

Der Einfluss visueller Präsentationsmodi auf die Wahrnehmung von WEA-Stimuli in Probandenstudien

Daphne Schössow¹, Dominik Kawczynski¹, Stephan Preihs¹, Jürgen Peissig¹

¹ Leibniz Universität Hannover, Institut für Kommunikationstechnik

Appelstraße 9A, 30167 Hannover, E-Mail: schoessow@ikt.uni-hannover.de

Motivation

In den letzten Jahren erfreut sich in Laborstudien die Präsentation visueller Stimuli in Form von virtual Reality (VR) immer größerer Beliebtheit. Durch die flexible Gestaltung von 3D-modellierten Inhalten können beliebige, auch nicht real existierende, Szenarien Probanden vorgespielt werden. Im Falle der Geräuschbeurteilung von Windenergieanlagen (WEA) kann dies beispielsweise der Vergleich einer Umgebung mit und ohne Windpark sein. Um die Bewertung der Szenarien festzuhalten, gibt es verschiedene Möglichkeiten: Fragebögen können in Papierform oder digital ausgefüllt werden. Oft müssen Probanden jedoch dafür die verwendete VR-Brille absetzen, wodurch sich der Sitz beim nächsten Szenario möglicherweise verändert. Anlass der in diesem Beitrag präsentierten Studie war eine Erweiterung der Fragebogensoftware QUEST [1], welche es ermöglicht, die in ihr generierten Fragebögen in einer VR-Anwendung auszuführen. Als Demonstration wurde ein Versuch zur Beurteilung von WEA-Schallszenarien in verschiedenen Präsentationsmodi gewählt.

QUEST

QUEST ist ein Python-Framework, mit dem es möglich ist ohne Programmierkenntnisse Fragebögen zu erstellen, die auch in ihrer abgespeicherten Textform leicht nachvollziehbar sind. Da es vor allem für Hörversuche konzipiert wurde, bietet es die Möglichkeit auf Knopfdruck andere Software anzusprechen, um Stimuli zu steuern. Die Kommunikation erfolgt dabei über Open Sound Control (OSC) Befehle. Bisher wurde das System mit REAPER, VLC, MaxMSP und MadMapper für Audio und Video Stimuli getestet, eine Erweiterung ist jedoch einfach möglich. Auch andere Systeme, wie beispielsweise PupilCapture, können angesprochen werden. Die Durchführung eines Versuchs ist ohne Eingreifen des Versuchsleiters möglich. Dieser kann den Fortschritt jedoch auf einem separaten Gerät überwachen. QUEST bietet neben klassischen Fragetypen, wie sie auch aus Online-Tools bekannt sind, Hörversuchs-spezifische Fragetypen, wie MUSHRA oder ABX.

Versuch

Im Folgenden wird der im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit am IKT konzipierte und durchgeführte Versuch beschrieben, welcher zur Erprobung der VR-Nutzung von QUEST diente.

Labor

Der Versuch wurde im Immersive Media Lab (IML) des Instituts für Kommunikationstechnik durchgeführt. Der ca. 30 m² große Raum ist nach ITU-BS. 1116-3 aku-

stisch eingerichtet. Das Labor ist mit 42 Lautsprechern und 4 Subwoofern ausgestattet. Zur Präsentation von Videos stehen drei Nahfeld-Projektoren mit akustisch transparenten Leinwänden zur Verfügung. Im Rahmen von Hörversuchen wird QUEST auf einem Tablet ausgeführt. Für die Präsentation in VR wird ein Oculus Rift Headset verwendet. Als Software für die Videopräsentation auf den Leinwänden wird MadMapper genutzt und als VR-Umgebung findet UnrealEngine Verwendung. Die Audio-Wiedergabe erfolgt mittels REAPER über ein Dante-Netzwerk.

Stimuli

Die verwendeten Stimuli wurden im Projekt WEA-Akzeptanz [2] aufgezeichnet. Sie bestehen aus synchronisierten 4-Kanal Ambeo Audio- und 360° Video-Aufnahmen. Bei der Auswahl der Stimuli wurde darauf geachtet, die Umgebungsbedingungen möglichst homogen zu halten. In diesem Fall stammen alle Aufnahmen vom selben Tag in einem Zeitraum von 5 Stunden, sodass die Wetter- und Lichtverhältnisse keinen zu starken Änderungen unterliegen. Die Aufnahmen wurden in Ausrichtung auf eine bestimmte WEA entlang eines Feldwegs in den Abständen 150 m, 380 m und 730 m getätigt (siehe Abbildung 1). Von jedem Standort wurden jeweils zwei 30 s Abschnitte ausgewählt, in denen keine nicht-natürlichen Fremdgeräusche, wie Stimmen, Fahrzeuge oder Flugzeuge, auftreten und die Windgeräusche möglichst niedrig sind, sodass sich insgesamt 6 Stimuli ergeben.



