

Spekro-temporale Geräuschmanipulationen als Grundlage zur Erforschung der Empfindungsgröße Wummern

Gloria-T. Badel^{1,2}, Florian Doleschal¹, Jesko L. Verhey¹

¹ Abteilung für Experimentelle Audiologie, Otto-von-Guericke-Universität, Leipziger Straße 44, 39120 Magdeburg

² Email: gloria-tabea.badel@med.ovgu.de

1. Einleitung

Die Empfindungsgröße „Wummern“ kann besonders bei niedertourigen Fahrzuständen im Innenraum eines Fahrzeuges mit Verbrennungsmotor auftreten. Da die wummernden Geräusche „durchaus als unangenehm, ermüdend oder belastend“ [1] empfunden werden, führen sie somit zu einem verringerten Geräuschkomfort. Kommerziell erhältliche psychoakustische Berechnungsverfahren liefern bisher nicht ausreichend verlässliche Vorhersagen für diese Empfindungsgröße. Daher ist eine experimentelle Erfassung der Stärke der Empfindung „Wummern“ derzeit noch unerlässlich. Für eine Bewertung in Hörversuchen ist es dabei von Vorteil, wenn eine genügende Anzahl von Signalen vorliegt und diese einen möglichst großen Dynamikbereich der zu untersuchenden Empfindungsgröße „Wummern“ umfassen.

Der Beitrag untersucht, inwieweit diese Ziele durch spektro-temporale Manipulationen von realen Signalen erreicht werden können.

2. Methode

Stimuli

Es wurden fünf Originalfahrzeuggeräusche ausgewählt, die für Abschwächung und Verstärkung der Empfindungsgröße zur Dynamikbereichserweiterung geeignet erschienen. Das Spektrum der Geräusche wurde im für Wummern besonders relevanten Frequenzbereich unter 100 Hz manipuliert. Hierzu wurde das Sound Engineering Tool der ArtemiS SUITE 9.0 verwendet. Abb. 1 zeigt exemplarisch ein Originalsignal (dunkelblau) und eine Manipulation (hellblau), die die Stärke des Wummerns reduziert. Generell wurde die Intensität der ersten Harmonischen (1. H.), teilweise auch die der Seitenbänder (SB) dieser Harmonischen und die der zweiten Harmonischen (2. H., 1. Oberton) verändert.

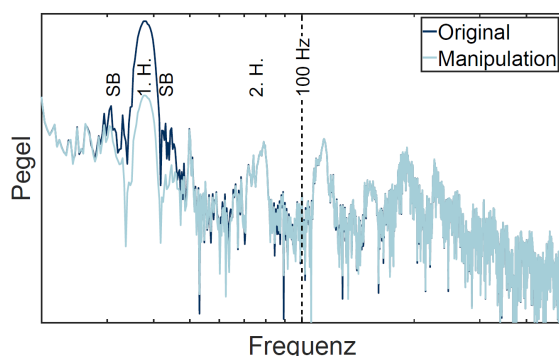


Abbildung 1: Spektrum eines Originalsignals (dunkelblau) und eines veränderten Signals (hellblau).

Versuchspersonen

Am Versuch nahmen 35 normalhörende Nichtexperten (19 weiblich, 16 männlich) teil. Sie waren zwischen 18 und 35 Jahren alt, das durchschnittliche Alter betrug 25 Jahre. 14 Personen von ihnen hatten bereits Erfahrung mit psychoakustischen Messungen, 30 von ihnen besaßen einen Führerschein.



Abbildung 2: Kategoriale Skala zur Bewertung der Empfindungsgröße „Wummern“.

Versuchsdurchführung

Vor dem Versuch erhielten die Versuchspersonen eine Einführung zur Empfindungsgröße „Wummern“, um ein gemeinsames Verständnis zu erreichen. Ein vergleichbares Vorgehen wurde bei den im FVV-Projekt (siehe Abschnitt „Danksagung“) durchgeführten Versuchen zur Empfindungsgröße „Dröhnen“ angewandt (siehe [2]). Danach wurden den Versuchspersonen alle Signale nacheinander vorgespielt. Anschließend sollten die Versuchspersonen nach Präsentation eines Signals ihre Bewertung der Empfindungsstärke auf einer kategorialen Empfindungsskala abgeben (siehe Abb. 2). Die Skala orientiert sich an der ISO13862 [3] zur kategorialen Lautheitsskalierung. Eine wiederholte Wiedergabe des Signals vor der Bewertung war nicht möglich. Die Signale wurden danach bezüglich Ihrer Angenehmheit bewertet. Hierzu wurde eine Skala verwendet, die der in Abb. 2 für die Empfindungsgröße „Wummern“ entsprach.

Für eine Untermenge der Signale wurde zudem ein vollständiger Paarvergleich durchgeführt. Hierzu wurden jeweils zwei Signale vorgespielt und die Aufgabe der Versuchsperson war es, jenes Signal auszuwählen, welches stärker wummert. In der Signaluntermenge waren alle Originalsignale und jeweils zwei Manipulationen enthalten.

3. Ergebnisse

Abb. 3 zeigt exemplarisch die Ergebnisse der Kategorialbewertung für drei Originalsignale und ihre Variationen. Die Ergebnisse sind entsprechend der Bewertung des „Wummerns“ (gefüllte Symbole) von links nach rechts aufsteigend dargestellt. Die Kategorien sind als Zahlenwerte von 1 („nicht wummernd“) bis 9 („extrem wummernd“) dargestellt, wobei die Schrittweite für die Stufen eins betrug.

