

Auditives Feedback in E-Autos

Einfluss auf das Fahrverhalten durch
Sound Design im Fahrzeuginnenraum

Oliver Posmayer, BA

Universität für Musik und darstellende Kunst Graz
Institut für Elektronische Musik und Akustik

FH Joanneum University of Applied Sciences
Institute of Design & Communication

Betreut von:

Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Katharina Groß-Vogt

Zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Arts (MA)

Graz, Januar 2025

Abstract (German)

Mit der zunehmenden Verbreitung von E-Autos ändert sich auch die Klanglandschaft im Auto. Während die Geräusche eines Verbrennermotors Fahrenden auch dazu dienen, Informationen über den Fahrzeugzustand zu erhalten, bleibt in der Klangwelt bei Elektrofahrzeugen hier oftmals eine Lücke. Um die Rückmeldung über den Fahrzeugzustand aufrecht zu erhalten kann zusätzliches auditives Feedback im Innenraum von E-Autos eine vielversprechende Ergänzung bieten.

In dieser Masterarbeit wurde die Frage gestellt, wie auditives Feedback im Innenraum eines Autos gestaltet werden kann, um Informationen über den Fahrzeugzustand an die Fahrenden auditiv zu übermitteln und zu untersuchen, wie Fahrverhalten durch Klänge zu beeinflusst werden kann. Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf das Fördern eines sparsamen Fahrverhaltens gelegt. Innerhalb der Arbeit wurden interaktive Sounds gestaltet und evaluiert, die Rückschluss auf die Fahrzeuggeschwindigkeit und damit einher gehend den Energieverbrauch ermöglichen. Die Klänge orientierten sich dabei unter anderem an Klängen aus der Natur wie Wellen, aber auch an Instrumenten wie dem Xylophon und unterschieden sich in Rhythmizität und Harmonizität.

Für einen Online-Hörversuch wurden in einem ersten Versuch sieben Klänge an ein kurzes Video angepasst werden. Diese wurden von den Proband*innen hinsichtlich ihrer emotionalen Wirkung, den Klangeindrücken und der Einschätzbarkeit des Fahrzeugzustandes beurteilt. Aufgrund der Ergebnisse werden die Sounds überarbeitet und als interaktive Klänge in einem modifizierten Fahrsimulator getestet. Die Ergebnisse der Studien wurden quantitativ und qualitativ ausgewertet und zeigen eine Präferenz zu statischen, harmonischen Klängen. Ein Einfluss auf das Fahrverhalten konnte nicht statistisch signifikant nachgewiesen werden, ein tendenzieller Zusammenhang von unbeliebten Klängen und längerer Fahrdauer wurde aber beobachtet.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit bieten Ansätze für die Gestaltung von Klängen im Fahrzeuginnenraum und deren Einfluss auf das Fahrerlebnis.

Abstract (English)

With the increasing spread of electric cars, the soundscape in cars is changing. While the sounds of a combustion engine serve to provide drivers with information about the vehicle's condition, electric vehicles leave a gap in their soundscape. In order to maintain feedback on the vehicle's condition, additional auditory feedback in the interior of electric cars can be a promising addition.

This master's thesis asks the question how auditory feedback can be designed in the interior of an electric car in order to convey information about the vehicle's condition to the driver via sound and to investigate how driving behavior can be influenced by sounds. A focus point is the promotion of economical driving behavior. Within the project, interactive sounds were designed and evaluated that allow conclusions to be drawn about vehicle speed and thus energy consumption. Sounds from nature such as waves form the base for some tested sounds, but also instruments such as the xylophone. The sounds differ among other things in rhythmicity and harmonicity.

For an online listening test, seven sounds were adapted to a short video in a first test. These were assessed by the test subjects in terms of their emotional impact, the sound impressions and the assessability of the vehicle's condition. Based on the results, the sounds were revised and tested as interactive sounds in a modified driving simulator. The results of the studies were evaluated quantitatively and qualitatively and show a preference for static, harmonic sounds. An influence on driving behavior could not be proven to be statistically significant, but a tendency towards a correlation between unpopular sounds and longer driving times was observed.

The findings of this study offer approaches for the design of sounds in the vehicle interior and their influence on the driving experience.

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Masterarbeit unterstützt haben:

Meiner Betreuerin Katharina Groß-Vogt für ihre Zeit und ihre wertvolle Vorschläge, meiner Familie, vor allem meinen Eltern, und meinen Freund*innen, insbesondere meine Bib-Gruppe.

Weiterer Dank gilt den Teilnehmer*innen meiner Studien, „Agent_Y“ aus dem Beam.NG Forum, Greg und Waylon.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| 1. Einleitung..... | 1 |
| 2. Theoretische Grundlagen..... | 4 |
| 2.1 Active Sound Design..... | 4 |
| 2.2 Anforderung an das Sound Design..... | 5 |
| 2.3 Fahrgeräusche und deren Entstehung..... | 8 |
| 2.4 Faktoren für effizientes Fahren..... | 9 |
| 3. Designgrundlagen..... | 11 |
| 3.1 Persuasive Design..... | 11 |
| 3.2 Sonifikation und auditive Displays..... | 12 |
| 3.3 Sound Design und emotionale Wirkung..... | 13 |
| 4. Experiment 1..... | 14 |
| 4.1 Die verwendeten Klänge..... | 14 |
| 4.2 Die Umfrage..... | 19 |
| 4.3 Ergebnisse..... | 22 |
| 4.3.1 Einschätzen der Geschwindigkeit und Motorlast..... | 23 |
| 4.3.2 Beliebtheit der Klänge als Fahrgeräusch..... | 25 |
| 4.3.3 Klangprofile und Korrelationen..... | 27 |
| 4.3.4 Assoziationen..... | 32 |
| 4.3.5 Valence, Dominance Arousal..... | 33 |
| 4.4 Interpretation..... | 35 |
| 4.5 Fazit Experiment 1..... | 37 |
| 5. Experiment 2..... | 39 |
| 5.1 Versuchssetup und -vorbereitung..... | 39 |
| 5.2 Die verwendeten Klänge..... | 43 |
| 5.3 Versuchsablauf..... | 45 |
| 5.4 Schwierigkeiten beim Versuch..... | 46 |
| 5.5 Ergebnisse..... | 47 |
| 5.5.1 Valence Dominance Arousal..... | 48 |

| | |
|---|----|
| 5.5.2 Fahrzeit und Verbrauch..... | 49 |
| 5.5.4 Beliebtheit der Klänge als Fahrgeräusch und Einschätzen der Geschwindigkeit..... | 54 |
| 5.6 Interpretation..... | 56 |
| 5.7 Fazit Experiment 2..... | 58 |
| 6. Fazit..... | 60 |
| Literaturverzeichnis..... | 62 |
| Anhang..... | 65 |
| Eidesstattliche Erklärung..... | 75 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abb. 1 Wind- und Rollgeräusche..... | 14 |
| Abb. 2 Klang 1..... | 15 |
| Abb. 3 Klang 2..... | 16 |
| Abb. 4 Klang 3..... | 16 |
| Abb. 5 Klang 4..... | 17 |
| Abb. 6 Klang 5..... | 17 |
| Abb. 7 Klang 6..... | 18 |
| Abb. 8 Vergleich Wellenformen Klang 6 und 7..... | 19 |
| Abb. 9 Verteilung der Antworten auf die Frage „Wie oft fahren Sie Auto?“..... | 23 |
| Abb. 10 Verteilung der Antworten auf die Frage „Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit?“..... | 24 |
| Abb. 11 Verteilung der Antworten auf die Frage „Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Motorbelastung?“..... | 24 |
| Abb. 12 Verteilung der Antworten auf die Frage „Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben?“..... | 25 |
| Abb. 13 Verteilung der Antworten auf die Frage „Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? Bezogen auf Klang 1, aufgeteilt nach Fahrhäufigkeit..... | 26 |
| Abb. 14 Verteilung der Antworten auf die Frage „Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? Bezogen auf Klang 6, aufgeteilt nach Fahrhäufigkeit..... | 26 |
| Abb. 15 Spinnendiagramm Klang 1..... | 30 |
| Abb. 16 Spinnendiagramm Klang 2..... | 30 |
| Abb. 17 Spinnendiagramm Klang 3..... | 30 |
| Abb. 18 Spinnendiagramm Klang 4..... | 30 |
| Abb. 19 Spinnendiagramm Klang 5..... | 30 |
| Abb. 20 Spinnendiagramm Klang 6..... | 30 |
| Abb. 21 Spinnendiagramm Klang 7..... | 31 |
| Abb. 22 Ermittelte Werte für Valence und Dominance..... | 35 |
| Abb. 23 Zu sehen ist der Versuchsaufbau..... | 39 |
| Abb. 24 Screenshot des Spiels im Modus „Electric Hypermiling“..... | 40 |
| Abb. 25 Code in der .json Datei..... | 41 |
| Abb. 26 Ein etwa 4 Sekunden langer Ausschnitt des Spektrums bei Beschleunigung zwischen 1800 und 2300 U/min..... | 42 |
| Abb. 27 Die Wellenform des modulierten Testtons bei Beschleunigung von 600 auf 5000 U/min, Länge 20 s..... | 43 |
| Abb. 28 Spektren Klang 3 in verschiedenen Drehzahlbereichen..... | 44 |
| Abb. 29 Spektrum Klang 4 WL.: 0,06 s View Range: 0 – 4 kHz..... | 45 |
| Abb. 30 Spektrum Klang 5 WL.: 0,06 s View Range: 0 – 4 kHz..... | 45 |
| Abb. 31 Verteilung der Antworten auf die Frage „Wie authentisch empfinden Sie das Fahrgefühl in diesem Versuchssetup?“..... | 48 |
| Abb. 32 Ermittelte Werte für Valence und Dominance..... | 49 |
| Abb. 33 Boxplot zu Verbrauch..... | 50 |
| Abb. 34 Boxplot zu Fahrzeit..... | 51 |
| Abb. 35 Antworten auf die Frage "Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben?"..... | 54 |
| Abb. 36 Boxplott der Antworten auf die Frage "Wie gut hilft ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit?"..... | 56 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tab. 1 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für das Polarritätsprofil „fein-rau“ | 28 |
| Tab. 2 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für das Polarritätsprofil „kräftig-schwach“ | 28 |
| Tab. 3 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für das Polarritätsprofil „leise-laut“ | 28 |
| Tab. 4 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für das Polarritätsprofil „ruhig-dynamisch“ | 29 |
| Tab. 5 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für das Polarritätsprofil „scharf-dumpf“ | 29 |
| Tab. 6 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für das Polarritätsprofil „unangenehm-angenehm“ | 29 |
| Tab. 7 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Valence..... | 33 |
| Tab. 8 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Dominance..... | 34 |
| Tab. 9 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Arousal..... | 34 |
| Tab. 10 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Valence..... | 48 |
| Tab. 11 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Dominance..... | 48 |
| Tab. 12 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Arousal..... | 48 |
| Tab. 13 Ergebnisse des Shapiro-Wilk-Tests in Bezug auf Verbrauch und Fahrzeit | 50 |
| Tab. 14 Mediane Verbrauch..... | 51 |
| Tab. 15 Mediane Fahrzeit..... | 51 |
| Tab. 16 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests in Bezug auf Verbrauch..... | 51 |
| Tab. 16 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests in Bezug auf Fahrzeit | 52 |
| Tab. 17 Ergebnisse des Friedman-Tests und Effektstärke r in Bezug auf Verbrauch..... | 52 |
| Tab. 18 Mediane des Verbrauchs nach Reihenfolge der Klänge..... | 53 |
| Tab. 19 Ergebnisse des Friedman-Tests und Effektstärke r in Bezug auf Fahrdauer..... | 53 |
| Tab. 20 Mediane der Fahrdauer nach Reihenfolge der Klänge..... | 53 |
| Tab. 21 Antworten auf die Frage ob die Proband*innen den Klang gerne als Fahrgeräusch haben, inkl. Verteilung und Begründung..... | 55 |

1. Einleitung

Die Klangwelt von Autos hat sich mit dem technologischen Fortschritt fortlaufend verändert und mit ihr verändert sich ebenso das Nutzer*innenerlebnis. Während Blinker zum Beispiel ursprünglich elektromechanisch mit einem Relais ausgeführt waren, welches beim Öffnen und Schließen das bekannte Klicken erzeugt, wird in modernen Autos ein ähnlicher Klang aktiv abgespielt um die Rückmeldung des aktivierten Blinkers an die Fahrenden zu liefern. Die aktive Wiedergabe der Klänge ermöglicht den Autoherstellern größere Flexibilität in Bezug auf Informationsgehalt, wie etwa auf das Branding, also dem spezifischen Klang einer Automarke.

Mit der globalen Energiewende und der wachsenden Sensibilität für Nachhaltigkeit werden Fahrzeuge mit Elektroantrieb zunehmend weiter verbreitet, was den Vorteil hat, dass die Emissionen von Treibhausgasen und die Feinstaubbelastung in den Städten eingeschränkt werden. Dabei verändert die Verbreitung auch die Klangwelt in den Städten und beim Autofahren, da E-Autos auf Grund des anderen Antriebs andere Fahrgeräusche haben als Fahrzeuge mit Verbrennermotor. So sind tiefe Frequenzen beim Elektroantrieb deutlich weniger präsent, der Gesamtklang ist leiser und oft auf hohe Frequenzen beschränkt. Der neu entstandene akustische Raum ermöglicht ein bewussteres und aktiveres Gestalten der Geräusche des Fahrzeuginnenraums, als es bei Verbrennern möglich war,¹ da diese aktiv hinzugegeben und abgespielt werden können, statt sie mechanisch gestalten zu müssen. Die neu gewonnene Freiheit stellt neue Fragen und damit einhergehend auch eine neue Verantwortung an das Sound Design: Wie sollen E-Autos und damit ein Teil der uns umgebenden Welt in Zukunft klingen? Wie soll Autofahren klingen und wie soll das Erlebnis gestaltet werden?

Die Bedeutung von Fahrzeugklängen erstreckt sich über mehrere Dimensionen. Zum einen stellen sie eine wichtige Informationsquelle für Fahrende dar. Studien wie von Denjean et al. haben gezeigt, dass auditives Feedback für Fahrende ein wichtiger Aspekt des Fahrens ist, der auch die Sicherheit erhöhen kann.² Damit wird das Feedback über verschiedene

1 Vgl. Küppers und Biermann, „Zielgeräuscentwicklung von Elektrofahrzeugen“, 127.

2 Vgl. Denjean u. a., „How does interior car noise alter driver's perception of motion?“

Fahrparameter wie Drehzahl und Geschwindigkeit ein wichtiger Bestandteil des neu zu gestaltenden Klanges.

Eine weitere Dimension ist die Wirkung auf der emotionalen Ebene, die bei einem hoch emotionalisiertem Thema wie Autos besonders zum tragen kommt. Klänge können beruhigen oder auch aktivieren. Sie können auch Vertrauen schaffen oder Akzeptanz für neue und umweltschonende Technologien fördern. Andererseits können sie auch auf Ablehnung stoßen.

Diese Masterarbeit stellt die Frage, durch welche Sounds das Verhalten eines*r Fahrenden beeinflusst werden kann, um effizientes Fahrverhalten zu fördern. Dies soll dazu beitragen, die Reichweite von E-Autos zu steigern und den Energieverbrauch zu verringern, was die umweltschonenden Vorteile von E-Autos verstärken soll. Dazu werden in dieser Arbeit interaktive Klänge gestaltet und getestet, welche eine Rückmeldung auf den Betriebszustand des Fahrzeugs zulassen und einen hohen Fahrkomfort ermöglichen. Die Klänge werden in Hinblick auf ihre Akzeptanz durch die Nutzer*innen und ihre Funktionalität untersucht.

Hammerschmidt beschreibt, dass für elektrische Fahrzeuge ökonomisches Fahren einen noch größeren Effekt auf den Verbrauch hat als bei Fahrzeugen mit Verbrennermotoren. Er weist außerdem darauf hin, dass auditives Feedback eine mögliche, noch kaum genutzte Erweiterung zur Förderung von sparsamen Fahrverhalten sein kann.³

Der Bereich der Fahrzeugakustik wurde in der Forschung ausführlich im Bezug auf Verbrennermotoren beleuchtet, beinhaltet aber auch Roll- und Windgeräusche des Autos. Interessante Studien gibt es zu hybriden Ansätzen, bei denen zum Beispiel der Klang eines kleinen Verbrennermotors mit synthetischem, aktivem Sound Design ergänzt wird um seine Wirkung auf den*die Fahrenden zu verändern.⁴

Der Ablauf der Soundentwicklung folgt den ersten beiden von Küppers und Biermann vorgeschlagenen Phasen zur Entwicklung von Geräuschen im Automobilkontext: Auf einen Test im Akustikstudio folgt eine weitere

Multisensory integration in speed perception“.

3 Vgl. Hammerschmidt, Tünnermann, und Hermann, „EcoSonic“.

4 Vgl. Sontacchi u. a., „Sound optimization for downsized engines“.

Evaluierung im Fahrsimulator.⁵

Im ersten Hörtest sollen die Sounds im Bezug auf Präferenz, Komfortwahrnehmung und Einschätzung des Betriebszustandes evaluiert werden. Auf der Grundlage der daraus gewonnenen Erkenntnisse werden die Klänge neu überarbeitet und im zweiten Versuch ein Fahrsimulator mit diesen Klängen modifiziert um sie interaktiv erneut zu testen. In den Versuchen werden sowohl qualitative Daten aus einem Fragebogen, als auch quantitative Daten des Fahrverhaltens erhoben und ausgewertet.

Zusammenfassend versucht die Arbeit, einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Sound Designs für Elektrofahrzeuge zu leisten, um diese nachhaltiger, sicherer und ansprechender zu gestalten.

5 Vgl. Küppers und Biermann, „Zielgeräusentwicklung von Elektrofahrzeugen“.

2. Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel wird darauf eingegangen, aus welchen Komponenten die Klangkulisse in einem Auto besteht und wie sie sich zwischen Verbrenner- und Elektroantrieb unterscheidet.

2.1 Active Sound Design

Die Klanggestaltung in der vorliegenden Arbeit fällt in den Bereich des Active Sound Designs. Active Sound Design bedeutet in Bezug auf E-Autos, dass nicht die bereits existierenden Klänge zum Beispiel eines Motors so verändert werden, dass sie bestimmten Anforderungen entsprechen, sondern dass ein Klang aktiv gestaltet und wiedergegeben wird.

Die Fahrgeräusche in einem E-Auto setzen sich aus den Wind- und Rollgeräuschen zusammen, welche passiver Natur sind und zum Beispiel von Reifenherstellern, dem Straßenbelag und Strömungsuntersuchungen beeinflusst werden und dem aktiven Sound Design, welches über Lautsprecher abgespielt wird und welches hier das Antriebsgeräusch ersetzen und in Bezug auf den Innenraum des Fahrzeugs im Fokus stehen soll. Aktuell wird aktives Sound Design hauptsächlich eingesetzt um Passant*innen bei niedrigen Geschwindigkeiten vor dem Fahrzeug zu warnen. Die dabei erzeugten Geräusche sind innerhalb des Autos ebenfalls zu hören, richten sich allerdings in ihrer Absicht und im Informationsgehalt an Verkehrsteilnehmer*innen außerhalb der Fahrzeugs.

Dieser Teil der nach außen gerichteten Soundgestaltung, genannt Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS), ist in der EU eine gesetzliche Vorgabe und bis zu einer Geschwindigkeit von 20 km/h abzuspielen. Bei höheren Geschwindigkeiten sind Abrollgeräusche laut genug, um im Straßenverkehr von anderen Verkehrsteilnehmern zuverlässig wahrgenommen zu werden. Der Klang reagiert in Lautstärke und Tonhöhe auf die Fahrgeschwindigkeit und hat auch in der Gestaltung Vorgaben wie den Frequenzbereich.⁶

⁶ Vgl. Lärmpflicht für E-Autos", ÖAMTC, zuletzt aufgerufen am: 10.01.2025, <https://www.oeamtc.at/thema/vorschriften-straßenverkehr/laermpflicht-fuer-e-autos-32515117>.

In dieser Arbeit sollen grundlegende Gestaltungsmöglichkeiten für das Sound Design im Fahrzeuginnenraum untersucht werden, deshalb wird sich in der Gestaltung nicht an die Richtlinien der EU für AVAS gehalten. Die etablierte Geräuschkulisse in E-Autos, welche durch das AVAS entsteht, wird in den Experimenten jedoch berücksichtigt und als Vergleichswert herangezogen.

2.2 Anforderung an das Sound Design

Active Sound Design im Fahrzeuginnenraum kann genutzt werden, um eventuelle Störgeräusche zu maskieren, um nötiges Feedback über den Fahrzeugzustand zu erhalten, um Emotionen auszulösen oder auch für das Branding, also der Markenidentität eines Herstellers.⁷

In der vorliegenden Arbeit wird nicht ein spezifisches Fahrzeug behandelt, weshalb die Maskierung von Störgeräuschen in den Hintergrund rücken soll. Des Weiteren wird dadurch auch das Branding zu vernachlässigen. Fahrende sollen stattdessen zuverlässiges Feedback über Geschwindigkeit, Drehzahl und Last erhalten, sowie in einen stressreduzierten und ruhigen Zustand versetzt werden. Diese Punkte sollen in der Gesamtheit ein energiesparendes Fahrverhalten fördern, welches innerhalb der Geschwindigkeitsbegrenzungen liegt. Da hier explizit Autos mit Elektroantrieb behandelt werden, können Drehzahl und Geschwindigkeit zusammengefasst werden, weil die Übersetzung nicht wie bei einem Verbrenner durch Schalten verändert werden muss, sondern konstant bleibt.

Die starre Übersetzung beim E-Auto hat gegenüber dem Verbrennerantrieb die Auswirkung, dass der Klang weniger abwechslungsreich wird, da die Schaltvorgänge auch immer die Tonhöhe verändern. Eine besondere Herausforderung ist beim Gestalten der Klänge somit auch, diese abwechslungsreich und interessant zu designen.⁸ Sontacchi, Frank und Höldrich nutzen hierzu zum Beispiel schmalbandig gefiltertes Rauschen statt Oszillatoren, um eine spannende Klangtextur zu erreichen.⁹

Genuit und Fiebig beschreiben für das externe Sound Design bei

7 Vgl. Bodden und Belschner, „Principles of Active Sound Design for electric vehicles“, 1693.

8 Vgl. ebd., 1696.

9 Vgl. Sontacchi, Frank, und Höldrich, „In-car Active Sound Generation for enhanced feedback in vehicles with combustion engines or electric engines.“, 3.

Elektrofahrzeugen (wie zum Beispiel AVAS), dass weitere Herausforderungen bei der Gestaltung von Klängen für Elektrofahrzeuge dadurch entstehen, dass oft Referenzen und etablierte Kundenerwartungen fehlen. Kundenpräferenzen technologische Strategien, wirtschaftliche und ökologische Aspekte sowie gesellschaftliche Debatten müssen beim Designprozess berücksichtigt werden.¹⁰

Elf Jahre später haben sich externe Geräusche von E-Autos wie AVAS im Verkehr weitestgehend etabliert. In Bezug auf Sound Design im Fahrzeuginneren sind dagegen immer noch viele Aspekte ohne Referenz- und Erfahrungswerte. Aber der neue und offene Klangraum von E-Autos hat auch Vorteile: Er ermöglicht ein bewussteres Gestalten des Informationsgehaltes gegenüber dem Verbrenner.¹¹

Von den von Küppers und Biermann vorgeschlagenen drei Schritten des Evaluationsprozesses zur Entwicklung eines Sound Designs in E-Autos, Akustikstudio, Fahrsimulator und Demonstrationsfahrzeug,¹² werden hier die ersten zwei Schritte realisiert. Während ein Hörversuch in Studioumgebung den Vorteil hat, dass vielfältige Klänge getestet werden, ist es der Schritt mit der geringsten Komplexität, unter anderem weil die Klänge noch nicht interaktiv sind. Die Komplexität, Immersion und Reifegrad der Sounds nimmt mit den Schritten des Evaluationsprozesses zu, während die Vielfalt der Klänge eingegrenzt wird.¹³

Maiberger et al. konnten zeigen, dass kontextuelle Bedingungen großen Einfluss auf die Ergebnisse von Klangevaluierung haben und zwischen Laborbedingungen und Feldstudien Differenzen entstehen. Dennoch lassen sich wichtige Rückschlüsse aus den ersten Phasen des Evaluierungsprozesses ziehen. Es wird weiterhin erwähnt, dass im Labor ein erhöhter Fokus der Proband*innen auf akustischen Komfort gelegt wird, als unter realen Bedingungen.¹⁴

Als zentrale Anforderungen an das Active Sound Design im Innenraum

10 Vgl. Genuit und Fiebig, „Sound design of electric vehicles-Challenges and risks“, 1 f.

11 Vgl. Küppers und Biermann, „Zielgeräuschentwicklung von Elektrofahrzeugen“, 127.

12 Vgl. ebd., 128.

13 Vgl. ebd., 128.

14 Vgl. Maiberger u. a., „Field versus lab: Situational influences on vehicle sound assessment“, 401.

eines E-Autos nennen Bodden und Belschner: Authentizität (die Sounds sollen als vom Auto kommend bewertet werden), Langzeitanwendbarkeit (Sounds sollen auch nach langer Nutzungsdauer nicht ermüden oder stören, aber interessant bleiben) und die klare Differenz zu Sounds von Verbrennermotoren.¹⁵

Hammerschmidt et al. beschreiben als Vorteil auditiver gegenüber visueller Displays das Fahrenfeedback, wodurch Fahrende die Augen nicht von der Straße nehmen müssen um Informationen über den Fahrzeugzustand zu erhalten, was die Sicherheit beim Fahren erhöht. Bei verbrauchsreichem Fahrverhalten komme dies laut Autoren besonders zu tragen, da hier stark beschleunigt und mit hoher Geschwindigkeit gefahren wird.¹⁶ Merat und Jamson konnten zeigen, dass eine niedrige Geräuschkulisse im Fahrzeug zwar als komfortabel wahrgenommen wird, nicht-vorhandensein von Geräuschen beziehungsweise auditivem Feedback allerdings dazu führt, dass Fahrende Schwierigkeiten hatten, die Geschwindigkeit zu halten.¹⁷

Herkömmliche, kommerziell verfügbare, Feedbacksysteme für den Verbrauch beinhalten visuelles Feedback, sowohl während der Fahrt über eine Anzeige als auch nachträglich über die Analyse der Daten, als auch haptisches Feedback über ein so genanntes Eco-Pedal. Bei diesem ist ein Widerstand zu spüren, wenn man das Fahrzeug außerhalb des sparsamen Bereichs bewegt.¹⁸

Hammerschmidt et al. teilen akustisches Fahrenfeedback in 5 Kategorien ein: (1) Direkte Sonifikation, bei der Daten wie auf einem Display direkt vermittelt und gemappt werden. Diese Darstellung kann sowohl kontinuierlich als auch eventbasiert (z.B. Warntöne) sein. (2) Sonifikation von sekundären Parametern wie Bremsverhalten. (3) Gamifizierte Elemente belohnen sparsames Fahrverhalten. (4) Sonifizierung von Informationen über die Fahrzeugumgebung wie Geschwindigkeitsbegrenzungen, Ampeln, etc. (5) Das Unterstützen von bestimmten Fahrverhalten, wie zum Beispiel durch das Vermitteln eines Gefühls der Ruhe oder Sicherheit. Die Autoren weisen darauf

15 Vgl. Bodden und Belschner, „Principles of Active Sound Design for electric vehicles“, 1693.

16 Vgl. Hammerschmidt, Tünnermann, und Hermann, „EcoSonic“, 980.

17 Vgl. Merat und Jamson, „A Driving Simulator Study to Examine the Role of Vehicle Acoustics on Drivers' Speed Perception ZWEITES“, 226.