Abbildung 1: Ansicht der Stimuli für die 3-Seiten Projektion auf die Leinwände. Von oben nach unten: 150 m, 380 m, 730 m.

Durchführung

Die Stimuli wurden den einzelnen Probanden randomisiert dargeboten. Die Bewertung erfolgte jeweils für drei verschiedene Präsentationsarten (siehe Abbildung

2), welche ebenfalls in ihrer Abfolge randomisiert wurden. Die erste Präsentationsart, im Folgenden „tablet“ genannt, war die herkömmlich im IML verwendete. Die Videos wurden über die Nahfeld-Projektoren auf die Leinwände projiziert und das Ausfüllen des Fragebogens erfolgte über das bereitgestellte Tablet. Die anderen beiden Präsentationsmodi erfolgten in VR. Für den einen, im Folgenden „medialab“ genannt, wurde das IML virtuell in UnrealEngine nachgebaut und als räumliche Umgebung genutzt. Der Fragebogen wurde als GUI Element in frontaler Blickrichtung präsentiert. Die Präsentation der Videos erfolgte analog zum tablet-Modus auf den in diesem Fall virtuellen Leinwänden, während der Fragebogen für die Dauer des Stimulus ausgeblendet wurde. Im anderen Modus, im Folgenden „360“ genannt, entfiel der Raum im Hintergrund und es wurde nur der Fragebogen dargestellt. Wenn ein Stimulus abgespielt wurde, wurde der Fragebogen ausgeblendet und die Umgebung wurde durch das entsprechende 360° Video ersetzt, welches auf eine die Versuchsperson umgebende Kugel projiziert wurde.

Für alle drei Modi wurden die Audio-Stimuli als Ambisonics erster Ordnung über das Lautsprechersystem des Raumes wiedergegeben. Die Leinwände bleiben auch während der VR-Versuchsteile heruntergefahren. Jedes Szenario wurde von den Probanden nach ISO 15666 [3] auf einer verbalen 5-Punkte-Skala („überhaupt nicht“ bis „äußerst“) hinsichtlich der wahrgenommenen Lästigkeit bewertet. Zusätzlich sollte eine Einschätzung zur Distanz zur WEA erfolgen. Dazu wurden Antwortmöglichkeiten zwischen 0 und 1000 m in 200 m Schritten vorgegeben. Für jedes Szenario sollten zudem auf einer 5-Punkte-Skala („stimme nicht zu“ bis „stimme zu“) jeweils die folgenden Aussagen basierend auf dem MEC-SPQ [4] bewertet werden:

- (a) Ich konnte die Entfernung zu der Windenergieanlage gut einschätzen.
- (b) Ich hatte das Gefühl, als wäre ich wirklich in dem Szenario gewesen.
- (c) Ich hatte das Gefühl, mich in dem Szenario bewegen zu können.
- (d) Ich habe darüber nachgedacht, ob dieses Szenario in der Realität wirklich existiert.

Ergebnisse

Elf Teilnehmer (9 männlich, 2 weiblich) haben den Versuch vollständig durchgeführt. Der Großteil (8) der Probanden war zwischen 20 und 30 Jahre alt. Etwa die Hälfte (6) gab an, bereits Erfahrung mit VR-Systemen zu haben. Sechs Probanden hatten zuvor schon WEA-Geräusche gehört. Der Pool der Teilnehmer bestand sowohl aus Laien (4), als auch aus Mitarbeitern (7) mit Erfahrung in Hörtests.