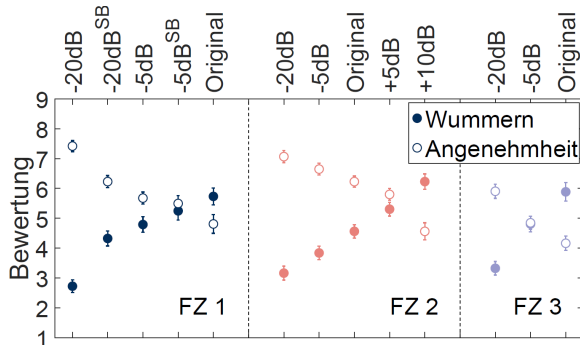


Abbildung 3: Kategoriale Skalierung bezüglich der Empfindungsgröße „Wummern“ (gefüllte Symbole) und der Angenehmheit (offene Symbole). Jedes Teilbild zeigt die Ergebnisse eines Originalgeräusches („Original“) und seiner Manipulationen. Die Art der Manipulation ist auf der Abszisse kodiert. Der Pegel gibt i.A. die Pegeländerung der ersten Harmonischen an. Das Suffix SB gibt an, dass sich hier die Variation auf die Seitenbänder bezieht.

Eine Absenkung der ersten Harmonischen um 20 dB (Datenpunkt ganz links in jedem Teilbild) führt für jedes Originalgeräusch zu einer deutlichen Reduktion des „Wummerns“. Wird wie für das Originalgeräusch FZ 2 die 1. Harmonische im Pegel angehoben, steigt die Empfindung „Wummern“ in der Stärke an (mittleres Teilbild von Abb. 3). Die Manipulationen führen zu einer deutlichen Variation der Stärke des „Wummerns“, von „wenig wummernd“ bis „deutlich wummernd“.

Die Abb. 3 zeigt neben den Kategorialbewertungen der Empfindungsgröße „Wummern“ auch die Ergebnisse der Bewertung der Angenehmheit. Für die gezeigten Geräusche ist ein monotoner Zusammenhang zwischen der Angenehmheit des Geräusches und der Größe „Wummern“ erkennbar: je stärker das Signal wummert, desto weniger angenehm ist es.

Abb. 4 vergleicht die Ergebnisse des Paarvergleichs mit denen der Kategorialbewertungen. Hierzu wurden die Paarvergleichsergebnisse mit Hilfe der BTL-Methode in Skalenwerte umgerechnet. Generell stimmten die Ergebnisse des Paarvergleichs mit denen der Kategorialbewertung überein. Lediglich für ein Signal (FZ 5) und seine Manipulationen weichen die Daten ab. Bei diesem Signal führten die Manipulation nur zu einer sehr geringen Änderung des „Wummerns“. Das Signal und seine Variationen wurden alle als eher wenig wummernd wahrgenommen, was wahrscheinlich durch die starke Ausprägung der Empfindungsgröße Dröhnen begründet ist.

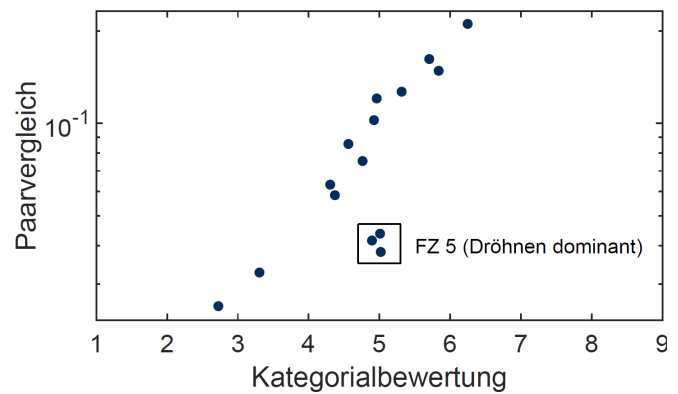


Abbildung 4: Vergleich der Ergebnisse für die Empfindungsgröße „Wummern“ aus der kategorialen Bewertung und den in Skalenwerte umgerechneten Paarvergleichsergebnissen.

4. Zusammenfassung

Die Hörversuche mit normalhörenden Nichtexperten zeigen, dass die vorgestellten Manipulationen die Stärke der Empfindung „Wummern“ verändern und somit den Dynamikbereich deutlich erweitern können. Durch die Manipulationen wurde auch die Angenehmheit maßgeblich variiert, die mit zunehmender Stärke des „Wummerns“ monoton abnimmt.

5. Literatur

- [1] Genuit, K.: Sound-Engineering im Automobilbereich, Springer, 2010.
- [2] Doleschal F., Badel, G. T., Verhey, J. L.: Dröhnen im Fahrzeuginnen. Fortschritte der Akustik - DAGA 2020, DEGA e. V., 2020.
- [3] ISO 16832 (2006), “Acoustics Loudness scaling by means of categories”(International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland).

6. Danksagung

Das Forschungsvorhaben (1304) wurde in der Abteilung für Experimentelle Audiologie der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg unter der Leitung von Prof. Jesko Verhey und der Acoustics Group der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg unter der Leitung von Prof. Steven van de Par durchgeführt. Es wurde von der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (FVV) e.V. mit Eigenmitteln finanziell gefördert und von einem Arbeitskreis unter der Leitung von Dr. Harald Stoffels, Ford-Werke GmbH, begleitet. Die Autoren bedanken sich bei der FVV und allen Projektbeteiligten für die Unterstützung des Vorhabens.