18 Vgl. ebd., 266.

hin, dass Klänge auf einem Kontinuum dieser Aspekte existieren und sich diese nicht gegenseitig ausschließen.¹⁹

Im zu gestaltenden Sound Design soll sich vor allem auf den zweiten Punkt, die Sonifikation von sekundären Parametern wie der Umdrehungszahl oder der Last, und dem fünften Punkt, dem Unterstützen von rücksichtsvollen und sparsamen Fahrverhalten, fokussiert werden.

Dabei geht es vor allem darum, die Fahrgeschwindigkeit der Proband*innen zu verringern, da dies sowohl zu einer reduzierten Unfallgefahr als auch zu einem geringeren Energieverbrauch führt.

2.3 Fahrgeräusche und deren Entstehung

Fahrgeräusche meinen „alle Geräusche im Innenraum, welche direkt mit der Fortbewegung des Fahrzeugs (korrelieren)“.²⁰ Sie setzen sich hauptsächlich aus Antriebs-, Roll- und Windgeräuschen zusammen.²¹

Auch wenn sich bei einem Elektroauto durch den anderen Motor die Antriebsgeräusche deutlich von denen eines Autos mit Verbrennermotor unterscheiden, kommt es ebenso zu Fahrgeräuschen durch Roll- und Windgeräusche. Diese sind entweder als direkter Luftschall hörbar oder Körperschall des Fahrzeuges, welcher an die Luft abgegeben wird (sekundärer Luftschall).²²

Bei geringer Geschwindigkeit und Last sind die Rollgeräusche dominierend.²³ Diese setzen sich aus einer geräuschhaften (aufgrund der Unregelmäßigkeit der Straße) und einer tonalen (aufgrund des periodischen Reifenprofils) Komponente zusammen.²⁴

Das Umströmungs- bzw. Windgeräusch ist ein breitbandiges Rauschen, welches an der Außenseite des Fahrzeugs durch Strömungsfluktuationen entsteht.²⁵ Ab etwa 80 bis 100 km/h werden Roll- und Motorgeräusche von

19 Vgl. Hammerschmidt, Tünnermann, und Hermann, „EcoSonic“, 980f.

20 Zeller, *Handbuch Fahrzeugakustik*, 201.

21 Vgl. Zeller, 201.

22 Vgl. ebd., 201.

23 Vgl. ebd., 201.

24 Vgl. ebd., 203.

25 Vgl. ebd., 204.

Windgeräuschen maskiert.²⁶

Als Wummern werden tieffrequente Störgeräusche im Bereich von 15 bis 40 Hz bezeichnet, welche ein unangenehmes Druckgefühl verursachen und welche von Autobauern möglichst vermieden werden.²⁷

Die Antriebsgeräusche werden bei höherer Drehzahl im Bereich über 400 Hz lauter. Eine höhere Last führt des Weiteren zu einem Ansteigen der Lautstärke.²⁸ Das Berücksichtigen dieser Komponenten soll versuchsweise auch bei den zu gestaltenden Sounds berücksichtigt werden, da sie von den Proband*innen schon bei herkömmlichen Autos gelernt wurden.

Ein Ausgewogenes Klangbild ist bei der Gestaltung essentiell. „Soundgestaltung im Fahrzeug bedeutet (...) hinsichtlich (akustischem Komforteindruck und akustischer Rückmeldung bei Beschleunigung), die Pegel von Wind-Rollgeräusch und Motorgeräusch so aufeinander abzustimmen, dass der geforderte Konstantfahrtskomfort erreicht wird und gleichzeitig (sic!) bei Beschleunigung der Pegelsprung das Motorgeräusch adäquat hervortreten lässt.“²⁹

2.4 Faktoren für effizientes fahren

Der ÖAMTC empfiehlt für sparsames Autofahren, nach dem Start sofort loszufahren, vorausschauend und konstant zu fahren, nicht zu schnell zu fahren, unnötige Schaltvorgänge zu vermeiden, sowie das Auto in niedrigen Drehzahlbereichen zu bewegen und wenn möglich Rollphasen zu nutzen.³⁰ Viele dieser bei den meisten Autofahrer*innen verbreiteten Ratschläge treffen allerdings nicht mehr auf E-Autos zu und müssen für unsere Zwecke neu überdacht werden.

Ein Unterschied zwischen Verbrenner- und Elektroantrieb in Bezug auf den Verbrauch ist die Rekuperation. Damit bezeichnet man das Speichern der kinetischen Energie des Fahrzeugs in den Akkus beim Bremsvorgang.³¹ Der

26 Vgl. ebd., 201.

27 Vgl. ebd., 206.

28 Vgl. ebd., 201.

29 Ebd. 208.

30 Vgl. "Tipps zum spritsparenden Fahren", ÖAMTC, zuletzt aufgerufen am: 08.01.2025, <https://www.oeamtc.at/thema/techniktipps/tipps-zum-spritsparenden-fahren-16185736>.

31 Vgl. Karle, *Elektromobilität*, 124.

Wirkungsgrad hierfür liegt bei etwa 90%,³² das Einsparpotential bei bis zu 30% der verbrauchten Energie.³³ Verbrennermotoren fehlt diese Möglichkeit der Energierückgewinnung, die Energie geht als Wärme für die weitere Verwendung verloren.

Durch die Rekuperation kann die beim Beschleunigen freigesetzte Energie wieder zurückgewonnen werden, weshalb sanftes Beschleunigen bei einem E-Auto weit weniger ausschlaggebend für geringen Verbrauch ist, als das beim Verbrennermotor der Fall ist.³⁴ Faktoren wie Masse, Klimaanlage, Heizung und andere werden hier vernachlässigt, weil sie sich nicht durch das Fahrverhalten beeinflussen lassen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei E-Autos eine geringe Fahrgeschwindigkeit der ausschlaggebende Faktor für einen geringen Verbrauch darstellt, da der Luftwiderstand mit dem Quadrat der Geschwindigkeit ansteigt.³⁵

32 Vgl. Karle, 131.

33 Vgl. ebd., 183.

34 Vgl. ebd., 129.

35 Vgl. Siwiak und James, „Designing Interiour Audio Cues for Hybrid and Electric Vehicles“, 1.

3. Designgrundlagen

In diesem Kapitel wird darauf eingegangen, auf welcher Grundlage das Sound Design in der Arbeit gestaltet wird.

3.1 Persuasive Design

Beim Persuasive Design werden intelligente Systeme und Umgebungen so verwendet, dass sie Menschen in ihrem Handeln oder in ihrer Einstellung beeinflussen. Durch die Anwendung psychologischer Prinzipien bei der Gestaltung können Personen über mehrere Phasen des Engagements zum Handeln bewegt werden. Grundlegend hierfür sind Sympathie und Zugänglichkeit des gestalteten Gegenstands. Außerdem muss das Design ästhetisch ansprechend und für die Zielgruppe geeignet sein. Faszination, Verheißung von Imageverbesserung oder Verbundenheit zu anderen können mögliche Hebel sein, um Personen zum Handeln zu bewegen.³⁶

Wie auch in anderen Bereichen des Persuasive Design stellen sich auch hier moralische Fragen bezüglich der zuständigen Verantwortung für durch das Design ausgelöste Handeln und müssen bedacht werden. Zumal hier eine besonders unterschwellige Verwendung von Design über die emotionale Steuerung der Fahrenden angestrebt wird.³⁷

Um eine mögliche Ablehnung des Designs zu vermeiden, ist es besonders in emotional aufgeladenen Kontexten wie dem Auto entscheidend, die Akzeptanz bereits vor der Erstellung des ersten Prototyps zu evaluieren. Dieses Vorgehen ist von besonderer Relevanz, wenn beabsichtigt wird, das Fahrverhalten zu beeinflussen, weil zum Beispiel Warngeräusche schnell als Kritik fehlverstanden werden können.³⁸ Aus diesem Grund wird die Akzeptanz Sounds in den kommenden Versuchen mehrmals abgefragt.

36 Vgl. Whalen, „Persuasive Design“, 16.

37 Vgl. Verbeek, „Ambient intelligence and persuasive technology: The blurring boundaries between human and technology“, 238.

38 Vgl. Meschtscherjakov u. a., „Acceptance of Future Persuasive In-Car Interfaces towards a More Economic Driving Behaviour“, 81.

3.2 Sonifikation und auditive Displays

Sonifikation ist „die wissenschaftliche Disziplin zur Darstellung von Daten mittels Klängen und Geräuschen“³⁹ und existiert in Abgrenzung zur Sprache.⁴⁰ Besonders wichtig ist eine „klare, systematische Verknüpfung zwischen Daten und Klang“⁴¹, eine Veränderung der Daten muss zwangsläufig in einer Veränderung des Klangs resultieren. Des Weiteren gilt, dass die Sonifikation reproduzierbar sein muss.⁴²

„Sonifikation ist das grundlegende Element (...) *auditiver Displays*, welche neben der Verfahrenskomponente zur Erzeugung des Klangs noch technische Geräte zur Schallwandlung, Interaktionsmöglichkeiten, Interfaces, Wissen über den Nutzer sowie die Aufgabe oder generell den Kontext miteinbeziehen.“⁴³

Das hier zu entwickelnde Sound Design fällt in die Kategorie der Sonifikation und der auditiven Displays, da ein klares und reproduzierbares Mapping entwickelt werden soll und die Fahrer*innen den Klang als interaktiv erleben, inklusive der Wiedergabe im Fahrzeug beziehungsweise im Fahrsimulator und dem Interface zur Fahrzeugsteuerung.

Das Verändern einzelner Klangparameter kann in der Wahrnehmung deutliche Veränderungen hervorrufen. Horswill und Plooy haben am Beispiel von Autos mit Verbrennermotor beschrieben, dass bei leiseren Fahrgeräuschen die Fahrgeschwindigkeit als langsamer eingeschätzt wird.⁴⁴ Veränderungen in der Verknüpfung von Klang und Daten müssen vom*von der Nutzer*in erst gelernt werden. Wenn eine Person aber mit demselben Auto schon Fahrerfahrung sammeln konnte, kann das Fahrzeuggeräusch dazu dienen, dass zum Beispiel die Geschwindigkeit ohne Blick auf den Tacho eingeschätzt werden kann.⁴⁵

39 Hermann, „Sonifikation hochdimensionaler Daten“, 68.

40 Vgl. ebd., 69.

41 Ebd., 69.

42 Vgl. ebd., 69.

43 Ebd., 70.

44 Vgl. Horswill und Plooy, „Auditory feedback influences perceived driving speeds“, 1038.

45 Vgl. ebd., 1042.

3.3 Sound Design und emotionale Wirkung

Bei Verbrennermotoren ergeben sich die Motorordnungen aus ganzzahligen Vielfachen der Zündordnung (Grundschiwingung) und sind in ihrer Verteilung abhängig von der Zylinderzahl. Sie sind mit den Obertönen eines Klanges zu vergleichen. Konsonante Schwingungsverhältnisse wie Quinten und Quartan werden in Verbindung mit Ruhe und Entspannung gebracht.⁴⁶ Sie sollten deshalb bei der Klanggestaltung berücksichtigt werden.

Der Klang eines Autos setzt sich wie beschrieben aus Ordnungen (Harmonischen Sounds) und nicht ordnungsgebundenen Anteilen (geräuschhafte und inharmonische Sounds) zusammen.⁴⁷ Der hier neu zu designende Klang soll vor allem die vom Verbrennermotor erzeugten und beim elektrischen Anteil entfallenden harmonischen und tieffrequenten Anteile ergänzen. Die weiteren Anteile, welche durch Reifen- und Windgeräusche entstehen, bleiben entsprechend auch bei elektrischem Antrieb erhalten.

Es gibt keine einfache Wechselwirkung zwischen ausgelösten Emotionen und den Klangparametern Tempo, Harmonik und Lautstärke. Persönliche Hörermerkmale und der Hörkontext beeinflussen die emotionale Reaktion.⁴⁸ Sontacchi, Frank und Höldrich fanden Unterschiede in der Bewertung von Klängen im Autokontext nach Gender der Proband*innen.⁴⁹

46 Vgl. Alt und Jochum, „Sound-Design unter den Aspekten der Harmonielehre der Musik“, 53.

47 Vgl. ebd., 51.

48 Vgl. Lehmann und Kopiez, *Handbuch Musikpsychologie*, 617.

49 Vgl. Sontacchi, Frank, und Höldrich, „In-car Active Sound Generation for enhanced feedback in vehicles with combustion engines or electric engines.“, 3.

4. Experiment 1

Bevor die Sounds im Fahrsimulator getestet wurden, wurden sie in einem ersten Versuch von einer Proband*innengruppe angehört und bewertet. Die Studie wurde als Onlineumfrage auf der Plattform „Google Forms“ erstellt und von den Teilnehmer*innen selbst durchgeführt. Vorangestellt wurde eine Erklärung über das Studienziel, die Datennutzung und dass diese ausschließlich anonymisiert verwendet werden, sowie die Bitte, hochwertiger Lautsprecher bzw. Kopfhörer zu verwenden. In den vorangegangenen Testläufen stellte sich heraus, dass Proband*innen etwa 20 bis 25 Minuten zum Ausfüllen der Umfrage brauchten.

4.1 Die verwendeten Klänge

Die für das Fahrenfeedback erzeugten Sounds wurden mit zusätzlich erstellten Roll- und Windgeräuschen kombiniert, für welche ich das Plugin „Grip“⁵⁰ von Boom Library genutzt habe. Dadurch konnten die Motorgeräusche geändert werden ohne die anderen klanglichen Faktoren zu verändern.

In Abb. 1 lässt sich erkennen, dass es bei den Wind- und Rollgeräuschen keine tonalen Anteile gibt, der breitbandige Impuls stellt eine simulierte Unebenheit in der Straße dar.

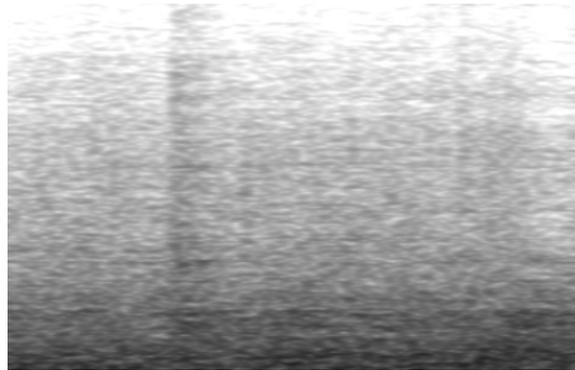


Abb.: 1 Wind- und Rollgeräusche
WL: 0,03s View Range: 0 – 10 kHz

Im ersten Experiment wurden sieben verschiedene Klänge für das Motorengeräusch verwendet, nebenstehend kann man die jeweils zugehörigen in Praat⁵¹ erstellten Spektren sehen. Das Kürzel WL steht für Window Length,

⁵⁰ "Grip", Boom Library, zuletzt aufgerufen am: 04.01.2025,
<https://www.boomlibrary.com/sound-effects/grip/>.

⁵¹ "Praat", Institute of Phonetic Sciences, zuletzt aufgerufen am: 05.01.2025,

der Fensterlänge der FFT. Die Klänge wurden während einer leichten Beschleunigung analysiert, in einem Bereich der etwa 30 km/h entsprechen soll. Auf der X-Achse ist der zeitliche Verlauf zu sehen, der zwischen 4 und 8 Sekunden liegt, auf der Y-Achse der logarithmische Frequenzbereich bezogen entsprechend der View Range.

Klang 1: Ein herkömmlicher Verbrennerklang der mit Hilfe des Plugins „Igniter“ des Herstellers Krotos⁵² erzeugt wurde. Dieses nutzt Granularsynthese und eine Aufnahme eines Motorgeräusches, hier das eines Subarus, und lässt sich unter anderem in den Aspekten Motorlast und Geschwindigkeit modifizieren. Dieser Klang diene vor allem dem Vergleich mit den folgenden E-Auto Sounds um den Status quo und das Gewohnte abzubilden. Im Spektrum kann man erkennen, dass es tonale und rauschende Anteile im Klang gibt. Außerdem weist der Klang eine Lautstärk modulation auf, wie sie für Verbrennermotoren in niedriger Drehzahl typisch ist. Zur besseren Lesbarkeit wird der Klang im Text als „Klang 1 (Verbrenner)“ bezeichnet werden.



Abb.: 2 Klang 1
WL: 0,3s View Range: 0 – 10 kHz

Klang 2: Ein „klassischer“ E-Autoklang, wie er aktuell in vielen elektrischen Fahrzeugen verwendet wird. Wie üblich und den gesetzlichen Bestimmungen folgend schaltet er sich bei über etwa 30 Stundenkilometer ab. Derartige Klänge werden hauptsächlich zur Warnung von Passant*innen (AVAS) eingesetzt statt als auditives Feedback, ist aber im Innenraum des Autos trotzdem in der Regel hörbar. Erzeugt wurde der verwendete Klang durch mehrere Oszillatoren mit

<https://www.fon.hum.uva.nl/praat/>.
52 „Igniter Vehicle Sound Design Software“, Krotos Audio, zuletzt aufgerufen am: 04.01.2025,
<https://www.krotosaudio.com/igniter>.

unterschiedlichen Schwingungsformen in einem harmonischen Frequenzverhältnis, ebenfalls mit Hilfe des Plugins „Igniter“. Auch hier soll der aktuelle Status quo als Vergleich abgefragt werden. Der Klang wird im Text als „Klang 2 (E-harmonisch)“ bezeichnet werden.

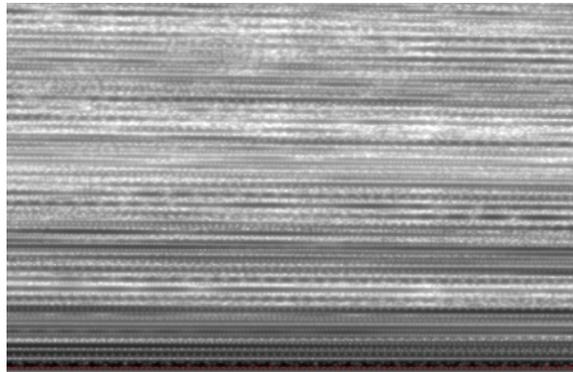


Abb.: 3 Klang 2
WL: 0,02s View Range: 0 – 10 kHz

Klang 3: Ein gezielt unharmonischer Klang. Hier wurde der gesamte Klang 2 um einige Hz verschoben, um den harmonischen Bezug der Obertöne zu verändern. Diese sind dadurch nicht mehr integrale Vielfache der Grundschiwingung. Zusätzlich habe ich zwei hohe Töne mit dem Abstand eines Tritonus erzeugt, um den Klang weiter zu verschärfen. Dieser Sound wurde vor allem gestaltet um die Bandbreite der Beeinflussbarkeit der Proband*innen in beiden Experimenten zu testen. Der Klang wird hier als „Klang 3 (E-inharmonisch)“ bezeichnet.

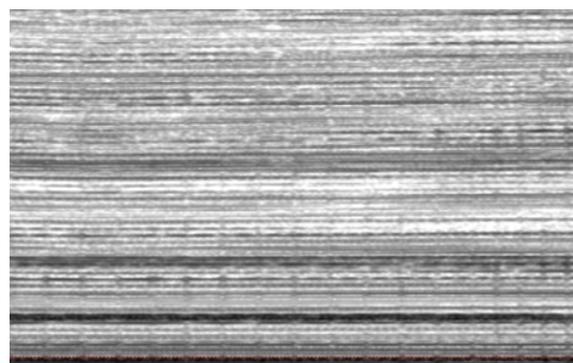


Abb.: 4 Klang 3
WL: 0,04s View Range: 0 – 10 kHz

Klang 4: Dieser Sound nutzt Klänge, die zur Meditation genutzt werden

oder oft mit Musik zur Meditation in Bezug gesetzt werden.

Grundlage war ein synthetisch erzeugtes Pad mit dem Plugin „Serenity“⁵³, welches mit einem Sample einer Klangschale gelayert wird. Zusätzlich wurde ein Xylophon-Sample genutzt, welches im Cubase-Sampler als stehender Ton abgespielt wurde. Bei diesem Klang wurde Waves' „UltraPitch“⁵⁴ Plugin genutzt um die Tonhöhe zu verändern. Dieses Plugin pitcht lediglich die Formanten ohne die tatsächliche Tonhöhe zu verändern was einen Eindruck ähnlich eines Borduntons erzeugt, der den Klang „erden“ und Ruhe erzeugen soll durch eine Konstante. Der Klang wird hier als „Klang 4 (Meditation Bordun)“ bezeichnet.

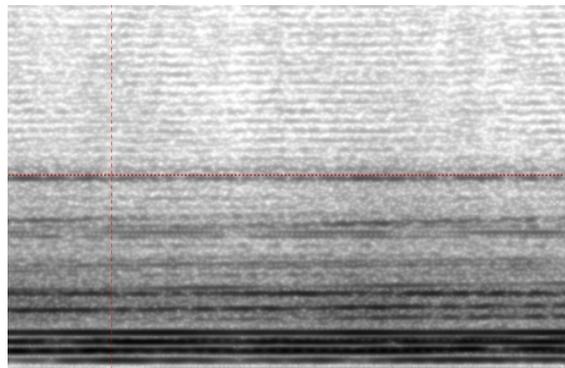


Abb.: 5 Klang 4
WL: 0,04s View Range: 0 – 5 kHz

Klang 5: Es wurde derselbe Sound wie bei Klang 4 genutzt, jedoch wurde ein klassischer Pitch Shift verwendet. Im Vergleich zu 4. kann man die Tonhöhenveränderung der Schwingungen an der Steigung in X-Richtung deutlich erkennen. Hier bezeichnet als „Klang 5 (Meditation Standard)“.

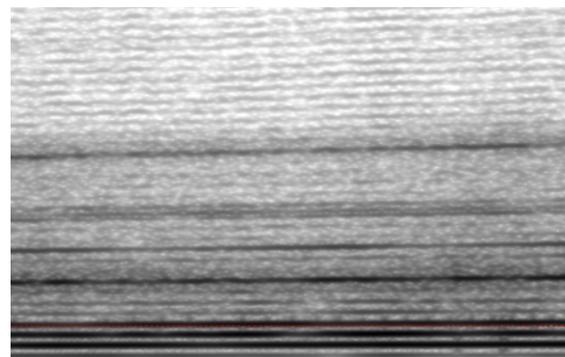


Abb.: 6 Klang 5
WL: 0,04s View Range: 0 – 5 kHz

⁵³ „Serenity“, Quiet Music, zuletzt aufgerufen am: 04.01.2025, <https://quietmusic.eu/serenity>.

⁵⁴ „UltraPitch“, Waves Audio, zuletzt aufgerufen am 04.01.2025, <https://www.waves.com/plugins/ultrapitch>.

Klang 6: Dieser Klang sollte Naturassoziationen hervorrufen und so eine beruhigende Wirkung auf die Fahrer*innen haben. Die entspannende Wirkung von „Naturgeräuschen“ konnte in verschiedenen Studien nachgewiesen werden, unter anderem in „Stress recovery during exposure to nature sound and environmental noise“ wo bestätigt wurde dass diese Geräusche nach einem Stressauslöser schneller zur Beruhigung beitragen als „Stadtgeräusche“.⁵⁵

Es wurde für den Versuch eine Aufnahme eines Wellengeräusches⁵⁶ genutzt und mittels des Ableton Plugins „Resonators“⁵⁷ Frequenzen in einem einfachen harmonischen Verhältnis hervorgehoben. Dadurch ist eine Tonhöhe erkennbar, wodurch ein Feedback an die Fahrenden weitergegeben werden kann, gleichzeitig wird die Textur und Abwechslung des Wellengeräusches genutzt um einen abwechslungsreichen Klang zu schaffen, der auch über einen längeren Zeitraum interessant bleiben soll. Im Spektrum kann man erkennen, dass der Klang aus harmonischen, tonalen Anteilen und aus rauschenden Anteilen besteht. Der Klang wird hier als „Klang 6 (Wellen statisch)“ bezeichnet.

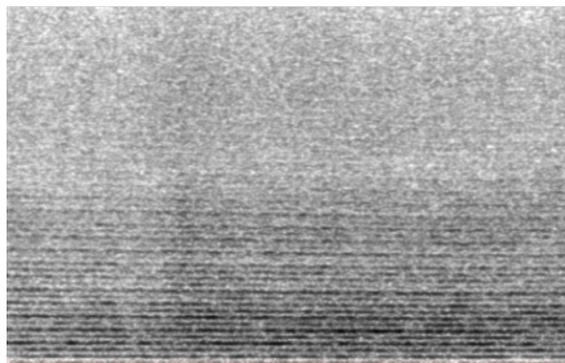


Abb.: 7 Klang 6
WL: 0,06s View Range: 0 – 5 kHz

Klang 7: Es wurde derselbe Sound wie für Klang 6 genutzt, jedoch verändert die Geschwindigkeit des Fahrzeugs auch die Frequenz der Wellenbewegung. Der Sound wird folgend auch als „Klang 7 (Wellen

55 Vgl. Alvarsson, Wiens, und Nilsson, „Stress recovery during exposure to nature sound and environmental noise“.

56 bpayri, "porto 19-05-14 Quiet day, close recording of the breaking waves.wav", zuletzt aufgerufen am: 26.12.2024. <https://freesound.org/s/245127>.

57 „Resonator“, Ableton, zuletzt aufgerufen am 04.01.2025, <https://www.ableton.com/de/live/>. Das Plugin ist ein Teil der Software „Ableton Live“.

verändernd)“bezeichnet.

Das Erscheinungsbild des Spektrums gleicht dem von Klang 6 und wurde hier nicht extra eingefügt, da es nahezu identisch ist. In Abb. 8 kann man die unterschiedliche Geschwindigkeit der Wellenbewegung im Verlauf des Videos gut erkennen, die obere Wellenform gehört zu Klang 6, die untere zu Klang 7. Im rechten Drittel der Aufnahme war die Geschwindigkeit des Fahrzeugs am schnellsten, was man an der Wellenbewegung sieht.



Abb.: 8 Vergleich Wellenform Klang 6 (oben) und 7 (unten)

4.2 Die Umfrage

Zu Beginn wurden die Befragten gebeten, ihren Altersbereich und ihr Geschlecht anzugeben. Außerdem wurde abgefragt, ob sie einen Führerschein besitzen, wie häufig sie Auto fahren und wie oft sie ein E-Auto fahren.

Die Klänge wurden in Verbindung mit einem Video gezeigt um bei den Proband*innen eine Verbindung zum Autofahren herzustellen. Das Video wurde im Großraum Graz gedreht und es wurde darauf geachtet, sowohl Elemente aus dem Stadtverkehr als auch von Landstraßen zu beinhalten. Die Fahrt auf der Landstraße ist eine konstante, der städtische Teil beinhaltet Brems- und Beschleunigungsvorgänge.

Das Video hatte eine Länge von 44 Sekunden und war bei jedem Klang identisch. Nach dem Schnitt wurden die einzelnen Sounds mittels Automationskurven auf den geschätzten Geschwindigkeitsverlauf angepasst. Dabei wurde die Tonhöhe auf die Geschwindigkeit gemappt und die Lautstärke auf die geschätzte Motorlast.⁵⁸ Wenn das Auto beschleunigte, war der Klang somit lauter als beim Bremsvorgang, auch wenn die Geschwindigkeit und damit

⁵⁸ Mit Ausnahme der Klänge 1, 2 und 3, bei denen die Anpassungen automatisch durch das Plugin „Grip“ durchgeführt wurden. Das Mapping der Tonhöhe geschieht hier ebenfalls auf die Geschwindigkeit.

die Tonhöhe zu manchen Zeitpunkten dieselben waren.