Aufgrund der ordinalen Daten wird im Folgenden statt einem ANOVA-Test seine nicht-parametrische Variante, der *Kruskal-Wallis*-Test verwendet. Hier lautet die Null-Hypothese, dass die Populations-Mediane aller Gruppen gleich sind. Bei Wiederlegung der Null-Hypothese kommt

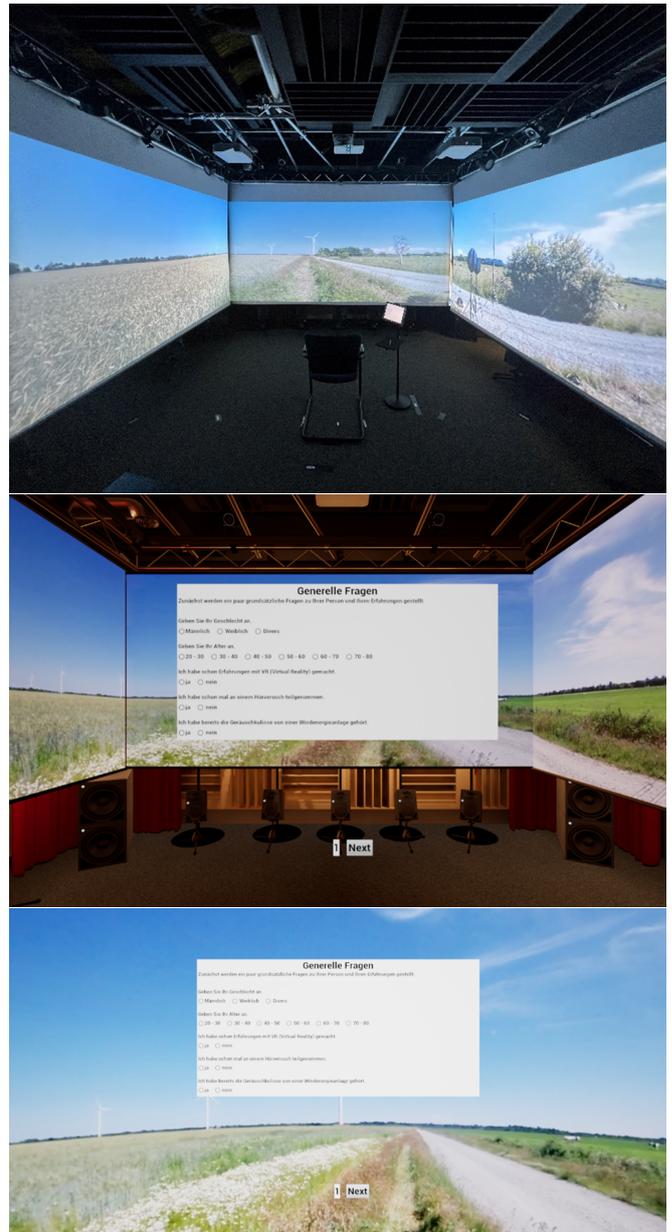


Abbildung 2: Beispielhafte Szenen der drei verschiedene visuellen Modi. Von oben nach unten: tablet, medialab, 360

anstelle eines *t-Tests* der ebenfalls nicht-parametrische *Mann-Whitney U* Test zum Einsatz, um die signifikant unterschiedlichen Klassen zu bestimmen.

Die Leichtigkeit der Entfernungseinschätzung (MEC-SPQ Aussage (a)) zeigt signifikante Unterschiede zwischen den visuellen Modi ($H=8.9$, $p=0.01$, Abbildung 3). Dabei hebt sich 360 mit dem Median „stimme eher zu“ von den beiden Modi mit realer (Median „stimme eher zu“) und virtueller (Median „weder/noch“) Leinwandpräsentation deutlich ab. Zusätzlich zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen VR-erfahrenen (x_{med} : weder/noch) und VR-unerfahrenen (x_{med} : stimme eher zu) Teilnehmern ($U=3236$, $p\ll 0.01$, Abbildung 4).

Die „Immersion“ nach Aussage (b) zeigt ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Modi ($H=75.4$, $p\ll 0.01$, Abbildung 5). Dabei weisen die Modi tablet

