Attack Time, Harmonic Percussive Ratio* und *Spectral Flux* in einem Timbre-Feature-Space darstellen.

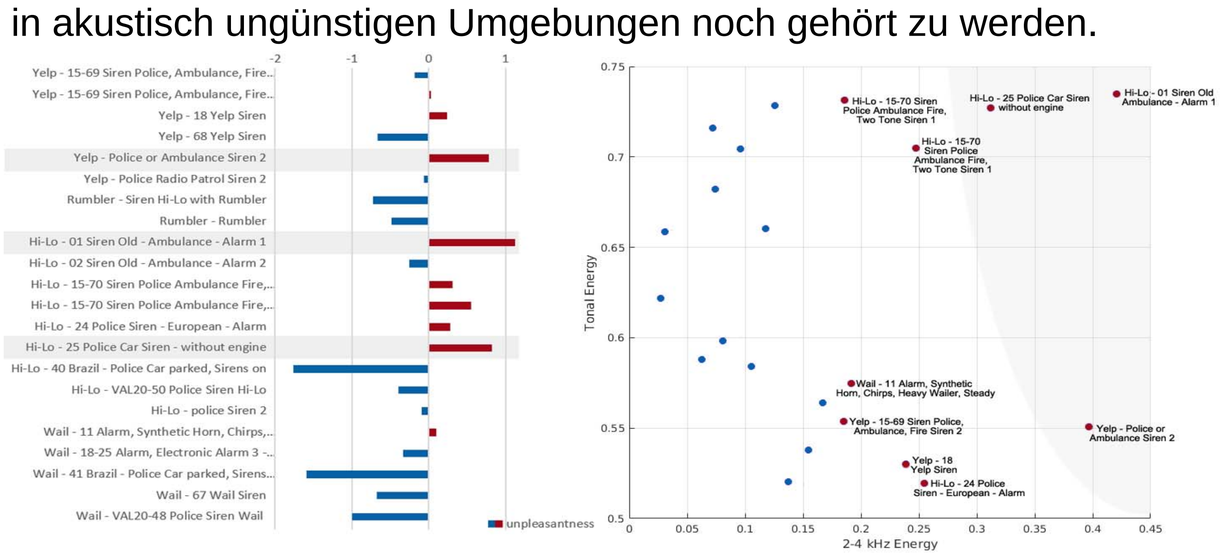


Anhand der Verdeckung der mit gleicher Lautheit in stark lärmender Umgebung (laute Menschenmenge) ausgesetzten Warnsignale lässt sich einschätzen, welche Warnsignale besonders durchsetzungsfähig sein werden:



Warnsignal (blaues Mittelwertspektrum) verdeckt von lauter Menschenmenge (rotes Mittelwertspektrum):
Links: Yelp-Signal (so gut wie unhörbar), rechts: Hi-Lo-Signal (gut wahrnehmbar)

Es zeigt sich bei der klanglichen Merkmalsanalyse, dass die Warnsignale mit starken spektralen Anteilen oberhalb der Maskierungskurve besonders hohe Werte im Meta-Timbre-Deskriptor *Unpleasantness* aufweisen, der sich aus den Merkmalen *Tonal Energy* und spektralen Energieanteilen zwischen 2-4 kHz zusammensetzt (Czedik-Eysenberg 2016, S. 38ff.), so dass für einen Hörversuch zur Durchsetzungsfähigkeit der Warnsignale von Einsatzfahrzeugen die Hypothese aufgestellt werden kann, dass Klänge mit diesen Merkmalen eine besonders hohe Chance haben, in akustisch ungünstigen Umgebungen noch gehört zu werden.



Unpleasantness als möglicher Meta-Deskriptor für die Bestimmung der Durchsetzungsfähigkeit von Warnsignalen von Einsatzfahrzeugen.

Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt lassen sich die verschiedenen Arten von Warnsignalen wie Yelp, Wail, Hi-Lo und Rumbler mit Hilfe der Klangmerkmale *First Attack Time, Harmonic Percussive Ratio* und *Spectral Flux* klanglich bestimmen, wobei man als Ausgangshypothese für einen Hörversuch bei hohen Werten im Meta-Deskriptor *Unpleasantness* eine besonders große Durchsetzungsfähigkeit des Warnsignals vermuten kann.

In einem weiteren Schritt der Untersuchung soll durch Hörversuche festgestellt werden, in wieweit sich die hier mittels Feature-Extraktion angenommene Effektivität der akustischen Warnsignale auch in der menschlichen Wahrnehmung widerspiegelt und den Klassifizierungen von Versuchspersonen hinsichtlich der Parameter *angenommene Durchsetzungsfähigkeit* und *empfundene Dringlichkeit* entspricht.

Literatur

Biggers, W.A. Jr. et al. (1996): Emergency Medical Vehicle Collisions in an Urban System. In: Prehospital Disaster Medicine 11, p. 195–201. <> Catchpole, K. & McKeown, D. (2007): A Framework for the Design of Ambulance Sirens. In: Ergonomics 50/8, p. 1287–1301. <> Czedik-Eysenberg, Isabella (2016): Music Information Retrieval und Klangfarbe. „TimbRet“: Ein interaktives System zur inhaltsbasierten Suche komplexer Klänge anhand von High-Level-Deskriptoren. Masterarbeit, Universität Wien. <> Driedger, J. & Müller, M. (2014): TSM Toolbox: MATLAB Implementations of Time-Scale Modification Algorithms. Proceedings of the International Conference on Digital Audio Effects. <> Genesis (2009): Loudness toolbox. http://www.genesis-acoustics.com/en/index.php?page=32. <> Howard, C.Q. et al. (2011): Acoustic Characteristics for Effective Ambulance Sirens. In: Acoustics Australia 39/2, p. 43–53. <> Johnson, D.W. et al. (1980): Hearing in an Ambulance Paramedic Population. In: Annals of Emergency Medicine 9/11, p. 557–561. <> Lartillot, O. & Toiviainen, P. (2007): A Matlab Toolbox for Musical Feature Extraction from Audio. In: International Conference on Digital Audio Effects, Bordeaux, p. 237–244. <> Maddern, A.J. et al. (2011): Emergency Vehicle Auditory Warning Signals: Physical and Psychoacoustic Considerations. In: Proceedings of Acoustics 2011, http://data.mecheng.adelaide.edu.au/avc/publications/public_papers/2011/preprint_maddern_acoustics_2011_siren.pdf. <> Pepe P.E. et al. (1985): Accelerated Hearing Loss in Urban Emergency Medical Service Firefighters. In: Annals of Emergency Medicine 14/5, p. 438–442.