Jedes Video beziehungsweise jeder Klang wurden von den Versuchsteilnehmer*innen nach denselben Kriterien bewertet. Es wurde sich bei der Einordnung an die Polaritätsprofile gehalten, die von Gwak u. a. (2014) in Anlehnung an „The Measurement of Meaning“ verwendet wurden. Im Englischen wurden von den Autoren folgende Attribute verwendet: “pleasant/unpleasant,” “calm/dynamic,” “smooth/rough,” “loud/quiet,” “sharp/dull,” and “luxury/cheap.”⁵⁹

Erweitert wurden die Begriffe von Lennström u. a. (2011): „quiet-loud“, “refined-harsh“, “effortless-strained“, “powerful-weak“, “sporty-conservative“, und “tough/aggressive-subdued”.⁶⁰

Nach Eliminierung der Begriffspaare mit ähnlicher Bedeutung und einer Übersetzung ins Deutsche wurde sich auf folgende Begriffe geeinigt:

| | | |
|---------------------|---|---------------------|
| angenehm | – | unangenehm |
| leise | – | laut |
| fein/glatt | – | rau/ebenmäßig |
| ruhig/luxuriös | – | dynamisch/sportlich |
| scharf/hochfrequent | – | dumpf/matt |
| kräftig/viel PS | – | schwach/wenig PS |

Da bei manchen Personen in den davor ausgeführten Probetests Verständnisschwierigkeiten aufkamen, wurden manche Begriffe zur besseren Verständlichkeit erweitert.⁶¹

Die Ergebnisse sollen innerhalb der drei Dimensionen Pleasure/Valence, Arousal und Dominance verortet werden, welche von Mehrabian und Russel 1974 entwickelt wurden und in der Forschung oft genutzt werden um Wahrnehmung der Umwelt, Erfahrung und psychologische Reaktionen

59 Vgl. Gwak u. a., „Application of subharmonics for active sound design of electric vehicles“, 394.

60 Vgl. Lennström, Ågren, und Nykänen, „Sound Quality Evaluation of Electric Cars – Preferences and Influence of the Test Environment“, 96.

61 Gemeint sind die jeweils zweitgenannten Begriffe glatt, ebenmäßig, luxuriös, sportlich, hochfrequent, matt, viel PS, wenig PS.

einzuordnen.⁶² Valence und Pleasure bezeichnen dasselbe und können synonym verwendet werden.

Valence, Dominance und Arousal gelten im Feld der Umweltpsychologie als grundlegende Dimensionen emotionaler Reaktion um Gefühlszustände von Proband*innen zu beurteilen.⁶³ Es gibt eine Vielfalt an Adjektiven um die Bedeutung der Begriffe zu präzisieren,⁶⁴ hier soll sich an die ursprüngliche Bedeutung von Mehrabian und Russel gehalten werden:

Valence bezeichnet ein Kontinuum von extremen Schmerzen/Unglück zu extremer Freude. Oft werden Adjektive wie glücklich-unglücklich, erfreut-verärgert und zufrieden-unzufrieden genutzt, um dieses zu beschreiben. Arousal reicht von Schlaf bis zu extremer Erregung und wird zum Beispiel mit angeregt-entspannt, aufgeregt-ruhig und hellwach-verschlafen beschrieben. Dominance bezeichnet das Gefühl der Kontrolle und inwieweit sich eine Person in ihrem Verhalten eingeschränkt fühlt. Der Bereich reicht von Dominanz bis Unterwürfigkeit und wird mit Adjektiven wie kontrollierend, einflussreich oder autonom beschrieben.⁶⁵

Um die einzelnen Dimensionen abzufragen wurde sich auf folgende Fragen geeinigt:

zu Valence: „Wie gut gefällt Ihnen der Klang?“ sehr schlecht – sehr gut

zu Arousal: „Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung?“ langweilig -
aufregend

zu Dominance: „Wie wirkt der Klang auf Sie?“ aufdringlich - zurückhaltend

Im Anschluss wurden die Versuchsteilnehmer*innen gebeten einzuschätzen, ob Klang und Mapping zur Situation des Autofahrens passen und ob die verwendeten Klänge Rückschlüsse auf Geschwindigkeit und Motorlast zulassen. Es wurden dafür folgende Fragen gestellt:

Wie gut passt der Klang zum Autofahren? Sehr schlecht – sehr gut

62 Vgl. Bakker u. a., „Pleasure, Arousal, Dominance: Mehrabian and Russell revisited“, 405.

63 Vgl. ebd., 406.

64 Vgl. ebd., 406.

65 Vgl. ebd., 407 f.

Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit? Ja, nein, vielleicht

Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Motorbelastung? Ja, nein, vielleicht

Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? Ja, nein, vielleicht

Warum bzw. Warum nicht? freie Textantwort

Woran erinnert Sie der Klang? Freie Textantwort

Zum Abschluss gab es pro Klang ein optionales Feld für weitere Kommentare und Anmerkungen. Für alle semantischen Differentiale wurde eine Likert-Skala mit sieben Schritten als Antwortmöglichkeiten gewählt.

4.3 Ergebnisse

An der Studie nahmen 26 Personen teil, die Hälfte davon gab ihr Geschlecht mit weiblich an, die andere Hälfte mit männlich.⁶⁶ Die Altersstaffelung war wie folgt: 15 Personen (57,7%) 18-29 Jahre, 5 Personen (19,2%) 30-39 Jahre, 2 Personen (7,7%) 40-49 Jahre, 4 Personen (15,4%) 50-59 Jahre. Alle Befragten besitzen einen Führerschein. Lediglich ein*e Befragte*r gab an, häufig ein E-Auto zu fahren, 10 gaben die Häufigkeit mit „manchmal“ an, 15 gaben an, nie mit einem E-Auto zu fahren.

Die Verteilung, wie oft die Befragten insgesamt Autofahren, kann man in Abbildung 9 erkennen.

66 „Keine Angabe“ und „Divers“ wurden jeweils nicht gewählt.

Wie oft fahren Sie Auto?

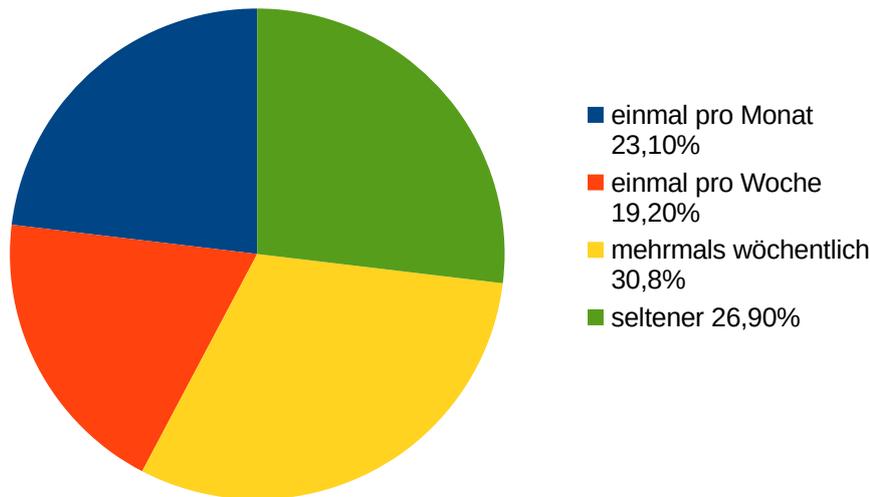


Abb. 9 Verteilung der Antworten auf die Frage „Wie oft fahren Sie Auto?“

4.3.1 Einschätzen der Geschwindigkeit und Motorlast

In Abbildung 10 sind die individuellen Angaben zur Frage nach der Einschätzbarkeit der Motorlast gegeben.

Bei den Klängen 5 und 6 gaben mit 22 die meisten Proband*innen an, dass ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit helfe. Klang 7 (Wellen verändernd) hatte mit 20 Angaben hierzu einen ähnlichen Wert, die Änderung der Wellengeschwindigkeit scheint somit eher einen negativen Effekt auf die Einschätzbarkeit der Geschwindigkeit zu haben. Bei Klang 4 (Meditation Bordun) gaben mit 15 Teilnehmer*innen deutlich weniger an, dass der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit helfe als beim verwandten Klang 5 (Meditation Standard). Das auf die Formanten statt den gesamten Klang fokussierte Pitch Shifting scheint zu einer schlechteren Einschätzbarkeit führen zu können. Da es sich bei den Angaben um eine Selbsteinschätzung handelt, müssten diese Ergebnisse in weiteren Tests verifiziert werden.

Im Vergleich dazu gaben nur sechs Proband*innen bei Klang 3 (E-inharmonisch) an, dass ihnen dieser beim Einschätzen der Geschwindigkeit helfe, was die geringste Zustimmung im Versuch ist. Dieser Klang wurde, wie zu erwarten, auch am ungefälligsten (Mittelwert 2,42) und am unangenehmsten

(Mittelwert 2,08) bewertet.

Bei den Referenzklängen 1 und 2 wurde 12 beziehungsweise 16 mal die Angabe gemacht, dass sie beim Einschätzen der Geschwindigkeit hilfreich waren. Damit hat der klassische Verbrenner zweitgeringste Anzahl bei „ja“.

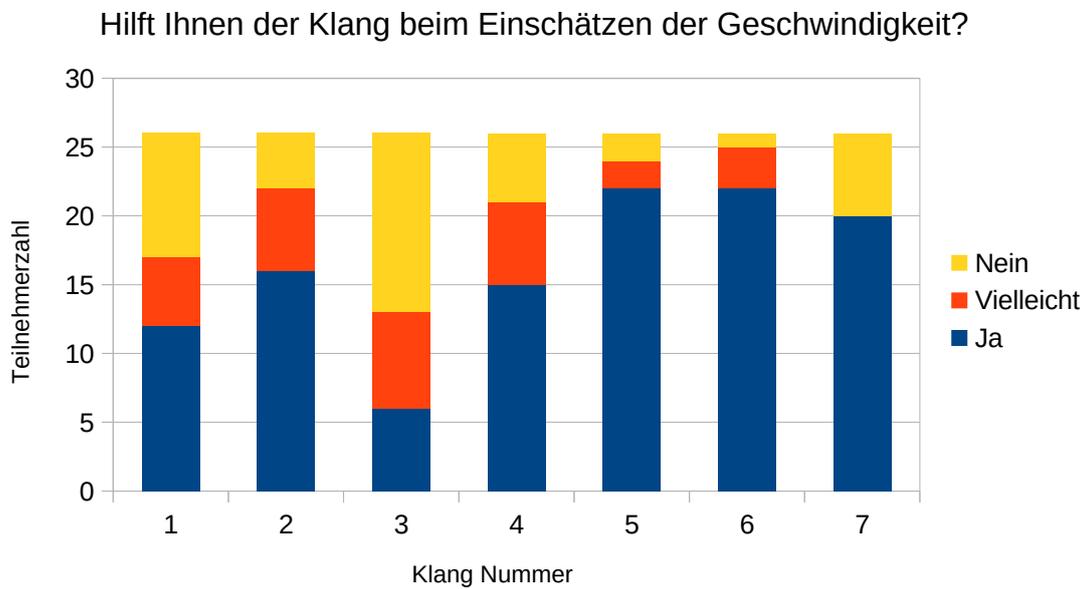


Abb. 10 Verteilung der Antworten auf die Frage „Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit?“

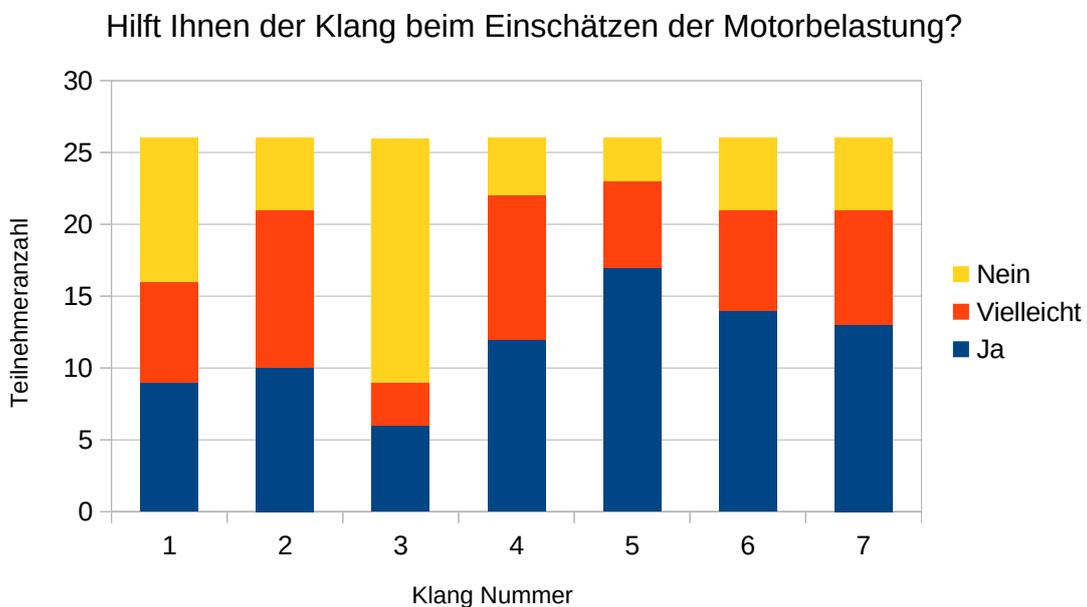


Abb. 11 Verteilung der Antworten auf die Frage „Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Motorbelastung?“

In Bezug auf die Motorbelastung waren die Ergebnisse ähnlich: Auch hier gaben die meisten Menschen bei Sound 5 (Meditation Standard) an, dass ihnen dieser beim Einschätzen der Motorbelastung geholfen hat. Sound 3 (E-inharmonisch) wurde hier ebenfalls von den wenigsten Personen als hilfreich bewertet. Die genaue Verteilung kann Abb. 11 entnehmen.

4.3.2 Beliebtheit der Klänge als Fahrgeräusch

Abschließend wurde noch verglichen, welche Klänge sich die Studienteilnehmer*innen am besten als Fahrzeugsound vorstellen könnten.

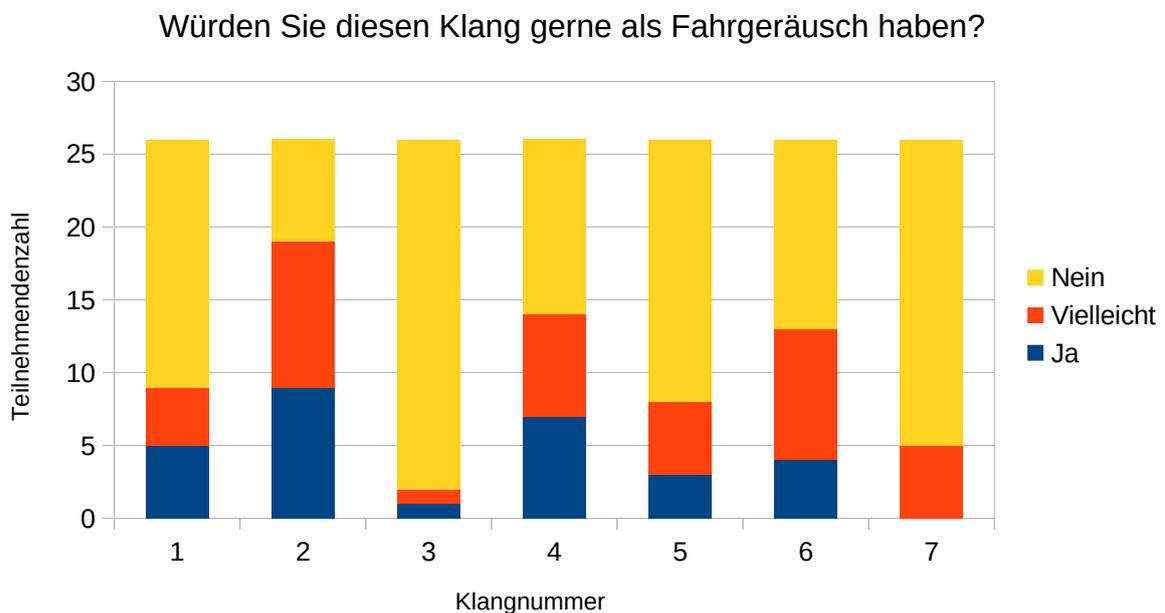


Abb. 12 Verteilung der Antworten auf die Frage „Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben?“

Wie man sehen kann, sind hier Klang 3 (E-inharmonisch) und 7 (Wellen verändernd) am unbeliebtesten, Klänge 2 (E-harmonisch) und 4 (Meditation Bordun) am beliebtesten. Es wird aber auch deutlich, dass viele der Proband*innen sich nicht vorstellen konnten, einen der Klänge als Fahrgeräusch zu haben.

Wie man folgender Grafik (Abb 13) entnehmen kann, konnten sich Teilnehmer*innen, welche häufiger Auto fahren, auch öfter vorstellen, den Verbrennerklang (Klang 1) als Sound in ihrem Auto zu haben. Wenn man das

Ergebnis mit Klang 6 (Wellen statisch) (Abb 14) als einen eher ungewöhnlichen Klang vergleicht, sieht man, dass die Teilnehmer*innen, welche weniger Autofahren eher aufgeschlossen für den Sound waren. Klänge 4 (Meditation Bordun) und 5 (Meditation Standard) wurden dagegen eher von Teilnehmer*innen präferiert, welche öfter Auto fahren.

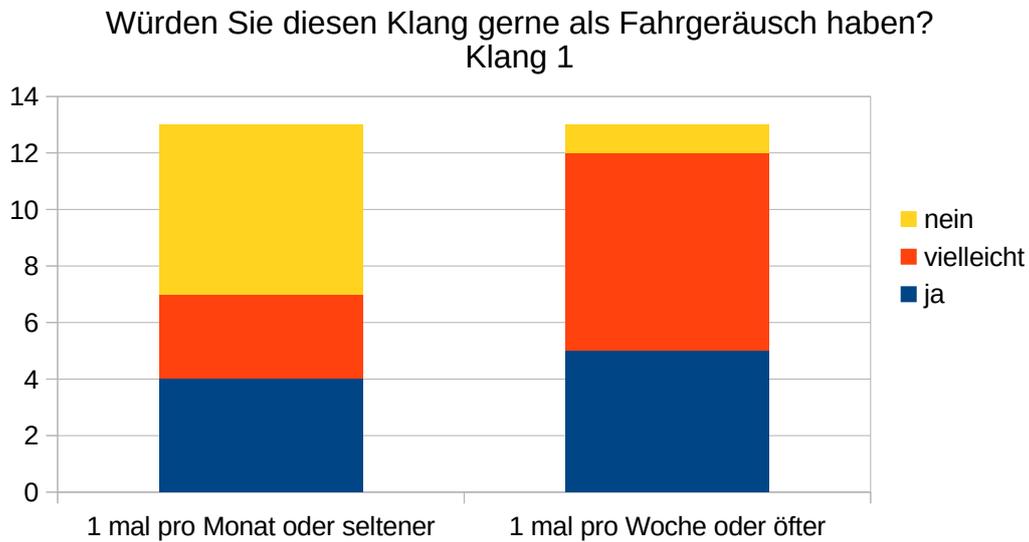


Abb. 13 Verteilung der Antworten auf die Frage „Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? Bezogen auf Klang 1, aufgeteilt nach Fahrhäufigkeit

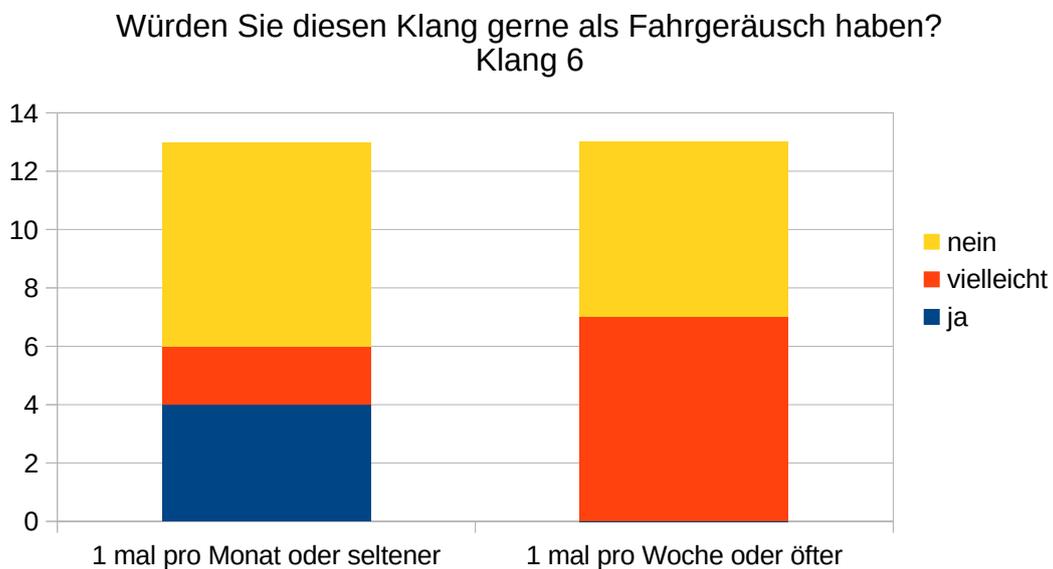


Abb. 14 Verteilung der Antworten auf die Frage „Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? Bezogen auf Klang 6, aufgeteilt nach Fahrhäufigkeit

Im Anschluss an die Frage ob die Proband*innen den Klang gerne als Fahrgeräusch haben würden wurde nach dem Grund für ihre Antwort gefragt:

Bei Klang 1 (Verbrenner) wurde bei Ablehnen des Klangs angegeben, dass der Motor kaputt oder alt klingt, oder dass er nicht zur Fahrzeugkategorie passt. Bei einem Annehmen wurde betont, dass er realistisch und wie ein „echter“ (Verbrenner-) Motor klingt. Klang 2 (E-harmonisch) wurde bei Bejahung vor allem als angenehm bezeichnet. Verneinen wurde damit begründet, dass der Sound als künstlich, monoton oder zu hoch empfunden wurde. Klang 3 (E-inharmonisch) wurde hauptsächlich als nervös, aufdringlich, stressig oder störend beschrieben. Die Person, die mit „Ja“ geantwortet hat, begründete dies damit dass der Klang als sportlich empfunden wurde.

Klang 4 (Meditation Bordun) wurde mit angenehm und ruhig assoziiert. Bei Ablehnung des Klangs wurde das damit begründet, dass der Klang als unangenehm oder nervig empfunden wurde. Klang 5 (Meditation Standard) wurde ähnlich wie Klang 4 begründet, allerdings zusätzlich oft als hoch(tönig) oder nervig beschrieben. Klang 6 (Wellen statisch) wurde mit der Begründung abgelehnt, er sei unangenehm, gruselig, lärmend oder für ein Auto untypisch. Angenommen wurde er mit der Begründung, er sei ruhig und angenehm. Klang 7 (Wellen verändernd) wurde nicht mit „ja“ beantwortet und oft als unangenehm, scharf oder laut beschrieben.

4.3.3 Klangprofile und Korrelationen

Die durch die Umfrage generierten Daten wurden mit Hilfe der Statistiksoftware SPSS⁶⁷ untersucht und unter anderem dahingehend überprüft, ob die Ergebnisse der Kategorien eine Normalverteilung aufweisen. Der Shapiro-Wilk-Test⁶⁸ ergab, dass ein großer Teil der Antworten keine Normalverteilung aufweist. Aus diesem Grund wurde im folgenden Analyseverlauf auf den t-Test verzichtet und stattdessen der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, beziehungsweise der Mann-Whitney-U-Test verwendet.

Etwa in der Hälfte der Dimensionen wiesen die Paarvergleiche beim

67 "SPSS", IBM, zuletzt aufgerufen am: 10.01.2025, <https://www.ibm.com/de-de/spss>.

68 Aufgrund der Stichprobengröße wurde er dem Kolmogorov–Smirnov-Test vorgezogen. Vgl. Mishra u. a., „Descriptive statistics and normality tests for statistical data“, 70.

Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zwischen zwei Klängen statistisch signifikante Unterschiede auf, wobei sich bei jedem Paar in zumindest einer Dimension statistisch signifikante Unterschiede zeigten. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ergab für die jeweiligen Klangparameter folgende p-Werte: (signifikante Werte unterhalb des Signifikanzniveaus von $\alpha = 0,05$ bedeuten hier einen signifikanten Unterschied zwischen den Parametern und jeweiligen Klängen und sind grau gekennzeichnet)

| fein-rau | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | <,001 | 0,053 | <,001 | <,001 | 0,009 | 0,136 |
| 2 | | <,001 | 0,210 | 1,000 | 0,005 | <,001 |
| 3 | | | <,001 | <,001 | 0,145 | 0,914 |
| 4 | | | | 0,389 | 0,051 | 0,001 |
| 5 | | | | | 0,004 | <,001 |
| 6 | | | | | | 0,044 |

Tab. 1 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für das Polarritätsprofil „fein-rau“

| kräftig-schwach | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 0,232 | 0,522 | 0,100 | 0,004 | 0,030 | 0,004 |
| 2 | | 0,089 | 0,531 | 0,016 | 0,173 | 0,040 |
| 3 | | | 0,006 | <,001 | 0,003 | <,001 |
| 4 | | | | 0,070 | 0,268 | 0,061 |
| 5 | | | | | 0,255 | 0,652 |
| 6 | | | | | | 0,180 |

Tab. 2 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für das Polarritätsprofil „kräftig-schwach“

| leise-laut | | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 0,003 | 0,023 | 0,760 | 0,449 | 0,940 | 0,069 |
| 2 | | <,001 | 0,042 | 0,007 | 0,017 | <,001 |
| 3 | | | 0,017 | 0,317 | 0,073 | 0,705 |
| 4 | | | | 0,091 | 0,851 | 0,076 |
| 5 | | | | | 0,355 | 0,459 |
| 6 | | | | | | 0,070 |

Tab. 3 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für das Polarritätsprofil „leise-laut“

| ruhig-dynamisch | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 0,002 | 0,302 | 0,047 | 0,336 | 0,437 | 0,019 |
| 2 | | <,001 | 0,276 | 0,037 | 0,007 | <,001 |
| 3 | | | 0,007 | 0,269 | 0,763 | 0,069 |
| 4 | | | | 0,113 | 0,007 | <,001 |
| 5 | | | | | 0,292 | 0,014 |
| 6 | | | | | | 0,089 |

Tab. 4 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für das Polarritätsprofil „ruhig-dynamisch“

| scharf-dumpf | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 0,317 | <,001 | 0,072 | <,001 | 0,818 | 0,082 |
| 2 | | <,001 | 0,271 | <,001 | 0,546 | 0,321 |
| 3 | | | 0,021 | 0,825 | <,001 | <,001 |
| 4 | | | | 0,003 | 0,072 | 0,695 |
| 5 | | | | | <,001 | 0,002 |
| 6 | | | | | | 0,078 |

Tab. 5 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für das Polarritätsprofil „scharf-dumpf“

| unangenehm-angenehm | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 0,006 | 0,001 | 0,356 | 0,438 | 0,908 | 0,219 |
| 2 | | <,001 | 0,011 | <,001 | 0,001 | <,001 |
| 3 | | | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,014 |
| 4 | | | | 0,106 | 0,187 | 0,008 |
| 5 | | | | | 0,539 | 0,542 |
| 6 | | | | | | 0,063 |

Tab. 6 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für das Polarritätsprofil „unangenehm-angenehm“

Daher wurde auf Basis der Antworten für jeden Sound ein Netzdiagramm erstellt, das einen Überblick über den Klangcharakter geben soll. Es stellt die Mittelwerte der jeweiligen Klangeigenschaft dar.