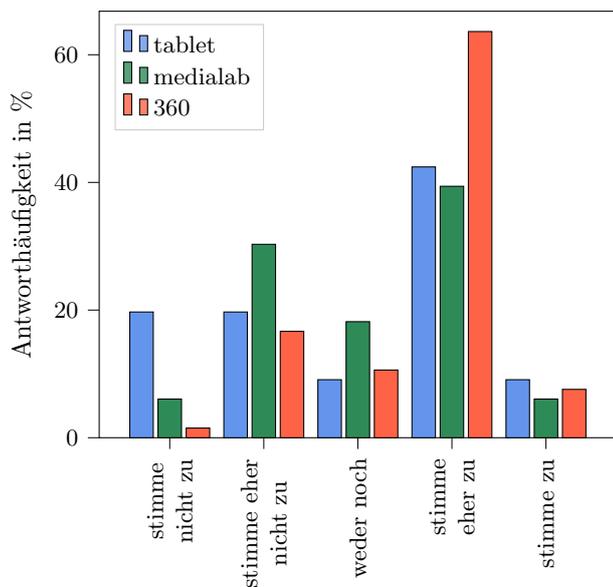


Abbildung 3: Bewertung der „Entfernungseinschätzungsleichtigkeit“ (a) gruppiert nach Modus. $x_{med,tablet}$ =stimme eher zu, $x_{med,medialab}$ =weder/noch, $x_{med,360}$ =stimme eher zu.

und **medialab** jeweils den Median „stimme eher nicht zu“ und der Modus 360 den Median „stimme eher zu“ auf. Zwischen den Situationen je Modus zeigen sich keine signifikanten Unterschiede.

Ein ähnliches Bild zeigt sich in der Bewertung der „Bewegung“ nach Aussage (c). Es zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Modi ($H=64.93$, $p \ll 0.01$, Abbildung 6), aber keine signifikanten Unterschiede zwischen den Situationen je Modus.

Bei der Bewertung des Realismus nach Aussage (d) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Präsentationsmodi ($H=1.31$, $p=0.52$). Zwischen den Personen, die zuvor schon WEA gehört haben (x_{med} : stimme eher nicht zu) und denen, auf die dies nicht zutrifft (x_{med} : stimme eher zu), zeigen sich signifikante Unterschiede ($U=2151.5$, $p \ll 0.01$, Abbildung 7).

Hinsichtlich der Lästigkeitsbewertung der WEA Geräusche zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen Teilnehmern, die angegeben hatten, schon einmal WEA-Geräusche gehört zu haben und denen, bei denen dies nicht der Fall war ($U=3088$, $p \ll 0.01$), obwohl für beide der Median bei „etwas“ liegt. Unerfahrene Teilnehmer bewerteten die Geräusche tendenziell jedoch als lästiger. Zwischen den drei Modi gibt es keine signifikanten Unterschiede ($H=1.48$, $p=0.48$). Unabhängig vom Modus gibt es signifikante Unterschiede zwischen den Bewertungen der Situationen abhängig vom Abstand ($H=49.21$, $p \ll 0.01$). Die Szenarien mit einem Abstand von 150 m erhielten im Median die Bewertung „mittelmäßig [lästig]“, die Szenarien mit 380 m Abstand „etwas [lästig]“ und die Szenarien mit 730 m Abstand „überhaupt nicht [lästig]“, siehe Abbildung 8.

Die Einschätzung des Abstands zur WEA weicht bei Laien stärker vom tatsächlichen Abstand ab, als für

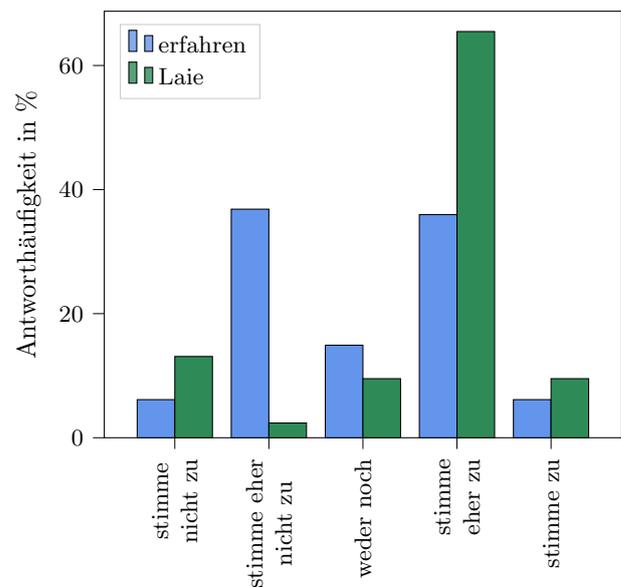


Abbildung 4: Bewertung der „Entfernungseinschätzungsleichtigkeit“ (a) gruppiert nach VR-Kennntnis. $x_{med,erfahren}$ =weder/noch, $x_{med,Laie}$ =stimme eher zu.