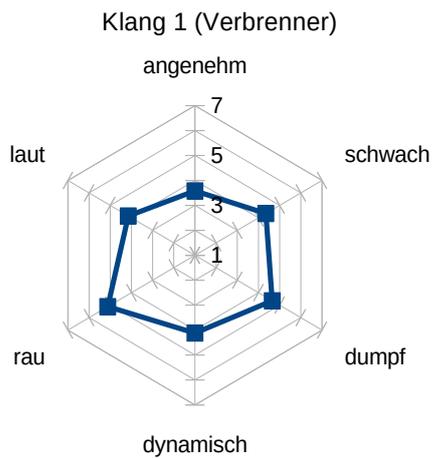


Abb. 15 Spinnendiagramm Klang 1

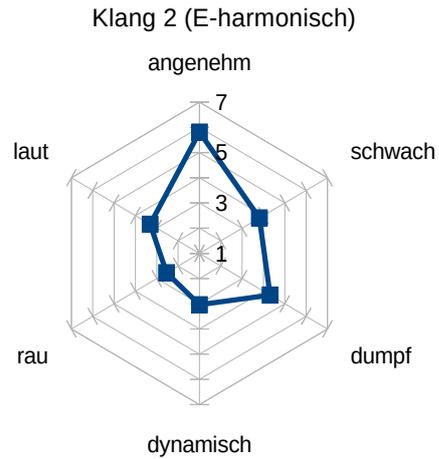


Abb. 16 Spinnendiagramm Klang 2

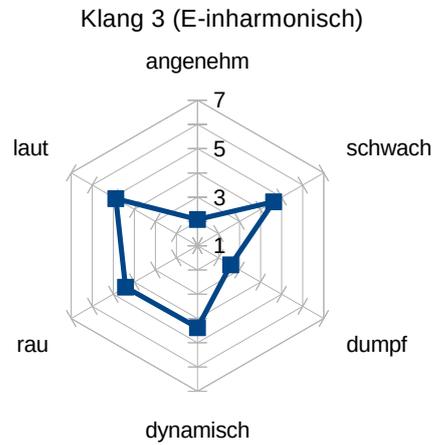


Abb. 17 Spinnendiagramm Klang 3

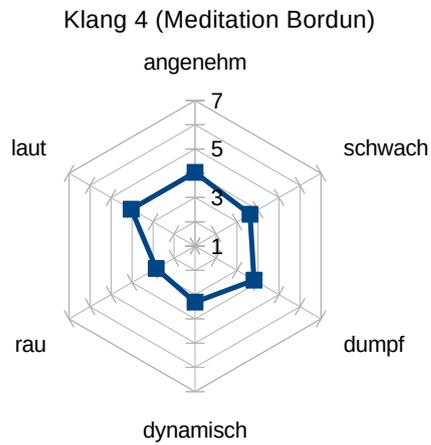


Abb. 18 Spinnendiagramm Klang 4

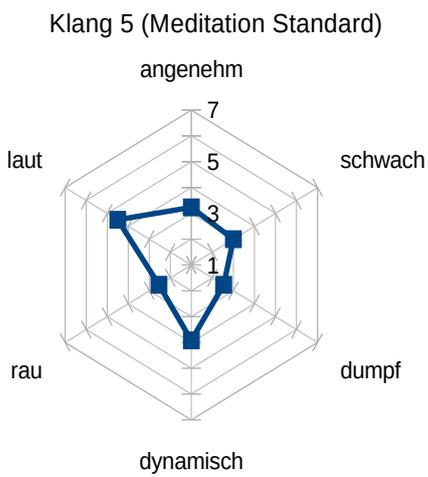


Abb. 19 Spinnendiagramm Klang 5

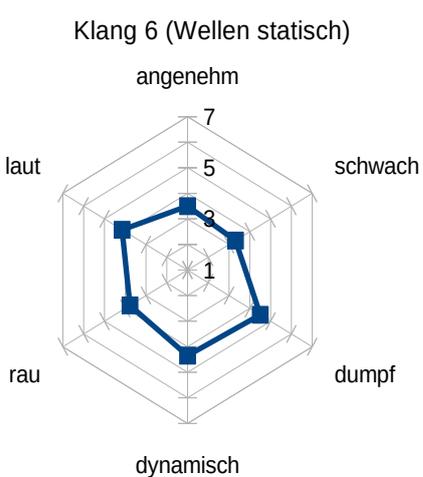


Abb. 20 Spinnendiagramm Klang 6

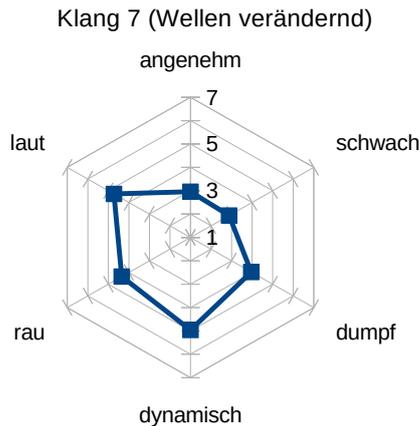


Abb. 21 Spinnendiagramm Klang 7

Wie man sehen kann, ähneln sich die Klänge 6 und 7 im Bild, was auch ihrer klanglichen Ähnlichkeit entspricht. Überraschenderweise scheinen die Meditationsklänge 4 und 5, welche sich eigentlich nur in der Art des Pitch Shiftings unterscheiden, in mehreren Bereichen starke Unterschiede aufzuweisen. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ergibt jedoch lediglich für scharf-dumpf einen signifikanten Unterschied $Z = -2,942$, $p = 0,003$. Daher sind die Unterschiede der in den Netzdiagrammen gezeigten Mittelwerte insbesondere zwischen 4 und 5 keine validen Ergebnisse.

Es wurde im weiteren Verlauf untersucht, ob Proband*innen abhängig von ihrem Geschlecht, ihrem Alter, wie oft sie Autofahren und wie oft sie ein E-Auto fahren, eine unterschiedliche Wahrnehmung für die Klänge haben.

Klang 3 (E-inharmonisch) gefiel den männlichen Teilnehmern mit einem Mittelwert von 3 signifikant besser als den weiblichen mit einem Mittelwert von 1,85 ($U = 44000$, $Z = -2,175$, $p = 0,037$). Es gab eine moderate Korrelation von $\rho = -0,435$. Das Fahrzeug bei Klang 5 (Meditation Standard) wurde von Teilnehmern schwächer ($U = 40500$, $Z = -2,338$, $p = 0,016$) und langweiliger ($U = 41000$, $Z = -2,282$, $p = 0,021$) wahrgenommen als von Teilnehmerinnen. Beide Klangeigenschaften weisen eine moderate Korrelation mit dem Geschlecht auf.

Der einzige signifikante Unterschied der unter 30 Jährigen zu den älteren Proband*innen war, dass Sound 1 (Verbrenner) von den Jüngeren als dynamischer bewertet wurde ($U = 46500$, $Z = -2,032$, $p = 0,043$). Es handelt

sich um eine moderate Korrelation von $\rho = -0,406$.

Personen die lediglich einmal im Monat oder seltener Autofahren, fanden den Klang des Verbrenners (Klang 1) unangenehmer als Personen, welche mindestens einmal in der Woche Auto fahren ($U = 46000$, $Z = -2,015$, $p = 0,047$). Die Korrelation war ebenfalls moderat $\rho = 0,403$. Sie gaben ebenfalls an, dass ihnen der Klang des Verbrenners weniger gut gefällt ($U = 42500$, $Z = -2,184$, $p = 0,028$, $\rho = 0,437$).

Klang 3 (E-inharmonisch) wurde von Teilnehmer*innen, die weniger Autofahren als aufregender bewertet ($U = 43000$, $Z = -2,169$, $p = 0,028$, $\rho = -0,434$).

Teilnehmer*innen, welche „manchmal“ E-Auto fahren (lediglich eine Person gab hier „Häufig“ an und wird bei dieser Analyse außen vor gelassen) fanden Klang 3 (E-inharmonisch) unangenehmer als Personen, welche nie E-Auto fahren ($U = 37000$, $Z = -2,222$, $p = 0,026$, $\rho = -0,404$). Klang 5 (Meditation Standard) bewerteten sie im Vergleich als langweiliger ($U = 40000$, $Z = -1,986$, $p = 0,047$, $\rho = 0,263$), Klang 6 (Wellen statisch) als feiner ($U = 37000$, $Z = -2,157$, $p = 0,032$, $\rho = -0,493$) und Klang 7 (Wellen verändernd) als ruhiger ($U = 33000$, $Z = -2,410$, $p = 0,014$, $\rho = -0,309$).

4.3.4 Assoziationen

Die Assoziationen der Versuchsteilnehmer*innen wurden mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring⁶⁹ analysiert und zu Kategorien zusammengefasst. Die Anzahl der Antworten, die in die jeweilige Kategorie passen, ist jeweils in Klammern vermerkt. Die Differenz der Anzahl zu 26 ergab sich aus fehlenden/keinen Angaben.

Assoziationen der Proband*innen zu Klang 1 (Verbrenner) waren die eines Traktors/LKW (11), oder die eines Verbrenners allgemein (8), oft zusätzlich als alt, schwach oder stotternd (4) beschrieben. Prinzipiell schien der Klang somit wie geplant als der eines Verbrennermotors wahrgenommen worden zu sein, allerdings auch als beschädigt oder alt.

69 Vgl. "Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring", Ruhr Uni Bochum, zuletzt aufgerufen am: 12.12.2025, <https://methodenzentrum.ruhr-uni-bochum.de/e-learning/qualitative-auswertungsmethoden/qualitative-inhaltsanalyse/qualitative-inhaltsanalyse-nach-mayring/>.

Klang 2 (E-harmonisch) wurde unter anderem mit Weltraum, Energie und Moderne (5) assoziiert. Aber auch elektrische Fahrzeuge (9) wurden genannt. Monotone Geräusche wie „Summen“ und „Surren“ wurden von 4 Proband*innen genannt. 2 Teilnehmer nannten einen Benzinmotor.

Bei den weniger herkömmlichen Klängen stieg die Vielfalt der Assoziationen. Klang 3 (E-inharmonisch) wurde oft mit störenden oder unangenehmen Geräuschen wie Tinnitus, Bohrmaschinen oder Kreischen in Verbindung gebracht (5), aber auch Haushaltsgeräte (3) und elektrische Fortbewegungsmittel (7). Sechs Teilnehmer*innen haben den Klang mit Maschinen, einem Kraftwerk oder einem Krankenhaus in Verbindung gebracht.

Klang 4 (Meditation Bordun) wurde mit Musik und Meditation (4), Weltraum (5) und Haushaltsgeräten (3) in Verbindung gebracht. Ähnlich wie bei den anderen Klängen wurden auch Fortbewegungsmittel wie E-Auto und „ruhiges Auto“ genannt (9). Der verwandte Klang 5 (Meditation Standard) erinnerte die Proband*innen an Maschinen (6), Musik (2) und Fahrzeuge (9), aber auch an ein Warnsignal (2).

Klang 6 (Wellen statisch) und der verwandte Klang 7 (Wellen verändernd) wurden am häufigsten mit einem Flugzeug (10 bzw. 8) assoziiert. Aber auch Sci-Fi Sounds und Filmmusik (6 bzw. 4) wurden genannt. Bei Klang 6 wurde mehrmals erwähnt, dass der Klang aus der Ferne komme. Assoziationen mit Autos (2 bzw. 7) und Haushaltsgeräten (2 bzw. 1) waren hier am wenigsten vertreten.

4.3.5 Valence, Dominance Arousal

| Valence | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 0,011 | 0,042 | 0,190 | 0,782 | 0,622 | 0,341 |
| 2 | | <,001 | 0,031 | 0,009 | 0,006 | <,001 |
| 3 | | | 0,004 | 0,010 | 0,008 | 0,095 |
| 4 | | | | 0,192 | 0,351 | 0,023 |
| 5 | | | | | 0,874 | 0,286 |
| 6 | | | | | | 0,089 |

Tab. 7 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Valence

| Dominance | | | | | | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1 | 0,004 | <,001 | 0,848 | 0,008 | 0,309 | 0,035 | |
| 2 | | <,001 | 0,002 | <,001 | 0,007 | <,001 | |
| 3 | | | 0,003 | 0,140 | 0,009 | 0,116 | |
| 4 | | | | 0,026 | 0,501 | 0,074 | |
| 5 | | | | | 0,113 | 0,645 | |
| 6 | | | | | | 0,142 | |

Tab. 8 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Dominance

| Arousal | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1 | 0,572 | 0,445 | 0,568 | 0,049 | 0,130 | 0,111 | |
| 2 | | 0,620 | 0,953 | 0,163 | 0,062 | 0,093 | |
| 3 | | | 0,686 | 0,479 | 0,401 | 0,377 | |
| 4 | | | | 0,147 | 0,114 | 0,154 | |
| 5 | | | | | 0,879 | 0,947 | |
| 6 | | | | | | 0,647 | |

Tab. 9 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Arousal

Wie bereits erwähnt sollten die Klänge in das Koordinatensystem von Valence, Dominance und Arousal eingeordnet werden. Bei der Analyse fiel allerdings auf, dass der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test bei Arousal lediglich für das Verhältnis von Klang 1 (Verbrenner) zu Klang 5 (Meditation Standard) einen signifikanten Unterschied ($Z = -1,971$) zwischen den Klängen ergab.⁷⁰

Im Bereich Valence erreichten 11 Paarvergleich das Signifikanzniveau, gegenüber 10 nicht signifikanten Ergebnissen. Bei Dominance gab es 12 signifikante Unterschiede und entsprechend 9 nicht signifikante Ergebnisse. Nie signifikant Verschieden sind folgende Klänge: 1-4; 1-6; 3-7; 4-6; 5-6; 5-7 und 6-7.

Da es bei diesem Test keinen signifikanten Unterschied in den Werten gab, soll die Dimension Arousal bei diesem Test nicht berücksichtigt werden und lediglich mit einem zweidimensionalen Koordinatensystem gearbeitet werden. Die folgende Grafik zeigt auf der Y-Achse die für die jeweiligen Klänge ermittelten Mittelwerte für Valence, auf der X-Achse die Werte für Dominance.

⁷⁰ Klang 1 (Verbrenner) hat einen Mittelwert von 3,7, Klang 5 (Meditation Standard) einen von 4,42 und wurde somit als signifikant aufregender wahrgenommen.

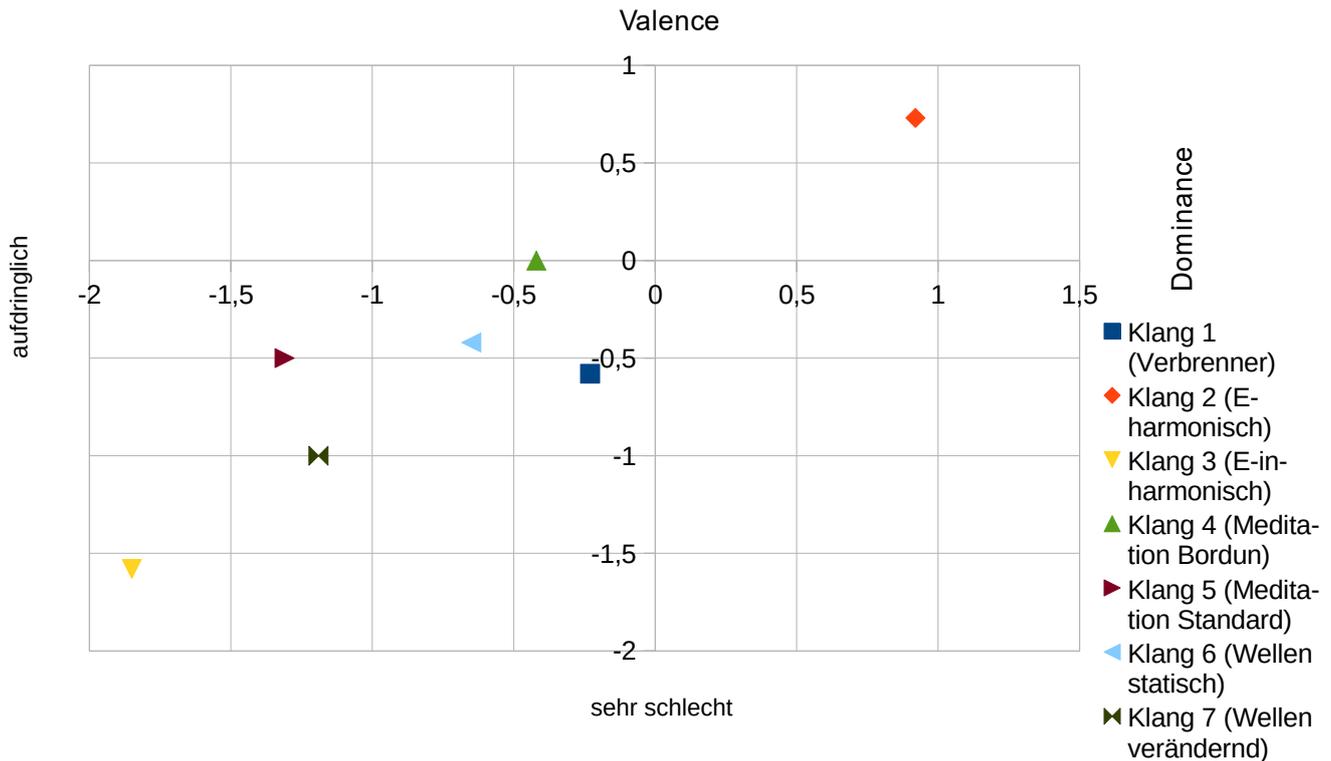


Abb. 22 Ermittelte Werte für Valence und Dominance

Trotz der fehlenden Dimension sollen die erhaltenen Werte nach dem Test der Klänge im Fahrsimulator zueinander in Bezug gesetzt werden.

Im Bezug auf Arousal wäre für eine Auswertung eine genauere Untersuchung mit einer größeren Testgruppe, anderen Testbedingungen und eventuell anderen Messmethoden interessant.

4.4 Interpretation

Allgemein schienen die erstellten Klänge beziehungsweise das verwendete Mapping einen besseren Rückschluss auf die Geschwindigkeit als auf die Motorbelastung zuzulassen.

Die Motorbelastung zum Überwinden der Trägheitskraft (durch Beschleunigung) und von Steigungen ist für den Verbrauch deutlich weniger ausschlaggebend als die Fahrgeschwindigkeit und der zu überwindende Luftwiderstand. Dieser ist abhängig von der Fahrgeschwindigkeit und ändert sich überproportional mit dem Quadrat der Geschwindigkeit. Die beim

Beschleunigen freigesetzte Energie kann entweder direkt durch Ausrollen oder beim E-Auto durch Rekuperation beim Bremsen genutzt werden.⁷¹

Energiesparendes Fahren wird somit durch langsames Fahren und weniger durch sanfte Beschleunigung erreicht. Dadurch wird die Last zu einem weniger wichtigen Feedback für das sparsame Autofahren.

Dass der Verbrennerklang keine hohe Zustimmung bei der Frage nach der Einschätzbarkeit nach der Geschwindigkeit fand, lässt sich eventuell damit begründen, dass der Klang von mehreren Teilnehmer*innen als Fahrzeug im Leerlauf oder auch als Traktor beziehungsweise LKW wahrgenommen wurde.

Dass Proband*innen, welche häufiger mit einem Auto mit Verbrennermotor fahren auch häufiger angaben, dass sie den Klang gerne als Fahrgeräusch haben würden kann daran liegen, dass sie sich an den Klang gewöhnt haben. Umgekehrt könnte es auch sein, dass Wenig-Fahrer durch den Klang vom Fahren abgehalten werden und eine Antipathie gegenüber Autos mit Verbrennermotor besteht.

Viele Proband*innen konnten sich nicht vorstellen, einen der Klänge im Versuch als Fahrgeräusch zu haben, was vor allem bei den weniger herkömmlichen Sounds ebenfalls an einer fehlenden Gewöhnung liegen könnte. Wie oft wir den entsprechenden Klängen ausgesetzt sind und wie sehr sie mit den jeweiligen Aktivitäten verbunden werden spielt vermutlich eine entscheidende Rolle bei der Beurteilung dieser.

Dass Klang 4 (Meditation Bordun) als weniger scharf wahrgenommen wurde als Klang 5 (Meditation Standard) liegt vermutlich daran, dass der Bordunton dazu führt, dass die tiefen Frequenzen nicht wegfallen und die Höhen nicht weiter betont werden. Das führte dazu, dass Klang 4 angenehmer wahrgenommen wurde und mehr Proband*innen angaben, sich diesen als Fahrzeugklang vorstellen zu können.

Es hat sich zudem gezeigt, dass wenn den Proband*innen der Klang besser gefällt, sie auch das Gefühl haben die Geschwindigkeit besser einschätzen zu können. Es wäre spannend, diesen Zusammenhang in zukünftigen Versuchen genauer zu untersuchen, bei denen nicht nur die

⁷¹ Vgl. Karle, *Elektromobilität*, 129.

subjektive Einschätzung ausschlaggebend ist.

Eine mögliche Ursache für die geringe Zahl signifikanter Unterschiede bei Arousal könnte sein, dass diese Dimension oft in Verbindung mit musikalischem Tempo gebracht wird.⁷² Da die gewählten Klänge nicht aus dem Bereich der Rock- und Popmusik im herkömmlichen Sinne stammen und ein BPM Wert vermutlich schwer festzulegen wäre, sind sie in gewissem Maße „Tempo-los“. Ein höheres Tempo führt zudem zu einem höheren Stresslevel,⁷³ was für weiterführende Tests interessant sein könnte. Die Zusammenhänge zwischen Parametern wie Tempo, Tonart oder Klangfarbe und die emotionale Reaktion sind allerdings miteinander verwoben und schwer einzeln zu bewerten.⁷⁴ So konnte zum Beispiel festgestellt werden, dass Moll im Vergleich zu Dur ebenfalls zu mehr Arousal führen kann.⁷⁵

4.5 Fazit Experiment 1

Das erste Experiment hat gezeigt, dass die Bewertung der Sounds von verschiedenen Faktoren wie Geschlecht und Häufigkeit des Autofahrens abhängig ist. Manche Faktoren wie der kulturelle Hintergrund konnten nicht ausreichend berücksichtigt werden, es lässt sich allerdings vermuten, dass auch dieser eine Rolle in der Bewertung von Klängen spielt.

Dass der Versuch auf einer Selbstauskunft aufgebaut hat, hat den Nachteil, dass lediglich subjektive Eindrücke wiedergegeben wurden. Zudem haben Antwortende dadurch einen Response-Bias (Antworttendenz), der die Ergebnisse weiter verzerrt.⁷⁶ Eine genauere Messung physiologischer Parameter, wie der elektrodermalen Aktivität, wäre allerdings über die Möglichkeiten dieser Arbeit hinausgegangen.

Das Feld aus Valence, Dominance und Arousal wurde auf die ersten beiden Punkte reduziert. Es soll trotzdem im Anschluss an den zweiten Test mit dessen Ergebnissen in Bezug gesetzt werden, um zu sehen, ob und wie die

72 Vgl. van der Zwaag, Westerink, und van den Broek, „Emotional and psychophysiological responses to tempo, mode, and percussiveness“, 252.

73 Vgl. ebd., 262.

74 Vgl. ebd., 253.

75 Vgl. ebd., 262.

76 Vgl. ebd., 253.

emotionale Reaktion auf einen Klang das Fahrverhalten beeinflussen kann.

Außerdem wurden im Test die Schwächen der Sounds deutlich. Die Belastung des Motors gemappt auf die Lautstärke war nicht ausreichend gut erkennbar und ist zu einem gewissen Grad für die Forschungsfrage nicht relevant. Sie soll deshalb im nächsten Versuch nicht mehr berücksichtigt werden.

Die Klänge 6 und 7, welche Naturassoziationen hervorrufen sollten, wurden im Experiment nicht mit Natürlichkeit oder Ähnlichem in Verbindung gebracht. Zudem wurde der Unterschied zwischen den unterschiedliche Wellengeschwindigkeiten weniger stark wahrgenommen als erwartet. Deshalb sollen Klänge 6 und 7 vor dem nächsten Test noch einmal überdacht werden.

Der Klang 4 mit Bodunton ist beliebter und schneidet oft „besser“ ab als Klang 5 (Meditation Standard). Im kommenden Experiment soll auf einen der beiden Klänge verzichtet und wenn möglich Klang 4 verwendet werden.

Zusätzlich wird noch ein weiterer Klang ergänzt, bei dem der Rhythmus ein zentrales Element darstellt, um zu überprüfen, ob dadurch im Bereich Arousal signifikante Unterschiede auftreten.

5. Experiment 2

Im Anschluss an das erste Experiment und die Auswertung der Antworten wurde mit einem Fahrsimulator getestet, inwieweit sich die überarbeiteten Klänge auf das Fahrverhalten der Proband*innen auswirken. Es wurde sich dazu entschlossen die Klänge in eine spielerische Umgebung zu integrieren und sie so interaktiv und zugänglich zu machen. Dazu wurde ein Computerspiel mit den Klängen modifiziert.

5. 1 Versuchssetup und -vorbereitung

Für den Versuch wurde ein Logitech G29 Driving Force Lenkrad mit zugehörigen Pedalen verwendet, welches durch haptisches Feedback ein realistisches Fahrgefühl vermittelt. Die Klänge wurde über ein Paar Genelec 8010 Lautsprecher wiedergegeben.



Abb. 23 Zu sehen ist der Versuchsaufbau

BeamNG.drive⁷⁷ (kurz: BeamNG) ist ein Fahrsimulator für den Heimgebrauch und für Einzelspieler*innen ausgelegt. Da die Stärken der

⁷⁷ „BeamNG.drive“, BeamNG, zuletzt aufgerufen am: 05.01.2025, <https://www.beamng.com/game/>.

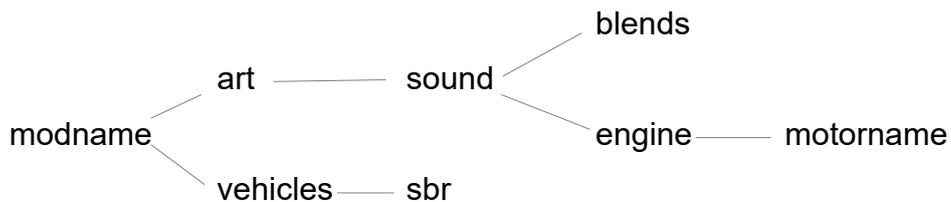
Software in der realitätsnahen Spielphysik liegen, wurde das zweite Experiment damit umgesetzt. Im Modus „Electric Hypermiling“ (in der deutschen Version „Elektrische Spriteffizienz“) gibt es zudem eine festgelegte Strecke, die möglichst energiesparend gefahren werden soll und an deren Ziel man Punkte für effizientes Fahren bekommt. Dieser Modus und das Punktesystem wurden im zweiten Experiment genutzt, um die Klänge und deren Auswirkungen auf das Fahrverhalten zu testen.



Abb. 24 Screenshot des Spiels im Modus „Electric Hypermiling“

Für das Spiel gibt es eine große Modding Community, die Modifikationen des Spiels (kurz: Mods) erstellen und oftmals für die Community bereit stellt. Um den Modus Electric Hypermiling mit den neu erstellten Fahrgeräuschen zu testen, wurde das dazugehörige Fahrzeug mit den neuen Sounds gemoddet.

Dafür musste im bereits standardmäßig bei der Installation des Spiels angelegten Ordner `C:\Users\oposm\AppData\Local\BeamNG.drive-10.33\mods\unpacked` folgende Ordnerstruktur angelegt werden:



In dem Ordner „sbr“ befindet sich eine Datei im .jbeam Format. Sie definiert diverse Eigenschaften des Motors wie zum Beispiel das Drehmoment, aber auch wie der Ordner heißt, in dem die Samples zu finden sind. Dieser Teil des Codes muss durch den passenden Ordnernamen (in der Ordnerstruktur hier: „motorname“, verwendet wurde beim Mod der Name „electric_oli“) ersetzt werden.

Im Ordner „motorname“ befinden sich die jeweiligen Sounds .wav Datei in Mono mit einer Samplerate von 48kHz.

Im Ordner „blends“ befindet sich eine .json Datei. Der darin enthaltene Code gibt an, wie die jeweiligen Samples zu verwenden sind.

```
{
  "header" : {
    "version" : 1
  },
  "eventName" : "event:>Engine>default",
  "samples" :
  [
    1 | [
      ["art/sound/engine/electric_oli/1.wav", 800],
      ["art/sound/engine/electric_oli/2.wav", 1600],
      ["art/sound/engine/electric_oli/3.wav", 3200],
    ],
    2 | [
      ["art/sound/engine/electric_oli/1.wav", 800],
      ["art/sound/engine/electric_oli/2.wav", 1600],
      ["art/sound/engine/electric_oli/3.wav", 3200],
    ]
  ]
}
```

Abb. 25 Code in der .json Datei

Man kann erkennen, dass die Ordnerstruktur der Klänge und deren Benennung angegeben wird. Die Nummern geben hier nicht die Klangnummer an, sondern bezeichnen denselben Klang, allerdings in unterschiedlichen Tonhöhen. Die Zahl im Anschluss gibt die Drehzahl an, für welche der Ton optimiert wurde. Sample 1.wav“ wird somit bei 800 Umdrehungen pro Minute abgespielt.

Bereich 1 kennzeichnet die Samples ohne Last, in Bereich 2 werden die Samples unter Last angegeben. Da in Experiment 2, wie vorangegangen beschrieben, auf das Mapping von Motorlast verzichtet wurde, werden

dieselben Klänge abgespielt.

Durch den Mod wurde das Sample, welches als Antriebsgeräusch genutzt wird, durch das neue ersetzt. Ein Ersetzen der originalen Audio-Datei im Hauptordner war nicht möglich, da dieser passwortgeschützt war und zudem ein schnelles Umschalten zwischen den Klängen während des Versuchs nicht möglich gewesen wäre.

Um zu verstehen, wie BeamNG.drive mit den Samples, die man auf diese Weise im Spiel verwendet, umgeht, wurden obertonreiche Testtöne erstellt (Sägezahnschwingung, ungefiltert) und diese als Fahrgeräusch im Spiel verwendet. Die Notenwerte der Töne wurden entsprechend der Naturtonreihe als C1, C2, G2 und C3 gewählt und jeweils für 800, 1600, 2400 und 3200 Umdrehungen pro Minute in der .json Datei definiert.

Leider hat diese Vorgehensweise zu gut hörbaren Übergängen zwischen den Samples geführt. Diese sind auch im Spektrum gut zu erkennen:

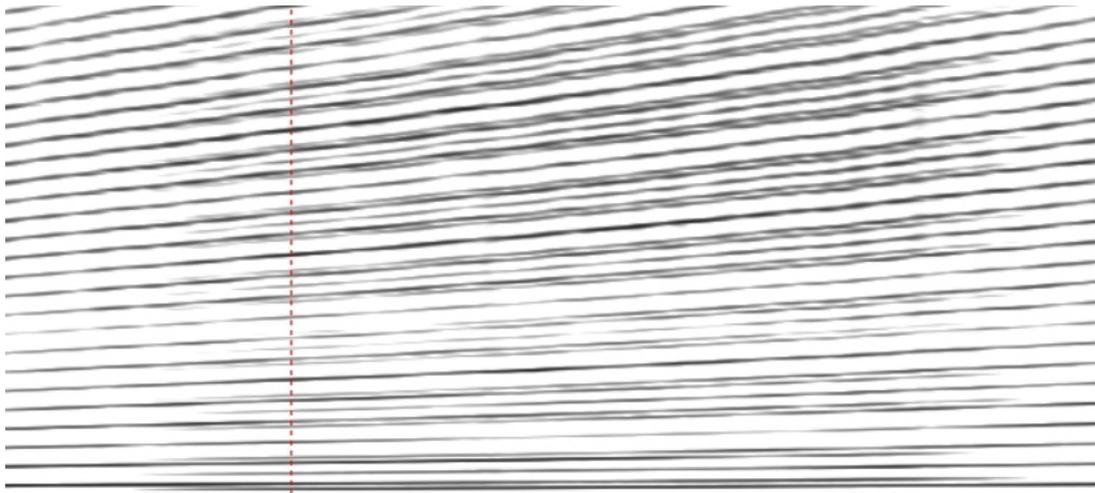


Abb. 26 Ein etwa 4 Sekunden langer Ausschnitt des Spektrums bei Beschleunigung zwischen 1800 und 2300 U/min. Window Length 0,1s; Dynamic Range 30 db, Viewing Range 0-5kHz

In der nächsten Iteration wurde daher der Abstand der Tonhöhe mit einer Oktave gewählt und sich verdoppelnden Werten der Umdrehungszahl 800, 1600 und 3200 U/min zugeordnet. Dadurch war kein Übergang mehr hörbar und auch bei der Analyse in Praat nicht sichtbar.

Für die weitere Analyse des vom Spiel verwendeten Pitch Shiftings wurde ein in der Lautstärke modulierter Klang als Fahrgeräusch verwendet. Es konnte

festgestellt werden, dass sich die Geschwindigkeit der Modulation mit der Geschwindigkeit des Fahrzeugs im Spiel ändert. Das Spiel nutzt also nur ein eher rudimentäres schnelleres Abspielen des Samples, um dessen Tonhöhe zu verändern und kompensiert nicht die dabei entstehende Tempoänderung.

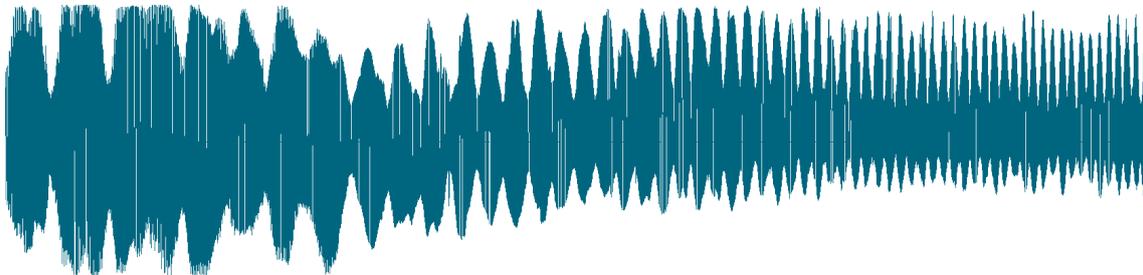


Abb. 27 Die Wellenform des modulierten Testtons bei Beschleunigung von 600 auf 5000 U/min, Länge 20 s

Das Spiel bot somit für die Klanggestaltung nur eingeschränkte Möglichkeiten, zum Beispiel für die Verwendung des Borduntons oder für die Anpassung der Rhythmizität. Zusätzlich wurde bei der beim Versuch verwendeten Innenraumansicht des Fahrzeugs der Klang gefiltert und in den Höhen gedämpft, worauf ebenfalls kein Einfluss zu nehmen war. Es wurde versucht, die Klänge so anzupassen, dass sie nach dieser Veränderung so klingen wie geplant.

5.2 Die verwendeten Klänge

Die im Experiment verwendeten Klänge basierten auf denen aus Experiment 1. Die Idee der Natur- und Wellengeräusche aus den Klängen 6 und 7 wurde aufgrund der Testergebnisse verworfen, dafür wurden zwei neue Klänge gestaltet, die auch einen rhythmischen Aspekt haben sollen. Insgesamt wurden im zweiten Versuch folgende fünf Klänge verwendet:

Klang 1: Ein Standard-Klang eines E-Autos, wie er aktuell verwendet wird. Er ist identisch mit Klang 2 aus Experiment 1, schaltet sich allerdings nicht mehr ab einer bestimmten Geschwindigkeit ab. Zur besseren Lesbarkeit wird der Klang im Text als „Klang 1 (E-harmonisch)“ bezeichnet.

Klang 2: Der gezielt unharmonische Klang 3 aus Experiment 1, hier:

„Klang 2 (E-inharmonisch)“.

Klang 3. Ein Klang basierend auf den „Meditationsklängen“ 4 und 5 aus Experiment 1. Leider war es aufgrund der beschriebenen Einschränkungen durch das Spiel nicht möglich, das Pitch Shifting des beliebteren Klangs 4 zu verwenden. Deshalb wurde versucht, einen tiefen Ton über die Drehzahlbereiche beizubehalten, um den Bordunton wieder aufzugreifen. Dafür wurde der auf einem Xylophonklang basierende Droneton im Pitch nicht verändert. Lediglich der Synthesizerklang wurde für die Drehzahlbereiche unterschiedlich gepitcht. Auf die Klangschale wurde verzichtet, da sie ein inharmonische Obertöne hat, welche durch das Pitch Shifting im Spiel sehr betont wurden.

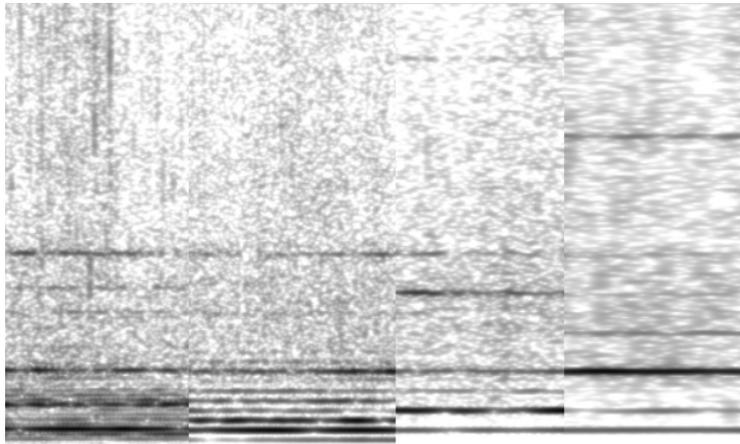


Abb. 28 Spektren Klang 3 in verschiedenen Drehzahlbereichen
WL.: 0,06 s View Range: 0 – 4 kHz

Im Spektrum (Abb. 28) sieht man den Klang in vier verschiedenen Drehzahlbereichen (600, 1200, 2400 und 4800 U/min) und entsprechend 4 Oktaven. Man kann erkennen, dass manche Teiltöne über alle Spektren hinweg vorhanden sind, diese sind die angesprochenen Borduntöne. Der Klang wird im Text „Klang 3 (Meditation)“ genannt.

Klang 4. Der vierte Sound ähnelt Klang 3, allerdings wurde eine simple, sich wiederholende, Xylophonmelodie hinzugefügt, um dem Klang einen wahrnehmbaren Rhythmus zu geben. Zusätzlich wurde der Droneton in der Lautstärke mit einer Geschwindigkeit von 0,5 Hz moduliert. Durch den sich mit der Geschwindigkeit verändernden Pitch sollte die Assoziation mit einem Windspiel hervorgerufen werden. Hier wird der Klang als „Klang 4 (Windspiel)“

bezeichnet.

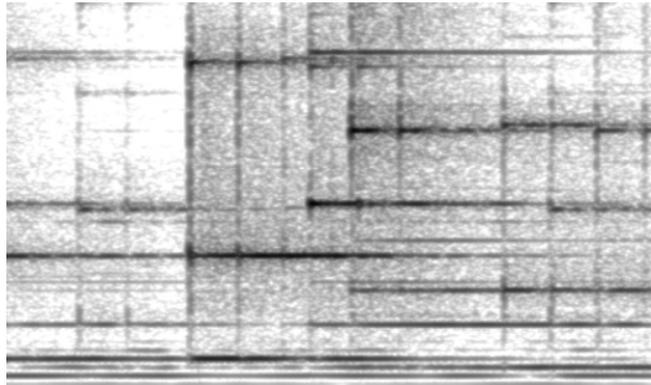


Abb. 29 Spektrum Klang 4 WL.: 0,06 s View Range: 0 – 4 kHz

Klang 5: Der fünfte Klang ist identisch mit Klang 4, allerdings wurde eine andere, dichtere Melodie gewählt. Hier als „Klang 5 (Windspiel Variante)“ bezeichnet.

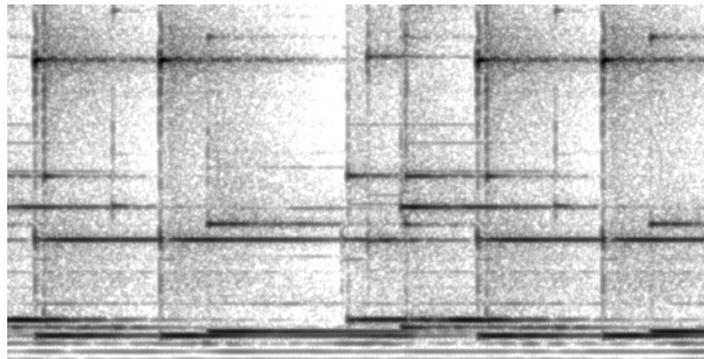


Abb. 30 Spektrum Klang 5 WL.: 0,06 s View Range: 0 – 4 kHz

5.3 Versuchsablauf

Vor dem Versuch wurden die Proband*innen mittels eines zweiseitigen Dokuments über den Versuch informiert und ihre Einwilligung zur Verarbeitung der Daten abgeholt. (Siehe Anhang)

Die Proband*innen wurden darauf aufmerksam gemacht, dass es auf der Teststrecke geringen Verkehr gibt. Zusätzlich wurden sie darum gebeten sicher und ruhig zu fahren, da Vorversuche gezeigt haben, dass manche Versuchsteilnehmer*innen dazu tendieren, den Versuch als Autorennspiel wahrzunehmen und risikoreicher zu fahren, als sie es in der Realität tun

würden.

Zu Beginn des Versuchs wurde eine Probefahrt durchgeführt, damit sich die Teilnehmer*innen an das Fahrgefühl gewöhnen und die Strecke kennen lernen können. Bei dieser wurde auf einen Antriebsklang verzichtet und lediglich die spieleigenen Geräusche wie Roll- und Windgeräusche verwendet. Es wurde die Möglichkeit zu einer zweiten Probefahrt angeboten, welche allerdings von keiner Versuchsperson wahrgenommen wurde.

Im Anschluss an die Probefahrt wurden die allgemeinen Informationen mittels eines Fragebogens auf Google Forms abgefragt. Abgefragt wurden wie im ersten Versuch Alter, Geschlecht, ob ein Führerschein Vorhanden ist und wie oft die Teilnehmer*innen Auto beziehungsweise E-Auto fahren. Zusätzlich wurde gefragt, wie authentisch das Fahrgefühl empfunden wird.

Nach der Probefahrt wurde die Strecke weitere fünf mal mit einem jeweils unterschiedlichem Antriebsklang und der spieleigenen sonstigen Geräuschen gefahren. Nach jedem Durchlauf wurde mittels eines Fragebogens eine Einschätzung des Klangs durch die Proband*innen durchgeführt.

Der Fragebogen ähnelte in einigen Punkten dem des ersten Versuchs. Die Fragen bezüglich Valence, Dominance und Arousal wurden übernommen. Zudem die Fragen „Wie gut passt der Klang zum Autofahren“, „Wie gut hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit?“, „Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben?“, „Warum bzw. warum nicht?“ und das Feld für weitere Kommentare und Anmerkungen.

Nicht im ersten Versuch vorhanden war die Frage „Wurde Ihr Fahrstil von den verschiedenen Fahrklängen beeinflusst?“ beantwortbar auf einer Likert-Skala mit sieben Schritten von „nein, gar nicht“ bis „ja, sehr“.

Nach jedem Durchlauf wurde der Energieverbrauch beziehungsweise die verbleibende Ladung und die Fahrzeit notiert.

5.4 Schwierigkeiten beim Versuch

Während des Versuchszeitraums wurde durch den Hersteller ein automatisches Update durchgeführt. Dieses führte dazu, dass man das Spiel zwischen den Durchläufen neu starten musste, da es sich sonst beim Laden

der Strecke aufhing, was die Versuchsdauer verlängerte. Das Update führte außerdem dazu, dass manchmal nicht alle Informationen über Verbrauch/Fahrdauer angezeigt wurden, was der Grund dafür ist, dass drei Probefahrten keine Information über Fahrzeit und eine Probefahrt keine über den Verbrauch hat. Außerdem blieben vier Fahrzeiten ohne Werte. Das Problem wurde dadurch gelöst, dass der Bildschirm ab dem Update mitgefilmt wurde.

Eine weitere Schwierigkeit war, dass obwohl vor der Probefahrt darum gebeten wurde, sicher und realistisch zu fahren, manche Teilnehmer*innen den Fahrsimulator als Rennspiel verstanden und versuchten die Strecke immer schneller zu absolvieren. Eventuell trifft das vor allem auf Personen zu, die öfter Autorennspiele spielen.

Dass das Spiel die Samples so verwendete, dass zwischen ihnen überblendet wird und meistens mehrere parallel zu hören sind, führte dazu, dass die Modulation der Dronetöne bei Klang 4 (Windspiel) und 5 kaum bis gar nicht hörbar wurden. Auch die Melodien wurden teilweise sehr dicht und überladen.

5.5 Ergebnisse

Die Stichprobe hat teilweise Überschneidungen mit der des vorangegangenen Versuchs, zwischen den beiden Versuchen lagen allerdings mehrere Wochen, wodurch sich Proband*innen vermutlich nicht mehr exakt an die gehörten Klänge erinnern konnten. Am zweiten Versuch nahmen insgesamt 15 Personen teil, davon waren zehn männlich und fünf weiblich. Wie beim ersten Versuch besaßen alle Teilnehmenden einen Führerschein. Vier Proband*innen (26,7%) gaben an, einmal pro Woche oder öfter Auto zu fahren, die übrigen einmal pro Monat oder seltener. Keine Person gab an, nie Auto zu fahren. Neun Teilnehmende fahren nie ein E-Auto, jeweils drei (20%) fahren manchmal oder häufig ein E-Auto.

Die meisten Versuchsteilnehmer*innen empfanden Fahrgefühl im Simulator als ausreichend authentisch, wie man in der Abbildung 31 sehen kann.

Wie authentisch empfinden Sie das Fahrgefühl in diesem Versuchs-Setup?

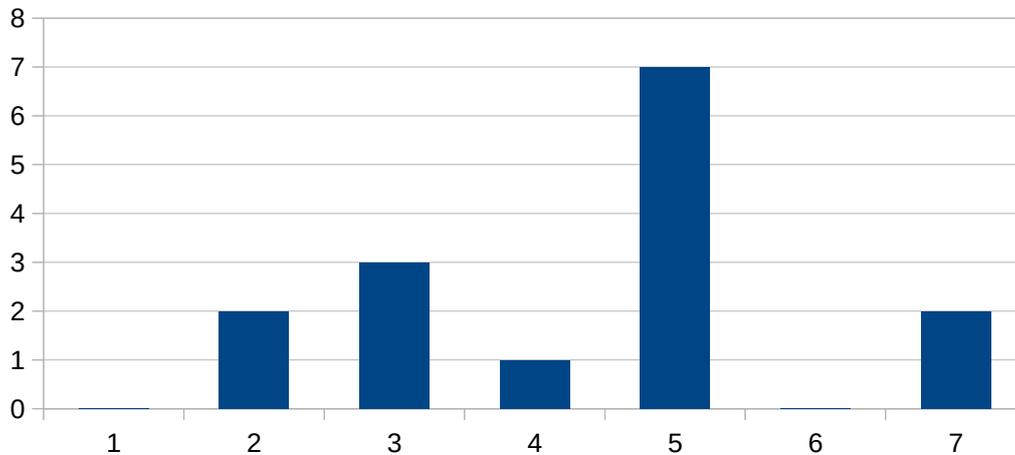


Abb. 31 Verteilung der Antworten auf die Frage „Wie authentisch empfinden Sie das Fahrgefühl in diesem Versuchssetup?“

Der Wert 1 auf der Likert-Skala entspricht der Antwort „nein, gar nicht“, der Wert 7 der Antwort „ja, sehr“.

5.5.1 Valence Dominance Arousal

| Valence | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 0,154 | 0,232 | 0,002 | 0,001 |
| 2 | | 0,001 | 0,103 | 0,127 |
| 3 | | | 0,002 | 0,003 |
| 4 | | | | 0,627 |

Tab. 10 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Valence

| Dominance | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 0,339 | 0,444 | 0,002 | 0,004 |
| 2 | | 0,019 | 0,113 | 0,010 |
| 3 | | | 0,004 | 0,002 |
| 4 | | | | 0,253 |

Tab. 11 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Dominance

| Arousal | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 0,524 | 0,134 | 0,803 | 0,435 |
| 2 | | 0,327 | 0,528 | 0,213 |
| 3 | | | 0,257 | 0,053 |
| 4 | | | | 0,348 |

Tab. 12 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Arousal

Auch bei diesem Experiment wurden die drei Dimensionen Valence, Dominance und Arousal abgefragt. In den Tabellen 10 bis 12 sind die p-Werte des Wicoxon-Vorzeichen-Rang-Tests abgebildet. Ein Wert von unter 5% bedeutet hier einen signifikanten Unterschied zwischen den Klängen. Wie man erkennen kann, ist im Bereich Arousal, ähnlich wie beim ersten Experiment, kein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen zu sehen.

In Abbildung 32 kann man die Mittelwerte für Dominance von aufdringlich bis zurückhaltend auf der X-Achse und die entsprechenden Mittelwerte für Valence von sehr schlecht bis sehr gut auf der Y-Achse sehen. Die Mitte der Likert-Skala, der Wert 4, entspricht hier dem Wert 0.

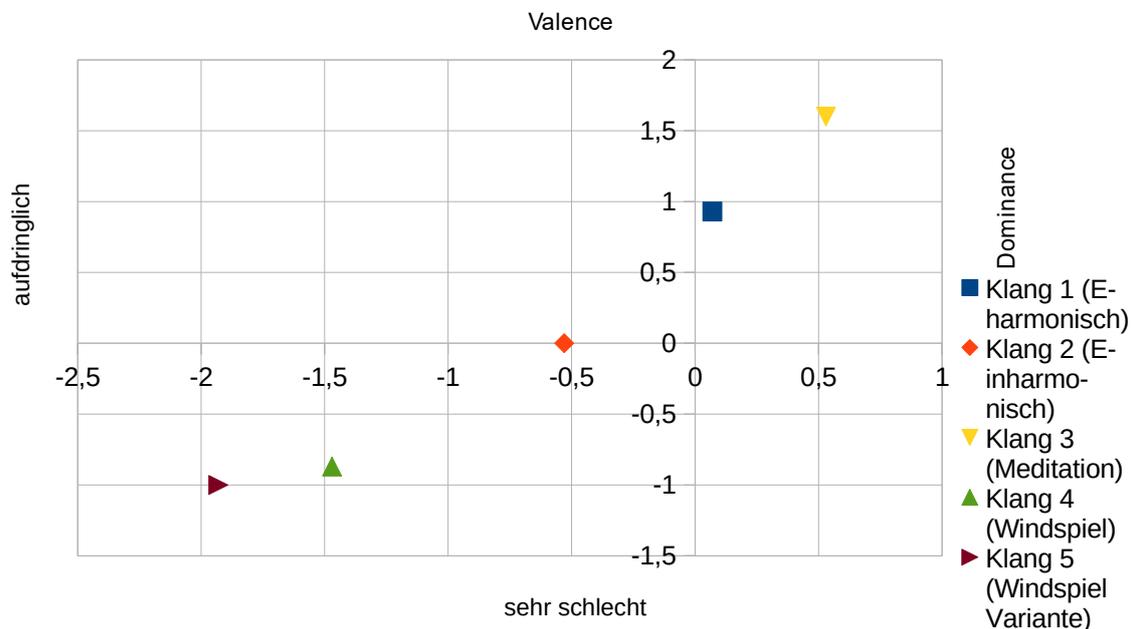


Abb. 32 Ermittelte Werte für Valence und Dominance

5.5.2 Fahrzeit und Verbrauch

Der verwendete Spielmodus „Electric Hypermiling“ gab am Ende der Teststrecke an, wie viel Energie auf der Fahrt verbraucht wurde. Zu Beginn startete jede*r Versuchsteilnehmer*in mit einem Wert von 100%. Der Wert am Ende ist ein Relativer zu diesen 100%. In Bezug auf Verbrauch wird hier somit angegeben, wie viel Energie der*die Proband*in noch übrig hat.

Zuerst wurde überprüft, ob Fahrzeit und Verbrauch normalverteilt sind. Auch hier wurde wie in Experiment 1 aufgrund der Stichprobengröße der

Shapiro-Wilk-Test verwendet. In folgender Grafik sieht man die jeweiligen p-Werte der Klänge. Werte oberhalb des Signifikanzniveaus von 0,05 sind grau hinterlegt.

| Klangnummer | Verbrauch Fahrzeug | |
|-------------|--------------------|-------|
| 1 | 0,056 | 0,626 |
| 2 | 0,002 | 0,764 |
| 3 | 0,062 | 0,666 |
| 4 | 0,011 | 0,979 |
| 5 | 0,032 | 0,107 |

Tab 13 Ergebnisse des Shapiro-Wilk-Tests in Bezug auf Verbrauch und Fahrzeit

Wie man erkennen kann, weist laut dem Test der Verbrauch lediglich für Klang 1 (E-harmonisch) und Klang 3 (Meditation) eine Normalverteilung auf. Bei der Fahrzeit liegen alle Tests über dem Signifikanzniveau.

Die visuelle Kontrolle zeigt allerdings, dass die Daten von Verbrauch und Fahrzeit nicht der idealen Normalverteilungskurve ähneln. Bei geringen Stichprobengrößen ist ein falsch-positives Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests leicht möglich, deshalb wird wenn möglich auch bei der Fahrzeit trotz der Ergebnisse auf nicht-parametrische Tests zurückgegriffen.

In den folgenden Abbildungen 33 und 34 und Tabellen 14 und 15 kann man Fahrzeit und Verbrauch der einzelnen Sounds vergleichen.