Teilnehmer mit Erfahrung bezüglich WEA-Geräuschen ($U=3699.5$, $p < 0.01$), Hörversuchen ($U=2413.5$, $p \ll 0.01$) und VR ($U=3971$, $p=0.02$). In allen drei Fällen liegt der Median für Laien bei einer Abweichung von einer Abstandskategorie - also wurde die Distanz zur WEA tendenziell größer eingeschätzt -, während erfahrene Teilnehmer im Mittel keine Abweichung von der richtigen Antwort zeigen. Es besteht keine Abhängigkeit des Abstandsfehlers vom Präsentationsmodus ($H=1.36$, $p=0.51$). Es besteht ein Zusammenhang zwischen Abstandsfehler und der wahrgenommenen Leichtigkeit der Einschätzung des Abstands ($H=15.81$, $p < 0.01$), wobei eine schlechtere Einschätzung der Entfernung moderat mit einem größeren Fehler korreliert (Kendall's $\tau_B = -0.2$).

Fazit

In der durchgeführten Laborstudie mit dem Vergleich dreier visueller Präsentationsmodi zeigte sich, dass der Modus keinen signifikanten Einfluss auf die wahrgenommene Lästigkeit der WEA-Stimuli hatte. Auch die Einschätzung des Abstands zur WEA durch die Probanden mit vorgegebenen 200 m Schritten zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Präsentationsmodi. Wenn jedoch auch die wahrgenommene Immersion mit einbezogen wird, stechen die auf eine den Probanden umgebenden Kugel projizierten 360° Videos deutlich positiv hervor.

Sollte weiter auf diese Studie aufgebaut werden, wäre es denkbar als zusätzlichen Vergleich beispielsweise ein komplett in 3D gerendertes Szenario zu verwenden. Die Beantwortung der MEC-SPQ Fragen zeigte keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Szenarien, sodass es ausreichen sollte, sie einmal pro Modus zu stellen. Zusätzlich wäre es sinnvoll, mehr bzw. andere Fragen auszuwählen. Auch eine größere Teilnehmerzahl wäre wünschenswert, da beispielsweise nicht sicher gesagt wer-

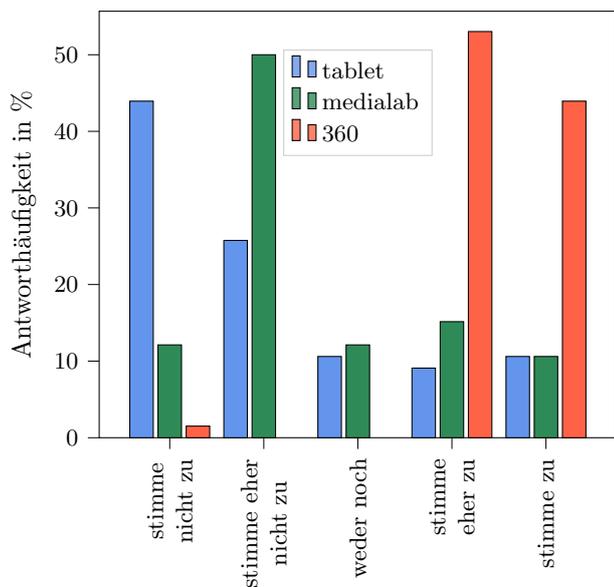


Abbildung 5: Bewertung der „Immersion“ (b) gruppiert nach Modus. $x_{med,tablet}$ =stimme eher nicht zu, $x_{med,medialab}$ =stimme eher nicht zu, $x_{med,360}$ =stimme eher zu.

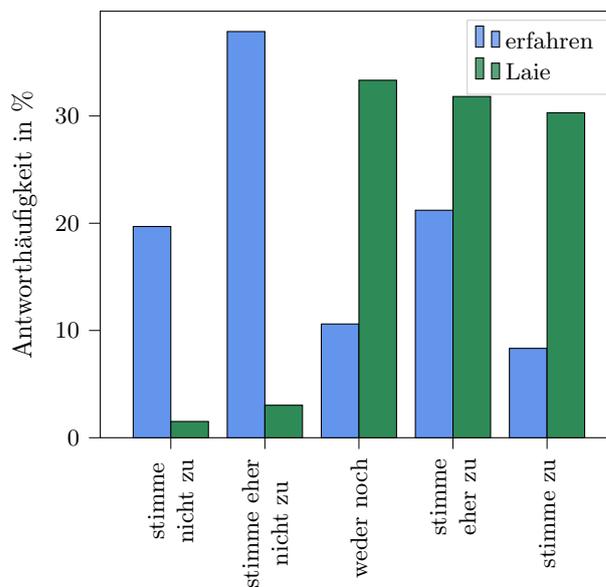


Abbildung 7: Bewertung des „Realismus“ (d) gruppiert nach Modus. $x_{med,erfahren}$ =stimme eher nicht zu, $x_{med,Laie}$ =stimme eher zu.