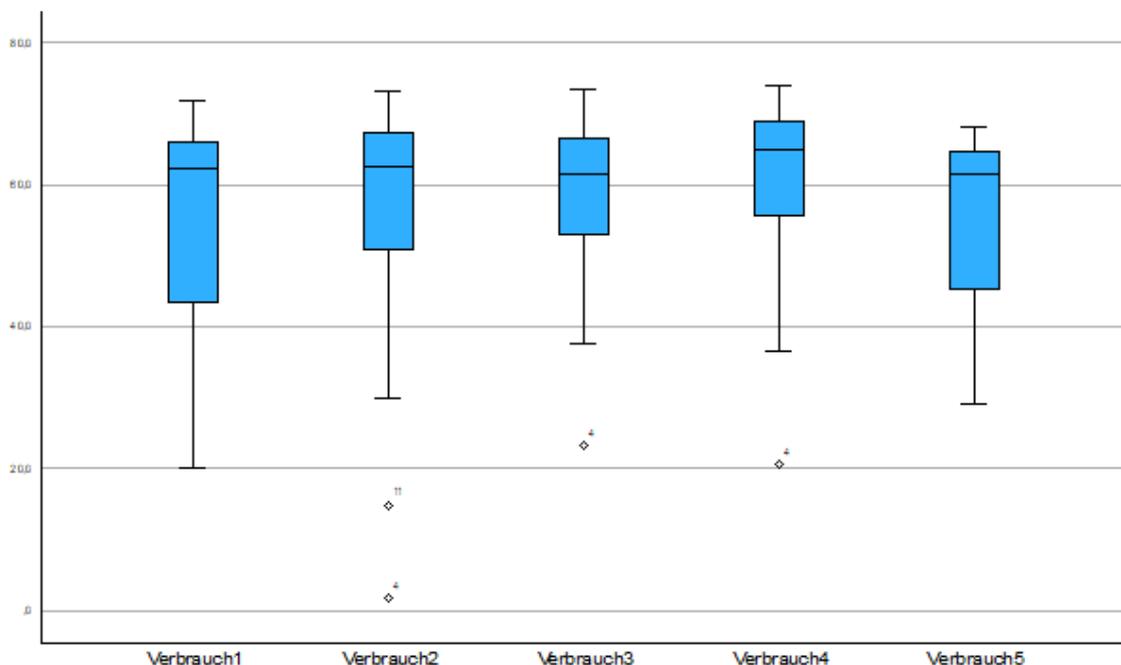


Abb. 33 Boxplot zu Verbrauch

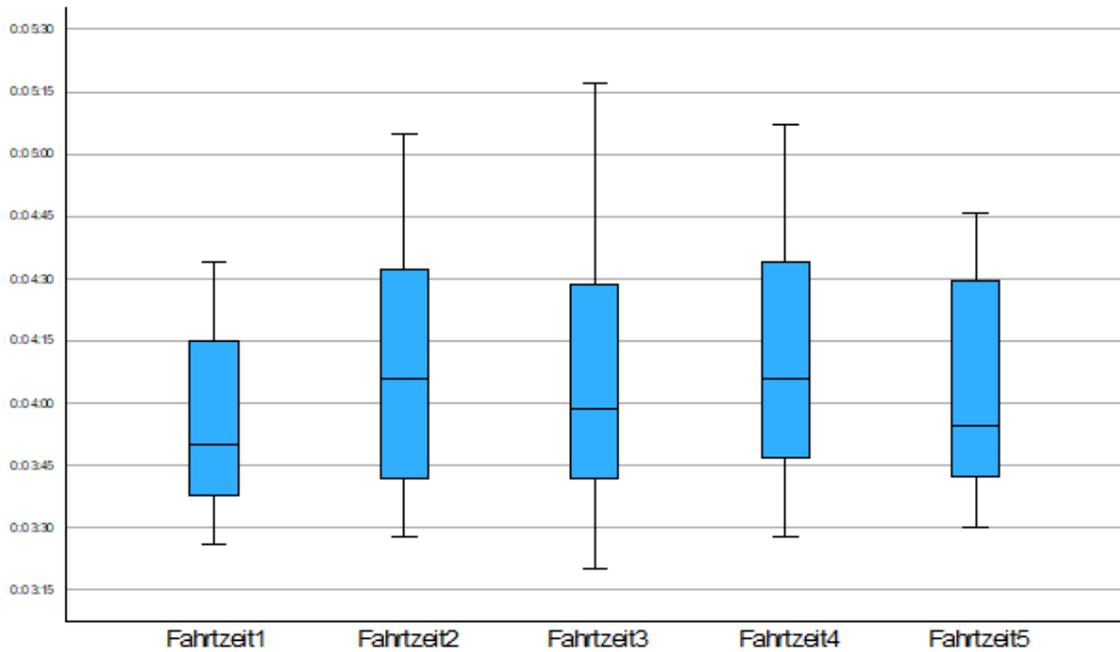


Abb. 34 Boxplot zu Fahrzeit

| Mediane Verbrauch | |
|-------------------|------|
| 1 | 62,4 |
| 2 | 62,5 |
| 3 | 61,6 |
| 4 | 65 |
| 5 | 61,6 |

Tab. 14 Mediane Verbrauch

| Mediane Fahrzeit | |
|------------------|-------|
| 1 | 03:51 |
| 2 | 04:07 |
| 3 | 04:06 |
| 4 | 04:10 |
| 5 | 04:16 |

Tab. 15 Mediane Fahrzeit

Es fällt auf, dass die Windspiel-Klänge 4 und 5 die längste Fahrzeitmediane haben, Klang 4 hat im Median den geringsten Verbrauch.

Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ergab für die Variablen Fahrzeit und Verbrauch folgende Ergebnisse:

| Verbrauch | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 0,820 | 0,094 | 0,021 | 0,865 |
| 2 | | 0,256 | 0,099 | 0,426 |
| 3 | | | 0,155 | 0,460 |
| 4 | | | | 0,233 |

Tab. 16 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests in Bezug auf Verbrauch

| Fahrzeit | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Klang Nummer | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 0,064 | 0,099 | 0,011 | 0,087 |
| 2 | | 0,851 | 0,433 | 0,909 |
| 3 | | | 0,484 | 0,975 |
| 4 | | | | 0,510 |

Tab. 16 Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests in Bezug auf Fahrzeit

Der Paarvergleich zeigt lediglich für Klang 1 (E-harmonisch) zu Klang 4 (Windspiel) ein signifikanter Unterschied bei Verbrauch ($Z = -2,301$, $p = 0,021$) und Fahrzeit ($Z = 2,552$, $p = 0,011$). Dass die Unterschiede bei den weiteren Klängen nicht signifikant ausfallen, kann unter anderem an der geringen Stichprobengröße liegen. Um zu beurteilen, welche Faktoren bei den Klängen 4 und 1 das Fahrverhalten beeinflusst haben, soll sich in der Interpretation auf diese Klänge fokussiert werden.

5.5.3 Lerneffekt

Dadurch, dass im Versuch eine identische Strecke mehrmals von der selben Person gefahren wurde, ist anzunehmen dass dabei ein Lerneffekt auftrat und die Proband*innen über die Durchläufe hinweg die Strecke unterschiedlich fuhren. Um zu bestimmen wie stark dieser Effekt ist und wie er die Ergebnisse von Verbrauch und Fahrtdauer verzerrt, wurde ein Friedman-Test gemacht, da für eine einfaktorielle ANOVA die Voraussetzungen wie Normalverteilung nicht verlässlich erfüllt waren und sich für ein robusteres Testverfahren entschieden wurde. Im Anschluss wurde die Effektstärke r für die paarweisen Vergleiche mit der Formel $r = z : (\sqrt{n})$ berechnet. z ist der Wert der Standardteststatistik, n die Größe der Stichprobe.

Es ergeben sich in Bezug auf den Verbrauch folgende Werte:

| Durchlauf | z | r |
|-----------|--------|--------|
| 1 zu 2 | 2,425 | 0,626 |
| 2 zu 3 | -0,231 | -0,060 |
| 3 zu 4 | 0,462 | 0,119 |
| 4 zu 5 | -0,115 | -0,030 |

Tab. 17 Ergebnisse des Friedman-Tests und Effektstärke r in Bezug auf Verbrauch

Wie man erkennen kann, nimmt die Stärke des Lerneffekts über den

Versuchsverlauf ab. Lediglich beim Verhältnis von Durchlauf 1 zu 2 kann man von einem starken Effekt sprechen. 3 zu 4 ist als schwacher Effekt einzustufen, die verbleibenden zwei Verhältnisse können mit einer Effektstärke von unter 0,1 diese Stufe nicht erreichen und sind zu vernachlässigen. Ein negatives Vorzeichen bedeutet hier, dass sich der Verbrauch im Vergleich zum vorangegangenen Durchgang verringert hat. Auffallend ist, dass der Medianverbrauch beim ersten Durchlauf am geringsten ist.

| Durchlauf 1 | Durchlauf 2 | Durchlauf 3 | Durchlauf 4 | Durchlauf 5 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 64,6 | 59,5 | 61,6 | 62 | 57,4 |

Tab. 18 Mediane des Verbrauchs nach Reihenfolge der Klänge

Der Friedman-Test und die Berechnung der Effektstärke ergeben in Bezug auf die Fahrtdauer folgende Werte:

| Durchlauf | z | r |
|-----------|--------|-------|
| 1 zu 2 | 0,968 | 0,25 |
| 2 zu 3 | -0,065 | -0,02 |
| 3 zu 4 | 1,097 | 0,28 |
| 4 zu 5 | 0,258 | 0,07 |

Tab. 19 Ergebnisse des Friedman-Tests und Effektstärke r in Bezug auf Fahrtdauer

Man kann erkennen, dass auch hier der Lerneffekt bei den Durchläufen 1 zu 2 und 3 zu 4 am stärksten war. Bei beiden kann man von einem schwachen Effekt sprechen, die verbleibenden zwei erreichen diese Grenze nicht. Ein positives Vorzeichen bedeutet hier, dass sich die Fahrzeit verringert. Das ist auch beim Vergleich der Mediane der Fahrzeiten erkennbar:

| Durchlauf 1 | Durchlauf 2 | Durchlauf 3 | Durchlauf 4 | Durchlauf 5 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 04:25 | 04:04 | 04:08 | 03:54 | 03:56 |

Tab. 20 Mediane der Fahrtdauer nach Reihenfolge der Klänge

Um zu vergleichen ob der Lerneffekt eine Auswirkung auf die Ergebnisse des Paarvergleichs hat, wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test erneut durchgeführt, dabei allerdings den ersten Durchlauf nicht mit einbezogen. Wieder war nur ein Testergebnis statistisch signifikant, jedoch hat sich dieses auf das Verhältnis der Klänge 3 zu 2 verschoben.

Mit welchem Klang im ersten Durchlauf gefahren wurde und damit den stärksten Lerneffekt hat, war durch die Randomisierung relativ gleichmäßig verteilt. Klänge 2, 4 und 5 kamen wurden jeweils drei mal als erstes gehört. Klang 1 lediglich zwei mal, Klang 3 vier mal. Es wurde im weiteren Analyseverlauf davon ausgegangen, dass sich durch die wechselnde Reihenfolge der Lerneffekt annähernd aufhebt.

5.5.4 Beliebtheit der Klänge als Fahrgeräusch und Einschätzen der Geschwindigkeit

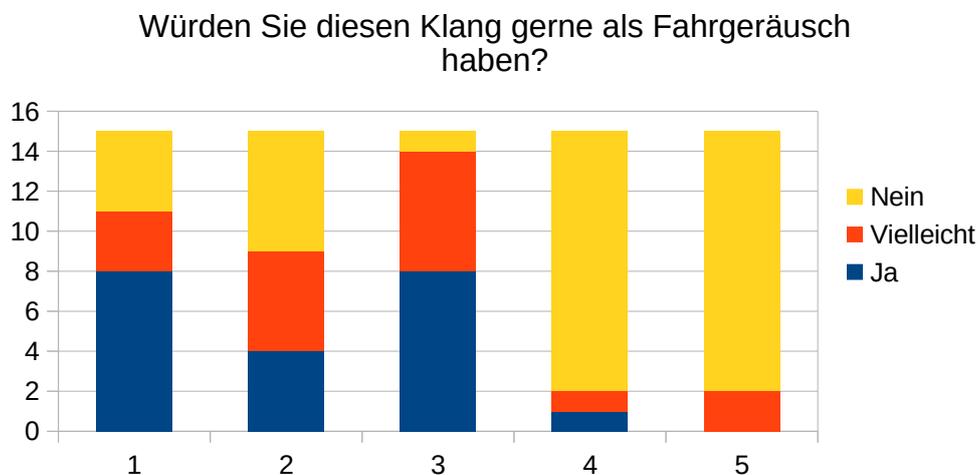


Abb. 35 Antworten auf die Frage "Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben?"

Wie man an der Grafik erkennen kann, konnte sich kaum ein*e Proband*in vorstellen, die Windspiel-Sounds 4 und 5 als Fahrgeräusch zu haben. Der inharmonische Klang 2 war wie zu erwarten unbeliebter als sein harmonischer Gegenpart Klang 1. Der Meditationsklang 3 war, ähnlich wie im ersten Experiment, relativ beliebt.

Die Zusammenfassung der Antworten auf die Anschlussfrage "Warum, bzw. warum nicht?" kann man Tabelle 21 entnehmen. In Klammern sind die Häufigkeiten der Antworten angegeben.

| | |
|----------------|--|
| Klang 1 | |
| Ja (8) | angenehm, passend, nicht aufdringlich/störend, dezent, realistisch |
| Vielleicht (3) | ungewohnt, unangenehm bei niedrigen Drehzahlen |
| Nein (4) | anstrengend, nervig, zu musikalisch |
| | |
| Klang 2 | |
| Ja (4) | realistisch, angenehm |
| Vielleicht (5) | aggressiv, ungewohnt, aufdringlich, laut |
| Nein (6) | aufdringlich, nervig, unpassend |
| | |
| Klang 3 | |
| Ja (8) | angenehm, sportlich, passend, nicht aufdringlich, |
| Vielleicht (6) | aufdringlich bei hohen Geschwindigkeiten, unpassend, unsportlich |
| Nein (1) | ablenkend |
| | |
| Klang 4 | |
| Ja (1) | zurückhaltend, authentisch |
| Vielleicht (1) | musikalisch, Geschwindigkeit gut einschätzbar |
| Nein (13) | nervig, aufdringlich, schief, unpassend, anstrengend |
| | |
| Klang 5 | |
| Ja (0) | |
| Vielleicht (2) | ungewohnt |
| Nein (13) | zu hoch, anstrengend, nervig, klingelnd, ablenkend |

Tab. 21 Antworten auf die Frage ob die Proband*innen den Klang gerne als Fahrgeräusch haben, inkl. Verteilung und Begründung

Die Assoziation mit einem Glockenspiel beziehungsweise Windspiel bei den Klängen 4 und 5 wurde mehrmals auch von den Proband*innen erwähnt, allerdings ausschließlich in einem negativen Kontext.

Beim zweiten Experiment wurde zudem abgefragt, wie gut der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit helfe, um so eine genauere Einschätzung anhand einer Likert-Skala zu erhalten. Im ersten Experiment wurden dagegen die Antwortmöglichkeiten ja/vielleicht/nein gewählt.

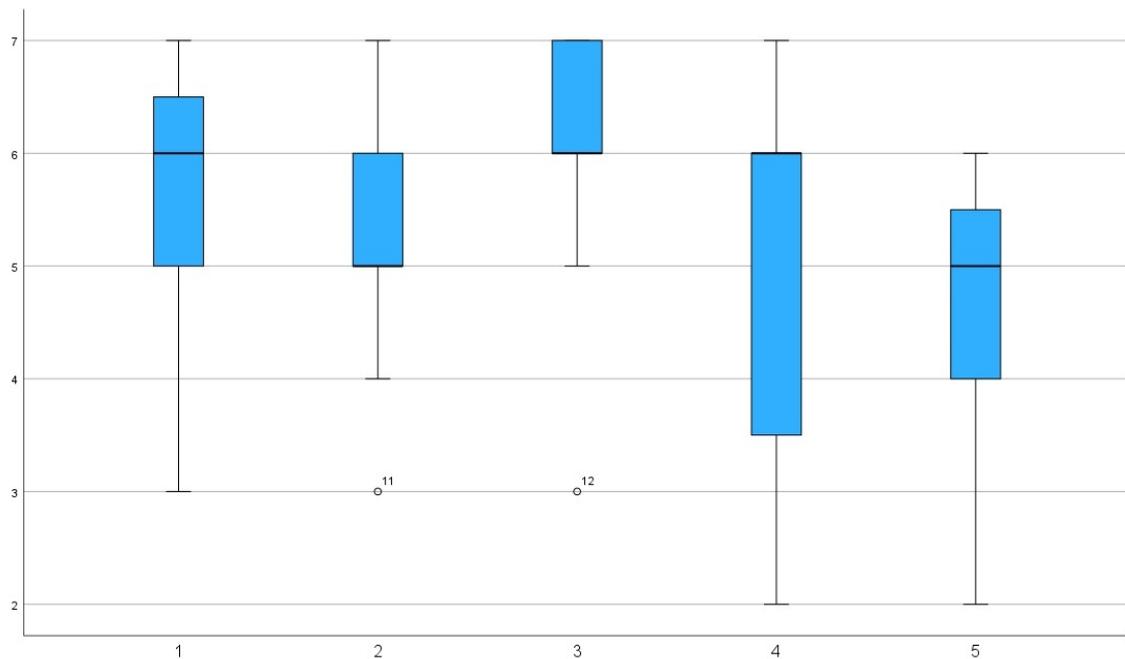


Abb. 36 Boxplot der Antworten auf die Frage "Wie gut hilft ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit?"

Wie man an der Abbildung 36 erkennen kann, schätzen die Versuchsteilnehmer*innen Klang 3 als am hilfreichsten ein, gefolgt von Klängen 1 und 2. Klänge 4 und 5 sind als am wenigsten hilfreich bewertet worden. Auffällig ist auch die hohe Standardabweichung bei Klang 4.

5.6 Interpretation

Die Verteilung der Proband*innen in Bezug auf deren Geschlecht war relativ ausgewogen, wenn auch nicht mehr so gleichmäßig aufgeteilt wie im ersten Experiment. Jedoch fährt die Mehrheit eher wenig Auto und kaum ein*e Teilnehmende*r hatte regelmäßige Erfahrung mit E-Autos. Das kann die Ergebnisse in Bezug auf die Verallgemeinerbarkeit und die Akzeptanz der Klänge, auch in Bezug auf vorhandene Gewöhnung oder Ablehnung von spezifischen Antriebsarten und deren Klangwelt, beeinflussen.

In Bezug auf die emotionale Wirkung der Klänge hat es bei Arousal, ähnlich wie im ersten Experiment, keine signifikanten Unterschiede gegeben. Das weist darauf hin, dass die Klänge trotz der Rhythmizität indifferent in Bezug auf die gefühlte Aktivierung bleiben. Die Unbeliebtheit der Windspielklänge 4

und 5 liegt vermutlich nicht an der Rhythmizität. Zum einen sind perkussive Klänge im Fahrzeugkontext eher als Warnsignale wie rückwärtsfahrende LKW, Signalleuchten und Blinker assoziiert, was einen Bias bezüglich ihrer Bewertung ausmachen kann. Zum anderen wurden die Klänge meist mit der Begründung abgelehnt, dass sie schief, hoch und unpassend klingen. Das kann daran liegen, dass sich der Pitch der Xylophonelemente auch nach dem Anschlag bei Geschwindigkeitsveränderung geändert hat, was zu einem sehr ungewohnten und atonalen Klang geführt hat. Leider hat der spieleigene Umgang mit den Samples in BeamNG nicht die Möglichkeit dazu gegeben, eventuell wäre es für die Fahrenden allerdings angenehmer, wenn die Tonhöhe des Xylophons nach dem Anschlag konstant bleibt. Auch die Verwendung perkussiver Elemente auf Basis von Rauschen könnte eine interessante Möglichkeit für weitere Untersuchungen sein.

Dem Gegenüber steht Klang 3 (Meditation), der zwar im harmonischen Gehalt ähnlich zu Klängen 4 und 5 ist, allerdings weder Melodie noch Rhythmus besitzt und wie Klang 1 (E-harmonisch) den anderen Klängen vorgezogen wird. Die Ergebnisse der Beliebtheit als Fahrgeräusch decken sich auch mit den Ergebnissen der emotionalen Antwort: Je weniger aufdringlich ein Klang ist und je besser er den Proband*innen gefällt, desto beliebter ist er auch. In beiden Experimenten deckt sich das Ergebnis, dass ein harmonischer Klang beliebter ist, als ein inharmonischer.

Während sich Klang 2 (E-inharmonisch) in diesem Versuch bei der Beliebtheit und der emotionalen Antwort im Mittelfeld befindet, wurde er im ersten Experiment als am unbeliebtesten, aufdringlichsten und ungefälligsten bewertet. Eine Erklärungsmöglichkeit ist, dass die Interaktivität des zweiten Versuchs die Wahrnehmung des Klangs verändert hat. Möglich wäre aber auch, dass der Grund der Kontrast zu den als sehr nervig wahrgenommenen Klängen 4 und 5 ist.

Wie beschrieben soll hier noch einmal auf die Unterschiede der Klänge 1 (E-harmonisch) und 4 (Windspiel) eingegangen werden, da sie als einzige beim Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test einen signifikanten Unterschied ergaben. Klang 4 hatte im Median einen geringeren Verbrauch als Klang 1 und eine

längere Fahrzeit. Klang 4 motivierte die Fahrenden somit vermutlich eher zum langsamen Fahren als Klang 1, obwohl er als dominanter, weniger gefällig und nerviger wahrgenommen wurde. Auch wollten ihn weniger Proband*innen als Fahrgeräusch haben. Vermutlich liegt das Ergebnis nicht daran, dass Fahrende beruhigt und entspannt werden und dadurch zu einem ruhigen Fahrstil neigen. Eine mögliche Erklärung wäre, dass die hohen Töne der Melodie als besonders störend wahrgenommen werden und deshalb durch langsames Fahren vermieden wurden.

Auch in Bezug auf die Einschätzbarkeit der Geschwindigkeit wurde Klang 3 als am besten bewertet, was auch mit der allgemeinen Beliebtheit des Klanges korrelierte. Klang 4 und 5 dagegen wurden als nicht sehr hilfreich eingeschätzt. Die hohe Standardabweichung bei den Antworten zu den beiden Klängen kann ein Hinweis darauf sein, dass die Klänge in Bezug auf diesen Punkt stark polarisierend wirkten.

5.7 Fazit Experiment 2

Das zweite Experiment liefert Erkenntnisse über die Wirkung unterschiedlicher Klänge auf das Fahrverhalten, aber auch über die Akzeptanz von verschiedenen Klängen und Klangparametern.

Klang 3 (Meditation) wurde von den Proband*innen sowohl in Bezug auf die Beliebtheit, als auch die Funktionalität positiv bewertet. Der klassische E-Auto-Klang (Klang 1) schnitt ebenfalls gut ab. Die Klänge 4 und 5 wurden in Bezug auf Ästhetik und Funktionalität abgelehnt, sind in Bezug auf Fahrzeit und Verbrauch jedoch unterschiedlich.

Der signifikante Unterschied zwischen den Klängen 1 (E-standart) und 4 (Windspiel) legt nahe, dass das Fahrverhalten durchaus beeinflussbar ist. Für zuverlässigere und belastbarere Ergebnisse wäre jedoch eine größere Stichprobe wichtig gewesen. Die Ergebnisse wurden zusätzlich dadurch verzerrt, dass Fahrstil sehr individuell und von vielen Faktoren abhängig ist.

Das Fahren im Fahrsimulator ist ein Schritt in der Entwicklung von Sound Design für Autos und entspricht nicht immer den realen Bedingungen und Ergebnissen, wie sie in einem Serienfahrzeug vorhanden wären. Die

Verwendung der Klänge in einer spielerischen und zugänglichen Umgebung erwies sich trotzdem als aufschlussreich, auch wenn durch das Spiel Einschränkungen für die Umsetzung gegeben waren.

Die Randomisierung der Klangreihenfolge verringerte zwar den Lerneffekt, man könnte die Verzerrungen aber weiter minimieren, zum Beispiel durch mehrere Probefahrten.

Die Ablehnung von Klang 4 macht ihn als dauerhaftes Fahrgeräusch nicht gut einsetzbar. Eventuell wäre eine Anwendungsmöglichkeit aber zum Beispiel als Warngeräusch bei Geschwindigkeitsüberschreitung.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass Klänge, die eine positive Valence sowie wenig Dominanz aufweisen und die Geschwindigkeitseinschätzung erleichtern, wie Klang 3, das Potenzial haben, von Fahrenden akzeptiert zu werden und das Fahrerlebnis zu verbessern.

6. Fazit

Die Ergebnisse dieser Arbeit verdeutlichen, dass die Klanggestaltung im Auto ein multifaktorielles Feld ist. Die durchgeführten Experimente liefern Erkenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Klanggestaltung, emotionaler Wahrnehmung und Fahrverhalten.

Es konnte gezeigt werden, dass harmonische Klänge als angenehmer und weniger aufdringlich wahrgenommen werden als inharmonische und den Fahrkomfort erhöhen. Der Meditationsklang mit Bordunton war in der Experimenten durchwegs beliebt und zeichnet sich auch durch die Verwendung von natürlichen Klängen und beruhigender Wirkung aus. Außerdem hatten die meisten Proband*innen angegeben, dass der Klang ihnen beim Einschätzen der Geschwindigkeit hilft. Für die Gestaltung von aktivem Sound Design im Fahrzeuginneren kann man den Schluss ziehen, dass das Ausfüllen der tiefen Frequenzen für eine angenehme Wahrnehmung wichtig ist, wie es durch den Bordunton geschieht.

Der klassische E-Auto Klang war nur unwesentlich unbeliebter und zeichnet sich durch ein synthetisches Klangbild aus. Der inharmonische Gegenpart war deutlich unbeliebter, weniger Proband*innen konnten ihn sich als Klang in ihrem Fahrzeug vorstellen.

Die Wellengeräusche und das Mapping auf die Geschwindigkeit der Wellen wurde von den Proband*innen nicht angenommen und im Anschluss an das zweite Experiment verworfen.

Individuelle Vorzüge für bestimmte Klänge und die unterschiedliche Fahrweise der Versuchsteilnehmer*innen machen das Treffen genereller Aussagen schwierig. Es lässt sich aber festhalten, dass es Hinweise auf eine Beeinflussbarkeit des Fahrverhaltens gibt, welches sich zwischen zwei Klängen in Experiment 2 signifikant unterschied. Es wäre spannend, mit einer größeren Stichprobe und einer Weiterentwicklung der Klänge auf Basis der Erkenntnisse erneute Untersuchungen zu tätigen.

Der Einfluss des Geschlechts der Proband*innen auf die Wahrnehmung der Klänge konnte gezeigt werden, es ist anzunehmen, dass zum Beispiel auch der kulturelle Hintergrund weiteren Einfluss hat. Zu einem ähnlichen Schluss

kamen auch Sontacchi et al. (2015) .⁷⁸

Des Weiteren ist Gewöhnung an den Fahrzeugklang ebenso wichtig, wie eine Bereitschaft zur Akzeptanz und Offenheit gegenüber neuen Klängen. Designer*innen von auditivem Fahrendenfeedback müssen in ihren Entscheidung abwägen zwischen progressivem Klang, der auf Ablehnung stoßen könnte, und etabliertem Klang, der eventuell die Möglichkeiten des Sound Designs nicht voll ausschöpft.

Die Methodik der Arbeit hat Stärken und Schwächen: Während der iterative Ansatz der Klanggestaltung wertvolle Einblicke in die Wechselwirkungen zwischen Klang und Verhalten ermöglichte, waren die Einschränkungen des Fahrsimulators ein limitierender Faktor. Die Unterschiede zwischen simulierten und realen Bedingungen dürften sich insbesondere auf die emotionale Wahrnehmung der Klänge auswirken. In der weiteren Entwicklung der Klänge wäre der nächste Schritt, ein Probefahrzeug mit den Klängen auszustatten und die Sounds in realen Bedingung zu testen.

Die Erkenntnisse dieser Untersuchung könnten von Automobilherstellern genutzt werden, um personalisierte und zielgruppenspezifische Klangprofile zu entwickeln, die sowohl funktional als auch markenspezifisch sind.

Es liegt die Vermutung nahe, dass sich die Klangwelt in E-Autos in den nächsten Jahren weiter verändern wird und das Klangdesign immer weiter entwickelt wird. Eine interessante Entwicklung ist eine stärkere Personalisierung des Fahrzeugklanges. Während der Arbeit an dieser Masterarbeit wurde von BMW die neue elektrische X-Klasse vorgestellt. Bei diesem E-SUV kann der Fahrzeugklang vom*von der Fahrenden selbst innerhalb der Dimensionen calm, expressive, free und agile gewählt werden.⁷⁹

78 Vgl. Sontacchi, Frank, und Höldrich, „In-car Active Sound Generation for enhanced feedback in vehicles with combustion engines or electric engines.“

79 Vgl. BMW, "The NEW SOUND - BMW Vision Neue Klasse X.", Präsentationsvideo, April 2024, 27 sek., zuletzt aufgerufen am: 10.01.2025, <https://www.youtube.com/watch?v=etdwW15e0cg>.

Literaturverzeichnis

- Alt, Norbert, und Stephan Jochum. „Sound-Design unter den Aspekten der Harmonielehre der Musik“. *MTZ - Motortechnische Zeitschrift* 64, Nr. 1 (Januar 2003): 48–56. <https://doi.org/10.1007/BF03226679>.
- Alvarsson, Jesper J., Stefan Wiens, und Mats E. Nilsson. „Stress recovery during exposure to nature sound and environmental noise“. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7, Nr. 3 (2010): 1036–46. <https://doi.org/10.3390/ijerph7031036>.
- Bakker, Iris, Theo van der Voordt, Peter Vink, und Jan de Boon. „Pleasure, Arousal, Dominance: Mehrabian and Russell revisited“. *Current Psychology* 33, Nr. 3 (1. September 2014): 405–21. <https://doi.org/10.1007/s12144-014-9219-4>.
- Bodden, Markus, und Torsten Belschner. „Principles of Active Sound Design for electric vehicles“. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, 6841–7829. Hamburg, Germany, 2016.
- Denjean, Sebastien, Vincent Roussarie, Richard Kronland-Martinet, Solvi Ystad, und Jean-Luc Velay. „How does interior car noise alter driver’s perception of motion? Multisensory integration in speed perception“. In *Acoustics 2012 Nantes*. Nantes, France, 2012. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00811257>.
- Genuit, Klaus, und ; André Fiebig. „Sound design of electric vehicles-Challenges and risks“. Melbourne, Australia, 2014.
- Gwak, Doo Young, Kiseop Yoon, Yeolwan Seong, und Soogab Lee. „Application of subharmonics for active sound design of electric vehicles“. *The Journal of the Acoustical Society of America* 136, Nr. 6 (1. Dezember 2014): EL391–97. <https://doi.org/10.1121/1.4898742>.
- Hammerschmidt, Jan, René Tünnermann, und Thomas Hermann. „EcoSonic: Auditory Displays Supporting Fuel-Efficient Driving“. In *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational*, 979–82. Helsinki Finland: ACM, 2014. <https://doi.org/10.1145/2639189.2670255>.
- Hermann, Thomas. „Sonifikation hochdimensionaler Daten“. In *Sound Studies*, herausgegeben von Georg Spehr, 1. Aufl., 2:65–86. Bielefeld, Germany: transcript Verlag, 2009. <https://doi.org/10.14361/9783839411681-004>.
- Horswill, Mark S., und Annaliese M. Plooy. „Auditory feedback influences perceived driving speeds“. *Perception* 37, Nr. 7 (2008): 1037–43. <https://doi.org/10.1068/p5736>.
- Karle, Anton. *Elektromobilität: Grundlagen und Praxis*. 6., Aktualisierte und Erweiterte Auflage. München: Hanser, 2022.
- Küppers, Thomas, und Jan-Welm Biermann. „Zielgeräuschentwicklung von Elektrofahrzeugen“. In *DAGA 2011 - Düsseldorf*, 127–28. Düsseldorf, Germany, 2011. <http://crca.ucsd.edu/~msp/techniques.htm>.
- Lehmann, Andreas C., und Reinhard Kopiez. *Handbuch Musikpsychologie*. 1. Auflage. Bern: Hogrefe, 2018.
- Lennström, David, Anders Ågren, und Arne Nykänen. „Sound Quality Evaluation of Electric Cars – Preferences and Influence of the Test Environment“, 94–100. Aachen, Germany, 2011.

- Maiberger, David, Ewald Strasser, Uwe Letens, und Steven van de Par. „Field versus lab: Situational influences on vehicle sound assessment“. *Acta Acustica united with Acustica* 105, Nr. 2 (1. März 2019): 401–11. <https://doi.org/10.3813/AAA.919323>.
- Merat, Natasha, und Hamish Jamson. „A Driving Simulator Study to Examine the Role of Vehicle Acoustics on Drivers' Speed Perception ZWEITES“. In *Proceedings of the 6th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design: Driving Assessment 2011*, 226–32. Olympic Valley-Lake Tahoe, California, USA: University of Iowa, 2011. <https://doi.org/10.17077/drivingassessment.1401>.
- Meschtscherjakov, Alexander, David Wilfinger, Thomas Scherndl, und Manfred Tscheligi. „Acceptance of Future Persuasive In-Car Interfaces towards a More Economic Driving Behaviour“. In *Proceedings of the 1st International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 81–88. Essen Germany: ACM, 2009. <https://doi.org/10.1145/1620509.1620526>.
- Mishra, Prabhaker, Chandra M. Pandey, Uttam Singh, Anshul Gupta, Chinmoy Sahu, und Amit Keshri. „Descriptive statistics and normality tests for statistical data“. *Annals of Cardiac Anaesthesia* 22, Nr. 1 (1. Januar 2019): 67–72. https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18.
- Siwiak, Diana, und Frankie James. „Designing Interiour Audio Cues for Hybrid and Electric Vehicles“. In *Proceedings of the AES International Conference*. Dearborn, Michigan, USA, 2009. <http://windowsvistablog.com/blogs/windowsvista/archive/2008/>.
- Sontacchi, Alois, Matthias Frank, und Robert Höldrich. „In-car Active Sound Generation for enhanced feedback in vehicles with combustion engines or electric engines.“ Graz, Austria, 2015. <http://comet-asd.at/>.
- Sontacchi, Alois, Matthias Frank, Franz Zotter, Christian Kranzler, und Stephan Brandl. „Sound optimization for downsized engines“. In *SAE Technical Papers*, Bd. 2014-June. SAE International, 2014. <https://doi.org/10.4271/2014-01-2040>.
- Verbeek, Peter-Paul. „Ambient Intelligence and Persuasive Technology: The Blurring Boundaries Between Human and Technology“. *Nanoethics* 3, Nr. 3 (Dezember 2009): 231–42. <https://doi.org/10.1007/s11569-009-0077-8>.
- Whalen, John. „Persuasive Design: Putting It to Use“. *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology* 37, Nr. 6 (August 2011): 16–21. <https://doi.org/10.1002/bult.2011.1720370607>.
- Zeller, Peter. *Handbuch Fahrzeugakustik: Grundlagen, Auslegung, Berechnung, Versuch*. 2., Überarbeitete Auflage. ATZ/MTZ-Fachbuch. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2012. <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-8657-6>.
- Zwaag, Marjolein D. van der, Joyce H.D.M. Westerink, und Egon L. van den Broek. „Emotional and psychophysiological responses to tempo, mode, and percussiveness“. *Musicae Scientiae* 15, Nr. 2 (Juli 2011): 250–69. <https://doi.org/10.1177/1029864911403364>.

Onlinequellen

Lärmpflicht für E-Autos", ÖAMTC, zuletzt aufgerufen am: 10.01.2025, <https://www.oeamtc.at/thema/vorschriften-straften/laermpflicht-fuer-e-autos-32515117>.

„Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring“, Ruhr Uni Bochum, zuletzt aufgerufen am: 12.12.2025, <https://methodenzentrum.ruhr-uni-bochum.de/e-learning/qualitative-auswertungsmethoden/qualitative-inhaltsanalyse/qualitative-inhaltsanalyse-nach-mayring/>.

"Tipps zum spritsparenden Fahren", ÖAMTC, zuletzt aufgerufen am: 08.01.2025, <https://www.oeamtc.at/thema/techniktipps/tipps-zum-spritsparenden-fahren-16185736>.

Anhang

Videodokumentation Experiment 2: <https://phaidra.kug.ac.at/o:135538>

Daten Experiment 1

Allgemeine Informationen

| Proband*in Nr | Alter | Geschlecht | Besitzen Sie einen Führerschein? | Wie oft fahren Sie Auto? | Fahren Sie ein E-Auto? |
|---------------|-------|------------|----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| 1 | 30-39 | männlich | ja | seltener | Manchmal |
| 2 | 40-49 | weiblich | ja | einmal pro Woche | Manchmal |
| 3 | 40-49 | männlich | ja | einmal pro Woche | Manchmal |
| 4 | 18-29 | weiblich | ja | einmal pro Monat | Nie |
| 5 | 18-29 | weiblich | ja | mehrmals wöchentlich | Nie |
| 6 | 18-29 | männlich | ja | einmal pro Monat | Nie |
| 7 | 18-29 | weiblich | ja | mehrmals wöchentlich | Manchmal |
| 8 | 30-39 | männlich | ja | einmal pro Woche | Nie |
| 9 | 50-59 | weiblich | ja | mehrmals wöchentlich | Nie |
| 10 | 50-59 | weiblich | ja | mehrmals wöchentlich | Nie |
| 11 | 50-59 | männlich | ja | mehrmals wöchentlich | Nie |
| 12 | 50-59 | weiblich | ja | mehrmals wöchentlich | Nie |
| 13 | 18-29 | männlich | ja | einmal pro Monat | Manchmal |
| 14 | 18-29 | weiblich | ja | seltener | Nie |
| 15 | 18-29 | weiblich | ja | einmal pro Woche | Nie |
| 16 | 18-29 | weiblich | ja | seltener | Manchmal |
| 17 | 30-39 | männlich | ja | einmal pro Monat | Nie |
| 18 | 18-29 | weiblich | ja | seltener | Manchmal |
| 19 | 18-29 | weiblich | ja | seltener | Häufig |
| 20 | 18-29 | männlich | ja | mehrmals wöchentlich | Nie |
| 21 | 30-39 | weiblich | ja | mehrmals wöchentlich | Nie |
| 22 | 18-29 | männlich | ja | einmal pro Monat | Nie |
| 23 | 18-29 | männlich | ja | seltener | Nie |
| 24 | 30-39 | männlich | ja | einmal pro Monat | Manchmal |
| 25 | 18-29 | männlich | ja | seltener | Manchmal |
| 26 | 18-29 | männlich | ja | einmal pro Woche | Manchmal |

Klang 1

| unangenehm angenehm | leise/laut | fein/rau | ruhig dynamisch | scharf dumpf | kräftig schwach | Wie gut gefällt Ihnen der Klang? | Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung? | Wie wirkt der Klang auf Sie? | Wie gut passt der Klang zum Autofahren? |
|------------------------|------------|----------|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|--|
| 1 | 3 | 7 | 4 | 3 | 5 | 1 | 5 | 1 | 2 |
| 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 5 |
| 2 | 5 | 6 | 4 | 5 | 7 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 1 | 7 | 7 | 4 | 6 | 6 | 2 | 5 | 3 | 1 |
| 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 4 | 5 | 7 |
| 3 | 3 | 6 | 5 | 6 | 4 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5 | 5 | 6 | 4 | 6 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 6 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 | 5 |
| 7 | 6 | 4 | 3 | 3 | 2 | 7 | 5 | 4 | 7 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 4 | 7 | 7 | 6 | 7 | 7 |
| 6 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 5 | 3 | 4 | 4 |
| 5 | 4 | 5 | 4 | 6 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| 3 | 5 | 7 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| 3 | 5 | 5 | 4 | 5 | 6 | 3 | 2 | 5 | 5 |
| 2 | 4 | 6 | 4 | 5 | 5 | 2 | 6 | 2 | 6 |
| 1 | 1 | 7 | 5 | 5 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| 2 | 6 | 5 | 5 | 4 | 5 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 2 | 3 | 5 | 3 | 7 | 6 | 1 | 2 | 6 | 1 |
| 2 | 7 | 7 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 3 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 2 | 6 | 6 | 4 | 6 | 7 | 1 | 5 | 1 | 2 |
| 3 | 3 | 6 | 5 | 5 | 5 | 2 | 3 | 3 | 7 |
| 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 5 | 6 |

| Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit? | Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Motorbelastung? | Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? | Warum bzw. warum nicht? | Woran erinnert Sie der Klang? |
|---|--|---|---|--|
| Nein | Nein | Nein | Es klingt als hätte der Motor Probleme. | An einen stotternden Motor. |
| Ja | Ja | Vielleicht | Etwas zu monoton und blechern, aber angenehm | An einen verbrenner |
| Nein | Nein | Nein | Zu unsportlich | An einen alten schwachen Motor |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | unangenehm, störend | Traktor |
| Ja | Ja | Ja | Klingt sehr adäquat | Auto |
| Nein | Nein | Nein | Nervig | Kleiner Traktor |
| Vielleicht | Vielleicht | Vielleicht | Ich mag Traktoren. Aber es ist auch irgendwie laut | Traktor |
| Ja | Ja | Ja | Am ehesten vergleichbar mit bekannten Geräuschen aus Verb | Verbrenner-Autos |
| Ja | Nein | Vielleicht | Geht eher | Keine Angabe |
| Ja | Ja | Ja | Ist realitätsnah | An ein "richtiges" Auto |
| Nein | Nein | Ja | Sehr angenehm | Weiß nicht |
| Ja | Ja | Ja | Eher Klang eines normalen Autos | Normales Auto |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | Unpassend für gewöhnliche Autos, klingt zu sehr nach schwere | LKW, schweres Gerät, Bus |
| Ja | Ja | Nein | Zu intensiv | Traktor |
| Nein | Nein | Nein | Klingt wie ein Traktor | Traktor |
| Ja | Ja | Nein | Klingt nach einem alten Motor und der Klang passt nicht zum F | Klingt mehr nach einem LKW |
| Ja | Nein | Nein | unangenehmes Geräusch | Dieselmotor |
| Nein | Nein | Nein | Klingt als wär was kaputt am Auto | Kaputtes Auto |
| Nein | Ja | Nein | Zu ratternd und laut | Traktor |
| Vielleicht | Nein | Nein | Vermittelt einen falschen Eindruck. | Traktor |
| Nein | Vielleicht | Nein | klingt wie ein Traktor | siehe oben |
| Ja | Vielleicht | Vielleicht | Kommt dem Autogeräusch schon nah ran | Einstehendes Auto in der Kälte |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | Der Klang passt nicht so gut zu der Größe des Autos. | An ein großes Fahrzeug (z. B. LKW) eher äl |
| Nein | Nein | Nein | Sehr unruhig | Traktor |
| Ja | Vielleicht | Nein | klingt etwas "schrottig" | an einen motor |
| Ja | Ja | Nein | Weil es cool ist vom Klang eines Verbrenners wegzukommen | Verbrennermotor |

Klang 2

| unangenehm angenehm | leise/laut | fein/rau | ruhig dynamisch | scharf dumpf | kräftig schwach | Wie gut gefällt Ihnen der Klang? | Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung? | Wie wirkt der Klang auf Sie? | Wie gut passt der Klang zum Autofahren? |
|------------------------|------------|----------|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|--|
| 6 | 3 | 2 | 3 | 6 | 3 | 6 | 4 | 5 | 5 |
| 6 | 2 | 2 | 3 | 6 | 7 | 6 | 3 | 6 | 6 |
| 5 | 3 | 2 | 5 | 2 | 3 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| 5 | 4 | 2 | 3 | 6 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 |
| 6 | 3 | 1 | 2 | 5 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 5 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 4 |
| 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| 4 | 3 | 5 | 3 | 6 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 6 | 2 | 1 | 2 | 5 | 4 | 6 | 4 | 6 | 6 |
| 5 | 4 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| 6 | 2 | 3 | 2 | 4 | 5 | 4 | 3 | 7 | 5 |
| 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| 5 | 4 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 |
| 3 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 4 |
| 6 | 4 | 1 | 1 | 3 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 5 | 3 | 5 | 3 | 2 | 5 | 4 | 5 | 6 |
| 6 | 4 | 2 | 6 | 6 | 5 | 3 | 2 | 6 | 4 |
| 6 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 5 | 4 | 3 | 6 |
| 6 | 4 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 6 |
| 6 | 2 | 2 | 1 | 4 | 3 | 5 | 4 | 6 | 5 |
| 6 | 5 | 1 | 1 | 3 | 2 | 6 | 5 | 4 | 6 |
| 6 | 2 | 2 | 2 | 3 | 5 | 5 | 3 | 6 | 4 |
| 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 6 | 1 | 2 | 2 | 6 | 4 | 7 | 4 | 6 | 6 |

| Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit? | Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Motorbelastung? | Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? | Warum bzw. warum nicht? | Woran erinnert Sie der Klang? |
|---|--|---|---|-------------------------------|
| Ja | Ja | Ja | Finde ihn angenehm als Hintergrundgeräusch | An ein Raumschiff |
| Vielleicht | Vielleicht | Ja | Ich mag das Fahrerlebnis | An ein summen |
| Nein | Ja | Vielleicht | Ich mag bei Elektroautos einen futuristischen | Energie |
| Ja | Ja | Ja | nicht allzu aufrgend | Autofahren |
| Ja | Vielleicht | Ja | Angenehm und passend zur Geschwindigkeit | Autoscooter |
| Ja | Nein | Nein | Zu künstlich, blechern | "Ufo geräusch" |
| Ja | Vielleicht | Nein | Monoton störend | Dröhnen |
| Vielleicht | Vielleicht | Vielleicht | - | - |
| Ja | Nein | Vielleicht | Angenehmer klang | Autofahren |
| Ja | Ja | Vielleicht | Klingt nach Auto | ... |
| Ja | Ja | Ja | Angenehmer klang | Weiß nicht |
| Ja | Vielleicht | Vielleicht | Geräusch wie eine fahrende trambahn | Trambahn |
| Ja | Ja | Vielleicht | Ist eher ein nicht nerviges Nebengeräusch, d | E-Roller |
| Ja | Nein | Nein | Zu hoch | Weiß nicht |
| Vielleicht | Vielleicht | Vielleicht | Klingt dynamischer und futuristischer | An ein E Auto |
| Ja | Ja | Vielleicht | Das Geräusch wird unterbewusst wahrgenom | Moderne Technik |
| Nein | Nein | Nein | klingt etwas unangenehm | hochdrehender Benzinmotor |
| Ja | Vielleicht | Ja | Ist immer noch bisschen hochfrequent, aber i | Nasaler Sound |
| Ja | Ja | Ja | Angenehm, nicht störend, spiegelt die Beschl | Surren |
| Ja | Vielleicht | Vielleicht | Unaufdringlich | An ein vorbeifahrendes E-Auto |
| Ja | Ja | Ja | angenehm | an ein e-auto, raumschiff |
| Nein | Nein | Vielleicht | Sehr künstlich | K.A. |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | Im ersten Teil des Videos hat der Klang recht | an einen relativ leisen Zug |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | Zu schwerfällig | Schwerere Maschinen als Auto |
| Nein | Ja | Nein | weil er beim schnellen fahren nicht laut war | an einen tesla |
| Vielleicht | Vielleicht | Ja | Zwar angenehm, dass bei hoher Geschwindig | Elektronisches Fortbewegung |

Klang 3

| unangenehm angenehm | leise/laut | fein/rau | ruhig dynamisch | scharf dumpf | kräftig schwach | Wie gut gefällt Ihnen der Klang? | Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung? | Wie wirkt der Klang auf Sie? | Wie gut passt der Klang zum Autofahren? |
|------------------------|------------|----------|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|--|
| 1 | 4 | 5 | 4 | 2 | 6 | 2 | 6 | 1 | 1 |
| 2 | 5 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 |
| 1 | 7 | 5 | 5 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| 2 | 6 | 5 | 5 | 2 | 3 | 2 | 5 | 2 | 4 |
| 2 | 3 | 5 | 4 | 3 | 6 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 2 | 4 | 3 | 4 | 5 | 6 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| 1 | 7 | 6 | 5 | 3 | 5 | 1 | 5 | 1 | 3 |
| 2 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 1 | 5 | 4 | 4 | 3 | 5 | 1 | 4 | 1 | 2 |
| 1 | 5 | 3 | 4 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 3 | 5 | 3 | 5 | 7 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 2 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2 |
| 1 | 5 | 1 | 4 | 2 | 3 | 2 | 5 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 5 | 5 | 2 | 3 | 2 | 5 | 2 | 2 |
| 3 | 6 | 6 | 6 | 1 | 7 | 1 | 7 | 1 | 1 |
| 2 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 4 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 2 | 2 | 6 | 6 | 4 | 6 |
| 1 | 5 | 7 | 7 | 1 | 5 | 1 | 6 | 1 | 1 |
| 2 | 6 | 3 | 5 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 |
| 1 | 5 | 6 | 5 | 2 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 5 | 4 | 4 | 1 | 6 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| 5 | 3 | 2 | 3 | 3 | 6 | 4 | 3 | 6 | 2 |
| 3 | 6 | 5 | 5 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 1 | 6 | 7 | 4 | 2 | 6 | 2 | 5 | 2 | 1 |
| 5 | 4 | 2 | 2 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 6 |

| Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit? | Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Motorbelastung? | Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? | Warum bzw. warum nicht? | Woran erinnert Sie der Klang? |
|---|--|---|-------------------------------|---|
| Nein | Nein | Nein | Macht mich nervös | Sound-Installation |
| Ja | Nein | Nein | Der Ton ist unangenehm | An eine Maschine |
| Nein | Nein | Nein | Viel zu aufdringlich, selbst | Ein kaputter Föhn |
| Ja | Ja | Nein | störfaktor, stressig | Auto auf hochduren |
| Vielleicht | Ja | Nein | Klingt für mich nicht flüssig | Klingt eher wie eine riesige Mikrowelle |
| Nein | Nein | Nein | Zu nervig, aufreibend | Fabrikgeräusch |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | Der Klang ist ablenkend und | Kreischen |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | unangenehm | Blechdose |
| Ja | Nein | Nein | Ich finde den Klang unang | Keine Ahnung |
| Nein | Ja | Nein | Nerviger Klang | Staubsauger |
| Vielleicht | Nein | Nein | Zu monoton | Straßenbahn |
| Vielleicht | Nein | Nein | Unangenehmes Geräusch | Bohrer |
| Ja | Ja | Nein | Klingt zu sehr nach technis | Kraftwerk |
| Nein | Nein | Nein | Ablenkend | Nichts |
| Nein | Nein | Nein | Würde mich nervös machen | Kann ich nicht beantworten aber hab das Gefühl |
| Nein | Nein | Nein | Störgeräusch | Krankenhaus |
| Nein | Nein | Ja | klingsportlich spaßig | Turbinenraum |
| Nein | Nein | Nein | Extrem ekliger sägesound | Draculas auferstehen |
| Nein | Nein | Nein | Zu hoch und nervig | Tinnitus |
| Vielleicht | Nein | Nein | zu künstlich | Ein Ufo. |
| Nein | Nein | Nein | zu schrill, kann Motorbelas | schwierig... |
| Nein | Nein | Nein | Zu monoton | Keine konkrete Assoziation |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | Der Klang passt zu einem e | Ein kleines elektrisches Fahrzeug (vielleicht E M |
| Nein | Nein | Nein | Zu aufregend und zu nervig | Elektrische Spannung |
| Ja | Ja | Vielleicht | - | an einen e-motor |
| Ja | Ja | Nein | das durchgehende Geräus | Raumschiff mit durchgehenden Störgeräuschen |

Klang 4

| unangenehm angenehm | leise/laut | fein/rau | ruhig dynamisch | scharf dumpf | kräftig schwach | Wie gut gefällt Ihnen der Klang? | Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung? | Wie wirkt der Klang auf Sie? | Wie gut passt der Klang zum Autofahren? |
|------------------------|------------|----------|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|--|
| 6 | 5 | 2 | 3 | 6 | 2 | 6 | 6 | 2 | 5 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 3 | 6 | 3 | 6 | 6 |
| 5 | 7 | 2 | 7 | 3 | 1 | 4 | 5 | 2 | 6 |
| 2 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 5 | 2 | 5 |
| 6 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 7 | 4 | 6 | 5 |
| 6 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 6 | 5 | 6 | 5 |
| 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 |
| 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 5 | 2 | 2 |
| 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 2 |
| 6 | 5 | 6 | 3 | 5 | 2 | 2 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 5 | 2 | 5 | 1 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 |
| 6 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 6 | 5 | 4 | 6 |
| 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 5 | 2 | 3 |
| 3 | 2 | 3 | 2 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 6 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 6 | 5 | 4 | 6 |
| 3 | 4 | 2 | 2 | 3 | 5 | 2 | 6 | 2 | 5 |
| 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 5 |
| 5 | 6 | 2 | 6 | 6 | 2 | 5 | 5 | 3 | 6 |
| 5 | 3 | 2 | 2 | 5 | 5 | 3 | 2 | 5 | 2 |
| 7 | 5 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 5 | 4 | 7 |
| 4 | 5 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 |
| 3 | 4 | 5 | 4 | 7 | 5 | 3 | 1 | 4 | 3 |
| 3 | 4 | 6 | 4 | 5 | 6 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| 2 | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 5 | 4 | 3 |
| 6 | 3 | 2 | 2 | 6 | 2 | 5 | 2 | 5 | 6 |

| Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit? | Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Motorbelastung? | Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? | Warum bzw. warum nicht | Woran erinnert Sie der Klang? |
|---|--|---|-----------------------------|---|
| Ja | Nein | Vielleicht | Klingt ein bisschen dramati | Soundtrack, Dune oder so. |
| Ja | Nein | Ja | Es ist ein angenehmer Klar | Kann ich nicht sagen |
| Ja | Ja | Vielleicht | Wäre vermutlich auf länger | Ein Fahrgeschäft auf dem Oktoberfest |
| Ja | Vielleicht | Nein | anstrengend, eigenartig | haushaltsgerät (vlt Mixer) |
| Vielleicht | Vielleicht | Ja | Wirkt adequat und ruhig zu | Klassisches E Auto |
| Ja | Ja | Ja | Sehr angenehm | An ein ruhiges auto |
| Vielleicht | Vielleicht | Vielleicht | Schon dröhnend aber auch | Reise in eine andere Galaxy |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | - | Raumschiff |
| Vielleicht | Nein | Nein | Unangenehm | Keine Angabe |
| Ja | Ja | Ja | Sehr angenehm | ... |
| Ja | Ja | Nein | Zu hohe Frequenz | S Bahn |
| Ja | Ja | Vielleicht | Zu maschinell | Maishäcksler etwas weiter entfernt fahr |
| Ja | Ja | Ja | Angenehme Tonhöhe, kein | E-Auto |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | Zu hoch und wirkt ablenker | Nichts spezifisches |
| Ja | Vielleicht | Vielleicht | Gefällt mir besser, hat gef | Irgendwie an einen Zug |
| Ja | Ja | Vielleicht | Klingt leicht düstern, aber | heimlichvolle Musik |
| Nein | Nein | Nein | Verursacht stressgeföhle | Raumschiff, Elektromotor |
| Nein | Vielleicht | Nein | Pulsierendes/ Scheingelde | Ufo-Boot |
| Nein | Ja | Vielleicht | Auf Dauer könnte er mir au | Getuntes Auto |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | Zu eintönig, Dauerton. | Straßenbahn |
| Ja | Ja | Ja | Sound klingt positiv. Gesch | Klangschalen. Was beruhigendes |
| Ja | Ja | Nein | Gibt bessere | Flugzeuggeräusche, leiser elektrische |
| Nein | Vielleicht | Nein | Etwas zu wenig Feedback | ein Gebläse |
| Nein | Vielleicht | Nein | Zu Futuristisch | UFO |
| Ja | Ja | Nein | weil zu nervig | an eine Mücke |
| Ja | Ja | Ja | Der durchgehende sphäris | Meditations Klänge |