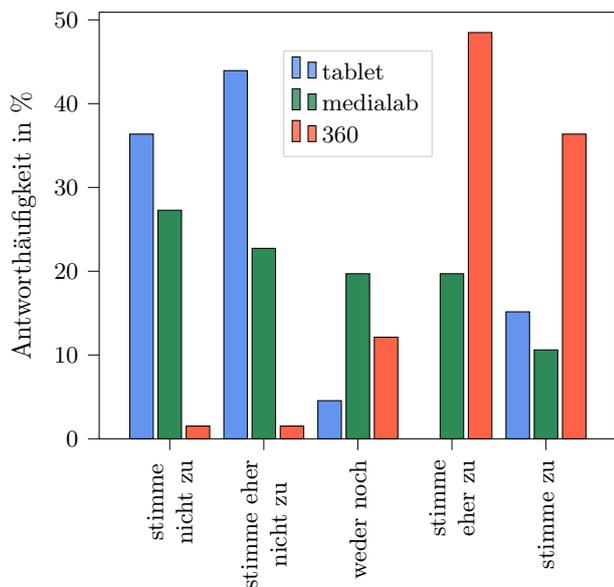


Abbildung 6: Bewertung der „Bewegung“ (c) gruppiert nach Modus. $x_{med,tablet}$ =stimme eher nicht zu, $x_{med,medialab}$ =stimme eher nicht zu/ weder noch, $x_{med,360}$ =stimme eher zu.

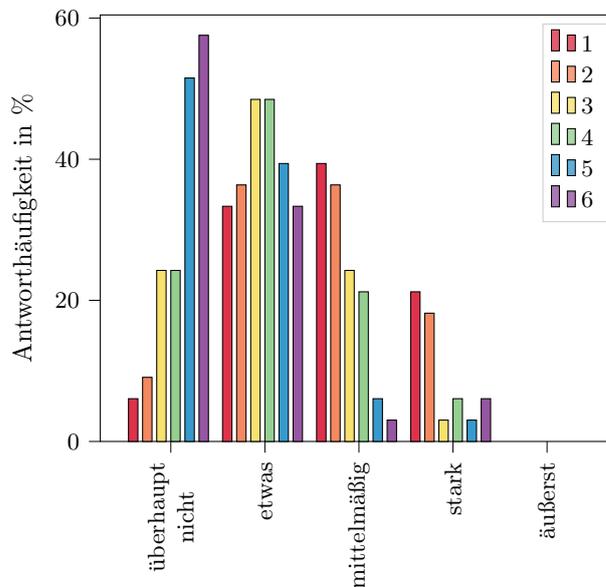


Abbildung 8: Bewertung der Lästigkeit der WEA-Stimuli nach ISO 15666 gruppiert nach Szenario. 1,2: 150 m (x_{med} =mittelmäßig), 3,4: 380 m (x_{med} =etwas), 5,6: 730 m (x_{med} =überhaupt nicht).

den kann, ob VR-Laien und Expertennutzer in zahlenmäßig ausgeglichenen Gruppen nach wie vor unterschiedlich antworten.

Literatur

- [1] Schössow, D.: QUEST - Questionnaire Editor System. 2022, doi.org/10.5281/zenodo.6341145
- [2] WEA-Akzeptanz: Von der Schallquelle zur psychoakustischen Bewertung. 2017, www.wea-akzeptanz.uni-hannover.de
- [3] International Organization for Standardization: ISO 15666 - Acoustics: Assessment of noise annoyance by

means of social and socio-acoustic surveys. 2003

- [4] Vorderer, P. et al.: MEC Spatial Presence Questionnaire (MEC-SPQ) Short Documentation and Instructions for Application. Report to the European Community, Project Presence: MEC (IST-2001-37661), 2004