Klang 5

| unangenehm angenehm | leise/laut | fein/rau | ruhig dynamisch | scharf dumpf | kräftig schwach | Wie gut gefällt Ihnen der Klang? | Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung? | Wie wirkt der Klang auf Sie? | Wie gut passt der Klang zum Autofahren? |
|------------------------|------------|----------|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|--|
| 2 | 6 | 5 | 5 | 3 | 5 | 2 | 5 | 2 | 3 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 6 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 7 | 2 | 5 | 2 | 1 | 3 | 4 | 1 | 3 |
| 2 | 6 | 2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 5 | 2 | 7 |
| 5 | 5 | 4 | 6 | 3 | 2 | 5 | 6 | 2 | 5 |
| 3 | 5 | 1 | 3 | 2 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 |
| 1 | 7 | 3 | 4 | 1 | 4 | 2 | 7 | 1 | 1 |
| 3 | 6 | 2 | 4 | 1 | 4 | 1 | 6 | 1 | 1 |
| 1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 6 | 1 | 1 |
| 2 | 6 | 2 | 5 | 2 | 2 | 3 | 6 | 2 | 2 |
| 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 6 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 6 | 2 | 4 |
| 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 6 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 6 | 5 | 4 | 4 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 6 | 4 | 6 | 6 |
| 5 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 6 | 5 | 3 | 6 |
| 3 | 6 | 3 | 6 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 6 |
| 2 | 6 | 2 | 6 | 1 | 2 | 2 | 6 | 1 | 3 |
| 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 2 | 7 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 5 | 2 | 3 |
| 6 | 2 | 2 | 5 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 4 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| 2 | 6 | 3 | 6 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 6 |

| Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit? | Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Motorbelastung? | Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? | Warum bzw. warum nicht? | Woran erinnert Sie der Klang? |
|---|--|---|--|---|
| Ja | Ja | Nein | Unangenehm, zu aufdringlich, zu hoch | Ein Moped |
| Ja | Ja | Ja | Es passt gut zu einem e-Auto und ist angenehm | An eine Maschine |
| Ja | Ja | Nein | Viel zu aufdringlich | Einen Staubsauger |
| Ja | Ja | Nein | aufdringlich | sportauto |
| Ja | Ja | Nein | Zu aufregend | Sportwagen |
| Ja | Nein | Vielleicht | Fast zu futuristisch | An töne in zukunftsfilmen |
| Nein | Vielleicht | Nein | Zu hoch und laut. | Warnsignal |
| Nein | Nein | Nein | Zu schrill | Staubsauger |
| Ja | Nein | Nein | Unangenehm | Keine Angabe |
| Ja | Ja | Nein | Auf Dauer nervig | ... |
| Ja | Ja | Vielleicht | Ist angenehm Frequenz etwas zu hoch | Keine Ahnung |
| Ja | Ja | Nein | Nervig | Trambahn |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | Viel zu hochtönig und damit nervend | Mechanischer Seilzug |
| Ja | Vielleicht | Nein | Zu hoch | Nichts |
| Ja | Vielleicht | Vielleicht | Am Ende war er so hoch der Ton | Mixer |
| Ja | Ja | Ja | angenehmes Hintergrundgeräusch | moderne Technologie, geschmeidige Abläufe |
| Ja | Ja | Ja | aufregend aber angenehm | musikalisch |
| Ja | Ja | Nein | Zu hochfrequente beim schnelleren fahren | Bienen-Königin |
| Ja | Ja | Nein | Viel zu aufdringlich und störend | Eine Sirene |
| Ja | Vielleicht | Nein | Klingt zu sehr nach einer heulenden Sirene. | Outer Space. |
| Ja | Vielleicht | Nein | klingt sehr schrill | kA |
| Ja | Ja | Nein | Zu schrill | An Elektroautos |
| Ja | Ja | Nein | Zwar passendes Feedback zu Geschwindigkeit und Mot | An einen sehr leisen Zug. |
| Vielleicht | Ja | Vielleicht | Erinnert mich eher ans Auto fahren | Renault zoe |
| Ja | Ja | Nein | zu laut und unangenehm | An ein Raumschiff |
| Ja | Ja | Vielleicht | sehr auffällig und dadurch etwas unangenehm | space shuttle |

Klang 6

| unangenehm angenehm | leise/laut | fein/rau | ruhig dynamisch | scharf dumpf | kräftig schwach | Wie gut gefällt Ihnen der Klang? | Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung? | Wie wirkt der Klang auf Sie? | Wie gut passt der Klang zum Autofahren? |
|------------------------|------------|----------|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|--|
| 3 | 6 | 3 | 5 | 5 | 6 | 3 | 6 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 6 | 4 | 5 | 6 |
| 3 | 5 | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 |
| 4 | 4 | 5 | 3 | 5 | 1 | 4 | 5 | 3 | 6 |
| 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 | 2 | 4 |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 |
| 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 5 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 |
| 6 | 4 | 4 | 2 | 5 | 2 | 2 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 6 | 6 | 4 | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 | 3 |
| 3 | 5 | 4 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 4 |
| 5 | 2 | 2 | 6 | 6 | 2 | 6 | 4 | 6 | 6 |
| 3 | 2 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 |
| 2 | 6 | 6 | 6 | 5 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 |
| 3 | 4 | 2 | 3 | 5 | 5 | 2 | 4 | 2 | 4 |
| 5 | 3 | 2 | 1 | 6 | 6 | 6 | 4 | 6 | 5 |
| 6 | 5 | 2 | 6 | 5 | 2 | 5 | 5 | 3 | 5 |
| 2 | 3 | 4 | 6 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 5 | 6 | 6 | 6 | 4 | 2 | 7 | 2 | 4 |
| 3 | 5 | 6 | 5 | 5 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 5 | 2 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | 6 | 3 |
| 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 | 6 | 6 | 5 | 6 |

| Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit? | Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Motorbelastung? | Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? | Warum bzw. warum nicht? | Woran erinnert Sie der Klang? |
|---|--|---|---|---------------------------------|
| Ja | Nein | Nein | Zu wild | An ein Action Drama oder an |
| Ja | Vielleicht | Vielleicht | Klingt angenehm aber wie ein Flugzeug | Propellor |
| Ja | Ja | Vielleicht | Auf Dauer zu aufdringlich | Flugzeug, Motorboot |
| Ja | Ja | Vielleicht | wäre nicht unangenehm | Flugzeug |
| Ja | Ja | Nein | Zu unruhig | Waschmaschine im Schleuder |
| Ja | Ja | Nein | Zu dominant | Surren von insektenschwärme |
| Ja | Ja | Vielleicht | Ist abwechslungsreich, könnte mir vorstellen, dass er | Filmmusik wenn gleich was gr |
| Vielleicht | Vielleicht | Vielleicht | - | - |
| Ja | Nein | Nein | Unangenehm | Achterbahn |
| Ja | Ja | Vielleicht | Ist angenehm | ... |
| Ja | Ja | Nein | Klingt sehr Rau | An ein Flugzeug |
| Ja | Ja | Nein | Nicht typisch Auto | Kleinflugzeuge mit Fernbedier |
| Vielleicht | Vielleicht | Nein | Klingt nach Autorennen weiter weg / leiser, hat dadur | Autorennen etwas entfernter |
| Ja | Vielleicht | Ja | Angenehm und strengt nicht an | Nichts spezifisches |
| Ja | Vielleicht | Vielleicht | Erinnert mich auch irgendwie an ein Flugzeug | Flugzeug |
| Nein | Nein | Nein | Zu dustern | Spannende Filmszenen |
| Ja | Nein | Ja | klingt harmonisch | Elektromotor |
| Ja | Vielleicht | Ja | Nicht so aufdringlich, angenehmer | Bären Meditation |
| Ja | Ja | Vielleicht | Ist angenehmer, spielt mit der Geschwindigkeit/Besch | Elektromusik |
| Ja | Ja | Nein | Straßenlärm ohnehin schon laut genug | Rennauto, Flugzeug |
| Ja | Ja | Nein | der Klang ist sehr gruselig. Unbehagen kommt auf. | Posaune, Propeller, Industrier |
| Vielleicht | Ja | Nein | Unangenehm | Entferntes Sägen |
| Ja | Ja | Nein | Klingt auch eher wenig wie ein Auto. | Schwierig zu sagen, er wirkt je |
| Ja | Nein | Nein | Zu leise | Flugzeug |
| Ja | Vielleicht | Ja | ruhiger | spannender film |
| Ja | Ja | Vielleicht | Weniger Sound beim stehen und generell etwas zu au | An den Sound von Flugzeuge |

Klang 7

| unangenehm angenehm | leise/laut | fein/rau | ruhig dynamisch | scharf dumpf | kräftig schwach | Wie gut gefällt Ihnen der Klang? | Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung? | Wie wirkt der Klang auf Sie? | Wie gut passt der Klang zum Autofahren? |
|------------------------|------------|----------|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|--|
| 4 | 5 | 3 | 3 | 6 | 3 | 5 | 6 | 3 | 5 |
| 2 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 2 | 6 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5 | 3 |
| 2 | 6 | 6 | 6 | 2 | 1 | 3 | 6 | 2 | 3 |
| 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 3 | 4 |
| 4 | 3 | 1 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| 2 | 6 | 5 | 6 | 3 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 |
| 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 1 |
| 4 | 6 | 6 | 6 | 5 | 2 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | 4 | 6 | 5 | 5 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 2 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 2 | 6 | 2 | 4 |
| 3 | 6 | 5 | 6 | 3 | 1 | 2 | 6 | 2 | 6 |
| 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 3 | 5 | 2 | 5 |
| 3 | 4 | 2 | 5 | 3 | 6 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| 1 | 6 | 5 | 5 | 6 | 2 | 2 | 6 | 1 | 2 |
| 2 | 4 | 3 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 3 | 2 |
| 5 | 3 | 5 | 5 | 3 | 3 | 4 | 3 | 6 | 6 |
| 5 | 5 | 3 | 7 | 5 | 1 | 5 | 6 | 3 | 6 |
| 1 | 6 | 6 | 7 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 |
| 5 | 6 | 6 | 7 | 4 | 5 | 5 | 7 | 3 | 5 |
| 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 6 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 |
| 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 3 | 6 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 2 | 5 |

| Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Geschwindigkeit? | Hilft Ihnen der Klang beim Einschätzen der Motorbelastung? | Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? | Warum bzw. warum nicht? | Woran erinnert Sie der Klang? |
|---|--|---|--|--------------------------------|
| Ja | Ja | Vielleicht | Finde es spannend, aber auch sehr einnehmend. | Filmmusik. Dramatische Szenen |
| Ja | Vielleicht | Nein | Klingt düster | Propellor |
| Ja | Ja | Vielleicht | Zu aufdringlich | Einen Bienenschwarm |
| Ja | Ja | Nein | könnte mich schwer daran gewöhnen | Moped, Flugzeug in Ferne |
| Ja | Ja | Nein | Zu aufgereggt | Formel 1 |
| Nein | Ja | Nein | Nervig | Insektenschwärme |
| Ja | Vielleicht | Vielleicht | Dezent. Monoton. Modern. | Moderner, beschleunigender |
| Nein | Nein | Nein | Zu unangenehm | Sportwagen |
| Ja | Nein | Nein | Unangenehm | S-Bahn |
| Ja | Ja | Vielleicht | Zu laut | Rennauto |
| Ja | Ja | Nein | Etwas laut | Keine Ahnung |
| Ja | Ja | Nein | Nervend | Elektr. rasenmäher |
| Ja | Ja | Nein | Klingt zu sehr nach Autorennen und proletenhaft | Autorennen |
| Ja | Vielleicht | Nein | Anstrengend | Videospiel |
| Nein | Nein | Nein | Klingt meiner Meinung nach wie ein Flugzeug | Aja. Flugzeug |
| Nein | Nein | Nein | Zu dramatisch, kein entspanntes Fahrgefühl | Gruseliger Film, kurz bevor et |
| Ja | Ja | Nein | zu intensief, aufregend | Propellerflugzeug (eher so 2. |
| Ja | Ja | Nein | Schwingt so beim schnellen fahren | Drone |
| Ja | Ja | Nein | Zu prallig, zu sehr mit Motorengeräuschen gespielt | Getunttes Auto zum Angeben |
| Ja | Vielleicht | Nein | Zu scharf. | Motorrad |
| Ja | Vielleicht | Vielleicht | klingt sehr sportlich. hängt vom Automodell ab, aber | Motorrad, Rennstrecke |
| Ja | Vielleicht | Nein | Unpassend fürs Auto | Entferntes Flugzeug |
| Ja | Ja | Nein | Eher aufdringlich, nach langer Fahrt eventuell etw | An ein kleines Flugzeug |
| Ja | Vielleicht | Nein | Wenig varianz | Flugzeug mit rotor |
| Nein | Vielleicht | Nein | zu dominant | Horrorfilm Soundtrack |
| Nein | Nein | Nein | Der Klang war nicht an die Geschwindigkeit gekoppelt | An Autos die an einem vorbei |

Daten Experiment 2

Allgemeine Informationen

| Proband*in Nr. | Alter | Geschlecht | Besitzen Sie einen Führerschein? | Wie authentisch empfinden Sie das Fahrgefühl in diesem Versuchs-Setup? | | Wie oft fahren Sie Auto? | Fahren Sie ein E-Auto? | Probefahrt Verbrauch | Probefahrt Zeit |
|----------------|-------|------------|----------------------------------|--|--|--------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|
| | | | | | | | | | |
| 1 | 18-29 | männlich | ja | | | einmal pro Woche | Häufig | 24 | 00:04:39 |
| 2 | 18-29 | männlich | ja | | | 5 seltener | Nie | 66,2 | 00:04:28 |
| 3 | 18-29 | weiblich | ja | | | 2 einmal pro Monat | Manchmal | 54,4 | 00:05:27 |
| 4 | 18-29 | männlich | ja | | | 2 mehrmals wöchentlich | Häufig | 8,4 | 00:04:29 |
| 5 | 18-29 | männlich | ja | | | 5 seltener | Nie | 41,4 | 00:04:31 |
| 6 | 18-29 | weiblich | ja | | | 7 einmal pro Woche | Nie | | |
| 7 | 18-29 | weiblich | ja | | | 5 seltener | Nie | 53,2 | |
| 8 | 18-29 | weiblich | ja | | | 5 seltener | Häufig | 50 | 00:04:09 |
| 9 | 18-29 | männlich | ja | | | 5 einmal pro Monat | Nie | 42 | 00:04:39 |
| 10 | 18-29 | männlich | ja | | | 4 einmal pro Monat | Manchmal | 63,8 | 00:03:56 |
| 11 | 30-39 | männlich | ja | | | 5 einmal pro Woche | Nie | 64,5 | 00:04:34 |
| 12 | 18-29 | männlich | ja | | | 3 einmal pro Monat | Nie | 52,6 | 00:04:15 |
| 13 | 18-29 | männlich | ja | | | 3 seltener | Nie | 64,3 | 00:04:42 |
| 14 | 30-39 | männlich | ja | | | 3 einmal pro Monat | Manchmal | 0 | 00:04:00 |
| 15 | 18-29 | weiblich | ja | | | 5 einmal pro Monat | Nie | 56,6 | 00:05:17 |

Klang 1

| Wie gut gefällt Ihnen der Klang? | Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung? | Wie wirkt der Klang auf Sie? | Wie gut passt der Klang zum Autofahren? | Wie gut hilft Ihnen der Klang Einschätzen der Geschwindigkeit? | Wurde Ihr Fahrstil von den verschiedenen Fahrklängen beeinflusst? | Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrergeräusch haben? | Warum bzw. warum nicht? | Verbrauch | Zeit |
|----------------------------------|--|------------------------------|---|--|---|---|---|-----------|----------|
| 3 | 6 | 2 | 7 | 7 | 5 | Nein | Anstrengender Ton auf Dauer. | 40,4 | 00:03:49 |
| 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | Nein | zu musikalisch | 65,3 | 00:03:57 |
| 1 | 7 | 1 | 2 | 3 | Nein | sehr nerviger klang | 67 | 00:04:19 | |
| 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | Ja | Relativ passen und angenehm beim Fahren | 20,1 | 00:03:29 |
| 6 | 5 | 3 | 6 | 6 | 4 | Ja | bis jetzt der angenehmste klang | 62,4 | 00:04:27 |
| 5 | 5 | 4 | 6 | 5 | 2 | Vielleicht | Der vorherige hat besser zu einem EV gepasst, dies | 71,5 | 00:04:10 |
| 5 | 4 | 4 | 5 | 7 | 6 | Vielleicht | tiefen Töne waren etwas unangenehmer | 72 | |
| 7 | 5 | 6 | 7 | 6 | 6 | Ja | Er ist angenehm im Hintergrund und spiegelt trotzde | 63,8 | 00:04:17 |
| 5 | 4 | 5 | 6 | 7 | 6 | Ja | angenehm und passend zum fahren | 34,2 | 00:03:47 |
| 5 | 4 | 5 | 6 | 6 | 5 | Vielleicht | wirkt so ungewohnt und darum irritierend | 71,3 | 00:04:07 |
| 6 | 4 | 6 | 7 | 6 | 5 | Ja | Der Klang war mich eine Mischung aus Raumschiff u | 29,6 | 00:03:29 |
| 5 | 4 | 5 | 6 | 4 | 3 | Ja | nicht so aufdringlich | 55 | 00:03:37 |
| 3 | 6 | 2 | 3 | 4 | 4 | Nein | Nervig | 63,1 | |
| 7 | 5 | 4 | 7 | 7 | 6 | Ja | Guter Klang, sportlich, realistisch für E-Car | 46,7 | 00:03:47 |
| 6 | 4 | 6 | 7 | 5 | 3 | Ja | wirkt nicht störend und ist ähnlich wie ich es kenn | 56,9 | 00:04:37 |

Klang 2

| Wie gut gefällt Ihnen der Klang? | Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung? | Wie wirkt der Klang auf Sie? | Wie gut passt der Klang zum Autofahren? | Wie gut hilft Ihnen der Klang Einschätzen der Geschwindigkeit? | Wurde Ihr Fahrstil von den verschiedenen Fahrklängen beeinflusst? | Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrergeräusch haben? | Warum bzw. warum nicht? | Verbrauch | Zeit |
|----------------------------------|--|------------------------------|---|--|---|---|---|-----------|----------|
| 5 | 6 | 4 | 4 | 4 | 6 | Nein | Wird mit der Zeit nervig und stört mein Fahrerlebnis | 52,1 | 00:04:05 |
| 5 | 6 | 4 | 4 | 4 | 5 | Vielleicht | nicht ganz so aufdringlich, aber etwas zu "aggressiv" | 49,7 | 00:03:50 |
| 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | Nein | zu aufdringlich hochfrequent | 73,1 | 00:05:05 |
| 4 | 5 | 4 | 3 | 5 | 5 | Vielleicht | Sehr ungewohnt | 1,9 | 00:03:28 |
| 3 | 5 | 2 | 5 | 6 | 4 | Nein | ich finde ihn bei langsamem fahren zu intensiv/störk | 64,6 | 00:04:31 |
| 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 1 | Ja | Bisschen spaceig aber kann ich mir trotzdem gut in | 68,3 | 00:03:56 |
| 5 | 4 | 6 | 6 | 5 | 2 | Ja | angenehm und gut zum konzentrieren | 71,8 | 00:04:39 |
| 3 | 6 | 2 | 3 | 4 | 4 | Nein | Ich finde ihn nervig und er passt für mich nicht so | 60,4 | 00:04:33 |
| 3 | 2 | 5 | 5 | 6 | 5 | Ja | angenehm zurückhaltend | 29,9 | 00:03:33 |
| 4 | 5 | 3 | 5 | 7 | 5 | Vielleicht | etwas zu aufdringlich, aber hat einen dazu animier | 62,5 | 00:04:07 |
| 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | Nein | Der Klang hat mich sehr stark an Luftzug oder Win | 14,9 | 00:03:42 |
| 3 | 4 | 2 | 4 | 5 | 5 | Vielleicht | kling spacig könnte auf dauer aber nervig werden | 60,4 | 00:03:42 |
| 5 | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 | Vielleicht | ein wenig zu laut und übertönend | 64,3 | 00:04:20 |
| 5 | 4 | 2 | 6 | 6 | 5 | Ja | Realistischer Klang für E Auto | 66,6 | 00:04:19 |
| 3 | 6 | 2 | 3 | 5 | 2 | Nein | hört sich nicht nach autofahren an | 69 | 00:04:35 |

Klang 3

| Wie gut gefällt Ihnen der Klang? | Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung? | Wie wirkt der Klang auf Sie? | Wie gut passt der Klang zum Autofahren? | Wie gut hilft Ihnen der Klang Einschätzen der Geschwindigkeit? | Wurde Ihr Fahrstil von den verschiedenen Fahrklängen beeinflusst? | Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? | Warum bzw. warum nicht? | Verbrauch | Zeit |
|----------------------------------|--|------------------------------|---|--|---|---|---|-----------|----------|
| 7 | 2 | 6 | 6 | 6 | 7 | 6 Ja | Nicht so schrill und angenehm im Hintergrund | 56,8 | 00:03:32 |
| 6 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 Ja | klingt ein bisschen nach einem Sportauto | 61,6 | 00:03:52 |
| 5 | 5 | 3 | 6 | 6 | 7 | 7 Vielleicht | wenn mensch schneller fährt als 60 sehr aufdringlich | 72 | 00:05:00 |
| 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 Vielleicht | Relativ angenehmer Ton aber zum Autofahren nicht | 23,3 | 00:03:30 |
| 6 | 2 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 Ja | angenehmer klang, dennoch mit feedback | 57,2 | 00:04:11 |
| 6 | 6 | 4 | 4 | 7 | 7 | 1 Ja | Klingt dynamischer, aber nicht aufdringlich. Passe | 73,4 | |
| 7 | 4 | 6 | 7 | 7 | 6 | 4 Ja | angenehm, man kann sich aufs fahren konzentriere | 68,7 | 00:04:11 |
| 6 | 5 | 3 | 7 | 7 | 6 | 6 Ja | Er hat meine Beschleunigung gut wiedergegeben und | 64,5 | 00:04:43 |
| 6 | 5 | 5 | 5 | 7 | 6 | 6 Ja | passend | 49,3 | 00:03:56 |
| 6 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 5 Vielleicht | Klingt gut und unaufdringlich, aber bissi laut kommts | 69,7 | 00:04:14 |
| 3 | 2 | 5 | 5 | 5 | 7 | 2 Vielleicht | Der Klang wirkte auf mich eher gedämpft oder abge | 37,7 | 00:03:20 |
| 5 | 4 | 5 | 6 | 6 | 3 | 3 Ja | war nicht so aufdringlich | 60,2 | 00:04:01 |
| 6 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 Vielleicht | Authentisch | 64,4 | 00:04:28 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 Vielleicht | Klingt wie ein Vacuum Cleaner, Könnte sportlicher si | 46,6 | 00:03:56 |
| 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 6 | 4 Nein | ablenkend | 62,8 | 00:05:17 |

Klang 4

| Wie gut gefällt Ihnen der Klang? | Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung? | Wie wirkt der Klang auf Sie? | Wie gut passt der Klang zum Autofahren? | Wie gut hilft Ihnen der Klang Einschätzen der Geschwindigkeit? | Wurde Ihr Fahrstil von den verschiedenen Fahrklängen beeinflusst? | Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? | Warum bzw. warum nicht? | Verbrauch | Zeit |
|----------------------------------|--|------------------------------|---|--|---|---|--|-----------|----------|
| 1 | 6 | 1 | 1 | 1 | 3 | 6 Nein | Sehr nervig | 52 | 00:03:28 |
| 3 | 4 | 1 | 3 | 3 | 7 | 7 Nein | zu aufdringlich | 67,6 | 00:04:28 |
| 2 | 6 | 2 | 1 | 1 | 5 | 7 Nein | schiefes gebimmel, klingt wie Eiswaagen | 73,6 | 00:04:51 |
| 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 Nein | Unpassend und wenig realistisch | 20,7 | 00:03:46 |
| 3 | 5 | 3 | 2 | 2 | 6 | 3 Nein | das klingelnde geräusch wäre mir auf dauer | 59,5 | 00:05:07 |
| 3 | 5 | 2 | 2 | 2 | 5 | 1 Nein | Zu klingelig | 73,9 | 00:04:37 |
| 3 | 5 | 2 | 2 | 2 | 6 | 6 Nein | Nervig | 71,7 | 00:04:14 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 Nein | Ich finde die Windspielgeräusche störend | 65,3 | 00:04:06 |
| 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 6 | 5 Nein | zu nervig | 60,6 | 00:04:06 |
| 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 7 | 5 Nein | Klang zu sehr wie ein Windspiel. | 70,2 | 00:04:23 |
| 3 | 5 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 Nein | Dieser Klang hat besonders bei niedrigen G | 36,5 | 00:03:40 |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 Nein | die Glocken waren nervig | 64 | 00:04:04 |
| 1 | 7 | 1 | 1 | 1 | 2 | 6 Nein | nervig ist kein Ausdruck mehr | 65 | |
| 6 | 5 | 4 | 4 | 4 | 6 | 5 Vielleicht | Musikalischer Klang, gute Einschätzung der | 44,4 | 00:03:48 |
| 7 | 6 | 5 | 6 | 6 | 7 | 2 Ja | Klang ist zurückhaltend und trotzdem melod | 65,1 | 00:04:40 |

Klang 5

| Wie gut gefällt Ihnen der Klang? | Wie beeinflusst der Klang Ihre Stimmung? | Wie wirkt der Klang auf Sie? | Wie gut passt der Klang zum Autofahren? | Wie gut hilft Ihnen der Klang Einschätzen der Geschwindigkeit? | Wurde Ihr Fahrstil von den verschiedenen Fahrklängen beeinflusst? | Würden Sie diesen Klang gerne als Fahrgeräusch haben? | Warum bzw. warum nicht? | Verbrauch | Zeit |
|----------------------------------|--|------------------------------|---|--|---|---|--|-----------|----------|
| 1 | 6 | 1 | 2 | 2 | 2 | 7 Nein | Viel zu hoch und nicht genug differenziert für | 43 | 00:03:38 |
| 3 | 7 | 1 | 2 | 2 | 5 | 7 Nein | zu viele Töne und anstrengend mit der Zeit | 35,1 | 00:03:34 |
| 1 | 7 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 Nein | grässlicher, schiefer, Glockenklang, besonder | 61,6 | 00:04:25 |
| 4 | 4 | 5 | 3 | 3 | 6 | 2 Vielleicht | Sehr ungewohnt | 29,2 | 00:03:47 |
| 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 Nein | mir war er zu klingelig und surrend, und dahe | 64,2 | 00:04:44 |
| 3 | 5 | 2 | 3 | 3 | 4 | 1 Nein | Wieder zu klingelig/albern | 68,1 | 00:04:16 |
| 2 | 5 | 2 | 2 | 2 | 6 | 5 Nein | nervig | 67,3 | 00:04:38 |
| 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 Nein | Ich finde ihn zu hoch, nervig und penetrant | 47,6 | 00:04:22 |
| 3 | 6 | 1 | 2 | 2 | 6 | 6 Nein | zu aufdringlich/nervig | 63,4 | 00:04:34 |
| 4 | 6 | 2 | 3 | 3 | 5 | 6 Nein | Kann mir vorstellen, dass musik hören im aut | 62 | 00:03:56 |
| 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 6 | 6 Vielleicht | Ich fand den Klang Anfangs ungewohnt und er | 42,2 | 00:03:51 |
| 1 | 7 | 1 | 3 | 3 | 4 | 5 Nein | zu aufdringlich und nervig | 57,4 | 00:03:30 |
| 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 4 | 4 Nein | Grausam | 65,5 | 00:04:43 |
| 6 | 5 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 Nein | Ablenkend bei längeren Fahrten evtl. | 55 | 00:03:53 |
| 6 | 6 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1 Nein | ablenkend, geschwindigkeit schwer einschätz | 65,2 | 00:04:46 |

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

- dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig angefertigt und die mit ihr verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe;
- dass ich mich bei der Erstellung der Arbeit an die Richtlinie der FH JOANNEUM zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis und zur Vermeidung von Fehlverhalten (kurz Richtlinie GWP) gehalten habe;
- dass ich alle aus gedruckten oder ungedruckten Werken sowie aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Regeln für gutes wissenschaftliches Arbeiten (Richtlinie GWP) zitiert und durch genaue Quellenangaben gekennzeichnet habe;
- dass ich in der Methodendarstellung oder einem Verzeichnis alle verwendeten Hilfsmittel (Assistenzsysteme der Künstlichen Intelligenz wie Chatbots [z.B. ChatGPT], Übersetzungsapplikationen [z.B. DeepL], Paraphrasierapplikationen [z.B. Quill bot]), Bildgeneratorapplikationen [z.B. Dall-E] oder Programmierapplikationen [z.B. Github Copilot] deklariert und ihre Verwendung bei den entsprechenden Textstellen angegeben habe;
- dass die vorliegende Originalarbeit in dieser Form zur Erreichung eines akademischen Grades noch keiner anderen Hochschule vorgelegt worden ist.

Ich wurde darüber aufgeklärt, dass meine Arbeit auf Plagiate und auf Drittautor:innenschaft menschlichen (Ghostwriting) oder technischen Ursprungs (Assistenzsysteme der künstlichen Intelligenz) überprüft werden kann.

Ich bin mir darüber im Klaren, dass eine wahrheitswidrige Erklärung rechtliche Folgen wie eine negative Beurteilung meiner Arbeit, die nachträgliche Aberkennung des dadurch erlangten Titels und Strafverfolgung nach sich ziehen kann

14.01.2025, Oliver Posmayer